



APICULTURA MODERNA MANEJADA

UNA MIRADA HOLÍSTICA DE LOS FACTORES
QUE CONDICIONAN LA SALUD DE LAS COLMENAS
DE Apis mellifera L. EN LATINOAMÉRICA



PROYECTO
INES I+D
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
UNIVERSIDAD DE TALCA

APICULTURA MODERNA MANEJADA

Sello Editorial Consejo Científico
Veterinario de Cuba
ISBN: 978-959-7190-45-5



PROYECTO
INES I+D
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
UNIVERSIDAD DE TALCA



APICULTURA MODERNA MANEJADA:

UNA MIRADA HOLÍSTICA DE LOS FACTORES QUE CONDICIONAN
LA SALUD DE LAS COLMENAS DE *Apis mellifera L.*
EN LATINOAMÉRICA



**PROYECTO
INES I+D**
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
UNIVERSIDAD DE TALCA



AUTORES:

M. Mayda Verde Jiménez
Verónica R. Olate-Olave
Leslie N. Vallejos Farías
Leonel Pérez Raymonda
Rafael A. Calderón
Jorge Demedio Lorenzo
Marnix A. Doorn

EDICIÓN:

M. Mayda Verde Jiménez
Verónica R. Olate-Olave

DISEÑO EDITORIAL:

José I. Torres Moreno

Sello Editorial

Consejo Científico Veterinario de Cuba

ISBN: ISBN: 978-959-7190-45-5





AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a:

Proyecto Salud Apícola Latinoamérica

Universidad de Talca
Chile

Asociación Cubana de Medicina Veterinaria
Cuba

Escuela Agrotécnica Lib. Gral. San Martín
Universidad Nacional de Rosario
Argentina

Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales
Universidad Nacional
Costa Rica

Cámara de Comercio de Lambayeque
Perú

Corporación Universitaria Comfacaucá
UNICOMFACAUCÁ - Colombia

Fraunhofer Chile Research
Chile

UC Davis
Chile

InES I+D de ANID
Chile



A todos los coordinadores y monitores que participaron en la recolección de datos y monitoreo de los apíarios.

Y un especial reconocimiento a los apicultores que participaron de las encuestas y que, gentilmente, abrieron las puertas de sus apiarios y colaboraron activamente para llevar a cabo el proyecto Salud Apícola Latinoamérica (2016 - 2023).





PRÓLOGO

El compromiso de la Universidad de Talca con el desarrollo sustentable del país se expresa, con particular fuerza, en su vínculo con los territorios y las comunidades que los habitan. En este contexto, el mundo rural y campesino ha sido, históricamente, un foco prioritario para nuestras acciones, especialmente cuando se trata de fortalecer actividades productivas que, como la apicultura, tienen una profunda relevancia ecológica, económica y cultural.

La apicultura moderna manejada representa mucho más que la producción de miel. A través del servicio de polinización, las abejas contribuyen de forma esencial a la biodiversidad, la seguridad alimentaria y la resiliencia de los ecosistemas. Reconocer este rol ecosistémico y poner en valor los saberes científicos que lo sustentan es uno de los principales aportes que busca realizar este libro, resultado de una labor colaborativa, rigurosa y de largo aliento.

La obra que aquí se presenta es fruto del proyecto “Salud Apícola Latinoamérica”, desarrollado entre los años 2016 y 2023 en cinco países de la región: Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica y Perú. Gracias a una metodología integral, que consideró tanto el levantamiento de información directa desde los territorios como análisis técnicos especializados, fue posible generar un diagnóstico profundo del estado de salud de las colmenas de *Apis mellifera L.*, poniendo en evidencia importantes desafíos sanitarios, nutricionales y de gestión apícola que deben ser abordados de manera urgente y articulada.

Este libro, sin embargo, va más allá del diagnóstico. Busca impulsar un cambio de paradigma en la manera en que entendemos y practicamos la apicultura en América Latina. Promueve una mirada holística y tecnificada, basada en la ciencia, la trazabilidad, el mejoramiento genético y la adopción de buenas prácticas tanto apícolas como agrícolas. A través de esta visión integrada, se pone en el centro el concepto de Una Sola Salud, que reconoce la interdependencia entre la salud animal, ambiental y humana.

El valor de esta publicación radica, también, en su orientación hacia la acción. Su contenido está pensado para ser útil y accesible tanto para los apicultores como para los tomadores de decisiones, técnicos, investigadores y actores del sistema agroalimentario. Es, por tanto, una herramienta que contribuye directamente al fortalecimiento del rubro apícola y a la agregación de valor en productos vinculados a esta notable labor, que ha acompañado por generaciones a las familias del campo latinoamericano.

Esta publicación ha sido posible gracias al compromiso y esfuerzo de sus editoras, autoras y autores, al apoyo de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), a través del proyecto InES I+D de la Universidad de Talca, y a la articulación con diversos actores relevantes del mundo apícola. A todos ellos, nuestro reconocimiento y gratitud.

Confiamos en que este libro será una referencia clave para avanzar hacia una apicultura sustentable, resiliente y con mayor impacto territorial. Una apicultura que dialoga con la ciencia, pero también con la experiencia del mundo rural, y que, en ese diálogo, construye un futuro mejor para nuestras comunidades y nuestros ecosistemas.

Nadia Rojas Villacura

Directora Proyecto InES I+D UTALCA



INTRODUCCIÓN

El mundo de hoy está cambiando a una velocidad desconocida en la historia. La ciencia, la tecnología y la innovación, han permitido a la humanidad alcanzar altos niveles de desarrollo. La agricultura produce más alimentos que nunca. Sin embargo, la falta de equidad en la distribución de la riqueza y las formas de producir, no son necesariamente sustentables ni promueven modelos que permitan alcanzar la Soberanía Alimentaria.

El pensamiento de producción lineal¹ pone en peligro los ecosistemas de nuestro Planeta. Si observamos los efectos globales y cómo impacta esta conducta en la naturaleza, queda claro que muchos problemas fundamentales en escalas que van desde lo suprarregional a lo global son creados por el hombre. En consecuencia, los humanos estamos provocando cambios climáticos masivos y drásticos, que amenazan nuestra existencia.

En muchos escenarios, donde el hombre transgrede el equilibrio natural, anteponiendo la sobreexplotación de los recursos, surgen las condiciones propicias para el surgimiento de enfermedades infectocontagiosas o invasivas, muchas de ellas reemergentes, transfronterizas y epidémicas. Algunas causadas incluso por gérmenes con mayor virulencia, contagiosidad o resistencia a los medicamentos. La probada extinción de diversas especies es el resultado de este pensamiento lineal en lugar de otro, respetuoso y en armonía con los ecosistemas intervenidos.

Para mantener sistemas productivos intensivos, es importante aprender de la naturaleza y favorecer un desarrollo sustentable. No se puede ver el desarrollo tecnológico como único factor a considerar. El siglo XXI no es solo la era de la “Cuarta Revolución” y de la transformación a una economía digital, es también el siglo de la **“Transformación Biológica”**. Al respecto Bill Gates opinó que “las mayores innovaciones del Siglo XXI se producirán en la intersección de la biología con la tecnología”.

Dentro del sector agropecuario, la **Apicultura** es un rubro que abarca diversas esferas del conocimiento relacionadas con: biología, zootecnia, botánica, medicina (veterinaria y humana), agronomía, geografía, farmacología, entre otras muchas disciplinas, incluyendo además, oficios como la carpintería, mecánica, entre otros. No obstante, su mayor importancia radica en el impacto que tienen las abejas melíferas (*Apis mellifera L.*) en los ecosistemas por la acción de polinizar. Por esta razón, el sector apícola juega un rol estratégico en la seguridad y soberanía alimentaria de los pueblos.

De este modo, la apicultura interviene en el equilibrio dinámico de los ecosistemas agrícolas y naturales, generando miel y diversas materias primas utilizadas en la producción de alimentos, nutracéuticos², cosméticos, entre otros,

1 Pensamiento de producción lineal: Basado en extraer recursos, producir y desechar, sin considerar el impacto ambiental. Dado que los recursos son limitados, es necesario usar los recursos de manera más responsable, adoptando la economía circular, que se enfoca en la sostenibilidad en lugar de sólo en la rentabilidad.

2 Nutracéuticos: Alimentos que contienen nutrientes con capacidad para tratar enfermedades.

sin mencionar que la apicultura representa una fuente de empleo y sustento para muchas familias, especialmente, en áreas rurales. Tal dependencia de las abejas por los ecosistemas; de los ecosistema por el servicio ecosistémico de las abejas melíferas y la necesaria intervención del hombre para alcanzar el máximo desarrollo tecnológico y productivo en esta rama, permite afirmar que la Apicultura moderna manejada es hoy un rubro agropecuario estratégico para el hombre, actividad que demanda una mirada holística y no lineal.

Como definición, la **Apicultura** “es el cultivo de los conocimientos sobre la crianza y aprovechamiento de las abejas por el hombre” (Verde, 2010). Pero, frente al nuevo paradigma productivo apícola, con colmenas modernas manejadas en sistemas intensivos, es importante atender a una reflexión compartida por Garnica (2024), la cual menciona que la apicultura puede describirse como:

- **Una CIENCIA.** Los apicultores toman decisiones basadas en el conocimiento científico, adquirido a través de capacitaciones, cursos, talleres y otras fuentes de información generadas por la comunidad científica.
- **Un ARTE.** El apicultor aplica el conocimiento científico de manera práctica, usando sus habilidades manuales, pero también su ética, compromiso, responsabilidad y perseverancia. Es por ello que, el apicultor será un experto en el arte de criar a las abejas melíferas, con el respaldo del conocimiento científico.

El rol productivo, económico, social y ambiental del sector apícola, solo se puede cumplir con poblaciones de colmenas sanas; manejadas en sistemas productivos sanitariamente controlados y sostenibles; con apicultores y recursos humanos profesionalizados, capacitados y asociados; apoyados por la Academia y con políticas públicas robustas que respalden las necesidades de desarrollo del sector sobre bases científicas.





1. CAPÍTULO UNO

1.1. TRANSICIÓN HISTÓRICA DE LA APICULTURA EN LATINOAMÉRICA

Las abejas melíferas no son originarias de América; fueron transportadas por los apicultores a lo largo del mundo debido a su facilidad de manejo para la producción. Actualmente, se encuentran en todos los continentes excepto en la Antártida (Marcelino et al., 2022). En América, la agricultura familiar (o de traspaso) se desarrolló primero (Lewis y Maslin, 2015), y no fue sino hasta después de los años 1500, con la expansión europea, que se introdujo la abeja melífera (*Apis mellifera L*)³. A lo largo del siglo XIX, se introdujeron varias subespecies, como la abeja carniola (*A. m. carnica* Pollmann), caucásica (*A. m. caucásica* Pollmann), egipcia (*A. m. lamarckii* Cockerell), siria (*A. m. syriaca* Skorikov), chipriota (*A. m. cypria* Pollmann) y norteafricana (*A. m. intermissa* Buttel-Reepen).

En el año 1956, la introducción de *A. mellifera scutellata* en Brasil (una subespecie de abeja melífera de origen africano), afectó en gran medida la distribución de las abejas melíferas en las Américas. Importadas a Brasil para aumentar la producción de miel, 26 colonias de *A. m. scutellata* escaparon de la cuarentena en 1957 y se hibridaron con las sub especies de *A. mellifera* establecidas en la región. Estos híbridos, posteriormente se propagaron por América del Sur y Central, el suroeste de los Estados Unidos y el sur de la Florida (Marcelino et. al, 2022). En ese contexto, la **Figura 1** nos brinda información sobre la escala geológica evolutiva de la humanidad, señalando el período donde ocurren cambios en el paradigma productivo agrícola mundial.

Por otro lado, es importante destacar que, durante la Revolución Industrial (1800's), ocurren tres eventos científicos y técnicos importantes para el rubro apícola, que condujeron a la modernización de la apicultura:

- **Primero:** El diseño de la colmena moderna Langstroth por el apicultor Lorenzo L. Langstroth, de Estados Unidos. Se introduce el cuadro móvil, respetando los espacios de abejas: de 9 a 9.5 mm
- **Segundo:** El Diseño de la **lámina de cera estampada** por Johanes Mehring, carpintero y apicultor alemán.
- **Tercero:** Diseño del extractor de miel o centrífuga por Franz Hruschka, apicultor austriaco.

A finales del Siglo XIX, el aumento en la demanda de alimentos debido al crecimiento demográfico llevó al desarrollo de la agricultura intensiva y de monocultivos, impulsada por los avances científicos del Capitalismo Industrial. Esto aumentó la necesidad de colmenas para la polinización de cultivos,

³ Las cepas importadas fueron *A. m. mellifera* Linnaeus, una subespecie con una distribución natural en el norte de Europa, y *A. m. ligustica* Spinola (abeja melífera italiana).

lo que estimuló el crecimiento del sector apícola. En el siglo XX, el mercado globalizado de productos apícolas y material biológico también cambió, haciendo necesario establecer regulaciones internacionales para garantizar la calidad de alimentos, medicamentos y cosméticos derivados de materias primas animales o vegetales.

El avance en técnicas analíticas más rápidas y precisas ha permitido detectar contaminaciones en los productos apícolas. Hoy en día, no sólo se requiere producir, sino hacerlo con atributos de calidad, inocuidad y trazabilidad, manteniendo una apicultura rentable y sostenible. Sin embargo, al aumentar los apicultores, apíarios y colmenas en el mundo, también lo hacen los agentes etiológicos en las poblaciones de abejas manejadas, generando un mayor uso de medicamentos para controlar enfermedades, incrementando los riesgos sanitarios, es decir, **a mayor densidad de población, mayor riesgo sanitario**. En este sentido, el sector apícola se ha vuelto estratégico para la seguridad alimentaria, ya que, además de productos valiosos como miel y polen, las abejas son esenciales para la polinización cruzada, mejorando la calidad y rendimiento de los cultivos.

Aunque el número de colmenas en el mundo aumenta, existen evidencias de una disminución significativa de las poblaciones de *Apis mellifera*. Entre 1985 y 2005, Europa experimentó pérdidas de hasta el 25% de sus colmenas (Potts et al., 2010a,b; IPBES, 2016), y una situación similar ocurrió en América Latina (Vandame y Palacio, 2010), aunque los registros y estudios sobre las causas de estas muertes son limitados (Requier et al., 2024; Maggi et al., 2016 y van Engelsdorp et al., 2008). Se han reportado muertes masivas de colmenas, conocidas como “Colony Collapse Disorder” (CCD), pero la falta de datos confiables y la variabilidad en los métodos de investigación dificultan llegar a conclusiones definitivas. Investigadores como Requier et al. (2018) han alertado sobre la necesidad de estandarizar los métodos de monitoreo sanitario en la apicultura y registrar objetivamente las pérdidas de colonias en América Latina, una iniciativa que ha comenzado a tomar forma, con resultados publicados en 2024 (Requier et al., 2024).

No obstante, a los apicultores les llega poca información científica rigurosa sobre la salud de las poblaciones de abejas manejadas y los factores para prevenir enfermedades. A pesar de los esfuerzos, aún son insuficientes las acciones para garantizar las condiciones necesarias para que las abejas manejadas en sistemas modernos e intensivos sean productivas, cumplan su función ecológica de manera sostenible y sobrevivan a los factores ambientales adversos (Vidal et al., 2019).

Pero no podemos olvidar que el hombre está afectando los ecosistemas. De hecho, se dice que vivimos la Era del Antropoceno, caracterizada por “la influencia de la actividad humana sobre los sistemas terrestres, provocando el acoplamiento irreversible de los sistemas sociales y naturales”.

Por la complejidad de estos eventos como acontecimiento geológico, Rull (2025) refiere que el Grupo de Trabajo del Antropoceno (AWG), la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS) y la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), acordó denominar esta etapa como “acontecimiento del Antropoceno” (AE) o “episodio de modificación antropogénica” (AME).

De tal manera, la humanidad se ha convertido en una “fuerza geológica global” que se manifiesta en el evidente cambio climático, pero también en la “disminución de la naturaleza virgen, la urbanización, la agricultura industrial, cambios en la infraestructura del transporte, las actividades mineras, la pérdida de la biodiversidad, la modificación genética de organismos, la acidificación de los océanos o la creciente hibridación socio natural” (Neil et al., 2024 y Arévalo et al., 2019). Aunque no todos coinciden con esta visión, es evidente que a lo largo de la historia, el ser humano ha establecido una relación poco virtuosa con la naturaleza, basada en la explotación y el consumo desmedido de recursos, impactando negativamente los ecosistemas (Arévalo et al. 2019). Para comprender los procesos de salud y enfermedad en la apicultura moderna, es importante reconocer que la apicultura actual difiere de la de principios del siglo pasado. Estudios científicos han demostrado que la reducción de las poblaciones de abejas y la pérdida de su salud tienen causas multifactoriales y sinérgicas (Hristov et al. 2020; Olate-Olave et al. 2021).

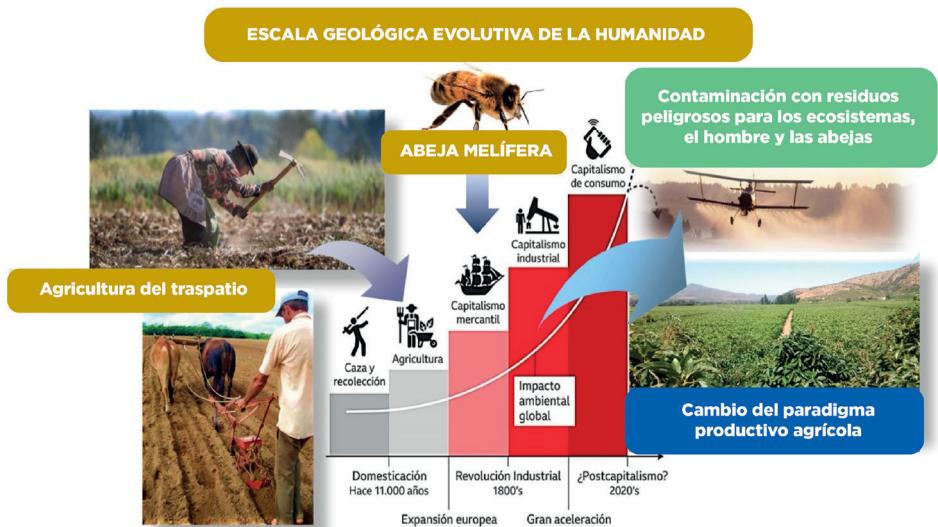


Figura 1. Escala geológica evolutiva de la humanidad. Se representa el momento de introducción de la abeja melífera en el continente americano y el período de cambios en el paradigma productivo agrícola mundial. Tomado y adaptado desde Lewis y Maslin (2015).

Factores como el cambio climático, la dispersión de plagas y enfermedades, la fragmentación de los ecosistemas, la introducción de especies exóticas e invasoras, la deforestación, los incendios forestales, el uso irresponsable de agroquímicos y malas prácticas de manejo por insuficiente profesionalización de los agricultores y apicultores, entre otros, son escenarios donde hoy se inserta la apicultura moderna e intensiva que pretendemos y necesitamos desarrollar (**Figura 2**). En resumen, son nuevos los desafíos para el sector apícola. El manejo intensivo de las colmenas aumenta la circulación de agentes etiológicos y los riesgos sanitarios para las colonias de abejas y por otro lado, la calidad e inocuidad de las producciones obtenidas no siempre permite asegurar la polinización de los cultivos y la Seguridad y Soberanía Alimentaria.



Figura 2. Factores que impactan a la apicultura moderna manejada.
Fuente: Elaboración propia.

1.2. PROYECTO “SALUD APÍCOLA LATINOAMÉRICA”

La muerte de los polinizadores y en particular de las abejas melíferas, ha sido un tema ampliamente difundido por la prensa y la literatura científica mundial. Un estudio reciente reveló que, la pérdida de colmenas en Latinoamérica fluctúa desde el 15% en Perú, hasta un 65% en Bolivia (Requier et al., 2024), mientras que, otros estudios se han enfocado en conocer las posibles causas asociadas a la pérdida de salud de las abejas melíferas en América Latina (Olate-Olave et al., 2021; Verde Jiménez et al., 2023; Calderón-Fallas et al., 2024; Doorn et al., 2024). Es así como, a partir de un enfoque holístico, durante el año 2015, nace el Proyecto “Salud Apícola Latinoamérica”, el cual propuso identificar los diversos factores y las principales causas que conducen a la pérdida de la salud en colmenas de abejas melíferas gestionadas en regiones específicas de Latinoamérica, tema del que aún existe poca información.

El proyecto Salud Apícola Latinoamérica tomó como referencia los conceptos epidemiológicos y el trabajo sanitario de la apicultura cubana. Para su ejecución, se estandarizó una metodología de trabajo basada en encuestas, monitoreos y observaciones de campo. Dicho estudio incluyó solo colmenas modernas del tipo Langstroth, ubicadas en zonas concretas de cinco países: Chile, Colombia, Argentina, Costa Rica y Perú.

Para trazar una línea base, el Proyecto tuvo en cuenta las particularidades sociopolíticas, ambientales y culturales de cada país y localidad, unificando la información recopilada mediante la selección del personal que realizó las encuestas y aplicando un proceso previo de capacitación a los monitores responsables de registrar la información. La información recopilada incluyó aspectos relacionados a la gestión apícola, estructura de la colmena, presencia de parásitos y enfermedades en las abejas, así como también, la posible existencia de plaguicidas en pan de abeja (**Figura 3**).

El estudio de campo abarcó 1550 colmenas de abejas melíferas (todas modernas tipo Langstroth) y un total de 310 apicultores. Por cada apicultor, se seleccionó al azar un apiario, y de cada apiario, se seleccionaron 5 colmenas. Esta información, junto con algunos de los aspectos más importantes considerados en el estudio se muestran en la **Tabla 1**.



Figura 3. Aspectos considerados en el monitoreo de colmenas modernas manejadas de *A. mellifera* en cinco países de América Latina.

Finalizados los monitoreos, se realizaron de cinco a ocho encuentros técnicos presenciales en cada país. Considerando la información recopilada durante los monitoreos, se adaptó el contenido de los talleres, de acuerdo a las condiciones locales de wcer sus propias deficiencias o las que corresponden a factores externos. Con un enfoque holístico y de medicina preventiva, se analizaron las prácticas de producción seguidas por los apicultores y las brechas sanitarias más significativas detectadas. De estos análisis locales, surgieron propuestas de estrategias para dar solución a los problemas inherentes a la cadena productiva y la gestión de los apicultores.

De acuerdo con los resultados presentados en la **Tabla 1**, la apicultura no representa la principal fuente de ingresos para la mayoría de los apicultores, excepto en Chile, donde más del 50% depende de la apicultura como principal actividad económica. En general, los apicultores encuestados no suelen llevar registros de sus actividades productivas, siendo Perú el país en el cual se practica con menor frecuencia este aspecto (sólo un 10%). A pesar de que en países como Costa Rica y Chile se reporta que más de la mitad de los apicultores encuestados recibe capacitación anual, aún queda un gran porcentaje de ellos que no recibe capacitación. Por lo tanto, se requiere fortalecer el vínculo de la academia con el sector, pero también, se necesitan políticas públicas que permitan la profesionalización sobre bases científicas, con la participación de docentes certificados al efecto. En cuanto a buenas prácticas apícolas, Costa Rica lidera con un 70% de apicultores que reemplazan la reina anualmente, mientras que en Colombia y Argentina, más de la mitad nunca la cambian (76% y 55%, respectivamente). Chile se destaca con un 90% de apicultores que realizan la desinfección del material apícola. En contraste, en Perú, sólo un 45% de los apicultores desinfectan el material, aunque los métodos utilizados en tal caso, no siempre son efectivos (Doorn et al., 2024).

Un aspecto positivo es que la mayoría de los apicultores entregan suplementos alimenticios a las abejas, pero, desafortunadamente, la mayoría se concentra sólo en suplementos energéticos y pocos apicultores entregan suplementos proteicos a sus colmenas. En otro ámbito, al visitar los apiarios y registrar las observaciones relacionadas a las colmenas y su estructura, se constató que, en promedio, la mayoría de los apicultores mantiene entre 9 y 10 panales en las cámaras de cría. Sin embargo, resulta oportuno mencionar que el rango de panales en la cámara de cría observado fue mucho más amplio, encontrándose algunas cámaras con apenas 3 panales y otras, llegando incluso, a 12 panales. Esta disparidad tiene que ver con el uso de alimentadores, o incluso, con el uso de materiales con medidas no estandarizadas.

Por otro lado, en la mayoría de los países el monitoreo y/o diagnóstico de enfermedades o plagas en los apiarios es realizado principalmente por los propios apicultores y en una muy baja proporción, por especialistas. Este hecho pone en evidencia la falta de especialistas en esta rama agropecuaria, lo que se convierte en un problema y a la vez, en una oportunidad a considerar.

Tabla 1. Principales características de los apicultores, sus apiarios y prácticas de manejo. Tomado y adaptado desde Olate-Olave et al., 2021; Verde Jiménez et al., 2023; Calderón-Fallas et al., 2024; Doorn et al., 2024.



		Apiarios		Colmenas
Cantidad de apiarios y colmenas monitoreadas	País	53	265	
	Argentina	53	265	
	Chile	60	300	
	Colombia	77	385	
	Costa Rica	60	300	
	Perú	60	300	
¿Es la apicultura la principal fuente de ingresos para el apicultor?	País	Sí	No	
	Argentina	17%	83%	
	Chile	56%	44%	
	Colombia	22%	78%	
	Costa Rica	15%	85%	
	Perú	33%	67%	
¿Qué porcentaje de los apicultores encuestados participa en actividades de capacitación?	País	Anual	Cada 2 años	Más de 2 años
	Argentina	40%	19%	19%
	Chile	53%	10%	17%
	Colombia	-	-	-
	Costa Rica	55%	19%	8%
	Perú	29%	8%	18%
				No se capacita
¿Con qué frecuencia se realiza el cambio de abeja reina?	País	Anual	Cada 2 años	Más de 2 años
	Argentina	13%	9%	23%
	Chile	34%	37%	7%
	Colombia	12%	10%	2%
	Costa Rica	70%	7%	0%
	Perú	63%	10%	7%
				No cambia
¿El apicultor lleva registro de las actividades productivas y/o intervenciones de sus colmenas?	País	Sí	No	
	Argentina	38%	62%	
	Chile	78%	22%	
	Colombia	22%	78%	
	Costa Rica	22%	78%	
	Perú	10%	90%	
¿El apicultor realiza desinfección del material apícola?	País	Sí	No	
	Argentina	55%	45%	
	Chile	-	-	
	Colombia	49%	51%	
	Costa Rica	40%	60%	
	Perú	45%	55%	
¿El apicultor provee suplementos alimenticios a sus colmenas en períodos de escasez?	País	Suplemento energético		Suplemento proteíco
	Argentina	77%		17%
	Chile	62%		66%
	Colombia	48%		8%
	Costa Rica	95%		5%
	Perú	70%		5%
¿Quién realiza el monitoreo o diagnóstico de enfermedades/plagas en las colmenas?	País	El apicultor	Especialista	Ambos
	Argentina	92%	4%	2%
	Chile	61%	12%	18%
	Colombia	72%	10%	0,0%
	Costa Rica	90%	5%	2%
	Perú	93%	5%	0%
				2%
Número de paneles observados en la cámara de cría	País	Media		Máximo
	Argentina	9		5
	Chile	-		-
	Colombia	9		12
	Costa Rica	9		10
	Perú	10		10
Tasas de infestación (%) por <i>Varroa sp.</i>	País	Media	Mínimo	Máximo
	Argentina	2,2%	0%	42%
	Chile	1,9%	0%	28%
	Colombia	4,6%	0%	27%
	Costa Rica	5,0%	0%	40%
	Perú	2,4%	0%	25%

En cuanto a la presencia de parásitos como *Varroa destructor*, los resultados mostraron que Costa Rica y Colombia presentan las tasas de infestación más altas (alrededor del 5% en ambos casos), mientras que, Argentina y Chile mantienen valores más bajos, con promedios cercanos a un 2%, sin desconocer que en algunos casos, las tasas de infestación por *Varroa sp.* superaron el 40%. Finalmente, respecto a la potencial presencia de agroquímicos en pan de abeja, es posible mencionar que se identificaron varios compuestos diferentes, pero en concentraciones variables.

Dentro de los más frecuentes, se detectaron compuestos de las familias de fungicidas, herbicidas, insecticidas y antihelmínticos (Calderón-Fallas et al., 2024; Doorn et al., 2024). Estos análisis permiten concluir que la exposición de las abejas a productos agroquímicos en áreas agrícolas incrementa el riesgo de contaminación del pan de abeja con residuos de agroquímicos, afectando la calidad de los productos apícolas y la salud de las colmenas (Doorn et al., 2024).

Por lo tanto, en base a estos resultados, es posible identificar varios aspectos que potencialmente, pueden limitar la profesionalización del rubro apícola; aspectos que deben ser evaluados en cada país con la participación conjunta de la Academia, decisores y diversos actores locales. Será ésta una oportunidad para trazar e instrumentar nuevos proyectos y enfocar políticas públicas que favorezcan al sector las que, en muchos casos, no están definidas.

De acuerdo con los resultados del mencionado proyecto, es posible mencionar algunos aspectos que podrían fortalecer el rubro apícola en América Latina:

- ◆ Necesidad de formar médicos y técnicos en las disciplinas de veterinaria y agronomía, especializados en apicultura.
- ◆ Sistematizar actividades de capacitación dirigida a los apicultores y certificar la competencia de los que imparten estas capacitaciones.
- ◆ Organizar un sistema confiable y estructurado sobre bases científicas, para el diagnóstico y control de las principales enfermedades que pueden estar presentes en las poblaciones de abejas manejadas.
- ◆ Dirigir por técnicos (especialistas y académicos), programas territoriales que permitan la selección y el mejoramiento genético de las abejas melíferas.
- ◆ Implementar y llevar registros confiables de la gestión económica, productiva y sanitaria del sector, desde el apiario hasta el mercado de los productos apícolas.
- ◆ Perfeccionar la trazabilidad de la cadena productiva apícola, prestando especial atención al proceso de obtención de la cera como materia prima y la cera que se destina a la producción de las láminas de cera estampadas.

Establecer regulaciones que permitan llevar al mercado láminas de cera certificadas por su calidad, inocuidad y condición sanitaria.

- ◆ Crear mecanismos para certificar la calidad genética y sanitaria de las abejas reinas que se comercializan.
- ◆ Establecer mecanismos de avisos de los agricultores a los apicultores, antes de aplicar productos plaguicidas próximos a los emplazamientos apícolas.
- ◆ Proteger los ecosistemas de contaminaciones que afecten a las abejas melíferas manejadas. Crear estructuras administrativas y legales que permitan realizar la gestión del riesgo ambiental y favorezcan la determinación objetiva de las causas de muertes de abejas por el efecto de contaminaciones de origen antrópico.

En resumen, basados en la información más relevante obtenida durante la ejecución del Proyecto “Salud Apícola Latinoamérica”, el propósito del presente material es brindar, con lenguaje sencillo y popular el marco teórico que sustenta la necesidad de implementar, con visión holística, el manejo integrado para la prevención y/o el control de las principales enfermedades que afectan a la abeja melífera gestionada en sistemas modernos e intensivos.

Pretendemos poner en manos de apicultores y decisores, herramientas teóricas básicas que, sustentadas en el conocimiento de la **Epidemiología Veterinaria⁴** y apoyados por elementos que aportan la literatura científica revisada, permitan al apicultor reconocer, de manera práctica y sencilla:

- 1)** Las causas que dan origen a las enfermedades que están presente en las colmenas modernas manejadas y los factores que propician la entrada y multiplicación de los agentes etiológicos en los diferentes puntos de la cadena productiva.
- 2)** Los signos clínicos que permiten sospechar de enfermedad.
- 3)** Las acciones de manejo integrado a implementar, para prevenir las enfermedades o recuperar la salud en esta especie productiva.

Está en manos de los apicultores, la academia y los decisores vinculados a esta rama agropecuaria, desarrollar una apicultura moderna, intensiva y profesionalizada, con colmenas sanas, en capacidad de alcanzar producciones inocuas y trazables obtenidas en sistemas sostenibles. El equipo técnico del Proyecto “Salud Apícola Latinoamérica” extiende a los participantes un sincero reconocimiento por su apoyo e interés. Si cumplimos sus expectativas, entonces valió la pena.

⁴ **Epidemiología:** Ciencia que estudia las leyes generales que rigen el origen, desarrollo y extinción de las enfermedades en las poblaciones humanas o animales. Aplicada al reino animal, la Epidemiología Veterinaria también nombrada Epizootiología, abarca las medidas y tareas a implementar para la prevención y control de los problemas de salud.



2. CAPÍTULO DOS

APICULTURA TECNIFICADA

2.1. LA COLMENA MODERNA LANGSTROTH: CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DE MANEJO.

La colmena es el “receptáculo” donde la colonia, enjambre o la familia de abejas se aloja y desarrolla. De manera que, cuando nos referimos a “la colmena moderna”, el término se asocia a la suma de los elementos inorgánicos fabricados por el hombre más el enjambre, con una estructura diseñada de manera tal que permite manejar de forma racional las funciones del conjunto que conforman y obtener de ella beneficios rentables.

Son las abejas de la colonia las que se relacionan con los ecosistemas donde habitan, marcado por la conducta gregaria del insecto. Es en la colmena, donde la abeja melífera desempeña gran parte de sus actividades, interactúa con los factores ambientales (atmosféricos, edáficos, geográficos y bióticos) y es donde acontecen los eventos sanitarios. Los diseños de colmenas han ido evolucionando con el tiempo. El proceso de “domesticación de la abeja melífera” condujo a la evolución de las características de estos recintos: las primeras hechas en troncos huecos (o colmenas rústicas), hasta los modelos actuales, construidas de madera con elementos móviles.

En la búsqueda del panal móvil el primer paso lo dio el apicultor Meraldi a quien siguió el naturalista suizo Francisc Huber (1750-1831), diseñando la colmena con varios cuadros móviles en el año 1789. Tiempo después, la colmena de Hubert fue modernizada por Quinby y Hetherington en Estados Unidos y ya en 1814 el ucraniano Prokopovitsch, (1775- 1850), diseña la primera colmena con marcos móviles en el interior de una caja.

Sin embargo, no es hasta 1851 que el pastor Lorenzo Lorraine Langstroth (1810-1895), apicultor nacido en Pensilvania, Estados Unidos, define la colmena moderna funcional, lo que hace al determinar la distancia correcta del **“espacio de abeja”** entre los dos marcos de panales móvil, distancia que debe existir entre los panales para la circulación de las abejas, evitar la construcción de panales falsos y la acumulación excesiva de propóleos dentro de la colmena (UNAM, 2018).

El modelo propuesto por Lorenzo Langstroth consta de seis partes fundamentales: fondo o piso, bastidores o cuadros, cajas, aros o alzas, entre tapa y tapa (**Figura 4**), pero permite incluir, además, diversos aditamentos como trampas para colectar polen, propóleos, veneno, alimentadores internos o externos, entre otros (Martínez-Pérez de Ayala et al., 2017). Su manejo se basa en principios científicos que resguardan la fisiología de la colonia y por las características que confieren ventajas importantes para el apicultor, en comparación con otros diseños.

De la Cuadra (2006) y Bande (2016) detallan numerosos aspectos constructivos y funcionales que permiten considerar a la colmena Langstroth como “una buena colmena”.

Estos son:

- 1)** La colmena de madera es aceptada por las abejas y tiene una larga durabilidad (hasta 10 años usando pinturas adecuadas), lo que la hace rentable. Además, permite una higiene y desinfección eficientes, sin dañar la madera.
- 2)** Sus estructuras móviles facilitan la limpieza, saneamiento en caso de enfermedad y permite reponer piezas dañadas, reduciendo costos para el apicultor.
- 3)** Propicia proteger a la colonia de factores atmosféricos adversos.
- 4)** El cuadro es móvil permite manipular los panales sin alterar a las abejas ni dañar la estructura del panal, la miel, las crías o a la abeja reina. Además, facilita su traslado dentro de la colmena o a otras colmenas y ayuda al apicultor a localizar a la reina durante el trabajo de campo.
- 5)** Optimiza el esfuerzo de las abejas, permitiéndoles concentrarse en sus funciones esenciales como alimentar a las crías, depositar en los alveolos el néctar y el polen, cuidar a la abeja reina, defender la colmena y mantener la higiene, asegurando el equilibrio de la colonia.
- 6)** La colmena Langstroth permite ajustar el espacio según el crecimiento de la colonia. Facilita la división de la familia para su multiplicación y la expansión con alzas para almacenar miel, separando el área de cría de la producción, según las necesidades del apicultor (**Figura 5**).
- 7)** Permite emplear la lámina de cera estampada, acelerando la construcción de los panales y reduciendo el esfuerzo y el gasto de energía que representaría para la colonia elaborar la cera para construir la base inicial del panal (**Figura 6**).
- 8)** El uso racional de la láminas de cera estampada permite decidir cuándo introducirlas, supervisar su construcción y renovar sistemáticamente la cámara de cría. Además, la rotación de panales es una ventaja clave de este diseño, ya que facilita la sustitución de panales viejos o deteriorados por nuevos (**Figura 7**).
- 9)** Cuando es necesario se puede suplementar con alimentos la colonia, sin que por esto se altere o interfiera la organización y actividades de las abejas.
- 10)** Facilita la circulación de aire, favoreciendo la termorregulación del enjambre y la mantención de la humedad relativa en su interior.

11) La colmena Langstroth mantiene el espacio de abejas (9,3 a 9.5 milímetros), permitiendo el libre tránsito de las abejas y garantiza su acceso a todos los cuerpos o alzas. Este diseño facilita la limpieza de la colmena, evitando la acumulación de cadáveres y pupas muertas y previene la invasión de depredadores como polillas de la cera (*Galleria mellonella* y *Achroia grisella*) o el pequeño escarabajo de la colmena (*Aethina tumida*). Un mal ajuste de estos espacios, ya sea por errores de carpintería o malas prácticas, puede afectar la salud de la colonia e incluso provocar su muerte.

12) Todas las uniones y estructuras deben acoplar de manera perfecta, sin dejar **resquicios o hendiduras**⁵. Esto impide el pillaje y la deriva y es importante para la termorregulación, convirtiéndose en otra barrera protectora frente a enemigos o depredadores.

13) El valor constructivo está acorde con las ganancias esperadas del proceso productivo.

14) Permitir obtener productos de calidad.

15) El apicultor puede realizar todas las actividades técnicas necesarias para asegurar el bienestar y la salud de la familia de abejas.

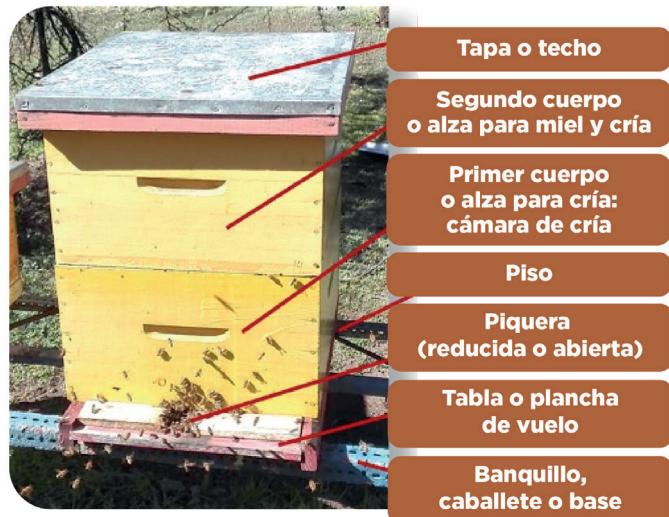
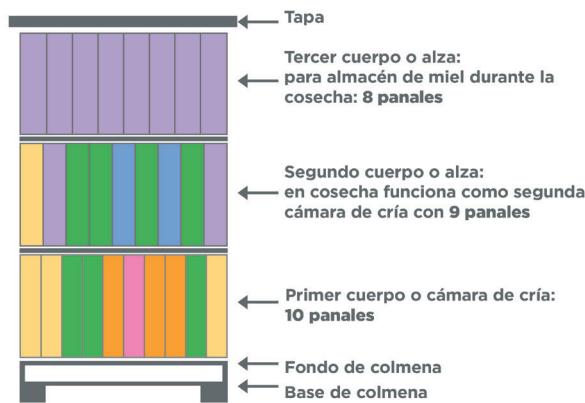


Figura 4. Partes de una colmena moderna tipo Langstroth.

⁵ **Resquicios o hendiduras:** En apicultura se conocen como “píqueras adicionales”.

**DISTRIBUCIÓN DE LOS PANALES EN LA COLMENA
TIPO LANGSTROTH CRECIDA DURANTE LA COSECHA**



Verde y Bande, 2008

- Miel y polen
- Panal con miel
- Cria operculada o cría sellada de la casta obrera

- Cria desoperculada de la casta obrera
- Panal nuevo recién estirado (obrado) para la postura de la reina
- Lámina de cera estampada. De 2 a 4 láminas en dependencia de la fortaleza de la colmena

Figura 5. Esquema de la distribución de los panales en época de cosecha. Fuente: Proyecto “Salud Apícola Latinoamérica”.



Figura 6. Cuadro con lámina de cera estampada. La lámina de cera estampada debe insertarse correctamente en el cuadro, fijándola a los alambres mediante laminado manual o eléctrico. Debe quedar un espacio entre la lámina y el mainel, así como los laterales del cuadro, sin exceder el grosor de un lápiz. El alambre utilizado debe ser de acero inoxidable de calidad alimentaria, con un grosor de 0,4 a 0,5 mm. Foto: Proyecto “Salud Apícola Latinoamérica”.

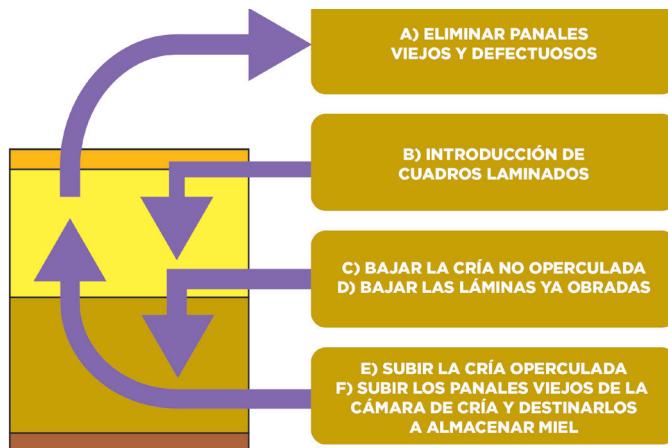


Figura 7. Rotación de panales en la colmena moderna Langstroth.
Etapa: Preparación para la cosecha. Adaptado desde: Bande (2016).

Estandarizar las medidas de los elementos que conforman la colmena moderna permite el intercambio de materiales y facilita el mercado de la industria apícola. Respetar las medidas constructivas de los elementos de madera, representa desarrollar un “animal sin defectos físicos, apto para producir y reproducirse”.

2.2. LA COLONIA DE ABEJAS: DESARROLLO Y NUTRICIÓN

El proceso productivo apícola puede compararse con la ganadería, donde la colmena es la “vaca” y el apiario la “vaquería”. En esta analogía, los elementos de madera forman el “esqueleto”, los alambres los “tendones” y los panales el “tejido adiposo”. La abeja reina y la cámara de cría representan el “sistema reproductor”, mientras que los alveolos del panal, donde se desarrollan las crías de la colonia, equivalen al “útero de la colmena” (Verde et al., 2012 y 2013). La **Figura 8** muestra la metamorfosis de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.) por castas y días de duración de cada estadío, comparado con el tiempo total de metamorfosis de la abeja africanizada, presente en el continente americano, mientras que, la **Figura 9**, muestra imágenes de obreras de abeja melífera sanas durante la metamorfosis, considerando todos los estadíos evolutivos.

ESTADÍOS DE DESARROLLO ABEJA MELÍFERA EUROPEA:	Abeja reina	Obrera	Zánganos
Huevo (celda abierta)	3 días	3 días	3 días
Larva (celda abierta)	5 días y ½	6 días	6 días y ½
Total celda abierta	8 días y ½	9 días	9 días y ½
Hilado del capullo (celda sellada)	2 días	2 días	3 días
Pre-pupa (celda sellada)	1 día	2 días	4 días
Pupa (celda sellada)	4 días y ½	8 días	7 días y ½
Total celda sellada (operculada)	7 días y ½	12 días	14 días y ½
Tiempo total de metamorfosis	16 días	21 días	24 días
ABEJA AFRICANIZADA: Abeja reina Obrera Zánganos			
Tiempo total de metamorfosis	14 – 15 días	19 – 20 días	23,5 – 24 días

Figura 8. Metamorfosis de la abeja melífera (*Apis mellifera L.*) por castas. Comparación con el tiempo total de metamorfosis de la abeja africanizada. Tomado y adaptado desde Coltofeanu y Bucata (1973).

Las obreras son hembras que no pueden aparearse y realizan todas las tareas dentro y fuera de la colmena, como limpieza, alimentación de larvas, construcción de panales, recolección de recursos y producción de miel. También cuidan a la reina y distribuyen alimento a los zánganos. Su esperanza de vida varía según la carga de trabajo: unas seis semanas en temporada de cosecha y hasta seis meses en climas fríos, cuando su actividad es menor (Espina-Pérez y Ordetx 1983).

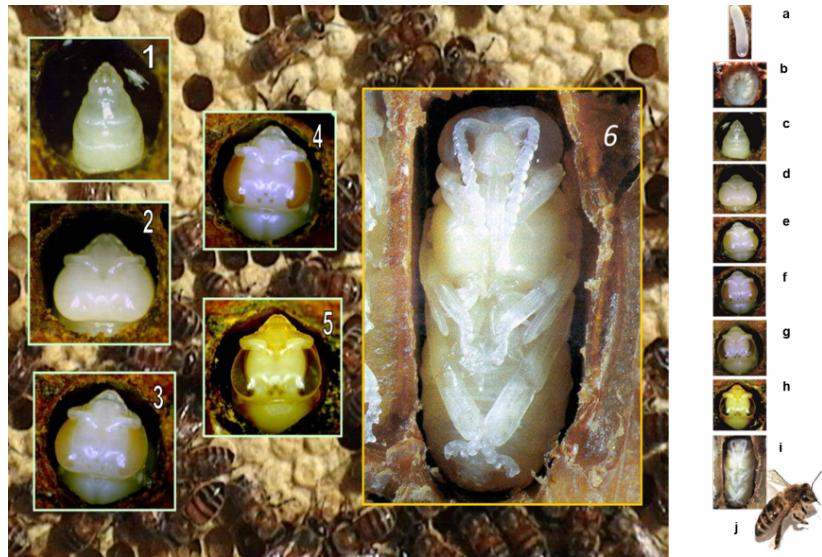


Figura 9. Imágenes de obreras de abeja melífera sanas durante la metamorfosis, considerando todos los estadios evolutivos (a-j). (a) Huevo y (b) larva, estadios que se encuentran en celdas no operculadas. De la (c) hasta la (i), desarrollo en celdas operculadas: (c = 1) larva incorporada en la celda para hilar el capullo, (d = 2) prepupas, pupas (e = 3, f = 4, g, h = 5 e i = 6) y (j) imago o abeja adulta. Fuente: Elaboración propia.

El “sistema digestivo de la colmena” incluye los panales donde se almacenan la miel, el néctar y el “pan de abeja”, y también incluye a los sistemas digestivos de cada una de las abejas de la colmena. El néctar es la principal fuente de carbohidratos, que son esenciales para el vuelo de las abejas y funciones como la regulación térmica, la circulación del aire y la maduración de la miel. Contiene agua, azúcares (5 a 80%), minerales, vitaminas, sustancias aromáticas y otros compuestos. Las abejas pecoreadoras lo succionan con su trompa, lo transportan en su bueche y lo regurgitan en las celdas del panal, donde le agregan enzimas y reducen su humedad hasta transformarlo en miel, que finalmente sellan cuando está madura, como se muestra en la **Figura 10**.

Por otro lado, el polen, gameto masculino de las plantas, es rico en proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. Las abejas lo recolectan y transportan en las corbiculas de sus patas traseras (**Figura 11-A**). Al depositarlo en las celdas, lo compactan con la cabeza, le añaden enzimas y lo cubren con resinas para su conservación (**Figura 11-B**).

Dentro de las celdas, el polen fermenta gracias a microorganismos como *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp., mejorando la digestibilidad de sus nutrientes y convirtiéndose en “pan de abejas”. El polen es clave para el desarrollo, longevidad e inmunidad de las abejas. También influye en la oviposición de la reina y en la formación de reservas corporales, tanto individuales como de la colmena (Toth y Robinson, 2005).

El néctar y el polen son procesados y almacenados en los panales como alimento y reserva para la colonia. En la naturaleza, las abejas sobreviven sin intervención humana, pero en la apicultura intensiva, la extracción excesiva de sus reservas las deja vulnerables en épocas críticas. Por ello, los apicultores deben proporcionarles alimentación suplementaria.

En ese contexto, Branchiccela et al. (2019) afirman que la salud y supervivencia de las colonias de abejas manejadas se ven afectadas por el estrés nutricional, las infecciones y la exposición a pesticidas. La intensificación agrícola y los monocultivos reducen la disponibilidad de polen polifloral, afectando su nutrición. Para una alimentación suplementaria adecuada, el apicultor debe considerar las necesidades de cada colonia según su entorno y demanda, aplicando la suplementación en etapas como precosecha, cosecha, inverna- da, pos-invernada y sostenimiento (**Figura 12**).



Figura 10. Panal con miel madura sellada. Foto: Proyecto “Salud Apícola 2020”.



Figura 11. Polen y abeja melífera A) Acarreo de polen por la obrera en las “canastas del polen” (patas traseras). Foto: Cortesía de Dinaldo, 2016. B) Muestra de polen (pan de abejas) almacenado en el panal. Foto: Proyecto “Salud Apícola 2020”.

Por otro lado, existen diversos factores que afectan la alimentación de las colmenas, por ejemplo, interrupción del flujo de néctar, ausencia de polen, temperaturas extremas, incendios, sequías, nevadas y eventos climáticos severos. Por ello, es fundamental que el apicultor elabore un **calendario de floración anual** basado en la observación de las temporadas apícolas de su región, permitiéndole planificar mejor el manejo de las colmenas.

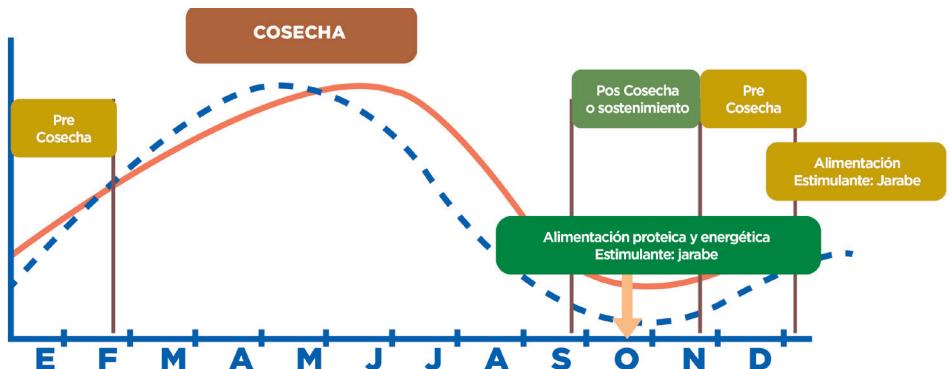


Figura 12. Esquema que muestra la curva de crecimiento de la población en una colmena a lo largo del año, en relación con el ecosistema productivo local. Incluye los momentos clave y los tipos de suplementos alimenticios necesarios en cada etapa. Fuente: elaboración propia.

- FLUJO DE NÉCTAR
- CRÍA



3. CAPÍTULO TRES

CONCEPTOS DE SALUD Y ENFERMEDAD

3.1. LA TRIADA EPIDEMIOLÓGICA O TRIADA EPIDÉMICA

Según el concepto moderno, la salud es el estado en que el organismo de un ser vivo desarrolla todas sus funciones con normalidad. Una población animal, o un animal están sanos, cuando se acercan a su máximo potencial productivo, en respuesta a las condiciones de bienestar que se les crean. El animal sano se reproduce y su organismo está apto para trabajar y alimentarse. A cambio, crece, engorda y se reproduce (Verde et al. 2012 y 2013).

Un animal (la colmena que contiene la colonia), o una población animal (el apíario o el conjunto de apiarios que comparten el mismo ecosistema productivo) estarán sanos, cuando se encuentren libres de agentes etiológicos que provoquen manifestaciones clínicas adversas; sin desviaciones genéticas o fisiológicas de las abejas que conforman la(s) colonia(s) y en equilibrio dinámico de la familia de abejas en relación con su entorno, lo que se expresará con producción.

La colonia de abejas como organismo complejo, es un hospedero natural⁶ de numerosos agentes etiológicos. Forma parte fundamental del ciclo infeccioso de estos agentes, padezca o no la enfermedad (con o sin manifestaciones clínicas), por lo que es capaz de trasmitir a otros hospederos (otras colonias de abejas melíferas) estos agentes etiológicos.

De acuerdo con el nuevo concepto gerencial de salud, la producción sub-óptima es una manifestación de enfermedad, aun cuando esto no se vincule con la presencia de agentes patógenos (Verde et al. 2013). Las abejas melíferas manejadas, al igual que ocurre con otras especies agropecuarias, expresan salud cuando están en capacidad de reproducirse y producir en correspondencia con los parámetros fijados para su especie, raza, sexo y edad, en un lugar y momento determinados.

Para que un animal enferme por la acción de agentes patógenos, necesariamente se encuentran asociados tres elementos que conforman la “triada epidémica o epidemiológica” (**Figura 13**):

- a) El animal susceptible**, es el que determinará el curso y la manifestación del proceso morboso en correspondencia con las condiciones intrínsecas (especie, raza, sexo, edad, idiosincrasia o individualidad y **resistencia adquirida** (Larsen et al., 2019): **bien sea individual o colectiva**⁷.
- b) El medio ambiente** donde se ubican y desarrollan él o los animales susceptibles.
- c) Las características de los agentes etiológicos** y su naturaleza (Kouba 1987).

⁶ **Hospedero natural:** organismo que forma parte fundamental del ciclo infeccioso de un agente, sufra o no la enfermedad, por lo que es capaz de trasmitir estos agentes a otros hospederos susceptibles.

⁷ **Resistencia adquirida colectiva:** mecanismos de defensa orgánico. Participan todos los individuos de una familia para impedir/controlar el desarrollo de agentes etiológicos. Es inherente a animales de conducta gregaria, como es el caso de la abeja melífera, y se transmiten genéticamente de una generación a otra. Ejemplo: Conducta Higiénica.

Salud apícola: Término que hace referencia al conjunto de eventos y factores que intervienen y hacen posible que las colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera L.*) manejadas, se encuentren clínicamente sanas, sean productivas, cumplan de manera sostenible con su función de servicio ecosistémico y estén en condiciones de hacer frente a los factores ambientales adversos.

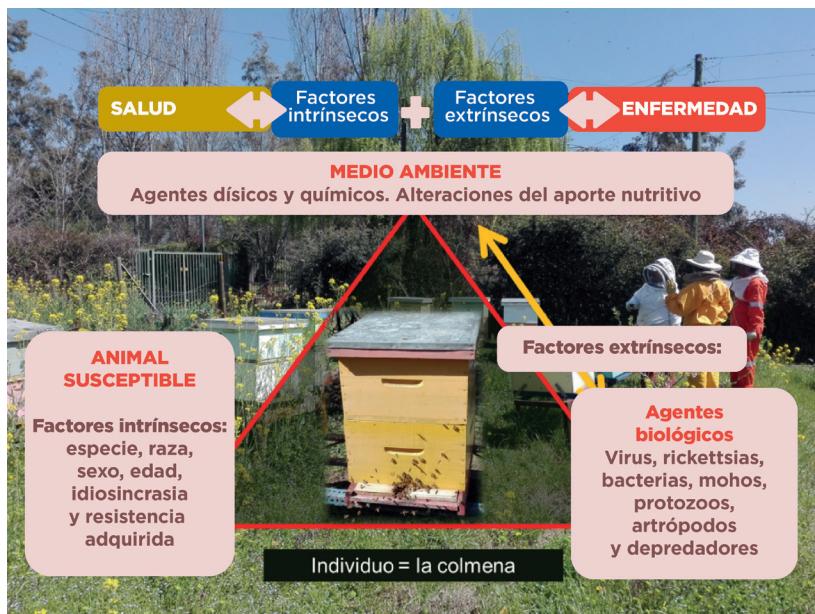


Figura 13. Componentes de la triada epidémica en la apicultura moderna. La colmena constituye la Unidad Básica Funcional y el apiario es la Unidad Epidemiológica. Fuente: Elaboración propia.

Las abejas cuentan con mecanismos de defensa individual basados en su inmunidad innata, que incluyen respuestas humorales y químicas mediante péptidos antimicrobianos. Este sistema es clave en los insectos, incluidas las abejas melíferas. Además, los insectos sociales como las abejas, han desarrollado mecanismos de inmunidad social (**Figura 14**), caracterizados por comportamientos cooperativos dentro de la colonia, entre los cuales se pueden mencionar:

- **Fiebre social.** La fiebre social es el resultado de la generación de calor adicional de las abejas en el nido.
- **Acicalamiento.** Habilidad de las abejas obreras para remover ectoparásitos de sus cuerpos usando sus mandíbulas y sus patas. Existen dos mecanismos: el auto-acicalamiento y el acicalamiento grupal.
- **Comportamiento higiénico.** Capacidad que tienen las abejas obreras de detectar y remover de celdillas de las crías en desarrollo (larvas y pupas), enfermas o parásitadas.
- **Recolección y uso de propóleos.** Las abejas usan las propiedades antimicrobianas de las resinas vegetales como “medicación profiláctica” para la colonia. Con el propóleo recubren celdas de cría o momifican intrusos muertos, evitando el desarrollo de patógenos. Además, ciertos propóleos favorecen la expresión de genes del sistema inmune de las abejas melíferas.
- **Disminución del contacto entre congéneres.** Este tipo de comportamiento altruista de individuos ocurre cuando un individuo enfermo se aleja de la colonia para morir lejos del nido de cría.
- **Conducta defensiva.** Desarrollada como mecanismo de defensa de la colonia ante la presencia de depredadores.
- **Canibalismo de la cría.** Ante el estrés por falta de alimento, agua o cambios ambientales que afectan el nido, las abejas nodrizas suelen canibalizar a las crías muertas para prevenir el desarrollo de microorganismos patógenos en la colmena.

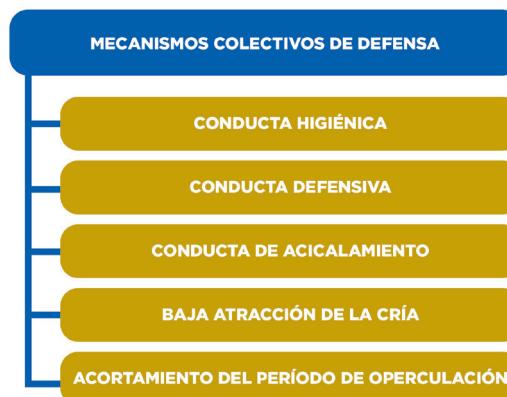


Figura 14. Defensa colectiva de la colonia de abejas melíferas.

Según Gordis (1996), cuando se trata de enfermedades infectocontagiosas, la interacción entre el huésped (animal/individuo = abeja/colmena), un agente infeccioso (bacterias, virus, hongos) y el ambiente, por lo general en el evento de transmisión se asocia un vector. En el caso de la apicultura, por ejemplo, destaca *Varroa destructor*, ácaro portador de diversos virus que también afectan la salud de la abeja melífera.

3.1.1. FACTORES INTRÍNSECOS

Factores intrínsecos como especie, raza, sexo y edad influyen en la susceptibilidad a enfermedades. Por ejemplo, *Apis mellifera ligustica* es más vulnerable a enfermedades que *A. mellifera mellifera* y esta, a su vez, más que las abejas africanizadas. Algunas enfermedades afectan solo a la abeja reina, como la melanosis de la reina (origen fúngico) y las Celdas Negras Reales (siglas BQC, origen viral).

Por otro lado, la individualidad o idiosincrasia (de origen genético), es un hecho que se manifiesta de manera particular con el desarrollo de enfermedad en algunos individuos de una misma especie, en tanto otros no la padecen a pesar de estar todos expuestos a las mismas condiciones y sin mediar **resistencia adquirida**⁹. Por lo tanto, la predisposición genética influye en la resistencia individual y colectiva, como por ejemplo, la “conducta higiénica”, el acicalamiento y la “baja atractividad de la cría” al ácaro Varroa (Demedio y Verde 2010).

3.1.2. FACTORES EXTRÍNSECOS

Son factores extrínsecos todos aquellos capaces de ocasionar o favorecer el desarrollo de determinada enfermedad. Se manifiestan en el ecosistema (fuera del organismo animal) donde se inserta la colmena⁹ e influyen de manera marcada en el ambiente interno de la colonia¹⁰. Cabe mencionar que, cuanto mayor sea la diferencia entre las condiciones externas respecto al equilibrio interno de la colmena como individuo, mayor será el esfuerzo a realizar por la colonia para sobrevivir, aumentando el gasto energético. Este mecanismo compensatorio conduce a un desgaste de la economía colectiva, provocando estrés en la familia, el que finalmente se expresa con menor productividad, síntoma inequívoco de enfermedad. Para su estudio, los factores extrínsecos se pueden clasificar en cuatro grandes grupos, que se describen a continuación:

I. Agentes físicos

El impacto del clima, las condiciones del relieve y la geografía son factores que influyen y en ocasiones determinan la relación del agente biológico con el individuo susceptible. A ello se suman los factores estresores que, por malas prácticas de manejo propician el desarrollo de enfermedad: muerte de abejas por aplastamiento, ahogadas en el alimento, etc., elementos físicos que socavan la resistencia intrínseca de la colmena como individuo.

II. Agentes químicos

Las intoxicaciones en abejas pueden deberse al consumo de néctar o polen de ciertas plantas, emanaciones industriales o aguas contaminadas. Sin embargo, las principales amenazas químicas provienen del uso de plaguicidas en zonas de pecoreo y del empleo inadecuado de medicamentos contra *Varroa destructor* o enfermedades bacterianas. Además de afectar a las colonias, estas sustancias pueden acumularse en la miel, cera, polen y propóleos, deteriorando su calidad e inocuidad (Martin-Culma y Arenas-Suárez, 2018).

En cuanto a plaguicidas, un estudio reciente presentado por la Agrupación de Defensa Sanitaria Apícola de España (APIADS, 2023) detectó residuos en muestras de cera comercial, los que incluyeron seis acaricidas usados comúnmente contra la varroosis (acrinatrina, amitraz, clorfenvinfos, cumafos, flumetrina y tau-fluvalinato), junto con 17 fitosanitarios (insecticidas y fungicidas), entre otros productos químicos. Estos residuos generan estrés en las abejas, afectan su orientación y reducen su longevidad, debilitando la resistencia de la colmena y aumentando su vulnerabilidad a enfermedades e invasores (Doorn et al., 2024).

III. Alteraciones del aporte nutritivo

Alimentación y nutrición son conceptos distintos: alimentarse es ingerir alimentos, mientras que la nutrición ocurre cuando los nutrientes son asimilados a nivel celular (Argüello et al., 2010). Las abejas requieren los mismos nutrientes esenciales que los animales superiores, y su deficiencia puede causar enfermedades. Sin embargo, sus necesidades nutricionales varían según su etapa de desarrollo y la estación del año, lo que dificulta establecer requerimientos exactos para la colonia.

Cada casta y estadio evolutivo tiene diferentes requerimientos nutricionales. Palacio (2018), señala que la abeja reina demanda una dieta alta en lípidos; las larvas para su crecimiento requieren una dieta alta en lípidos, proteínas y carbohidratos; las nodrizas, productoras de jalea real, necesitan la dieta rica en lípidos, proteínas y carbohidratos, en tanto las pecoreadoras, por sus actividades intensas de vuelo y para la termorregulación de la colonia, demandan consumo abundante de carbohidratos.

Según Argüello et al. (2010), en las primeras etapas de su vida, inmediatamente después de la eclosión del huevo, las larvas reciben una especie de papilla rica en nutrientes, capaz de hacerlas crecer a un ritmo sorprendente; llegan a doblar 10 veces su peso en tan solo 4 días. Esta extraordinaria capacidad de formación de tejidos la posee la jalea real, segregada por las glándulas hipofaríngeas de la abeja nodriza (hasta los 14 días después de nacida) y disponible para la cría abierta (no operculada), sin restricciones, hasta hacer que flote materialmente en ella. No es hasta el segundo día de eclosionada la larva que comienza la sustitución

⁸ **Resistencia adquirida:** Por ejemplo, la que se adquiere por una vacuna.

⁹ El macro ambiente

¹⁰ El microambiente

de este alimento por otro, igualmente suministrado por las abejas nodrizas y basado en el polen, que convenientemente amasado con miel y agua es puesto a disposición de las larvas, a razón de más de 1,200 visitas por celda/día hasta su operculación.

Es en este momento cuando la colonia tiene gran necesidad de nutrientes proteicos. De la disponibilidad de polen depende una alimentación equilibrada para satisfacer la voracidad de las crías. Igualmente, Keller et al. (2006), citado por Argüello et. al. (2010), determinaron que las abejas consumen de 125 a 140 mg de polen para criar una nueva abeja obrera, la cual posteriormente demandará en promedio, de 3.4 a 4.3 mg de polen/día. Con este estimado, se puede afirmar que, para la nutrición de una abeja obrera durante toda su vida útil, la colmena debe disponer de 160 a 180 mg/polen/día. Los mismos autores asumen también que si una colonia sana produce de 100,000 a 200,000 abejas al año, entonces se requieren de 17 a 34 kg/polen/colmena/año.

Y es de esperar. Sin polen se detiene la producción de cera y de jalea real y, en consecuencia, la abeja reina interrumpe la postura. Si el evento se prolonga la familia se debilita y puede llegar hasta el colapso. Pero también requiere agua. Sin agua la colmena padece “sed y fiebre” y, si el déficit es prolongado, las abejas adultas extraen la hemolinfa de las crías más jóvenes para compensar las necesidades del líquido en las crías más adultas y cubrir los requerimientos fisiológicos de la colonia. Una vez muertas las crías, de manera inevitable ocurrirá un proceso de lisis del tejido corporal, con proliferación bacteriana, lo que provoca un cuadro clínico similar a la loque europea.

Cuando revisamos una colmena, resultan indicadores clínicos del estatus nutricional: la ausencia de zánganos y la reducción del área de cría, con crías salteadas o de diferentes edades en un mismo panal y en ocasiones, hasta se puede presentar canibalismo. El déficit de nutrientes en la abeja, de manera individual provoca disminución de la talla y el peso del insecto, menor contenido de proteínas en los cuerpos grasos y la hemolinfa y menor peso de las glándulas hipofaringeas en la nodriza (Palacio 2018).

Visto de conjunto, el déficit nutricional provocará la interrupción de la postura en la reina, conducirá a la disminución de abejas nodrizas, nacen menos abejas y se afecta la termorregulación del nido. En este caso estaremos en presencia de manifestaciones clínicas diversas, pues existirán excelentes condiciones para el desarrollo de hongos, bacterias y virus, sin dejar de mencionar la “oportunidad” que en estas circunstancias tienen los parásitos, las polillas y los depredadores.

La introducción de sistemas productivos agrícolas basados en extensas áreas de monocultivo, generan un nuevo desafío para el desarrollo de la apicultura moderna e intensiva que traslada colmenas a estos campos para asegurar la polinización entomófila.

IV. Agentes biológicos

Una amplia variedad de agentes biológicos puede afectar negativamente a *Apis mellifera*, como se observa en la **Figura 15**. Sin embargo, el principal problema de salud apícola a nivel mundial es el ácaro *Varroa destructor*. Este ectoparásito, de distribución cosmopolita, causa daños letales en abejas adultas y crías, además de ser vector de diversos virus. De modo que, las infestaciones por *Varroa* inducen inmunosupresión en las colonias, favoreciendo infecciones secundarias, especialmente virales. Estudios recientes han demostrado que en colonias con alta presencia del ácaro, la detección de virus es más frecuente (Salina et al., 2022).

Los efectos poblacionales de este ácaro incluyen reducción en el número de abejas adultas, reemplazo frecuente de reinas, abejas arrastrándose fuera de la colmena y menor peso en abejas recién emergidas. También se afecta la capacidad reproductiva, ya que los zánganos parasitados tienen menos éxito en el apareamiento (Fuentes et al., 2022).

Los efectos poblacionales de este ácaro incluyen reducción en el número de abejas adultas, reemplazo frecuente de reinas, abejas arrastrándose fuera de la colmena y menor peso en abejas recién emergidas. También se afecta la capacidad reproductiva, ya que los zánganos parasitados tienen menos éxito en el apareamiento (Fuentes et al., 2022).

De acuerdo a la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA, 2024), el listado de enfermedades de interés económico para *Apis mellifera* incluye: Loque americana (LA), Loque europea (LE), nosemosis, varroosis, acarapisosis, tropilaelapsosis y la infestación por el pequeño escarabajo de la colmena *Aethina tumida M.* (aethinosis).

Sin embargo, esto no significa que sean las únicas afecciones relevantes para la apicultura. Existen otros factores que afectan la salud de las abejas y que no están en la lista, como los problemas nutricionales y los desórdenes de origen genético. El impacto de estos factores suele estar subestimado debido a la falta de estructuras diagnósticas especializadas. Las abejas no solo mueren por *Varroa destructor* o agroquímicos, sino también por desequilibrios alimenticios y fallas genéticas, que pueden debilitar sus defensas y hacerlas más vulnerables a enfermedades e infecciones.

¿Cuántas veces encontramos en el apiario abejas adultas muertas frente a la piquera de una o de varias colmenas, en tanto el resto de las colmenas del propio emplazamiento no presentan signo alguno de enfermedad o muerte? ¿Cuáles son las causas atribuibles a estos eventos? O... cuándo abundan zánganos muertos frente a las piqueras: ¿Estamos en presencia de enfermedad?

Y... ¿Cuáles efectos provocan en las colmenas las hormigas, los arácnidos y diversidad de una entomofauna que acompaña el ecosistema interno de la colmena?

(Figura 16 A y B). Todos estos “intrusos” pasan a formar parte del ecosistema interior de la colmena y con las feromonas propias que emiten, contaminan y distorsionan la cohesión química de la colonia y el equilibrio dinámico del enjambre.

En resumen, argumentos sobran: para la apicultura moderna manejada como hoy lo hacemos, se impone enfocar el manejo zootécnico y sanitario hacia la prevención; involucrar y capacitar a nuevos actores sociales (de la academia, industria, investigación, etc.), para que participen con responsabilidad y competencia en los diversos puntos de la cadena productiva y crear estructuras veterinarias que tracen estrategias para desentrañar las causas reales que, en un contexto puntual, conducen a la pérdida de salud.

ÁCAROS	COLEÓPTEROS	HIMENÓPTEROS	LEPIDÓPTEROS
1. <i>Acarapis woodi</i> 2. <i>A. externus</i> 3. <i>A. dorsalis</i> 4. <i>Varroa destructor</i> 5. <i>Tropilaelaps clareae</i> 6. <i>T. mercedesae</i> 7. <i>T. koenigerum</i> 8. <i>T. thaïi</i> (OIE, 2017) 9. <i>Melittiphis alvearius</i> 10. <i>Leptus sp. L.</i>	1. <i>Aethina tumida</i> 2. <i>Cetonia melicivorus</i>	1. <i>Vespa velutina</i> (avispa asiática) 2. <i>Vespa crabro</i> (avispon europeo)	1. <i>Galleria mellonella</i> 2. <i>Achroia grisella</i> 3. <i>Acherontia atropos</i>
DÍPTEROS	VIRUS	BACTERIAS	HONGOS
1. <i>Braula coeca</i> N. 2. <i>Apocephalus borealis</i> . 3. <i>Melanolacha</i> spp. 4. <i>Senotainia tricuspis</i> 5. <i>Megacestias scalaris</i> 6. <i>Rondonioestrus apivorus</i>	CBPV = Parálisis crónica ABPV = Parálisis aguda IAPV = Parálisis aguda israelí ¹ FV = Virus filamentozo Virus de las alas nubladas Virus X Virus Y DWV = Virus de las alas deformes KBV = Kashmir BQCV = Celdas negras reales SBV = Sacbrood o cría ensacada	1. <i>Melissococcus plutonius</i> 2. <i>Paenibacillus larvae</i> 3. <i>Hafnia alvei</i> 4. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> 5. <i>Serratia marcescens</i>	1. <i>Ascospaera major</i> 2. <i>A. prolifera</i> 3. <i>A. apis</i> 4. <i>Microsporidio Nosema apis</i> y <i>N. ceranae</i>
PROTOZOOS			QUÍMICOS
1. <i>Lotmaria passim</i> 2. <i>Malpighamoeba mellifica</i>			1. Antibióticos 2. Pesticidas (Plaguicidas) 3. Toxinas alimentarias 4. Contaminantes de origen industrial

Figura 15. Principales agentes etiológicos de origen biológico y químicos, diagnosticados como causales de procesos morbosos en las abejas melíferas. Fuentes: Leal-Hernández, 2023; Hristov et al., 2020; Martínez-Pérez de Ayala et al., 2017.



Figura 16. A) Presencia de hormigas (del Orden Hymenoptera), en el interior de una colmena. B) Cucaracha (del Orden Blattodea), sobre un panal removido de la cámara de cría de una colmena moderna Foto: Proyecto “Salud Apícola Latinoamérica”.





4. CAPÍTULO CUATRO

DIAGNÓSTICO DE LAS ENFERMEDADES

4.1. EL MÉTODO CLÍNICO

El diagnóstico de las enfermedades en las abejas, tal como se realiza en todas las especies productivas (e incluso, en el ser humano), corresponde a un profesional que siga los pasos del **Método Clínico (Figura 17)** el que, sobre bases científicas, aborda los pasos a seguir, tanto con el animal de manera individual (la colmena), o incluso con las poblaciones de animales que se involucran en un proceso epidémico. Establecida la hipótesis diagnóstica, de ser necesario, se incluye el apoyo con técnicas de laboratorio para la confirmación.



Figura 17. El Método Clínico (Fabré, 2011).

Ante un escenario social, productivo y sanitario tan complejo, no es posible dejar en manos de los apicultores el diagnóstico de las enfermedades. La similitud de signos clínicos pudiera confundir el diagnóstico certero (**Figura 18**). Realizar un diagnóstico diferencial y confirmar la presencia de alguno de los agentes causales, implica aplicar métodos y técnicas diagnósticas (clínicas y de laboratorio), propias de especialistas en Medicina Veterinaria, herramientas que no siempre están al alcance de todos los apicultores.



Figura 18. Signos clínicos de enfermedad en una colmena de abejas melíferas. Adaptado desde Verde et al. (2013).

4.2. MANIFESTACIONES CLÍNICAS: SIGNOS CLÍNICOS DE ENFERMEDAD

“**La clínica**” como parte de la medicina aplicada, es una disciplina que se encarga del estudio de los enfermos, no al estudio de la enfermedad. Cuando se habla de manifestaciones clínicas suelen utilizarse términos como:

a) Síntoma: En Medicina, un síntoma es una manifestación subjetiva de una enfermedad o alteración en el estado de salud, percibida sólo por el paciente, a diferencia de los signos, que son observables por el profesional de salud. En apicultura, los síntomas de enfermedad incluyen la disminución en la producción de miel, la reducción del número de abejas en épocas de abundancia de néctar y cambios en el olor de la colmena.

b) Signo: En Medicina, los signos son evidencias clínicas concretas y medibles de una enfermedad, como erupciones, fiebre o fatiga. A veces, requieren pruebas de laboratorio para su detección. En la apicultura moderna, existen diversos signos clínicos que indican enfermedades en las colonias de abejas, los cuales pueden ser observados por el apicultor y están relacionados con agentes etiológicos.

c) Síndrome: Es el conjunto de síntomas y signos que caracterizan a una entidad morbosa.

El Método Clínico puede aplicarse en apicultura para el diagnóstico de enfermedades, pero no siempre resulta fácil distinguir entre un "síntoma" o un "signo". Más allá de la terminología usada, ambos conceptos reflejan manifestaciones de enfermedad causadas por diversos factores estresores (Olate-Olave et al., 2021; Gilioli et al., 2019), que alteran el equilibrio de la colonia (**Figura 19**).

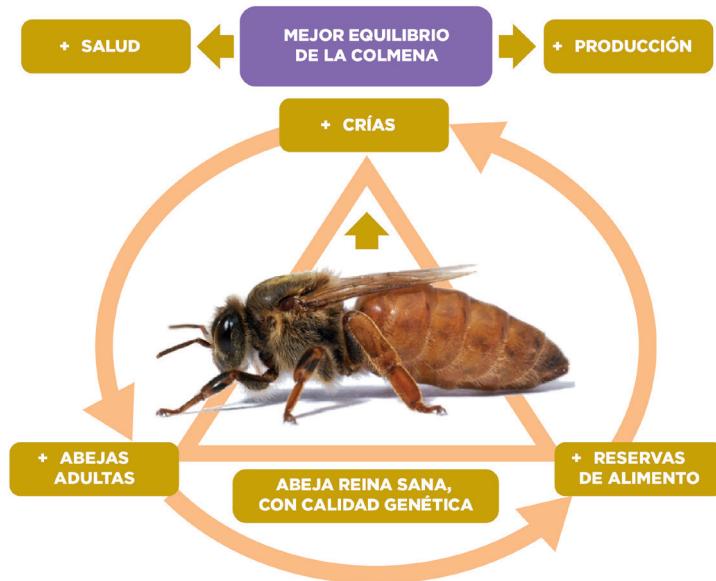


Figura 19. Elementos que condicionan el equilibrio dinámico de la colonia de abejas melíferas, manejada de forma intensiva en sistemas modernos.
Fuente: Elaboración propia.

Es fundamental establecer registros confiables que permitan evaluar el impacto de virus, parásitos y otros organismos que afectan el **microbioma¹¹** de la colmena y generan estrés en las abejas, debilitando sus defensas y facilitando la entrada de agentes etiológicos, lo que finalmente, puede reducir la productividad o causar la muerte de la colonia. La alteración del ambiente **homeostático¹²** del nido provoca signos clínicos en las crías, abejas adultas o en la colmena, aunque algunas enfermedades pueden presentarse sin manifestaciones evidentes o transitar de manera subclínica para el animal.

Según Saelao et al. (2020), es crucial controlar el **bioma¹³** y el crecimiento microbiano en la colmena y en las poblaciones de abejas para mantener la estabilidad del microbioma y favorecer la presencia de **simbiontes¹⁴** beneficiosos. Las abejas han desarrollado mecanismos para regular su microbiota, como el uso del propóleos, con propiedades antimicrobianas. Sin embargo, en poblaciones manejadas, el apicultor juega un papel clave en la salud de la colonia, es decir, el apicultor con su prácticas, puede actuar como un intermediario entre el animal, el ambiente y los agentes etiológicos (**Figura 20**).



Figura 20. El hombre, intermediario entre las abejas melíferas y los ecosistemas: regulador de la comunidad microbiana en poblaciones manejadas. Fuente: Elaboración propia.

¹¹ **Microbioma o microbiota:** Conjunto de microorganismos que habitan normalmente en distintos órganos de los seres vivos. En apicultura, la colmena se considera un individuo, donde cada componente cumple su función dentro del sistema. Por ejemplo, la microbiota del sistema digestivo de las abejas y la microbiota presente en los panales actúan como el “sistema digestivo” de la colmena.

¹² **Homeostasis:** Conjunto de fenómenos de autorregulación, que conducen a mantener una relativa constancia y composición de las propiedades del medio interno de un organismo.

En este sentido, Jacques et al. (2017) afirma que la identificación temprana de signos clínicos y la capacitación basada en la ciencia son esenciales para la prevención de enfermedades y el desarrollo sostenible de la apicultura. Por otro lado, Echazarreta et al. (2002), considera tres niveles de tecnificación bajo los cuales se llevan a cabo las actividades apícolas con colmenas modernas:

- **Tecnificado, industrial o intensivo.** Incluye los apicultores que manejan más de 100 colmenas modernas, por lo general trashuman en busca de floraciones y alcanzan rendimientos de 60 a 70 kilogramos de miel por colmena al año, o más. A este grupo pertenecen las poblaciones de colmenas con mayor riesgo sanitario, por lo que demanda mayor cobertura técnica y de los servicios veterinarios especializados.
- **Semi-tecnificado o pre-empresarial,** los que manejan menos de 100 colmenas modernas, con las que pueden alcanzar altos rendimientos productivos, en apiarios fijos o trashumantes.
- **Tradicional, rústicos, artesanal o aficionado.** Poseen colmenas tradicionales o rústicas, pero también pueden manejar algunas colmenas modernas, casi siempre en apiarios de composición mixta.

De acuerdo con algunos estudios realizados en países latinoamericanos (Olate-Olave et al., 2021; Verde Jiménez et al., 2023; Calderón-Fallas et al., 2024; Doorn et al., 2024), el hecho de que la apicultura no represente la principal fuente de ingresos para los apicultores tiene diversas repercusiones. Esto quiere decir que, los apicultores “aficionados” suelen tener una baja inversión en manejo, aplicación de tecnologías y capacitación, por lo tanto, presentan un mayor riesgo sanitario y menor control de enfermedades. Esto aumenta la vulnerabilidad de las colmenas frente a enfermedades y parásitos, pero también presentan una producción de miel más baja (entre 15 a 20 Kg de miel/colmena/año). Esto sugiere la necesidad de promover programas de capacitación y apoyo técnico para mejorar la sostenibilidad y rentabilidad de la apicultura, en este último grupo de apicultores.

Aplicar los resultados de la ciencia en esta especie productiva demandan la intervención de la academia, apoyada por los decisores que trazan las políticas públicas vinculadas al sector. Para alcanzar una apicultura moderna, tecnificada, con colmenas sanas, es necesario crear infraestructuras que aseguren el diagnóstico confiable de las enfermedades y formar capital humano con el propósito de profesionalizar el sector. Urge reformular el trabajo apícola en los aspectos sanitarios, haciendo posible reconocer de manera científica, con una mirada holística, todas las causas por las cuales mueren hoy las abejas melíferas manejadas.

¹³ **Bioma:** Nombre que se da a un grupo de ecosistemas que comparten características similares o comunes como el clima, la vegetación y la fauna.

¹⁴ **Simbiontes:** En biología, la simbiosis es la forma en que individuos de diferentes especies se relacionan entre sí, obteniendo beneficio al menos uno de ellos. Los individuos que integran las relaciones simbióticas se les denomina “simbiontes”.



5. CAPÍTULO CINCO

FACTORES QUE DETERMINAN LA SALUD O LA ENFERMEDAD EN POBLACIONES DE ABEJAS MELÍFERAS MANEJADAS

De acuerdo a la información provista en la **Figura 21**, se puede mencionar que, no basta la presencia de los agentes etiológicos para que el animal enferme, si no que, tienen que confluir múltiples **factores** que:

- A)** Debiliten la resistencia: individual o colectiva del animal.
- B)** Propicien el contacto de agentes etiológicos con el animal: las llamadas brechas sanitarias.
- C)** Condicionen la multiplicación de los agentes etiológicos en el animal o en las poblaciones animales.
- D)** Desencadenen eventos intencionales o accidentales que pongan en contacto a las abejas con sustancias tóxicas para el insecto, incluyendo **noxas¹⁵** de origen alimentario.



Figura 21. Factores que condicionan la salud de las abejas en la apicultura moderna manejada. Fuentes: Adaptado de Verde et al. (2013) y Potts et al. (2010).

5.1. LA ABEJA REINA

La abeja reina representa para el apicultor lo que para el agricultor, la semilla. Es el centro del enjambre y juega un papel fundamental en la reproducción y cohesión de la colonia. Su calidad morfológica, fisiológica, sanitaria y genética determina la salud y productividad de la colmena. La apicultura moderna, especialmente en sistemas intensivos con colmenas Langstroth, exige un alto esfuerzo reproductivo de la reina, que mantiene un ritmo de **oviposición¹⁶** que representa el doble de su peso corporal cada 24 horas en períodos de abundancia alimentaria.

La abeja reina juega un rol protagónico: mantener la variabilidad genética en las poblaciones de abejas melíferas, característica que, por su importancia para la salud en la apicultura manejada, requiere ser vigilada bajo programas de selección que eviten la consanguinidad. Tal condición es hoy un elemento imprescindible para tener sistemas productivos con rendimientos superiores a 40 kg/miel/colmena/año como expresión de salud.

Para mantener una colmena saludable, la abeja reina no debe presentar malformaciones ni alteraciones fisiológicas. A medida que envejece, su eficiencia reproductiva disminuye, afectando la postura y la producción de feromonas. Por ello, es crucial el recambio sistemático de la reina con ejemplares seleccionados **por sus cualidades genéticas y sanitarias**.

Tras su acoplamiento **poliándrico¹⁷** con los zánganos, los espermatozoides se almacenan en la espermateca, donde permanecen viables durante toda la vida reproductiva del animal. Sin embargo, con el tiempo, la degeneración celular de este órgano afecta la nutrición y oxigenación de los espermatozoides, reduciendo la capacidad reproductiva de la reina. De acuerdo con Martínez-Pérez de Ayala et al. (2017) la vida útil de una reina depende de diversos factores, incluyendo factores genéticos, alimentación recibida, cantidad de huevos producidos, entre otros. Sin embargo, para la apicultura intensiva, el cambio oportuno de la abeja reina se resume en dos factores clave:

- **Desgaste fisiológico** producto del esfuerzo en la actividad reproductiva. Reinas longevas pierden la capacidad de postura y disminuyen la producción de feromonas (Palacio y Martínez, 2014).
- **Pérdida de vitalidad** de los espermatozoides, como consecuencia del envejecimiento, desnutrición o baja oxigenación.

Ello explica por qué en climas cálidos o templados, se recomienda reemplazar la reina cada 12 meses, mientras que en climas fríos el intervalo puede extenderse hasta dos años.

No obstante, estas recomendaciones no pueden convertirse en “una camisa de fuerza”, sino que, de acuerdo a los estudios y observaciones de campo se debe identificar el período ideal para realizar el reemplazo oportuno de la abeja reina en un territorio determinado. Para ello es preciso que el apicultor lleve registros.

El mejoramiento genético es clave en la apicultura moderna. La variabilidad genética es fundamental para la salud y productividad de las colmenas, evitando la consanguinidad y favoreciendo caracteres deseables como mayor producción de miel y resistencia a enfermedades. Los centros especializados en reproducción de abejas reinas selectas juegan un papel crucial en la obtención de ejemplares de alta calidad. Por lo tanto, para lograr el desarrollo sostenible de la apicultura moderna se requiere implementar programas de selección y mejoramiento genético. Si los caracteres de selección son altamente heredables, se puede predecir la respuesta productiva y la resistencia a enfermedades, obteniendo líneas de abejas localmente adaptadas (Benítez et al., 2014). Para estos fines, se han descrito algunos criterios de selección para ser considerados por los programas de selección genética, los cuales se muestran en la **Figura 22**.



Figura 22. Criterios a tomar en cuenta en Programas de Selección Genética, según el porciento de heredabilidad del carácter. Fuente: Demedio et al. (2015).

16 Oviposición: Acción realizada por las hembras de los insectos para poner huevos fecundados. En el caso de la abeja melífera, los huevos se forman en los ovarios de la abeja reina. Los ovarios están compuestos por un mazo de túbulos membranosos y delgados llamados ovariolas.

17 Poliandria: Forma de apareamiento de la abeja reina, buscando recibir el esperma de diferentes zánganos.

El cambio oportuno de la abeja reina aporta beneficios como una mayor población de abejas adultas, mayores rendimientos productivos, disminución de la mortalidad invernal y prevención de la enjambrazón. La selección de reinas debe considerar caracteres altamente heredables, como la **conducta higiénica**, que favorece la resistencia a enfermedades. Las abejas melíferas que descienden de reinas seleccionadas con este carácter detectan, desoperculán, remueven y sacan de las celdas las costras y crías enfermas o muertas, limpian cadáveres y desechos y, con las mandíbulas, mutilan los ácaros de *Varroa*, logrando disminuir las tasas de infestación parasitarias (Masaquiza et al. 2019 y Demedio et al. 2015). La **Figura 23 (A y B)** muestra una prueba de conducta higiénica en pupas de obreras, donde se observa que, en el lugar donde las obreras detectaron las crías muertas, las desopercularon y limpian la celda. En tanto, la **Figura 23-C** muestra la rotura del idiosoma de *Varroa destructor* por abejas melíferas que presentaban conducta higiénica.

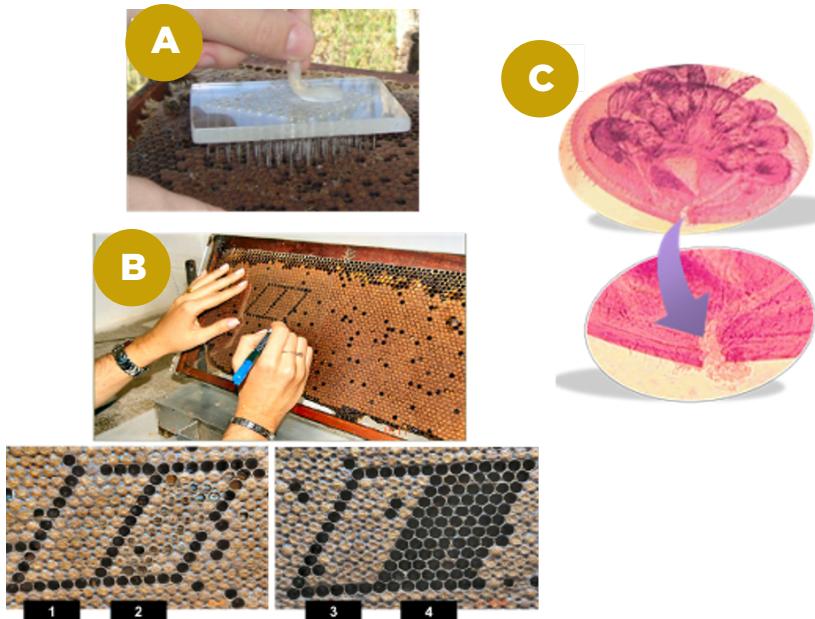


Figura 23. Prueba de conducta higiénica **A)** En pupas de obreras. Panal con crías pinchado para matar las pupas en fase de ojos rojos y lectura a las 24 horas: 1 y 3 crías testigos. **2:** Panal procedente de una colmena con abejas de pobre conducta higiénica. **4:** Panal procedente de una colmena con conducta higiénica. **C)** Rotura del idiosoma de *Varroa destructor* por abejas melíferas.

Fuente: Pérez y Demedio (2014).

En la apicultura industrial, el reemplazo masivo de reinas en un mismo apiario permite mantener uniformidad productiva. Marcar la reina según el código de colores internacional (**Figura 24**) facilita su identificación y manejo, asegurando la renovación en el momento adecuado. Una buena reina se distingue por su postura compacta y abundante, asegurando el equilibrio de la colonia.

El comportamiento natural de enjambrazón puede afectar la estabilidad de la colmena si no es controlado por el apicultor. Este proceso responde a leyes biológicas, como la del crecimiento, la superficie límite, las provisiones y los factores limitantes (Prost, 1981). Mantener una colmena productiva requiere una adecuada gestión de estos elementos, garantizando la salud y el rendimiento de la colonia en la apicultura moderna.

**PATRÓN INTERNACIONAL DE COLORES
PARA MARCAR LAS ABEJAS
REINAS SEGÚN EL AÑO**



Terminación del año	Color
0 - 5	Azul
1 - 6	Blanco
2 - 7	Amarillo
3 - 8	Rojo
2 - 9	Verde

Figura 24. Abeja reina marcada con el color del año.
Fuente: Proyecto “Salud Apícola Latinoamérica”.

5.2. EL NIDO

Los estudios sobre nidos naturales de *Apis mellifera* han demostrado que las abejas organizan su nido de manera óptima, estructurando la cría y las reservas de alimento en función de su desarrollo. En colmenas modernas, el tamaño y forma del nido dependen de la oviposición de la abeja reina. Si la postura es baja, el nido adopta una forma elíptica, mientras que una postura abundante da lugar a un nido esférico, favoreciendo la expansión a un segundo cuerpo o alza.

Por ejemplo, si un panal Langstroth estándar tiene 6400 celdas y si es ocupado al 63% (4000 celdas), bajo condiciones ideales de floración y postura, la colmena necesitará como mínimo - 5 panales ($9 \times 2000 / 4000$) para la cría sin opercular y 6 panales ($6 \times 2000 / 4000$) para la operculada.

En total suman una demanda de 11 panales para las abeja en etapa de crías. Un aprovechamiento del panal de cría inferior al estimado puede implicar la necesidad de 12 o más panales de cría. Esto explica las razones por las cuales en época de abundancia de alimentos la cámara de cría se extiende hasta el segundo cuerpo o alza.

La estructura del panal de cría sigue un orden: en la parte superior se encuentra la “corona de miel”, seguida por celdas con miel sin opercular, una franja con polen y finalmente, las celdas de cría dispuestas por edad (**Figura 25**). Este orden debe ser respetado en la apicultura para un manejo eficiente. Contrario a lo que se cree, la organización del nido no es dirigida por la reina, sino por las abejas obreras limpiadoras, que preparan las celdas antes de la oviposición.

Las reservas de alimento se almacenan estratégicamente alrededor del nido, con el polen cerca de las larvas y la miel actuando como aislante térmico. La calidad de las celdas es clave: aquellas con diámetros entre 5.38 y 5.42 mm albergan obreras, mientras que celdas más profundas son usadas para miel. Una adecuada separación de los panales influye en el tamaño de la “corona de miel” y en el aprovechamiento del espacio para la cría.



Figura 25. Estructura de un panal con cría operculada.
Fuente: Elaboración propia.

La abeja reina deposita sus huevos siguiendo un patrón espiral, iniciando en el centro del panal y expandiéndose lateralmente. Su capacidad de postura permite alcanzar los 2000-2500 huevos diarios en condiciones óptimas. La viabilidad de la cría es un factor crucial para la productividad de la colmena, siendo afectada por enfermedades bacterianas, fúngicas, virales y plagas como la polilla de la cera.

Por otro lado, las malas prácticas en el manejo del nido pueden reducir la población de abejas adultas y afectar la productividad. Errores como un alambrado deficiente, uso de alambre grueso o láminas de cera mal estampadas pueden impedir la oviposición y la correcta formación de los panales (Giral et al., 2010). Un manejo adecuado del nido garantiza el crecimiento equilibrado de la colonia y optimiza la producción de miel y polen en la apicultura moderna.

5.3. EL MEDIO AMBIENTE, EL ANIMAL SUSCEPTIBLE Y LA ENFERMEDAD

Para entender la interacción entre la colmena y su entorno, es clave **definir medio ambiente y ecosistema**. El medio ambiente, según la ONU (1994), es un sistema dinámico compuesto por factores naturales, sociales y económicos que afectan a los seres vivos. El medio ambiente incluye tanto el contexto de la naturaleza como las relaciones socioculturales, que interactúan permanentemente, y en la que los humanos habitan de manera condicionada; pero, a su vez, condicionantes del sistema (Márquez et al. 2021).

En cambio, el ecosistema, según la ONU (1994), es una unidad funcional donde interactúan organismos y su entorno. En apicultura, la colmena es un ecosistema, integrando abejas con factores bióticos y abióticos (Verde, 2010). Su equilibrio depende de interacciones mutuas que mantienen la estabilidad del sistema. Otra definición de **ecosistema** señala que es el “conjunto de organismos vivos mutuamente acoplados que ocupan un área como unidad reconocible, en comunidad biológica con el ambiente físico y químico en que se desarrollan (**biotopo¹⁸**), integrados ambos en una unidad estructural y funcionalmente definida cuyos componentes mantienen una estrecha interdependencia” (Ávila, Fernández y Tárano, 2011). Según Hernández et al. (2014), el término indica una unidad natural de partes vivientes e inertes, con interacciones mutuas que producen un sistema estable, en el cual el intercambio de sustancias es de tipo circular. Un ecosistema puede ser tan grande como el océano, o tan pequeño, como un acuario que contiene plantas, caracoles y peces.

En la apicultura manejada, la **colmena moderna** es el sustrato donde la colonia o familia de abejas se desarrolla. Pero cuando se habla de colmena, el término por lo general se asocia a la suma de los elementos inorgánicos (cajas de madera, cuadros alambrados, tapa, piso o fondo, etc.), más el enjambre o la familia de abejas que contiene.

Esa unidad biológica funcional se relaciona -y forma parte indisoluble- con los ecosistemas donde habita, marcado por la conducta gregaria de esta especie. Es en la colmena, donde la abeja melífera desempeña gran parte de sus actividades, interactúa con los factores ambientales (atmosféricos, edáficos, geográficos y bióticos) y es donde acontecen los eventos sanitarios.

Para abordar la salud y enfermedad de manera holística, se debe considerar que:

- La colmena es un ecosistema que interactúa con su entorno, donde la estabilidad se refleja en la producción.
- Las abejas dependen de plantas polino-nectaríferas para su alimentación y de resinas para la protección de la colonia.
- El suelo y sus factores ambientales afectan tanto a las plantas como a las abejas.
- Las cadenas tróficas son esenciales para el equilibrio ecológico, y cualquier alteración del hábitat impacta la transformación de la materia en energía (Hernández et al. 2014).
- En sistemas modernos, las abejas adaptan su comportamiento a los cambios ambientales y productivos inducidos por el ser humano (**Figura 26**).
- Las abejas melíferas desarrollan adaptaciones genéticas para mejorar su supervivencia y resistencia a patógenos, lo que hace preferible el mejoramiento a partir de colonias locales en lugar de importar reinas de otros territorios.
- Dado que el acoplamiento ocurre en áreas de congregación, los genes importados pierden expresión rápidamente, favoreciendo la genética local.
- Los factores ambientales adversos aumentan la vulnerabilidad a enfermedades, por lo que es esencial adoptar un **enfoque preventivo**, considerando las condiciones del ecosistema y la ubicación geográfica dentro del **radio de vuelo económico** de las colmenas.
- El “**radio de vuelo económico de la abeja melífera**” describe la relación entre el tiempo de **pecoreo**¹⁹ y la energía obtenida, con una fuerte preferencia por forrajar cerca de la colmena (Heinrich 1975). Dicho de otro modo, Verde y Demedio (2013), lo expresan como “la máxima distancia que recorren las abejas melíferas pecoreadoras desde la colmena hasta la fuente de alimentos (néctar, polen, agua) y resinas (para producir propóleos), que les permitirá, además de suprir los requerimientos diarios de la familia, acumular excedentes para períodos de penurias o escasez”. La capacidad de vuelo de las abejas depende de su alta frecuencia de aleteo, que les permite generar sustentación y mantenerse en el aire.



Su orientación se basa en elementos del paisaje y se estima que la distancia de pecoreo varía entre 0.4 km y 5 km, dependiendo de la calidad y disponibilidad de alimento, aunque en casos extremos pueden recorrer hasta 12 km (Heinrich, 1975); De la Cuadra, 2006; Goodwin, 2012; Mercado et al., 2020). En tanto que, el Código Sanitario para los animales terrestres establece un radio de vuelo mínimo de 3 km, cubriendo 27 km² (OIE, 2013). Por ello, se recomienda ubicar apiarios con una separación de 3 km, ajustándose a la disponibilidad de flora y la carga de colmenas en el área (Martínez-Pérez de Ayala et al., 2017).

Para desarrollar una apicultura moderna, intensiva, con colmenas sanas, resulta fundamental considerar el desplazamiento espacial de la abeja en busca de provisiones y utilizar la georreferenciación como herramienta para de terminar la intercepción de los radios de vuelo económico entre apiarios ubicados en un mismo ecosistema productivo. Ambas consideraciones constituyen puntos de partida para estudiar los factores ambientales que rodean al animal susceptible, proyectar las medidas preventivas “específicas” para cada proceso morboso, según la etiología o riesgo de salud y proponer, con acierto, la conducta contra epidémica para recuperar eventos de enfermedad.

¹⁹ **Pecoreo:** acción de recolección que realizan las abejas para proveer a la colonia de los recursos vitales: néctar, polen, agua y resinas.

5.4. GEORREFERENCIACIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Desde el punto de vista sanitario y productivo, la georreferenciación de la apicultura constituye una herramienta que sustenta, sobre bases científicas, diversas esferas del sector, destacándose entre todas las siguientes:

- ◆ Proyectar el desarrollo sustentable del sector y contribuir con el servicio ecosistémico del insecto.
- ◆ Realizar el ordenamiento territorial de la apicultura y la gestión del riesgo sanitario de las poblaciones manejadas.
- ◆ Trazar pautas y estrategias que permitan conciliar los intereses de la agricultura con la apicultura.
- ◆ Utilizar las abejas melíferas como indicador de contaminaciones, en programas ambientales coordinados.
- ◆ Generar Sistemas de Calidad y de Trazabilidad en la apicultura manejada.
- ◆ La ubicación y el manejo territorial de los apiarios a considerar para la selección genética masal y los Centros Reproductores de Abejas Reinas.

Las abejas realizan un trabajo de vital importancia para la conservación de las especies vegetales, es decir, existe una relación entre las plantas y las abejas que favorece la existencia de ambas. La visita de las abejas sobre diferentes flores se enfoca en la búsqueda de recursos para su alimentación (néctar y polen) y resinas que utilizan para la protección de la colonia. Al mismo tiempo, la abeja favorece el transporte de los granos de polen de una planta a otra, materializando la polinización, que es considerado como el principal **servicio ecosistémico²⁰** que brinda la abeja melífera (Mancera y Sánchez, 2019). En este contexto, a continuación se presentan algunos de los aspectos más importantes que describen a la georreferenciación y ordenamiento territorial como una plataforma para proyectar el desarrollo sustentable del sector.

I. Georreferenciación de la flora, los apiarios y las instalaciones apícolas

La apicultura con colmenas modernas georreferenciadas es una herramienta clave para la gestión ambiental y la protección de la biodiversidad. Su aplicación permite optimizar la producción agrícola y forestal, beneficiando tanto a la naturaleza como a los apicultores, quienes comercializan el polen recolectado por las abejas. En este sentido, ubicar los apiarios en mapas de escala 1:50 000 (o mapas digitales), facilita la ubicación estratégica de apiarios, permitiendo estimar:

- A)** El radio de vuelo de las abejas y su interacción con otros apiarios.
- B)** Áreas de riesgo sanitario.
- C)** La densidad óptima de colmenas según la disponibilidad de recursos melíferos.

Este enfoque permite un **ordenamiento territorial eficiente**, similar a la gestión del ganado en pastizales, asegurando una distribución sostenible de colmenas. Además, reduce riesgos sanitarios y nutricionales, mejorando la productividad del sector.

II. Ordenamiento territorial y gestión del riesgo sanitario

Georreferenciados los apiarios y ajustadas las cargas de colmenas a los potenciales melíferos de un territorio es posible:

- A)** Mejorar la estructura sanitaria de la base productiva.
- B)** Implementar Sistemas Sanitarios de Vigilancia Epidemiológica.
- C)** Establecer Programas Contrepidémicos efectivos, con enfoque preventivo o para recuperar poblaciones de abejas sanitariamente deficientes.
- D)** Diseñar e implantar Sistemas de Trazabilidad confiables.

El ordenamiento territorial ayuda a identificar las áreas de mayor riesgo sanitario y permite visualizar la interacción entre los apiarios, lo que ayuda a definir estrategias para contener brotes de enfermedades. Un ejemplo de esto, se muestra en la Figura 27, que muestra la georreferenciación en una zona de Cuba, donde se muestran las áreas de mayor riesgo sanitario, considerando la densidad de colmenas por kilómetro cuadrado, la proximidad de los apiarios y los potenciales melíferos disponibles en estos ecosistemas productivos. Pero también es necesario considerar: La magnitud de la zona afectada dependerá de:

- **La naturaleza del agente etiológico:** Determina la severidad y propagación de la enfermedad.
- **La geografía del terreno:** Montañas y bosques pueden limitar la dispersión de patógenos.
- **Las condiciones climáticas:** Factores como temperatura, humedad y precipitación afectan la salud de las colmenas.

2º Servicio ecosistémico: Beneficios tangibles e intangibles que obtienen las personas a partir del funcionamiento natural de los ecosistemas.

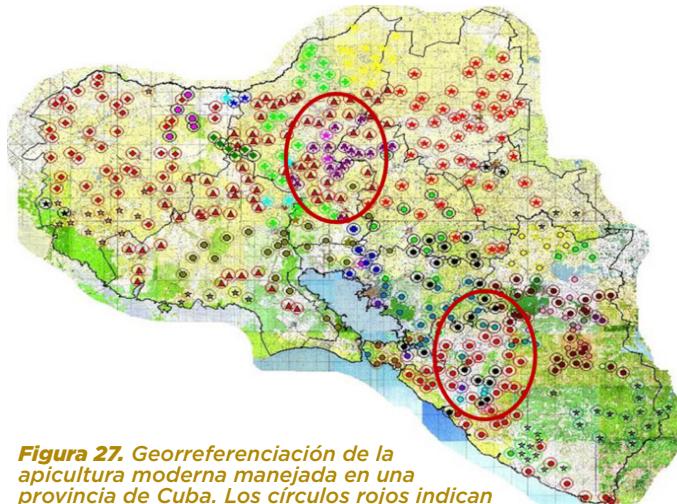


Figura 27. Georreferenciación de la apicultura moderna manejada en una provincia de Cuba. Los círculos rojos indican la apicultura con mayor riesgo sanitario.
Fuente: Castro et al. (2018).

De acuerdo con Castellanos et al. (2016), la abeja melífera requiere mantener una temperatura de 34 a 35 °C dentro la colmena para su óptimo desarrollo. Se ha determinado que, los insectos (entre ellos, las abejas), responden a los cambios de temperatura y precipitaciones. Es por ello que, el cambio climático impacta directamente a las abejas, alterando su distribución y ciclo de vida. Temperaturas extremas, lluvias prolongadas o sequías pueden aumentar la vulnerabilidad a enfermedades como *Varroa destructor* y *Nosema spp.*, reduciendo la producción de miel. Por lo tanto, el uso de georreferenciación permite una mejor gestión sanitaria y productiva, ayudando a prevenir y controlar enfermedades de manera más eficiente.

III. Ordenamiento apícola y estrategias para conciliar los intereses de la agricultura y apicultura

Disponer de toda la apicultura mapificada, representa una herramienta válida para proyectar estrategias que a instancia local permita la convivencia armónica entre apicultores, agricultores y ganaderos, a fin de impedir contaminaciones de los productos apícolas y muertes masivas de abejas por intoxicación, sin dejar de intervenir los cultivos para el control de plagas o de realizar las actividades propias de la ganadería (vacuna, ovina y caprina), como son los baños antiparasitarios para el control de sarna, garrapatas y otros ácaros, minimizando los riesgos para las abejas.

Cuando se trata de aplicar productos plaguicidas en cultivos agrícolas próximos a los apíarios, conociéndose el ingrediente activo que se utilizará, el momento de aplicación y la ubicación de las colmenas, es posible conciliar estrategias que, amparadas por estamentos legales (Leyes, Resoluciones, Contratos, entre otros), permitan preservar la vida de las abejas, apoyados por sistemas de aviso territorial con la participación de los agricultores, fitosanitarios y apicultores, minimizando así el riesgo de muertes por plaguicidas y/o la presencia de residuos en las matrices de la colmena.

En este caso es necesario tomar en cuenta el Grupo de Toxicidad (GT) que para las abejas corresponda al ingrediente activo del **plaguicida²¹** a utilizar, el Término de Carencia (TC) del ingrediente activo y la forma de aplicación indicada, aspectos todos que facilitan al sector apícola, de conjunto con el agrícola, establecer medidas de protección específicas, las que pueden ser: no asperjar por avión el producto, tomar en cuenta la hora y la dirección del viento en el momento de la aplicación, cerrar las píqueras de las colmenas o trasladar las colmenas a otro emplazamiento cuando el TC del ingrediente activo será mayor de 48 horas, etc.

IV. Las abejas como indicador de contaminaciones, en programas ambientales coordinados

Los elementos tóxicos son un riesgo para la salud humana y los ecosistemas, aún en bajas concentraciones. Estos elementos provienen de diferentes fuentes: combustibles, aerosoles urbano-industriales, desechos líquidos y sólidos de origen animal y humano, de la industria química y textil, la minera, entre otros. Son contaminantes de interés los residuos de la actividad minera y las aguas residuales utilizadas para el riego agrícola y los agroquímicos utilizados en la agricultura: plaguicidas y fertilizantes.

Al respecto, Chavarria (2020) señala que, actividades humanas como la industria, minería y agricultura, generan un impacto negativo en los ecosistemas, debido a la liberación de diversos compuestos químicos nocivos. Muchos de estos compuestos, conocidos como xenobióticos, no sólo son tóxicos, sino que también tienen una elevada resistencia a la degradación química y biológica. Por lo tanto, su persistencia en el ambiente facilita su propagación y acumulación en diversos ecosistemas, contribuyendo al deterioro progresivo de los recursos naturales y afectando la biodiversidad. Debido al rol de las abejas como polinizadores, interactúan con estos contaminantes de manera directa, pudiendo ser transportados, almacenados y concentrados en la colmena junto con la miel. Según Cáseres (2014), las abejas exploran áreas de 7 km² durante la recolección de elementos vitales para el desarrollo de su colonia (agua, propóleos, polen, néctar y mielatos)

²¹ **Plaguicida:** Producto agroquímico, que debe estar debidamente registrado en el Registro de Plaguicidas y autorizado su uso por la Autoridad Competente del país.

y por consiguiente, los productos de la colonia se pueden relacionar con la contaminación local. La facilidad para transportar y manejar colmenas, permite utilizarlas como indicadores ambientales. Visto así, resulta evidente la posibilidad que brindan las colmenas ubicadas en puntos susceptibles de contaminación, para incluir a la Apicultura en Programas Ambientales coordinados, que permitan detectar residuos peligrosos en muestras de diferentes matrices: miel, polen, cera o propóleos, según sea el objetivo.

V. Instrumentos para generar Sistemas de Calidad y Trazabilidad en la apicultura moderna e intensiva

La creciente preocupación por la seguridad alimentaria ha llevado a la implementación de políticas públicas que garanticen la inocuidad de los productos apícolas, en línea con regulaciones internacionales. La georreferenciación se ha convertido en una herramienta clave para la trazabilidad en la apicultura, permitiendo identificar cada apíario con un código único basado en su ubicación y propietario.

Un ejemplo exitoso es el sistema implementado en Cuba, donde todos los apíarios están censados y mapificados. Cada producción apícola recibe un código irrepetible que facilita el seguimiento del producto desde su origen hasta la comercialización, asegurando su autenticidad y calidad.

Además, la georreferenciación permite evaluar las características del suelo y los potenciales productivos del territorio, lo que ayuda a diversificar la producción y garantizar un suministro estable de materia prima para la industria apícola. Esto contribuye a la estandarización de la calidad y cantidad de los productos apícolas, fortaleciendo la competitividad del sector.

VI. Ubicación y manejo territorial de apiarios para la Selección Genética y Centros Reproductores de Abejas Reinas

El desarrollo de una apicultura moderna y sostenible requiere de la selección genética de colmenas adaptadas a su entorno, priorizando aquellas más resistentes a enfermedades y con mayor productividad. La georreferenciación de apiarios permite definir con precisión la población apícola adecuada en este proceso.

Los Centros Reproductores de Abejas Reinas juegan un papel esencial en los programas de mejoramiento genético y sanitario. Para su correcta ubicación, deben situarse en áreas aisladas de otros apiarios (mínimo 5 km), considerando además la cercanía a zonas de congregación de zánganos para optimizar la fecundación natural.

La georreferenciación también facilita la gestión productiva y comercial de estos centros, permitiendo estimar la demanda de reinas y evaluar su impacto en la salud y productividad de las colmenas. Además, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) representa una herramienta clave para comprender la relación entre el ambiente, la salud de las abejas y el manejo territorial, promoviendo una apicultura más eficiente y sostenible (Castro et al., 2018; Amiri et al., 2012; ONU, 1994).

Mapificar toda la apicultura manejada en un territorio, será en pocos años una herramienta generalizada e indispensable a utilizar para proyectar y conducir el desarrollo sostenible de la apicultura moderna. Frente al cambio climático y el impacto del hombre en los ecosistemas, permite establecer de manera eficaz y sobre bases científicas las medidas y estrategias contrepidémicas para prevenir, controlar y/o recuperar las enfermedades infectocontagiosas (virales, bacterianas o por hongos), invasivas (parasitarias, por plagas o por depredadores) y prevenir o establecer las causas de muertes de colmenas de origen tóxico.

5.5. BUENAS PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN Y SALUD EN COLMENAS MODERNAS

Las **buenas prácticas de producción (BPP)** en apicultura son esenciales para mantener la salud y productividad de las colmenas. La colmena moderna es un sistema complejo y altamente organizado, donde cada intervención del apicultor puede compararse con un procedimiento quirúrgico que afecta su equilibrio vital. Las BPP se pueden definir de la siguiente manera:

“Actividades prácticas realizadas sobre la colmena moderna gestionada o en su entorno, que no afectan la relación armónica de los sistemas que modulan la fisiología, etología y salud de la colonia como un todo, favoreciendo la homeostasis de la familia de abejas y propiciando que se exprese con calidad, el potencial productivo de la especie”.

Tal definición tiene implícito el **concepto moderno de salud**, razón por la cual las buenas prácticas de producción involucran actividades que impactan de forma directa en la prevención de las enfermedades e impiden la entrada y/o multiplicación de los agentes etiológicos (brechas sanitarias), ya sea en una colmena o en poblaciones de colmenas relacionadas entre sí.

Constituyen brechas sanitarias todas aquellas acciones que trasladan los agentes etiológicos procedentes de un foco (fuentes y vías) hasta el animal o hasta las poblaciones de animales susceptibles y propician que se vulneren las barreras de defensa individual o colectiva.

Las buenas prácticas de producción realizadas por el hombre conducen a reforzar la resistencia individual y colectiva, obstaculizan la propagación y desarrollo de los agentes etiológicos, impiden las brechas sanitarias y, en aquellos casos donde se instauró la enfermedad, contribuyen a recuperar la salud animal.

I. El trabajo veterinario en la apicultura y el enfoque preventivo

El trabajo veterinario en la apicultura moderna debe enfocarse en la prevención en lugar de la cura, alineándose con los principios del **Bienestar Animal (BA)**. Sin embargo, muchos programas sanitarios dejan la responsabilidad de las decisiones sanitarias en manos de los apicultores, sin un marco regulador sólido.

El bienestar de las colmenas depende de la aplicación de buenas prácticas zootécnicas, higiénicas y sanitarias. Esto quiere decir que, **prevenir representa producir** con calidad. Pero esto sólo se logra cuando el apicultor es capaz de:

- A)** Evitar la propagación de enfermedades.
- B)** Mantener la higiene en toda la cadena productiva.
- C)** Fortalecer la resistencia de las abejas frente a agentes etiológicos.
- D)** No alterar el equilibrio de la colmena ni del ecosistema en el que se desarrolla.

Para lograr estos objetivos se requiere la aplicación de buenas prácticas productivas, con especial énfasis en medidas de prevención que constituyen puntos críticos para el control sanitario de la cadena productiva apícola.

II. Renovación sistemática de la cámara de cría

La renovación sistemática de la cámara de cría, es un factor de buenas prácticas esencial para la salud de la colmena manejada. Para tener una cámara de cría funcional el apicultor tendrá en cuenta las siguientes acciones durante el año:

- A)** Mantener la limpieza interior de la colmena, raspando los excesos de cera y propóleos acumulados en los cabezales de los cuadros, los fondos y las tapas.

B) Eliminar panales viejos y defectuosos y los cuadros laminados que se mantienen sin obrar.

C) Organizar la distribución de los panales por alzas, respetando el procedimiento adecuado para no interferir la fisiología de la colmena, mantener la cohesión del nido y facilitar la termorregulación de la colonia. Organizar y mantener de manera invariable 10 panales en la cámara de cría.

III. Disposición de los panales en la cámara de cría y las alzas

La cámara de cría de la colmena Langstroth, de manera invariable debe tener 10 panales, de preferencia nuevos o recién obrados, ocupados con crías en distintos estadios de desarrollo y con reservas de polen y miel para el alimento de las crías y las nodrizas (**Figura 28**). Numerando los panales del 1 al 10, en época de cosecha, estarán dispuestos de la forma siguiente: panales 1 y 10 con reservas de miel y ocasionalmente algo de polen, el 2 y el 9, reservas de miel y polen, el 3 y el 8 cría operculada, el 4 y el 7 cría desoperculada (más larvas que huevos) y los panales 5 y 6 también con crías desoperculada (más huevos que larvas), siendo esta la disposición ideal (Martínez-Pérez de Ayala et al. 2017).

No obstante tal composición varía, alternando la distribución de los estadios de las crías en los panales, en correspondencia con los ciclos de nacimientos de las obreras (21 días), las etapas productivas en que se encuentre la colmena y con la necesaria rotación e introducción de panales recién obrados en la cámara de cría, manejo zootécnico que persigue dotar a la cámara de cría de los panales más jóvenes), de manera que la abeja reina pueda ovipositar en aquellos de mejor condición sanitaria y de mayor diámetro interno de las celdas. Otro factor que condiciona la estructura de la cámara de cría es la invernada, etapa en la cual se detiene la oviposición de **la abeja reina y se consumen las reservas de alimento dejadas para esta etapa**.



Figura 28. Disposición de los panales en las alzas o cuerpos de la colmena Langstroth durante la cosecha de miel. A partir del segundo cuerpo o alza, en época de cosecha, todas las alzas con las que se crece la colmena se utilizan como reserva o almacén de miel. Fuente: Elaboración propia.

IV. La cera

Disponer de una cámara de cría con panales nuevos y sanitariamente aptos para el desarrollo productivo de la apicultura demanda cera, único insumo que el hombre no puede aportar al proceso productivo procedente de otras fuentes que no sea la colmena. Es producida por la abeja obrera entre los 12 a 18 días de edad, secretada por cuatro glándulas cereras ubicadas entre los externitos abdominales, sobre los segmentos IV y VII (Sepúlveda-Gil 1986). Se estima que, para producir 1kg de cera las abejas deben consumir entre 6 y 7 kg de miel.

La composición de la cera es variable y compleja. En ella se han identificado unos 284 compuestos diferentes, de los cuales, cerca de 111 son volátiles. La cera virgen, es de color blanco (**Figura 29 A y B**), pero se torna amarillenta, a medida que entra en contacto con las abejas, la miel, el polen y el propóleos. Los matices amarillos son causados por los pigmentos de caroteno solubles en grasa provenientes del polen (Martínez-Pérez de Ayala et al., 2017). Cera más clara se mantiene en la cubierta (sello) de la miel madura y en el de las crías (cera de opérculo). El panal recién obrado es de color crema claro, pero va adquiriendo un color más oscuro por la incorporación de polen, propóleos, mudas y restos anatómicos del insecto (**Figura 29-C**).



Figura 29. (A) abeja obrera con cera recién secretadas por las glándulas cere- ras. (Cortesía de Dinaldo, J., Brasil, 2016). B) Lámina de cera recién “obrada” o “estirada” por las abejas obreras. Se observa el color crema de la cera recién obrada (Cortesía de Borges, D. E., Cuba, 2012). C) Cera oscura en un panal viejo y deteriorado procedente de una cámara de cría defectuosa (cortesía Proyecto Salud Apícola 2020).

La obra del panal es perfecta, nada es casualidad, siendo el hexágono la única figura geométrica que no deja espacios inútiles entre una celda y la estructura así construida soporta el peso del contenido sin deformarse. De la manera que se encuentran las celdas que conforman el panal, favorece que durante la metamorfosis de obreras y zánganos, las crías entre ellas se “arropen” (seis a los lados y seis por detrás) y así contribuir a mantener estable la temperatura del nido.

A su vez, el diámetro de las celdas y el ángulo de inclinación del alveolo determinan que no se derrame el néctar colectado y almacenado en él por las abejas, hasta tanto disminuyan la humedad, se concentre el líquido y sea sellado como miel madura (**Figura 30**).

Desde el punto de vista sanitario es preciso considerar que, durante su metamorfosis, la abeja melífera atraviesa cinco mudas, dejando en cada una, una membrana llamada exuvia, que se adhiere a las paredes del panal. Con el tiempo, esto reduce el diámetro de las celdas y acumula microorganismos, incluidos patógenos, lo que aumenta el riesgo sanitario de la colmena.

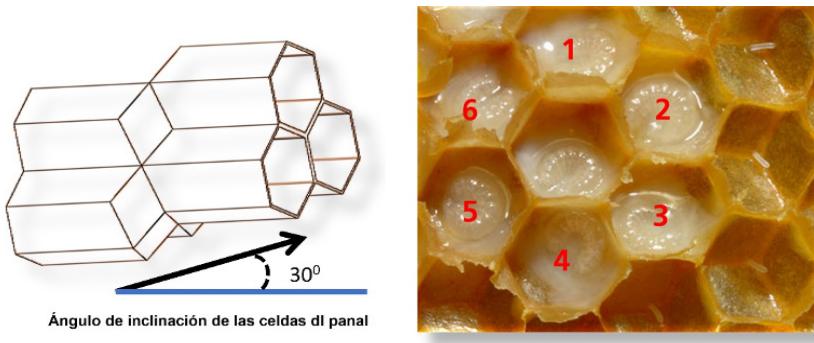


Figura 30. A la derecha, panal con crías desoperculadas de diferentes edades. La otra cara del panal también tiene crías, lo que contribuye a mantener la temperatura del nido. A la izquierda, se representa el ángulo de inclinación que presentan las celdas obradas. Fuente: Elaboración propia.

[El panal obrado a partir de una lámina de cera estampada es la “cuna de las crías” y el “primer envase que tienen la miel y el polen”. La calidad higiénico-sanitaria y la inocuidad de la cera presente en el panal, determinará la condición sanitaria de la colmena, la viabilidad de las crías y la calidad de los productos que de ella se obtienen.**]**

Por otro lado, las abejas criadas en panales envejecidos tienden a ser más pequeñas y a desarrollar un buche reducido, lo que disminuye su eficiencia en la recolección de néctar, polen, resinas y agua, afectando así la productividad de la colonia.

La producción de cera en apicultura depende del manejo eficiente de las colmenas, siendo el 80% reciclado en la misma industria (Bande, 2016). Se obtiene principalmente al preparar las colmenas para la cosecha y durante la cosecha misma, mediante la fundición de panales viejos, opérculos y panales supplementarios.

El adecuado manejo de la cera requiere su clasificación según calidad, origen y trazabilidad, bajo normas técnicas. Los criterios de clasificación de la cera se resumen en la **Figura 31**. No obstante, contaminación de la cera por residuos químicos (plaguicidas, tratamientos contra *Varroa destructor*) y biológicos (*Paenibacillus larvae*, *Ascospheara* sp.) representa un riesgo sanitario y comercial. Estudios demuestran que estos contaminantes pueden migrar a la miel y el polen, afectando la salud de las abejas y la calidad de los productos apícolas (Jiménez et al., 2006; Sillard, 2002).



- | | | |
|--|---|---|
| GRUPO 1. Cera clara | → | Cera de opérculos, cuñas y panales nuevos que sufren roturas durante la extracción de miel. |
| GRUPO 2. Cera parda | → | Procede de panales claros y del raspado de los elementos de colmena (marcos y tapas), durante las labores de campo. |
| GRUPO 3. Cera oscura | → | Obtenida de panales negros (viejos), de panales que se recuperan de las colmenas rústicas durante la actividad de modernización y de las cuñas con crías. |
| GRUPO 4. Cera procedente de colmenas enfermas | → | Obtenida de colmenas saneadas en un foco activo de enfermedad infecto-contagiosa o muertas por intoxicación. |

Figura 31. Criterios para la clasificación de la cera (materia prima) antes de fundir, según origen y calidades. Fuente: Elaboración propia.

Para garantizar la inocuidad de la cera y evitar la acumulación de residuos peligrosos, es fundamental:

- A)** Clasificar y certificar la cera desde su origen.
- B)** Implementar registros en apiarios georreferenciados.
- C)** Introducir y renovar sistemáticamente las láminas de cera estampada certificadas.
- D)** Rotar panales viejos y defectuosos para evitar la acumulación de patógenos y contaminantes.

En la apicultura manejada con colmenas modernas, la **calidad, inocuidad y trazabilidad de las materias primas** dependen de:

- La introducción de láminas de cera estampadas y certificadas
- Disponer en el momento adecuado de panales obrados para la oportuna renovación de la cámara de cría.

Estos aspectos constituyen puntos críticos en la cadena productiva y determinan:

- La calidad e inocuidad de los productos apícolas que se acopian y comercializan.
- La salud individual o colectiva de las familias de abejas.

V. Crecimiento vertical y horizontal como factores de impacto para la salud individual y colectiva de las abejas

El crecimiento de un apiario (el parque productivo) puede realizarse de dos formas:

- **Horizontal:** Aumento del número de colmenas.
- **Vertical:** Expansión dentro de la colmena mediante la adición de panales obrados para almacenar miel y polen, evitando la enjambrazón.

Ambos métodos requieren de un manejo técnico adecuado por parte del apicultor, con el fin de maximizar la producción, pero sin comprometer la sanidad del apiario. Nunca se deben usar panales de colmenas enfermas ni fusionar colmenas debilitadas sin asegurar su estado sanitario.

A los efectos productivos y de rentabilidad, el apicultor debe mantener uniforme el crecimiento vertical y la fortaleza de las colmenas presentes en el emplazamiento. No es productivo en época de cosecha mantener muchas colmenas en cámara de cría, siendo ideal apiarios con crecimiento vertical uniforme (**Figura 32**).



Figura 32. Apiario con crecimiento vertical uniforme, deshierbado, colmenas separadas del terreno, ubicadas sobre banco e inclinadas. En el emplazamiento no hay presencia de materiales usados y almacenados. Foto: Cortesía de Concepción, R. Y. Cuba, 2017.

En presencia de flujos de néctar y polen, aquellas colmenas que quedan rezagadas, si no manifiestan signos clínicos de enfermedad, se recomienda que sean fusionadas antes de que se debiliten, pues por lo general éstas terminan siendo un problema sanitario para la población del apiario.

El crecimiento del apiario debe considerar:

- A)** La capacidad de las abejas adultas para atender nuevos panales.
- B)** La etapa productiva del ecosistema.
- C)** La disponibilidad de crías y reservas alimenticias, evitando forzar el crecimiento y afectar el equilibrio nutricional de la colonia.

VI. Ubicación, organización e higiene del apiario

La correcta ubicación de un apiario es clave para la productividad y sanidad de las colmenas. Para ello, el apicultor debe evaluar previamente el ecosistema, considerando factores como:

- ◆ Disponibilidad de flora apícola, asegurando una fuente continua de néctar y polen.
- ◆ Proximidad a cultivos agrícolas que puedan usar agroquímicos contaminantes.
- ◆ Distancia de fuentes de contaminación, como aguas residuales, industrias o cultivos transgénicos.
- ◆ Ubicación estratégica, evitando zonas urbanas (<200 m), otras instalaciones apícolas (<3 km) y asegurando acceso seguro al apiario.
- ◆ Suministro de agua confiable, ya que las colmenas pueden requerir hasta 3 litros diarios en climas cálidos. En su defecto, el apicultor instalará bebederos higiénicos y bien abastecidos. Algunos ejemplos se muestran en la **Figura 33**.
- ◆ Condiciones climáticas, protegiendo las colmenas de temperaturas extremas y radiación UV excesiva.



Figura 33. Bebederos de agua para abejas melíferas en Chile.
(Cortesía: Proyecto Salud Apícola Latinoamérica).

Una vez determinado el emplazamiento, se deben aplicar buenas prácticas zootécnicas y sanitarias, como el manejo adecuado de la piquera, el uso de soportes para colmenas y la prevención de enfermedades. Un correcto diseño del apíario optimiza la producción y prolonga la vida de las colmenas.

VII. Número de colmenas por apíario

El número de colmenas en un apíario debe ajustarse al potencial melífero disponible en el área. Aun cuando este sea abundante, se recomienda establecer apíarios pequeños de 25 a 50 colmenas, separándolos entre sí por 2-3 km, en lugar de concentrar un gran número en un solo sitio. Por otro lado, en regiones con abejas africanizadas, la distancia entre colmenas debe ser de 2-3 metros, y se recomienda un máximo de 25-30 colmenas por apíario para evitar la saturación del territorio (UNAM, 2018; Martínez-Pérez de Ayala et al., 2017).

De este modo, se pueden mencionar las siguientes ventajas económicas y sanitarias de mantener apíarios pequeños:

- A)** Mayor eficiencia en la recolección de néctar y polen, reduciendo el gasto energético y el desgaste físico de las abejas.
- B)** Menor riesgo de contagio de enfermedades, al disminuir la deriva, el pillaje y la enjambrazón, factores que favorecen la transmisión de agentes patógenos como *Varroa destructor* (Delaplane et al., 2013).
- C)** Mejor atención a cada colmena, facilitando su manejo y reduciendo la irritabilidad de las abejas, lo que disminuye el riesgo de picaduras para el apicultor.
- D)** Mayor control ante brotes de enfermedades, permitiendo acciones sanitarias más efectivas y menos costosas.

La alta densidad de colmenas en un apíario **incrementa la propagación de enfermedades y reduce la supervivencia de las colonias**, por lo que el manejo racional del tamaño y distribución de los apíarios es clave para la sostenibilidad y rentabilidad de la apicultura.

Existen varios métodos para determinar la cantidad de colmenas en el área del apíario, pero Bande (1985), señala como los más sencillos y prácticos el método por tanteo o el método matemático.

A) Método por tanteo: se basa en dos criterios:

- **Primero:** considerando el rendimiento de miel por colmena.
- **Segundo:** por la tendencia al pillaje que se presente en el apíario durante la época de sostenimiento o postcosecha.

Si al finalizar un ciclo anual se valora la productividad del ecosistema apícola (rendimiento en kilogramos de miel por colmena al año - kg/miel/colmena/año), tomando como referencia las colmenas bien desarrolladas y este indicador se compara con el (o los) año(s) anterior(s), es posible estimar la capacidad de carga del apiario. Si el rendimiento aumenta de un año a otro, puede ser aumentada de manera paulatina y discreta la cantidad de colmenas ubicadas en el emplazamiento. Esto se hará hasta que la productividad comience a disminuir. En ese caso, el apicultor puede optar por mantener o disminuir el parque de colmenas del apiario.

Otro procedimiento de tanteo se fundamenta en la observación de disponibilidad de alimento en el área, como factor limitante para el desarrollo y la supervivencia de la especie. Por ejemplo: un apiario de 40 colmenas que cosecha abundante miel en los meses de marzo a junio, puede presentar en los meses posteriores o los de no cosecha, una situación en extremo difícil con poco néctar y polen en el ecosistema (condición propicia para el pillaje). De modo que el apicultor, en este período, debe fusionar colmenas para disminuir el parque e impedir la presencia de colmenas débiles. En este caso por supuesto, también suplementarlas para compensar el déficit alimentario.

B) Método matemático:

Para calcular la carga de colmenas en un apiario, existen varias fórmulas matemáticas, pero la más sencilla relaciona el número de colmenas (N) con el potencial (P) o densidad de colmenas en la zona. Esto se expresa en colmenas por kilómetros cuadrados (Colmenas/ km²) para un área determinada (A).

$$N = P \times A$$

Por ejemplo: El número de colmenas para un potencial de 2 colmenas/km² en un área de 12.56 km² es de 25.

$$N = 2 \text{ colmenas/ Km}^2 \times 12.56 \text{ Km}^2 = 25.12 = 25 \text{ colmenas.}$$

De esta manera puede ser confeccionada la tabla siguiente:

P =	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	Colmenas por km²
N =	6	13	19	25	32	38	44	50	Colmenas por apiario

Así es posible estimar el nivel de aprovechamiento apícola de una zona determinada, pero también resulta útil como herramienta complementaria para cualquier estudio epidemiológico y correlacionar la incidencia y la prevalencia de las enfermedades en un territorio y momento determinado.

VIII. Manejo de la piquera y medidas para evitar la deriva

La orientación y manejo de las piqueras en un apiario influyen en la **sanidad, eficiencia y comportamiento** de las colmenas. Tradicionalmente, se colocan en dirección al sol naciente, lo que estimula la actividad temprana de las abejas. Además, la radiación solar **reduce la humedad y la carga microbiana** en la piquera y el suelo circundante, favoreciendo la higiene del apiario.

La **observación de la piquera** permite evaluar la actividad de la colonia, su fortaleza, la disponibilidad de alimento en el campo y la eficacia del manejo apícola. Para ello, es clave:

- Mantener la zona **limpia y libre de maleza** para detectar residuos y signos de enfermedad.
- Medir la actividad de entrada y salida de abejas para estimar la productividad de la colmena.

Es importante evitar que las piqueras se encuentren obstruidas por malezas o por obstáculos físicos que impidan el movimiento libre de las abejas. De igual forma, el terreno que se ubica frente a estas, debe mantenerse limpio y, de preferencia, apto para recoger cadáveres y desechos durante las labores de campo.

De la Cuadra-Infante (1999), estima que en época de cosecha y en presencia de flujos de néctar o polen abundantes, las colmenas vigorosas mantienen una actividad intensa en la piquera. Para medir esta actividad, se debe contar la cantidad de abejas que ingresan en un minuto a la colmena por la piquera. En campos donde las colmenas se encuentren polinizando plantaciones de paltas, siendo horario de máxima actividad, bajo condiciones climáticas apropiadas para el vuelo de las abejas y temperatura igual o superior a 20 °C, debieran ser, como mínimo, 60 abejas por minuto.

Estima además que el 25% de ellas, es decir unas 15 abejas, debieran ingresar con polen, en tanto Rallo (1986), señala que lo óptimo debiera ser alrededor de 100 abejas por minuto, sin especificar para qué cultivos.

El tamaño de la piquera debe ajustarse a las **condiciones ambientales y sanitarias**. Durante inviernos rigurosos, lluvias intensas o períodos de saneamiento, es recomendable reducirla a **4-10 cm** para minimizar riesgos. No deben usarse materiales porosos o difíciles de desinfectar para su cierre (**Figura 34**).

Los vientos fuertes pueden afectar la **termorregulación de la colmena y la orientación de las abejas**. En estos casos, es preferible reorientar las piqueras. Además, una mala disposición de las colmenas en el apiario puede aumentar la **deriva**, facilitando la propagación de enfermedades y afectando la sanidad del conjunto.

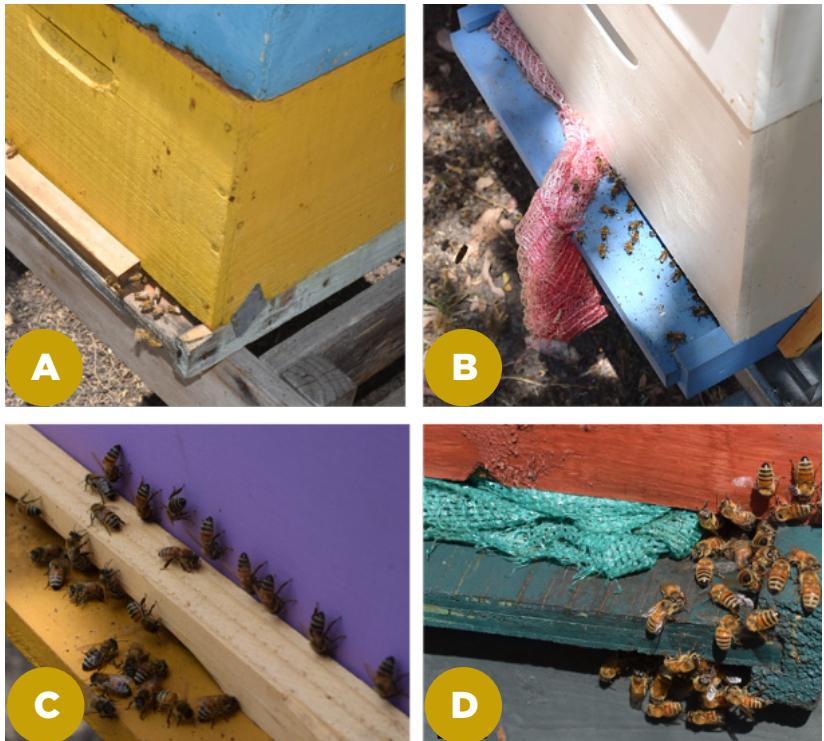


Figura 34. Reducción de piqueras. Fotos a y c, buenas prácticas de producción: empleo correcto de un aditamento de madera para reducir las piqueras. Fotos b y d, malas prácticas de producción: uso de material inapropiado para reducir las piqueras. Fotos: Proyecto “Salud Apícola 2020”.

Para impedir la deriva se recomienda:

- Separar las colmenas de 1.5 a 2 metros.
- Colocar las colmenas en filas onduladas, en escuadras o en herraduras.
- Orientar las píqueras en dirección a la floración donde pecorean las abejas.
- Colocar las colmenas a la menor distancia posible de las fuentes de alimento.
- No orientar las píqueras de frente a los vientos predominantes.
- Hacer grupos de cuatro colmenas, con las píqueras en sentido contrario o establecer el apiario formando grupos de 6 a 10 colmenas.
- Pintar las cajas de colmenas de color blanco u otros de tonos claros que distingan las abejas en el espectro ultravioleta.
- Mantener las colonias fuertes, con abundantes crías y una población de adultas bien numerosa.

IX. Las bases o soportes para las colmenas y su importancia sanitaria

Las bases de colmenas contribuyen a la protección de las familias de abejas contra el ataque de algunos depredadores de su cadena alimenticia, presentes en los ecosistemas apícolas. El uso adecuado preserva a las colmenas del efecto causado por inundaciones y protegen o aísla los elementos de madera de la humedad del terreno. Bases construidas con una leve inclinación del fondo de la colmena respecto a la píquera (unos 20 cm en la parte anterior y 23 cm en la posterior), favorecen la actividad de limpieza de las abejas y permiten mantener los fondos con menos residuos. También impide que se acumule el agua de lluvia en el interior.

Las bases pueden ser individuales o colectivas y los materiales empleados en su construcción muy variados (piedras, estacas, bancos, etc.). De manera ideal, deben permitir la circulación de aire por el fondo, dejando condiciones para que sea posible mantener el terreno libre de malezas (**Figura 35**), tanto por debajo de la colmena, como frente a la piquera. Tomar esto en cuenta facilita las labores del apicultor para mantener el apiario limpio de los residuos propios de la colonia e impedir que se creen condiciones para el refugio de hormigas, arañas u otros insectos y depredadores que aquí encuentran protección, alimentos y un ambiente cálido para proliferar.

Separar la colmena del terreno permite además eliminar los cadáveres de abejas adultas, las crías y/o las momias o costras removidas por el insecto en su actuar higiénico. Los cadáveres son portadores de agentes etiológicos y no eliminarlos propicia el incremento del riesgo sanitario para la población apícola que se ubica en ese emplazamiento. Son estas brechas sanitarias sobre las que no siempre estamos atentos.



Figura 35. Banco utilizado como base, con capacidad para dos colmenas (Cortesía de APICUBA. Cuba, 2014).

X. Labores zootécnicas, higiénicas y sanitarias en el emplazamiento apícola.

El mantenimiento zootécnico y sanitario del apiario debe centrarse en la prevención para evitar la propagación de enfermedades. Esto implica adoptar buenas prácticas de higiene y control en cada etapa del manejo apícola.

A continuación, algunas medidas clave para la prevención de enfermedades:

A) Observación inicial: Antes de manipular las colmenas, el apicultor debe evaluar la actividad en la piquera y evitar intervenir primero en colmenas débiles o sospechosas de enfermedad.

B) Higiene de herramientas: Lavar y desinfectar espátulas, ahumadores y otros insumos entre colmenas, especialmente si se detectan signos de enfermedad.

C) Limpieza de insumos y ropa: Lavar y almacenar adecuadamente el equipo y la vestimenta utilizada en el apiario para evitar la transmisión de patógenos.

D) Gestión de residuos: Separar y recolectar correctamente los desechos, la cera limpia y propóleos, evitando la contaminación cruzada.

E) Evitar almacenar materiales en el apiario: No dejar insumos nuevos o usados al alcance de las abejas, ya que pueden convertirse en focos de infección.

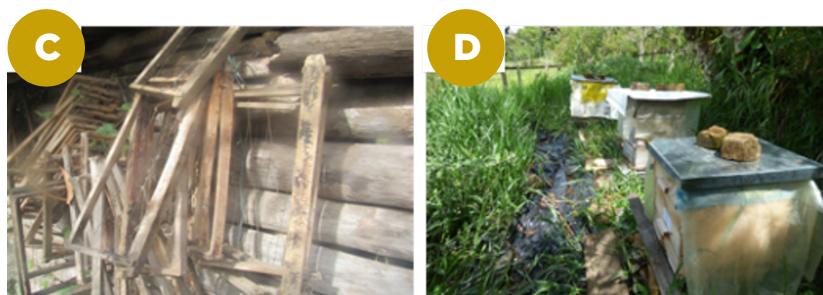
Para garantizar un manejo sanitario adecuado, es recomendable contar con instalaciones específicas para almacenar materiales limpios y desinfectados, separándolos de los insumos contaminados o en proceso de limpieza (**Figura 36 A y B**). Además, los insumos deben mantenerse alejados de productos tóxicos o combustibles para evitar su contaminación. La **Figura 37 (A-D)** muestra una serie de “malas prácticas sanitarias que deben evitarse en el apiario.



Figura 36. Buenas prácticas de producción: A) Nave para almacenar los materiales limpios y desinfectados (Cortesía: Proyecto Salud Apícola). B) Área para la desinfección de los materiales apícolas (Cortesía de Gómez, T., Cuba, 2010).



Figura 37. Malas prácticas sanitarias. A) Materiales apícolas usados, almacenados en el campo, sin resguardo y cerca del emplazamiento. B) Cera dispersa y al alcance de las abejas.



C) Materiales usados al alcance de las abejas y otros insectos y D) Colmenas ubicadas directamente sobre el terreno, entre malezas, con elementos ajenos a la colmena moderna (nailon) (Cortesía: Proyecto Salud Apícola).

En resumen, los panales, la miel, la cera, el propóleos y los insumos apícolas pueden ser fuente de agentes etiológicos. Nunca dispersar en el apiario los residuos generados durante la limpieza de las colmenas o labores apícolas. Los materiales sucios retirados no se almacenan en el campo. A este efecto, el apicultor dispondrá de áreas para la desinfección y naves apícolas debidamente resguardadas del contacto con las abejas u otros insectos y depredadores.

Los materiales apícolas (cajas, tapas, fondos, marcos, láminas de cera estampada, bastidores, copas celdas, productos de la colmena, envases, extractor de miel, cubetas, coladores, etc.) deben estar protegidos de roedores, cucarachas u otras plagas que afecten su higiene. La apicultura es una actividad agropecuaria que genera alimentos y productos nutracéuticos de consumo humano directo, por lo que es indispensable asegurar la inocuidad y calidad sanitaria a lo largo de toda la cadena productiva.

XI. Manejo de la oferta de alimento

El propósito de alimentar a las colmenas es suplir sus necesidades nutricionales según la demanda de cada colonia. Para ello, se deben considerar los siguientes aspectos:

- A) Evitar la alimentación colectiva,** ya que favorece a las colmenas más fuertes y puede propagar enfermedades. Además, otros insectos pueden consumir el alimento, reduciendo su disponibilidad para las abejas.
- B) Higiene en el apiario,** eliminando restos de alimentos fermentados y desechos para evitar enfermedades. Es necesario recolectar y desinfectar los materiales apícolas para mantener la sanidad de las colmenas.

C) Manejo adecuado del alimento, asegurando su inocuidad desde el almacenamiento hasta su entrega. Para ello, existen diferentes alimentadores individuales, siendo los más comunes:

- **Alimentador de piquera (modelo Boardman, Figura 38-A):** Se emplea para suministrar jarabe y tiene varias ventajas, como por ejemplo, facilita la observación del consumo y reposición oportuna del alimento, ya que no interfiere con el funcionamiento normal de la colonia. Por su diseño, evita la contaminación y humedad excesiva al interior de la colmena, pero además evita la muerte de las abejas por ahogamiento y es de fácil confección, bajo costo y fácil de higienizar.
- **Alimentador de bandeja (Figura 38-B):** utilizado para suministrar alimento sólido, como azúcar húmeda. Tiene como desventaja que, para reponer el alimento, requiere abrir la colmena.
- **Alimentador de cuadro (modelo Dolittle, Figura 38-C y D):** Se utiliza para el suministro de jarabe y tiene como desventaja principal que introduce abundante líquido al interior de la colmena, generando un aumento de la humedad relativa.

Otra desventaja es que, al igual que el alimentador de bandeja, requiere abrir la colmena para suministrar o reponer el alimento, pero además, aumenta el riesgo de ahogamiento de las abejas. Este hecho es de suma relevancia, ya que, sin flotador, las abejas se ahogan y mueren. Al morir, sus cuerpos se descomponen, exponiendo sus intestinos en el jarabe líquido. Si la abeja estaba parasitada por *Nosema spp.*, contaminará el alimento con esporas, reinfectando a sus congéneres, incrementando la tasa de infestación parasitaria.



Figura 38. Alimentadores para colmenas. A). Modelo de piquera, (Boardman) (Cortesía de APICUBA, 2010). B) Modelo de bandeja (Cortesía de Concepción, R.Y, 2016). C) y D) Modelo de cuadro Dolittle. (Cortesía Proyecto Salud Apícola).



6. CAPÍTULO SEIS

RIESGOS SANITARIOS POR ETAPAS PRODUCTIVAS

6.1. CALIDAD E INOCUIDAD DE LAS PRODUCCIONES APÍCOLAS.

Enfrentar cada etapa productiva requiere manejar la colmena. Implica abrirla, mover panes, adicionar alimento, incorporar alzas.... Pero..., toda maniobra que requiera abrir la colmena es un evento de intervención que repercute en la organización interna de la colonia, convirtiéndose en un factor de estrés para la familia, con el riesgo de que ocurran muertes de abejas adultas o en fase de desarrollo. Para atenuar el impacto que para la salud de la colonia pueda representar la necesaria manipulación, el apicultor debe considerar los aspectos siguientes:

- A)** Realizar movimientos precisos, sin rudeza. Tal es el caso que se presenta, por ejemplo, cuando, con el fin de desprender las abejas adultas del panal con crías en distintos períodos de desarrollo, de manera incorrecta el operario lo sacude con fuerza, en lugar de desabajar con el uso del cepillo apícola.
- B)** Es importante mantener abierta la colmena el menor tiempo posible, de manera que no se afecte la temperatura interna.
- C)** Previo a la manipulación, es necesario realizar un ahumado discreto de la piquera y una vez destapada, esparcir humo ligero por los cabezales de los cuadros, repitiendo la operación tantas veces como sea necesario, pero siempre evitando irritar con el humo a la familia de abejas. En este acto, cuando se remuevan los panes, las cajas, los alimentadores u otras partes de la colmena, el apicultor debe impedir que mueran abejas aplastadas, en particular cuidar no lesionar la abeja reina.
- D)** No todos los materiales combustibles sirven para producir humo en el ahumador. El uso de periódicos o papel impreso, carburantes, las excretas de bovinos o de otros animales herbívoros, cartón, entre otros, no son apropiados, pues pueden dejar residuos no deseados en las matrices de la colmena, en particular miel, cera y polen. Lo ideal es manejar humo procedente de la combustión de maderas con resinas que no irriten la vía respiratoria del operario, ni provoquen disturbios en las abejas.

E) De igual modo es un error de manejo mantener por mucho tiempo fuera de la colmena los panales con crías (no operculadas y operculadas). Peor aún es exponer las crías (sobre todo las no operculadas) a fuertes corrientes de aire, cambios bruscos de temperatura (frío intenso o calor), someterlas a la acción de la lluvia o que, de forma directa, incidan en ellas los rayos solares.

F) Cualquiera que sea el propósito o las razones por las cuales se manipulan los panales, nunca deben entrar en contacto directo con el terreno o con superficies sucias que los puedan contaminar.

No tomar en cuenta estos aspectos, pueden conducir a eventos que, a corto o mediano plazo, debilitan la resistencia colectiva de la familia de abejas, desencadenan cuadros clínicos compatibles con enfermedades bacterianas o propician la instauración y el desarrollo de agentes etiológicos que pueden circular en la colonia, sin manifestaciones clínicas de enfermedad.

6.2. RIESGOS SANITARIOS DURANTE LA COSECHA.

Cuando las abejas inician el acopio de néctar, el apicultor concluye las labores de pre-cosecha e inicia las correspondientes a la cosecha. Para el apicultor, es el momento cumbre del proceso productivo: es la etapa en la que se expresará el resultado del trabajo zootécnico y sanitario realizado por el productor entre una cosecha y otra.

Años atrás, las labores de cosecha eran consideradas como “*el conjunto de operaciones destinadas a extraer la mayor cantidad de miel madura por colmena*”. Sin embargo, los nuevos escenarios productivos, la diversificación de las ofertas apícola y las exigencias actuales del mercado de los alimentos de origen animal o para los productos nutracéuticos, con relación a la calidad, inocuidad y trazabilidad, obligan a replantear la manera de hacer apicultura moderna en sistemas intensivos. Es un reto “cosechar”, además de la miel, productos apícolas que cumplan los parámetros establecidos por el mercado para cada uno de ellos.

Sin embargo, las actividades preventivas para garantizar la salud de las familias de abejas y las de control sanitario que se implementan para la producción de miel, resultan válidas para todas las materias primas que se obtienen de la colmena. Por tal razón, el período de cosecha se puede definir como: “*el conjunto de labores dirigidas a lograr el máximo aprovechamiento del potencial melífero, mediante la práctica de una apicultura moderna, con colmenas sanas, en sistemas sostenibles, que contribuyan a mejorar el medio ambiente y consigan satisfacer a plenitud las expectativas de los clientes*”.

6.3. INOCUIDAD: ATRIBUTO DE CALIDAD EN LAS PRODUCCIONES APÍCOLAS.

Todas las labores desarrolladas por el apicultor tienen un fin común: producir con altos rendimientos productos inocuos, de calidad inobjetable. Es en la cosecha obtenida, donde se expresa el resultado del trabajo que hace el apicultor durante toda una etapa.

Obtener producciones inocuas solo es posible partiendo de colmenas sanas, debiéndose considerar el incremento de los riesgos que representan para la salud y la inocuidad los desastres naturales, tecnológicos y los eventos sanitarios provocados por el hombre. La inocuidad comienza en la colmena, en el apiario. Una vez deteriorado el producto, nada podrá restituir sus atributos como producto natural.

El productor es responsable de producir alimentos seguros, respetando las indicaciones de los organismos reguladores encargados de exigir y velar por la aplicación de sistemas para la garantía de la seguridad de los alimentos y la salud animal. Residuos de sustancias prohibidas incorporados a la miel, el polen, el propóleo o la jalea real, pudieran estar como contaminantes en cantidades suficientes para **afectar la salud del consumidor**, dependiendo de su susceptibilidad.

En la apicultura, al igual que ocurre en toda producción de alimentos, la cadena productiva funciona de manera integral; acciones aplicadas en un eslabón de la cadena pueden tener repercusiones en materia de contaminación del producto final. Por ejemplo, cuando se suministra a las colmenas alimentación suplementaria con miel o polen contaminados, es posible provocar cuadros morbosos en las familias de abejas, pero también él o los contaminantes pueden mantenerse activos a lo largo de toda la vida de la colmena y, finalmente, pasar al producto que el consumidor va a ingerir.

Las contaminaciones pueden ocurrir en cualquier etapa: desde la producción primaria (en el apiario), durante el acopio, el traslado y beneficio de la materia prima, en la industria o durante el envasado de los productos terminados (**Figura 39**), todos por errores en el control sanitario durante el proceso productivo.



Figura 39. Cera materia prima contaminada, por el uso de un envase reciclado que antes contenía fertilizante. Foto: Cortesía de Gómez (2012).

Según el origen, para los productos de la colmena se identifican tres grupos de contaminantes:

- A) Biológicos:** con la presencia de virus, bacterias, hongos y parásitos.
- B) Químicos:** por lo general son residuos de insumos fitosanitarios, plaguicidas empleados en la agricultura, la ganadería y hasta por el propio apicultor, cuando utiliza tratamientos con químicos de síntesis para el control de *Varroa destructor*. Incluye los residuos de medicamentos, las micotoxinas presentes en el polen mal conservado y los metales pesados.
- C) Físicos:** causados por la presencia de partículas como vidrio, astillas de madera, piedras, alambres e incluso restos anatómicos de las abejas, entre otros.

Por constituir un problema de Salud Pública, existen organismos internacionales reguladores (la Organización Mundial de la Salud, el CODEX Alimentario y la Organización Mundial del Comercio, entre otros), encargados de establecer políticas públicas de alcance mundial o acuerdos vinculantes que rigen los parámetros de calidad e inocuidad a cumplir para el mercado de los alimentos de origen animal de consumo humano directo, dentro de los cuales están incluidos los productos apícolas: *miel, jalea real, propóleos y polen*.

De esta manera, para determinadas moléculas, se han fijado Límites Máximos de Residuos (LMR), expresados en partes por billón -ppb- o partes por millón -ppm- permitido en los alimentos e incluso, cada país, sin dejar de respetar los LMR señalados por las instituciones internacionales reguladoras, en consideración a los hábitos de consumo u otros factores de posibles riesgos para la salud pública de sus ciudadanos, establecen y ajustan sus propios LMR para los alimentos. Así, la Unión Europea (UE) por ejemplo, señala LMR específicos para la miel que importa de terceros países.

²³ **Contaminantes prohibidos.** En dependencia de la molécula, el LMR que esté fijado para el producto o las consideraciones particulares establecidas por la política pública sanitaria de un país o territorio.

En los productos de la colmena, son **contaminantes regulados o prohibidos²³** residuos de:

- **Antibióticos:** cloranfenicol, nitrofuranos, sulfonamidas, estreptomicinas, tetraciclinas, penicilina, furanos y taylocin. Son utilizados por el apicultor para el control de enfermedades bacterianas de la cría.

- **Plaguicidas:** organoclorados, organofosforados, piretroides y flumetrina. Presentes como residuos en las diferentes matrices de la colmena, generalmente llegan a la colonia por las propias abejas, como resultado del uso irresponsable o por malas prácticas durante las aplicaciones agrícolas para controlar las plagas de los cultivos.

Otra vía de ingreso de estas sustancias son las aplicaciones indiscriminadas, de forma artesanal y sin control veterinario, en tratamientos varroicidas realizados por el apicultor para el control del ácaro *Varroa destructor* o para eliminar la presencia de plagas como pueden ser: *Aethina tumida*, polillas, moscas, la avispa chaqueta amarilla (*Vespa germanica*), entre otras.

- **Policlorobifenilos (PCB):** Sustancias químicas cuya presencia está muy extendida y que pueden encontrarse, entre otras fuentes, en los materiales de construcción, lubricantes, sustancias impermeabilizantes y tintas. Tienen múltiples y graves efectos en el medio ambiente y la salud humana. Se acumulan en los organismos vivos y son resistentes a la degradación.

- **Dioxinas:** Sustancias químicas que resultan de determinados procesos naturales (vulcanismo e incendios forestales) o industriales como la fabricación de plaguicidas, metales o pinturas, el blanqueo de papel, la incineración, etc.

- **Alcaloides pirrolizidínicos (PAs):** Son metabolitos secundarios de las plantas. Se estima que existen aproximadamente 6000 especies de plantas que los producen. Algunos resultan tóxicos para la vida del insecto y están prohibidos como residuos por sus propiedades cancerígenas para el hombre.

- **Metales pesados: plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn) y mercurio (Mg).** Desde el punto de vista químico, el término metales pesados se aplica al grupo de elementos químicos con una densidad igual o superior a 5 gr cm⁻³ cuando está en forma elemental o cuyo número atómico es superior a 20.

De acuerdo al Codex Alimentarius (2002), se ha establecido que la miel y los productos apícolas en general estarán exentos de metales pesados en cantidades que puedan constituir un peligro para la salud humana. Como ejemplo, en la **Tabla 2** se refieren los LMR de residuos permitidos para el comercio de los productos de la colmena, de cuatro elementos: cadmio, plomo, mercurio y arsénico.

Los metales pesados pueden llegar a las matrices de la colmena, cuando las abejas se ponen en contacto con recursos api-botánicos contaminados, como resultado de las actividades industriales, los gases y aerosoles generados por la combustión de vehículos, por emanaciones industriales, las explotaciones mineras o por depósito de la ceniza volcánica (Chavarria, 2020).

Otras fuentes de contaminación importantes pueden ser el empleo en el ahumador de materiales no adecuados para la combustión, el acceso a fuentes de agua de bebida contaminada, el uso de equipos apícolas que entran en contacto con la miel, fabricados con acero que no es de calidad alimentaria o que tengan soldaduras con plomo y recubiertos con pinturas que no sean grado alimentario.

Tabla 2. Límite máximo de residuos (LMR) de metales pesados, permitidos en los productos de la colmena.

Adaptado de: Chavarría (2020)

ELEMENTO	Límite máximo permitido (LMP)*
CADMIO	No más de 10 ppb
MERCURIO	No más de 40 ppb
PLOMO	No más de 10 ppb
ARSÉNICO	No se admite

*Se expresa por partes por billón (ppb).

El **plomo** es el metal que más se ha propagado en el ambiente en las últimas décadas. La absorción de plomo por el hombre puede constituir un grave riesgo para la salud. Provoca retraso del desarrollo mental e intelectual en niños e hipertensión y enfermedades cardiovasculares en adultos. Residuos de **cadmio** en concentraciones altas, provoca en el hombre afecciones renales y óseas y fallos del aparato reproductor, en tanto la ingesta de **mercurio** con alimentos contaminados puede provocar alteraciones del desarrollo normal del cerebro en lactantes y altas concentraciones de este residuo, pueden causar modificaciones neurológicas en los adultos.



COLNOR 005
OT



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del proyecto “Salud Apícola Latinoamérica” y los diferentes temas analizados en el presente documento, es posible mencionar que, la apicultura en América Latina representa a un sector estratégico para la Región, ya que no sólo proporciona productos como la miel, sino que también es esencial para la polinización de diversos cultivos, impactando directamente la producción agrícola.

Sin embargo, aún persisten muchos desafíos sanitarios y ambientales para la apicultura en Latinoamérica, debido a que, las abejas manejadas en sistemas intensivos deben enfrentar diversos riesgos, entre ellos, la potencial presencia de agentes etiológicos, pero también, de productos agroquímicos. A esto se suma la limitada capacidad de profesionales y técnicos especializados en medicina veterinaria, así como también, la escasez de laboratorios que permitan corroborar el diagnóstico de las enfermedades que afectan a las abejas, como especie productiva.

En ese contexto, también ha sido posible visibilizar un bajo grado de profesionalización en el rubro, junto con una limitada oferta de actividades de capacitación. Por otro lado, una gran cantidad de apicultores no consideran a la apicultura como su principal fuente de ingresos, lo que limita la inversión en capacitación y aplicación de tecnologías y, en definitiva, impiden un mejor desempeño del rubro apícola, el cual tiene un gran potencial productivo en la Región.

De igual forma existen importantes brechas sanitarias que comprometen la calidad, inocuidad y trazabilidad de los productos apícolas, sin desestimar la contaminación ambiental por agroquímicos y otras fuentes que conducen a muertes masivas de abeja y colmenas. Otro aspecto a destacar es la necesidad de mejorar la planificación y el uso de suplementos nutricionales, así como la regulación y coordinación con el sector agrícola.

Por lo tanto, es de vital importancia adoptar prácticas modernas que conduzcan a la prevención del riesgo sanitario, con el enfoque de UNA SOLA SALUD. De igual manera se sustenta la necesidad de desarrollar programas de mejoramiento genético, aspecto clave para fortalecer la resistencia a enfermedades y mejorar las cifras productivas. Pero también es necesaria una adecuada gestión del conocimiento, que permita tecnificar a los recursos humanos vinculados al rubro en todos los puntos de la cadena productiva.

Finalmente, es recomendable para la apicultura en América Latina, fortalecer la capacitación y profesionalización de los apicultores, con apoyo de la academia y del sector público y privado, mejorar la trazabilidad mediante registros confiables y monitoreo de enfermedades por especialistas, impulsar programas de mejoramiento genético para obtener colmenas más resistentes y productivas, implementar buenas prácticas agrícolas para evitar la contaminación de las materias primas de la colmena y promover la diversificación de los recursos nutricionales para las abejas.



8. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Amiri, F.; Rashid, A.; Sharif, M. 2012. Application of geographic information systems in land use suitability evaluation for beekeeping: A case study of Vahregan watershed (Iran). African Journal of Agricultural Research, 7(1): 89-97.
- APIADS. 2023. Residuos de plaguicidas en la cera y en el polen. Disponible en: <https://apiads.es/wp-content/uploads/2023/09/INFORME-RESIDUOS-CERA-2023.pdf>.
- Arévalo, G. A.; Barreto, L. M. y Acevedo, L. M. 2019. "Libre mercado, política minera y desarrollo sostenible en Colombia". En: Cambio Ambiental Global. Desafíos y alternativas en las apuestas por la sostenibilidad de la vida. Ediciones Uache. Editorial filosofi@.cu y Rosa Luxemburg Stiftung - Oficina para México. P: 17.
- Argüello, O.; Vaquero, J. y Vargas, P. 2010. Guía Técnica de Nutrición Apícola. Proyecto "Apícola Swisscontact" FOMIN-BID. Nicaragua - Honduras. P: 1-31.
- Ávila, M.; Fernández, E. y Tárano, X. 2011. Revista ACPA 1/2011. P: 51.
- Bande, J. ; Pérez, A. y Alvero, J. 1985. Cálculo del Potencial Melífero y de la Densidad Óptima de Colmenas en las Zonas Costeras. Revista Ciencia y Técnica en la Agricultura. Cuba. Vol. 1, pp. 37 - 52.
- Bande, J.M. 2016. Organización de la colmena. Curso de Actualización Apícola. Consejo Científico Veterinario de Cuba. Conferencia Técnica. Impreso.
- Benítez, L.; Artiles, A. y Espinosa, G. 2014. Efectos de la consanguinidad e importancia del mantenimiento de la variabilidad genética en las poblaciones de la abeja melífera. En: "Memorias del 5to Congreso Cubano de Apicultura". La Habana, Cuba.
- Branchiccela, B.; Castelli, L.; Corona, M.; Díaz-Cetti, S.; Invernizzi, C.; Martínez de la Escalera, G.; Mendoza, Y.; Santos, E.; Silva, C.; Zunino, P. y Antúnez, K. 2019. Impact of nutritional stress on the honeybee colony health. Scientific Reports 9: 10156. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46453-9>
- Calderón-Fallas, R.A.; van Veen, J.W.; Olate-Olave, V.R.; Verde, M.; Doorn, M.; Vallejos, L. y Orozco-Delgado, J.V. 2024. Africanized honey bee colonies in Costa Rica: First evidence of its management, brood nest structure and factors associated with varroa mite infestation. Experimental and Applied Acarology 92: 369-384. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00897-x>
- Cáseres, I. S. 2014. Determinación de los niveles de plomo en miel de abeja por voltamperometría y su aplicación como bioindicador de contaminación ambiental. Arequipa-2012. Universidad Católica de Santa María. Facultad de Ciencias Farmacéuticas Bioquímicas y Biotecnológicas. Programa Profesional de Ingeniería Biotecnológica. Repositorio de Tesis. Perú. P: 1-83.
- Castro, A.; Vargas, S. y Lazo, L. 2018. Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos para el Reordenamiento Apícola en Villa Clara. Tesis en opción al Grado Académico de Master en Ciencia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Cuba.
- Chavarria, E. D. 2020. Determinación de la presencia de plomo en la miel producida por abejas (*Apis mellifera*) en la región sur occidente de la República de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela de Zootecnia. Tesis de Grado título profesional de Zootecnista en el grado de Licenciado. Guatemala. P: 46. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/> Coltofeanu, N. y Bucata, P. 1973. Anatomía, fisiología si biología albinei. Vol. 1. Ed. Ceres.
- Codex Alimentarius. 2002. Norma para la miel. Disponible en: <https://www.fao.org>.
- De la Cuadra-Infante, S. 1999. Importancia del manejo y calidad de las colmenas de abejas (*Apis mellifera L.*) en la polinización del palto (*Persea americana Mill.*). Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 145-150.

[APICULTURA MODERNA MANEJADA]

De la Cuadra, S. y Rodríguez, F. 2006. Manejo de abejas para la polinización de paltos. Ed. Tierra Adentro. Especial Paltos. No. 70 Septiembre – Octubre. Chile. P.22-25. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR33775.pdf>.

Delaplane, K.; van der Steen, J. y Guzman-Novoa, E. 2013. Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. Journal of Apicultural Research 52(1): 1-12. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.521.03>.

Demedio, J. y Verde, M. 2010. Apicultura, curso de actualización: "Apicultura Intensiva y Colmenas Sanas". Tema N° 4. Enfermedades de interés económico que padece la abeja melífera. Consejo Científico Veterinario de Cuba. Conferencia impresa. Cuba.

Demedio, J.; Pérez, A.; Marrero, A.; Verde, M. y Benítez, L. 2015. La selección genética en el control de las enfermedades de la abeja *Apis mellifera* L. Taller de genética apícola. En Memorias: XXIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Consejo Científico Veterinario de Cuba. Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba.

Doorn, M.; Verde, M. M.; Vallejos, L.; Heredia, C.; Abad, V. y Olate-Olave, V.R. 2024. Comprehensive assessment of the health condition of managed honeybees potentially exposed to contamination with agrochemical residues. Annals of the Brazilian Academy of Sciences 96(3): e20231397. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420231397>.

Echazarreta, G. C.; Arellano, R. A. y Pech, M. C. 2002. Apicultura en Mesoamérica. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. México. P: 72.

Espina-Pérez, D. y Ordetx, G. S. 1983. Apicultura Tropical. Editorial Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. P: 488.

Fabré, Y. 2011. Método Clínico en Medicina Veterinaria. III Seminario Científico Internacional sobre Medicina Veterinaria. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez". (Comunicación personal).

Fuentes, G.; Iglesias, A.; Mitton, G.; Ramos, F.; Brasesco, C. y Maggi, M. 2022. Varroa destructor en Latinoamérica: una introducción a la biología, ecología y control en la región. EUNK - Revista Científica de Abejas y Apicultores. Editorial EUNK www.eunk.org ISSN en línea: 2953-3740 Vol. 1. No. 2. Disponible en: <https://doi.org/10.52559/eunk.v1i2.30>.

Garnica, C.A. 2024. Comunicación personal. Referencia tomada del libro publicado por Laura Lechman (2003): "Herramientas de trabajo para la apicultura moderna". Editora: Buenos Aires: G.J. González. Argentina.

Gilioli, G., Sperandio, G., Hatjinac, F. y Simonetto, A. 2019. Towards the development of an index for the holistic assessment of the health status of a honey bee colony. Ecological Indicators 101: 341-347. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.024>.

Giral, J.M. y Verde, M.M. 2010. Instructivos Técnicos Apícolas – Veterinarios. Empresa Cubana de Apicultura. Instituto de Medicina Veterinaria. Centro de Información y Divulgación Agropecuario. Ministerio de la Agricultura. Cuba.

Goodwin, M. 2012. "Pollination of Crops in Australia and New Zealand". Rural Pollination of Crops in Australia and New Zealand. Industries Research and Development Corporations. ISBN 978-1-74254-402-1. ISSN 1440-6845. P: 42, 68, 72, 77, 83-87, 93.

Gordis, L. 1996. Epidemiology. W.B. Saunders Co; Philadelphia. Traducción 2005. Ana Ma. González Quirós. Universidad Nacional. Facultad De Filosofía y Letras. Sistema de Estudios de Posgrado. Escuela de Literatura y Ciencias del Lenguaje. Maestría Profesional en Traducción. Heredia, Costa Rica. Impreso.

Heinrich, B. 1975. "Energetics of Pollination". Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 6: 139-170. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.06.110175.001035>.

Hernández, V. M.; Saldaña, C. E.; Hernández, H.; Hernández, F. J.; Sánchez, L. M.; Sumaya, M. T.; Messina, S. R.; Martínez, L.; Vidales, J. E.; Pérez, J. A.; Gutiérrez, M. A. y Quiñonez, L. A.; Romero, S. L. 2014. Cultura Ambiental. ECORFAN-México. ISBN 978-607-8324-56-9. P: 6-7-55.

- Hristov, P., Shumkova, R., Palova, N. y Neov, B. 2020. Factors Associated with Honey Bee Colony Losses: A Mini-Review. *Veterinary Sciences* 2020 7(4): 166. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040166>.
- IPBES. 2016. Resumen para los responsables de formular políticas del informe de evaluación de la plataforma intergubernamental científico-normativa sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas sobre polinizador, polinización y producción de alimentos. Potts, S.; Imperatriz-Fonseca, V.; Ngo, H.; Biesmeijer, J.; Breezé, T.; Dicks, L.; Garibaldi, L.; Hill, R.; Settele, J.; Vanbergen, A.; Cunningham, S.; Eardley, C.; Freitas, B.; Gallai, N.; Kevan, P.; Kovacs-Hostyanszki, A.; Kwapong, P.; Li, J.; Li, X.; Martins, D.; Nates-Parra, G.; Pettis, R. y Viana, B. (Eds.). P: 1-28.
- Jacques, A.; Laurent, M.; Consorcio EPILOBEE; Ribière-Chabert, M.; Saussac, S.; Bougeard, S.; Budge, G.; Hendrikx, P. & Chauzat, M.P. 2017. A pan-European epidemiological study reveals honey bee colony survival depends on beekeeper education and disease control PLoS ONE 12: e0172591. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172591>.
- Jiménez, J. J.; Bernal, J. L.; Nozal del; Ma. J.; Toribio, L. y Martín, Ma. T. 2006. Varroicidas, insecticidas y microcontaminantes orgánicos en la cera de abejas. Memorias del VIII Congreso Iberoamericano de Apicultura. Pastrana, España. Ediciones AACHE. Guadalajara. ISBN 84-96236-66-8. P: 60.
- Kouba, V. 1987. Epizootiología General. Ed. Pueblo y Educación. 2da. Edición. Cuba. p: 666.
- Larsen, A.; Reynaldi, F.; Guzmán-Novoa, E. 2019. Bases del sistema inmune de la abeja melífera (*Apis mellifera*). Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 10(3):705-728. <https://doi.org/10.22319/rmcv.v10i3.4785>.
- Lewis, S.; Maslin, M.A. 2015. Defining the anthropocene. *Nature* 519: 171-180. <https://doi.org/10.1038/nature14258>.
- Leal-Hernández, M.; Alcalá, K. I. y Cerón, F. 2023. Importancia del diagnóstico molecular en las enfermedades que afectan a las abejas melíferas. *Rev. BioTecnología*, Vol. 27 No.1. México. Disponible en: smbb.mx › 2023 › 10.
- Maggi, M.; Antúnez, K.; Invernizzi, C.; Aldea, P.; Vargas, M.; Negri, P.; Braseco, C.; De Jong, D.; Message, D.; Texeira, E.; Principal, J.; Barrios, C.; Ruffinengo, S.; Da Silva, R. y Eguaras, M. 2016. Honeybee health in South America. *Apidologie* 47: 835-854. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0445-7>.
- Mancera, D. A. y Sánchez, S. A. 2019. Propuesta: Apicultura como estrategia de gestión del servicio ecosistémico de polinización en dos fincas apícolas en los municipios de Guasca y Guatavita, Cundinamarca. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Ambiental. Universidad "El Bosque". Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Ambiental. Bogotá, Colombia. P: 1-95.
- Marcelino, J.; Braese, C.; Christmon, K.; Evans, J.; Gilligan, T.; Giray, T.; Nearman, A.; Niño, E.; Rose, R.; Sheppard, W.; vanEngelsdorp, D. y Ellis, J.D. 2022. The Movement of Western Honey Bees (*Apis mellifera L.*) Among U.S. States and Territories: History, Benefits, Risks, and Mitigation Strategies. *Front. Ecol. Evol.* 10:850600. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.850600>.
- Márquez, D. L.; Hernández, A.; Márquez, L. H., y Casas, M. 2021. La educación ambiental: evolución conceptual y metodológica hacia los objetivos del desarrollo sostenible. Universidad y Sociedad. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, Cuba. ISSN: 2218-3620. 13(2). P: 301-310.
- Martin-Culma, N. y Arenas-Suárez, N. 2018. Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado* 14(1): 232-240. Colombia. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>.
- Martínez-Pérez de Ayala L. R., Martínez-Puc J. F. y Cetzel-Ix W. R. 2017. Apicultura: Manejo, Nutrición, Sanidad y Flora Apícola. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche. México. ISBN 978-607-8444-32-8. Primera Edición. P: 25-66.

[APICULTURA MODERNA MANEJADA]

Masaquiza, D. A.; Curbelo L. M.; Díaz, B. L. y Arenal, A. 2019. Varroasis y mecanismos de defensa de la abeja melífera (*Apis mellifera*). Revista de Producción Animal 31(3): 76-87.

Mercado, A. L.; Balderas, M. A.; Gutiérrez, J. G. y Antonio, X. 2020. Ubicación de zonas aptas para el cultivo de abejas mediante percepción remota. Tesis para obtener el grado de Licenciada en Geoinformática. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Geografía. México. P: 1-65.

UNAM. 2018. Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción Primaria de Miel, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Departamento de Medicina y Zootecnia de Abejas, Conejos y Organismos Acuáticos. Coordinación General de Ganadería (CGG) y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Edición actualizada. PDF. Disponible en: <https://atralasnacionaldelasabejasmx.github.io>.

Neil, C.; Turner, S.; Un, Z y Barnosky, A. D. 2024. Executive Summary: The Anthropocene Epoch and Crawfordian Age: proposals by the Anthropocene Working Group. <https://doi.org/10.31223/X5VH70>

OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal. 2013. "Texto general de introducción con información de fondo para los Capítulos del CÓDIGO SANITARIO PARA LOS ANIMALES TERRESTRES sobre las enfermedades de las abejas". Disponible en: http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Our_scientific_expertise/docs/pdf/E_Introduction_Bees_July2013.pdf.

OMSA. 2024. Organización Mundial de Sanidad Animal. Manual de Pruebas Diagnósticas y Vacunas para Animales Terrestres. Disponible en: https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/E_summry.htm.

Olate-Olave V.R.; Verde, M.; Vallejos, L.; Pérez, L.; Cortese, M.C. y Doorn, M. 2021. Bee Health and Productivity in *Apis mellifera*, a Consequence of Multiple Factors. Veterinary Sciences 8: 76. <https://doi.org/10.3390/vetsci8050076>.

Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU). 1994. Convenio de las Naciones Unidas Sobre Diversidad Biológica (LEY 165 DE 1994). P:7. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co>.

Palacio, M. A. y Martínez, A. N. 2014. Calidad de reinas y su aporte a la productividad del apíario. Conferencia Expomiel Azul. EEA Balcárcel. Poster. Comunicación personal.

Palacio, M. A. 2018. Nutrición y Alimentación. En Memorias "XV Congreso Centroamericano y del Caribe. Integración y Actualización Apícola. Costa Rica. (Presentación. Comunicación personal).

Pérez, A. y Demedio, J. 2014. Correspondencia de los índices de infestación por Varroa destructor y los mecanismos defensivos, con la condición de europeas y selectas de las colmenas en un Centro Genético de Producción de Abejas Reinas. Tesis en opción al Grado Científico de Doctora en Ciencias Veterinarias. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Facultad de Medicina Veterinaria. MES, Cuba.

Pérez, A y Demedio, L.J. 2014. Evaluación de la conducta higiénica en colmenas de abejas *Apis mellifera* L. por el método del pinchado con dos instrumentos. Revista de Salud Animal 36(3): 170-177.

Potts, S.; Biesmeijer, C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O. y Kunin, E. 2010a. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology and Evolution 6:345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>.

Potts, S.; Roberts, S.; Dean, R.; Marrs, G.; Brown, M.; Jones, R.; Neumann, P. y Settele, J. 2010b. Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. Journal of Apicultural Research 49(1):15-22. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.02>.

Prost, J. 1981. Deriva. Apicultura. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. P: 84-85.

Rallo, J.B. 1986. Frutales y Abejas. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid, España. 231 p.

- Requier, F.; Antúnez, K.; Morales, C.; Aldea, P.; Castilhos, D.; Garrido, P.; Giacobino, A.; Reynaldi, F.; Rosso, J.M.; Santos, E. y Garibaldi L. 2018. Trends in beekeeping and honey bee colony losses in Latin America. *Journal of Apicultural Research*. <https://doi.org/10.1080/0218839.2018.1494919>.
- Requier, F; et al. 2024. First large scale study reveals important losses of managed honey bee and stingless bee colonies in Latin America. *Scientific Reports* 14:10079. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59513-6>
- Rull, V. 2025. *The Holocene* 35(1): 111-112. <https://doi.org/10.1177/09596836241285780>.
- Saelao, P.; Borba, R.; Ricigliano, V.; Spivak, M. y Simone-Finstrom, M. 2020. Honeybee microbiome is stabilized in the presence of propolis. *Biology Letters* 16: 1010003. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0003>.
- Salina, M.; Vega, M.; Bravi, M.E.; Bais, B. y Sguazza, H. 2022. Fluctuación de la prevalencia viral en relación a la infestación por Varroa destructor. *EUNK - Revista Científica de Abejas y Apicultores Editorial EUNK* Vol 1(2). Disponible en: <https://doi.org/10.52559/eunk.v1i2.25>.
- Sepúlveda-Gil, J. M. 1986. *Apicultura*. Editorial AEDOS. España. P: 414.
- Sillard S.A. 2002. Residuos de fluvalinato en cera de abejas de colmenares de la Décima Región. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería en Alimentos. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Chile.
- Toth, AL y Robinson, GE. 2005. Worker nutrition and division of labour in honeybees. *Animal Behaviour* 69(2): 427-435. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.03.017>.
- Van Engelsdorp, D; Hayes, J.; Underwood, J. y Pettis, J. 2008. A Survey of Honey Bee Colony Losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008. *PLoS One* 3(12): e4071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004071>.
- Vandame, R. y Palacio, M. 2010. Preserved honey bee health in Latin America: a fragile equilibrium due to low-intensity agriculture and beekeeping? *Apidologie* 41:243-255.
- Verde, M. 2010. Curso de actualización de apicultura. Conferencia técnica. Consejo Científico Veterinario de Cuba. Cuba. Pdf. Digital.
- Verde, M.; Demedio J. y Gómez T. 2013. *Apicultura, Salud y Producción. Guía Técnica para el Apicultor*. 1era Ed. Instituto de Medicina Veterinaria, Ministerio de Agricultura: Cuba. Disponible en: https://eac.unr.edu.ar/wpcontent/uploads/archivos/Apicultores%20y%20salud%202013-11-2013%20digital_compressed.pdf.
- Verde, M. 2014. "Apicultura y seguridad alimentaria". *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Vol. 48. Núm. 1. (cjascience.com/index.php). ISSN: 2079-3472. Disponible en: <https://biblat.unam.mx>.
- Verde, M.; Gómez, T. y Demedio, J.L. 2012. *Salud apícola. Tomo I. Generalidades*. Ed. Consejo Científico Veterinario de Cuba. ISBN: 978-959-7190-15-8. Cuba.
- Verde Jiménez, M.; Vallejos, L.; Demedio, J.; Doorn, M. y Olate-Olave, V.R. 2023. Approach to the epidemiology of varroosis in apiaries of Central Chile. *Manglar* 20(4): 371-377. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.043>.
- Vidal, U.; Doorn, M. y Verde, M. 2019. Importancia de la salud apícola para maximizar el servicio de polinización en la agricultura. *Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Memorias & Resúmenes. 46º Congreso SOCOLEN. Desafíos entomológicos en la ocupación del territorio*. Medellín, Colombia. ISSN: 2389-7694 (en USB). P: 208-218. Disponible en: <https://www.socolen.org.co/publicaciones/memorias-46-congreso-socolen>.







PROYECTO
INES I+D
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
UNIVERSIDAD DE TALCA