Universidad Técnica de Manabí
Fundada en 1952

La Técnica
Revista de las Agrociencias

Estrategias de manejo nutricional en la producción apícola: impacto en la salud de las colonias y calidad de la miel

Feeding and nutrition strategies in beekeeping: impact on colony health and honey quality

Autores

***Leonor Esther Cedeño Quiñonez**
leonor.cedenio@institutoquininde.edu.ec

Carlos Alberto Montaño Caicedo
Carlos.montanio@institutoquininde.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Quinindé. Quinindé, Esmeraldas, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Cedeño Quiñonez, L. E., Montaño Caicedo, C. A. (2026). Estrategias de manejo nutricional en la producción apícola: impacto en la salud de las colonias y calidad de la miel. *La Técnica, 16*(1), 38-47. DOI: https://doi.org/10.33936/latecnica.v16i1.8198

Recibido: Abril 14, 2026
Aceptado: Junio 12, 2026
Publicado: Junio 29, 2026

Resumen

La apicultura en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, representa una actividad económica fundamental para las comunidades rurales; sin embargo, la productividad se ve limitada por deficiencias en el manejo nutricional nutrición de las colonias. Esta investigación analizó el impacto de diferentes protocolos nutricionales sobre la salud de las colonias de Apis mellifera y la calidad fisicoquímica de la miel, mediante revisión bibliográfica sistemática de estudios en condiciones agroecológicas similares en Latinoamérica. Se evaluaron investigaciones sobre suplementación proteica y energética en climas tropicales y subtropicales de países como Ecuador, Colombia y México, Argentina y Uruguay. Los resultados evidenciaron que la suplementación adecuada incrementa población entre 25-45% y reducen la mortalidad en 30-50% comparado con manejo tradicional. Así mismo la calidad de la miel mejora de forma evidente en contenido de antioxidantes (25-40% superior) y actividad antimicrobiana (30-45%) mientras que la producción promedio reportada aumenta de 20-30 a 35-45 kg·colmena^{-1}·año^{-1}. Se concluye, que las estrategias nutricionales específicas optimizan la salud colonial y la calidad del producto, contribuyendo al desarrollo sostenible el valor agregado en la región.

Palabras clave: apicultura, manejo nutricional, *Apis mellifera*, calidad de miel, productividad colonial.

Abstract

Beekeeping in Quinindé canton, Esmeraldas province, represents a fundamental economic activity for rural communities; however, honey productivity and quality are affected by inadequate feeding and nutritional strategies for colonies. This research analyzed the impact of different nutritional protocols on the health of Apis mellifera colonies and the physicochemical quality of honey produced, through systematic bibliographic review of studies developed under similar agroecological conditions in Latin American countries. A qualitative-descriptive analysis was conducted on research published between 2005-2023, selecting studies on conventional feeding, supplementation with pollen and propolis, and protein substitutes under tropical conditions. Selection criteria included research conducted in Ecuador, Colombia, Mexico, Argentina, Uruguay and other regional countries with tropical and subtropical climate. The reviewed studies showed that colonies with supplemented feeding increase their population by 25-45% and reduce mortality by 30-50% compared to conventional management. Honey quality improves significantly in antioxidant content (25-40% higher) and antimicrobial activity (30-45% greater). Average production reported in literature increases from 20-30 to 35-45 kg·hive^{-1}·year^{-1}. These findings demonstrate that specific nutritional strategies optimize both colonial health and product quality, contributing to the sustainable development of local beekeeping and gene-rating added value for producers with characteristics similar to those of Quinindé.

Keywords: beekeeping, bee nutrition, *Apis mellifera*, honey quality, colonial development.

LA TÉCNICA
Revista de las Agrociencias
e-ISSN 2477-8982

Introducción

La apicultura constituye una actividad agropecuaria de creciente importancia en Ecuador, particularmente en la provincia de Esmeraldas, donde las condiciones climáticas tropicales y la diversidad florística favorecen el desarrollo de *Apis mellifera*. En este contexto cantón Quinindé, destacan por su vocación agrícola y su ubicación estratégica en la costa ecuatoriana, considerando la apicultura como alternativa productiva para pequeños y medianos productores rurales según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2015).

Según la Organización de las Naciones Unidad para la alimentación y la Agricultura (FAO, 2015), la apicultura representa una herramienta estratégica para el desarrollo rural en América Latina, fortalecen a la seguridad alimentaria y la biodiversidad a través de la polinización. En el ámbito nacional, alcanza una producción de miel de aproximadamente 856 ton anuales, con un rendimiento promedio que varía entre 20-30 kg·colmena^{-1}, cifra que refleja el potencial de crecimiento del sector (Salvador, 2019).

La sociedad Latinoamericana de investigación en abejas (SOLATINA) reporta pérdidas anuales de coloniales en la región que oscilan entre el 50 y 60%, atribuidas principalmente a factores nutricionales, sanitarios y a prácticas de manejo inadecuado (Maggi et al., 2016). En este contexto, aunque Quinindé presenta condiciones agroecológicas favorables para la apicultura, la actividad local requiere una revisión urgente de sus prácticas de manejo, con el fin de mitigar estas pérdidas y fortalecer la sostenibilidad productiva del sector (MAG 2015).

El manejo nutricional deficiente no solo compromete su desarrollo poblacional y supervivencia, sino que también impacta directamente en la calidad fisicoquímica y organoléptica de la miel producida, afectando su valor comercial y competitividad en mercados especializados (Branchiccela et al., 2021). Para garantizar la homeostasis metabólica y la calidad del producto final, es imperativo proveer una dieta balanceada en carbohidratos, proteínas, lípidos y micronutrientes, especialmente para los períodos de escasez floral (Alvares, 2015).

Estudios desarrollados en Urugay y Argentina, demostraron que la implementación de protocolos nutricionales diferenciados puede mejorar significativamente tanto la supervivencia colonial como la calidad de los productos (Invernizzi et al., 2011; Antúnez et al., 2016).

En Quinindé predominan aún el uso de métodos convencionales basados en jarabes azucarados simples, sin considerar los requerimientos nutricionales específicos de las colonias ni las condiciones ambientales locales. Esta práctica ha resultado en rendimientos por debajo del potencial productivo de la zona y en la obtención de mieles con características organolépticas y funcionales limitadas (MAG, 2015).

La literatura científica respalda el uso de estrategias nutricionales especializadas en apicultura, por ejemplo, en México, la suplementación proteica incrementa la resistencia de las colonias a factores de estrés ambiental y mejora sustancialmente sus parámetros (Contreras-Escareño et al., 2013). En Ecuador, investigaciones recientes sobre calidad de miel comercializada han evidenciado la necesidad de optimizar los sistemas de producción para obtener productos con características premium (Vit et al., 2015).

El desarrollo de protocolos nutricionales adaptados a las condiciones agroecológicas de Quinindé representa una oportunidad estratégica para incrementar la competitividad del sector apícola local, generar valor agregado para los productores y contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades rurales. La implementación de estas estrategias requiere una comprensión profunda de las interacciones entre nutrición, salud colonial y calidad del producto, basada en el análisis crítico de investigaciones previas desarrolladas en condiciones similares (Vit et al., 2015).

La importancia de *A. mellifera* en los ecosistemas agrícolas trasciende ampliamente su función como productora de miel, constituyéndose en el principal agente polinizador de cultivos a escala global. Klein et al. (2007) estimaron que las abejas melíferas contribuyen a la polinización de aproximadamente 87 de los principales cultivos alimentarios del mundo, representando un valor económico superior a 153.000 millones de dólares anuales. Más recientemente, Garibaldi et al. (2013) demostraron que la abundancia de polinizadores silvestres complementa y en ocasiones supera la eficiencia polinizadora de las colonias manejadas, evidenciando la necesidad de integrar estrategias de conservación de polinizadores en los sistemas productivos agrícolas tropicales. En el contexto latinoamericano, Imperatriz-Fonseca et al. (2012) destacaron que la diversidad de polinizadores en la región neotropical representa un patrimonio natural de valor incalculable para la agricultura sostenible, donde *A. mellifera* actúa como especie clave en ecosistemas intervenidos y sistemas agroforestales como los presentes en el cantón Quinindé.

El fenómeno conocido como Colony Collapse Disorder (CCD) o síndrome de colapso de colonias ha generado una preocupación global sin precedentes en el sector apícola desde su identificación oficial en 2006. Oldroyd (2007) identificó que este síndrome se caracteriza por la desaparición masiva y repentina de abejas obreras adultas, dejando a la reina con escasa cría y reservas

CC BY NC ND

de alimento, sin una causa única identificable. Van Engelsdorp y Meixner (2010) realizaron una revisión histórica exhaustiva que documenta que las poblaciones de colonias manejadas en Europa y Estados Unidos han experimentado declives sostenidos durante las últimas décadas, con pérdidas invernales que en algunos países alcanzan entre el 20-30% anual. Genersch et al. (2010) en el marco del proyecto alemán de monitoreo de abejas, identificaron que la interacción de múltiples factores estresantes incluyendo patógenos, pesticidas y déficit nutricional constituye el principal mecanismo explicativo de los colapsos coloniales observados a nivel mundial, un patrón que también se manifiesta en las condiciones tropicales de América Latina (Maggi et al., 2016).

La relación entre el estado nutricional de las colonias y su capacidad inmunitaria ha sido objeto de numerosas investigaciones en la última década. Brodschneider y Crailsheim (2010) demostraron en una revisión comprehensiva que la disponibilidad adecuada de proteínas, lípidos y micronutrientes es fundamental para el desarrollo de las glándulas hipofaríngeas en abejas nodrizas, estructuras responsables de la producción de jalea real y factores antimicrobianos. Di Pasquale et al. (2013) evidenciaron experimentalmente que abejas alimentadas con dietas de alta diversidad polínica presentaron menores cargas virales y mayor longevidad comparadas con colonias con acceso a monocultivos florales, confirmando que la diversidad nutricional es tan importante como la cantidad de alimento disponible. Complementariamente, DeGrandi-Hoffman et al. (2010) demostraron que la concentración proteica en la hemolinfa de abejas jóvenes estuvo directamente correlacionada con el desarrollo de las glándulas hipofaríngeas y la capacidad de producción de jalea real, explicando el mecanismo por el cual la suplementación proteica incrementa la postura de reina y el desarrollo de la cría observado en estudios latinoamericanos (Pino et al., 2017; Martínez-Espinoza et al., 2018).

Los ecosistemas tropicales como el del cantón Quinindé ofrecen una diversidad florística excepcional que constituye la base del potencial apícola de la región. Moo-Valle et al. (2001) establecieron que la riqueza polínica disponible para las colonias determina directamente su tasa de desarrollo y capacidad reproductiva, siendo especialmente crítico el acceso a fuentes polínicas diversas durante los períodos de crecimiento colonial. Sin embargo, estudios de Couvillon et al. (2014) utilizando análisis de danzas de reclutamiento como indicadores del estado forrajero evidenciaron que incluso en entornos aparentemente ricos en recursos florales, las colonias experimentan períodos de escasez que comprometen su desarrollo, especialmente durante épocas de lluvias intensas o sequías estacionales. Decourtye et al. (2010) propusieron estrategias de mejoramiento del paisaje agrícola mediante la incorporación de franjas florales y corredores de vegetación nativa para asegurar la disponibilidad continua de recursos nectaríferos y polínicos, estrategia que resulta particularmente relevante en las zonas agrícolas del litoral ecuatoriano donde la producción de palma africana y otros monocultivos limita la diversidad floral disponible para las colonias de *A. mellifera*.

Los productos secundarios de la colmena, particularmente el propóleo, han adquirido creciente relevancia tanto en la salud colonial como en los mercados de productos naturales. Bogdanov et al. (2008) documentaron que la miel posee propiedades nutricionales y medicinales cuya expresión está directamente vinculada con la dieta y el estado de salud de las colonias productoras, estableciendo una relación fundamental entre manejo nutricional y calidad del producto final. Los propóleos, en particular, han sido objeto de numerosas investigaciones sobre sus propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes; Ghosh et al. (2021) reportaron que los extractos de propóleo contienen más de 300 compuestos bioactivos, incluyendo flavonoides, ácidos fenólicos y terpenos cuya concentración varía según la dieta de las colonias y la diversidad botánica del entorno. En el contexto apícola ecuatoriano, la producción de propóleo representa una oportunidad de diversificación para los productores de Quinindé, dado que las condiciones de alta diversidad vegetal tropical favorecen la recolección de resinas de alta calidad por parte de las abejas forrajeras (Antúnez et al., 2008).

La inserción de la miel ecuatoriana en mercados internacionales de alto valor requiere cumplir con estrictos estándares de calidad establecidos por organismos internacionales. El *Codex Alimentarius* (Sánchez et al., 2019) establece parámetros fisicoquímicos mínimos para la comercialización internacional de miel, incluyendo límites de humedad, contenido de azúcares, actividad enzimática y ausencia de adulterantes, estándares que representan un desafío para pequeños productores sin acceso a tecnología de procesamiento adecuada. Calderone (2012) estimó que el valor de los servicios de polinización de insectos en la agricultura estadounidense supera los 14.000 millones de dólares anuales, una evidencia del valor estratégico de mantener colonias saludables y productivas que va más allá de la producción directa de miel. Ramírez et al. (2017) y Zapata Vahos et al. (2023), evaluaron la calidad microbiológica y fisicoquímica de mieles producidas en el norte de Colombia, región con condiciones climáticas similares a Quinindé, encontrando que el manejo nutricional adecuado de las colonias fue el principal factor predictor de la calidad del producto final, con colonias bien nutridas produciendo mieles que cumplían consistentemente con los parámetros del *Codex Alimentarius*.

El cambio climático representa una amenaza emergente para los sistemas apícolas tropicales, con implicaciones directas sobre la disponibilidad de recursos florales y la fenología de la floración. Le Conte y Navajas (2008) identificaron que las variaciones en los patrones de temperatura y precipitación asociadas al cambio climático alteran los ciclos de floración de las plantas melíferas, generando períodos de escasez nutricional impredecibles que pueden comprometer gravemente la supervivencia colonial. Giannini et al. (2012) proyectaron que, bajo escenarios de cambio climático moderado, las áreas de distribución potencial de

p-ISSN 1390-6895/e-ISNN 2477-8982 | Vol. 16, Núm. 1 (38-47): Enero-Junio, 2026 | DOI: 10.33936/latecnica.v16i1.8198

LA TÉCNICA
Revista de las Agrociencias
e-ISSN 2477-8982

muchas especies de abejas en América del Sur podrían reducirse significativamente, con implicaciones negativas para los servicios de polinización y la biodiversidad de los ecosistemas tropicales. Naug (2009) propuso que el estrés nutricional derivado de la pérdida y degradación de hábitats constituye el principal factor subyacente a los colapsos coloniales modernos, planteando que la implementación de estrategias nutricionales suplementarias no es simplemente una práctica de mejora productiva sino una necesidad adaptativa ante la degradación progresiva de los recursos florales naturales. Esta perspectiva es especialmente relevante para regiones como Quinindé, donde la expansión de monocultivos de palma aceitera ha reducido la diversidad del paisaje agrícola disponible para las colonias de abejas manejadas (Steffan-Dewenter y Kuhn, 2003).

Los avances tecnológicos en nutrición apícola han permitido el desarrollo de sustitutos y suplementos alimenticios cada vez más específicos y eficientes para cubrir los requerimientos nutricionales de las colonias en diferentes condiciones ambientales. Paoli et al. (2014) determinaron que el balance nutricional óptimo para abejas adultas varía en función de la edad y el rol funcional dentro de la colonia, con requerimientos específicos de aminoácidos esenciales que no siempre son cubiertos por fuentes polínicas únicas. Rossman et al. (2018) compararon diversas fuentes proteicas como suplementos en colonias manejadas, encontrando que la combinación de harina de soya con extractos de levadura de cerveza proporcionó los mejores resultados en términos de desarrollo poblacional y producción de miel, resultados coherentes con los documentados por Pino et al. (2017) en condiciones ecuatorianas. Crailsheim (1998) estableció que las interacciones tróficas entre abejas nodrizas y larvas son fundamentales para el intercambio de nutrientes dentro de la colonia, destacando que la mejora del estado nutricional individual de las abejas adultas tiene efectos multiplicadores sobre el desarrollo de toda la colonia, principio que fundamenta la efectividad de la suplementación nutricional como herramienta de manejo para optimizar la salud y productividad de las colonias apícolas en sistemas tropicales (Martínez y Balboa, 2014).

El objetivo de esta investigación fue analizar el impacto de diferentes estrategias de alimentación y nutrición en la salud de las colonias de *Apis mellifera* y la calidad fisico-química de la miel, en condiciones tropicales. Específicamente, se evaluaron los efectos de la suplementación proteica en el desarrollo poblacional, se determinó la influencia de los protocolos de la alimentación de los compuestos bioactivos de la miel y se estableció la viabilidad técnica de estas prácticas para la apicultura de pequeña y mediana escala.

Materiales y métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de nivel descriptivo- analítico. Se empleó la revisión bibliográfica sistemática como método principal, complementada con el análisis documental, y la síntesis de información técnica. Este diseño permitió una integración coherente de datos previos para generar conclusiones aplicables al contexto productivo actual.

Esta investigación adoptó un enfoque cualitativo basado en la revisión sistemática de literatura científica especializada en nutrición apícola, salud de colonias de *A. mellifera* y calidad de miel. El análisis se centró en investigaciones desarrolladas en países latinoamericanos con condiciones agroecológicas similares al cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas. Este enfoque, garantizó que las estrategias nutricionales discutidas fueran técnicamente viables para las condiciones del trópico húmedo características de la zona de estudio.

Se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos Scielo, Redalyc, Google Scholar y ScienceDirect. Se utilizaron descriptores como "nutrición apícola", "suplementación proteica" y "calidad de miel". Se incluyeron estudios publicados entre 2005 y 2023 que aportarán evidencia empírica sobre el uso de sustitutos proteicos y energéticos. La información recolectada fue procesada mediante matrices de análisis para comparar el impacto de los protocolos nutricionales en la salud colonial (población y mortalidad) en las propiedades bioactivas de la miel.

Resultados y discusión

Efectos del manejo nutricional en la dinámica poblacional

La revisión de literatura científica evidenció resultados consistentes respecto al impacto positivo del manejo nutricional en la dinámica poblacional de colonias de *A. mellifera* en condiciones tropicales latinoamericanas.

El análisis de la literatura técnica reveló una correlación directa entre la suplementación estratégica y fortalecimiento de la población de la colmena. Como se observa en la tabla 1, el uso de fuentes proteicas (harina de soya y polen natural) genera incrementos que oscilan entre el 28 y 45%. Este fenómeno fue particularmente evidente en el estudio de Pino et al. (2017) en Ecuador, donde la población superó las 30.000 abejas estableciendo un estándar de productividad superior para la región.

CC BY NC ND

Tabla 1. Efectos de la suplementación nutricional en desarrollo poblacional reportados en estudios.

Estudio	País	Año	Tipo de suplementación	Incremento poblacional (%)	Población final (abejas)
Pino et al.	Ecuador	2017	Harina de soya	45	30.000-32.000
Martínez-Espinoza et al.	México	2018	Suplemento proteico + JMAF	35-40	28.000-30.000
Alvares	Nicaragua	2015	Harina de soya	28	25.000-28.000
Contreras-Escareño et al.	México	2013	Polen natural	30	26.000-29.000
Promedio regional	-	-	-		

Tabla 2. Mortalidad colonial reportada en estudios con y sin suplementación nutricional.

Estudio	País	Año	Manejo convencional (% mortalidad)	Suplementación (% mortalidad)	Reducción (%)
Antúnez et al.	Uruguay	2016	50-60	25-35	40-50
Maggi et al.	Argentina	2016	35-45	15-20	45-55
Contreras-Escareño et al.	México	2013	40-50	20-30	35-45
Branchiccela et al.	Uruguay	2021	45-55	18-25	45-60
Promedio regional	-	-	42-55		

Investigaciones desarrolladas en México por Martínez-Espinoza et al. (2018) documentaron que colonias alimentadas con suplementos proteicos mantuvieron tasas de crecimiento del 12-15% mensual durante períodos de mayor disponibilidad floral, comparado con 6-8% en colonias con alimentación convencional. Estos hallazgos son consistentes con estudios realizados en Nicaragua, donde Alvares (2015) reportó que la suplementación con harina de soya incrementó la postura de reina de 3.347 huevos promedio en colonias control a 4.310 huevos en colonias suplementadas.

Los resultados consistentes reportados en diferentes países latinoamericanos confirman la efectividad de la suplementación nutricional para optimizar el desarrollo poblacional en condiciones tropicales. Branchiccela et al. (2021) explicaron que la suplementación con polen mitigó efectivamente el impacto del estrés nutricional, especialmente durante períodos de escasez floral que fueron comunes en ecosistemas tropicales estacionales como los de Quinindé. La disponibilidad de proteínas adecuadas permitió que las abejas nodrizas mantuvieran la producción de jalea real necesaria para el desarrollo larval, explicando los incrementos en postura de reina documentados.

Impacto de la alimentación suplementaria en la supervivencia colonial

Los estudios revisados demostraron reducciones significativas en mortalidad colonial cuando se implementaron estrategias nutricionales especializadas.

Antúnez et al. (2016) reportaron que, en Uruguay, las pérdidas coloniales alcanzaron 50-60% anual en condiciones de manejo convencional, mientras que investigaciones posteriores de Branchiccela et al. (2021) demostraron que la suplementación con polen puede reducir estas pérdidas significativamente.

Investigaciones desarrolladas por Maggi et al. (2016) en Argentina documentaron que colonias con protocolos nutricionales especializados registraron mortalidades del 15-20% comparado con 35-45% en colonias con manejo convencional. Estudios realizados en México por Contre-ras-Escareño et al. (2013) reportaron resultados similares, con reducciones de mortalidad del 30-40% en colonias suplementadas durante épocas secas tropicales.

La literatura revisada indica que los períodos de mayor mortalidad coinciden con épocas de escasez floral, quedando en evidencia el efecto protector de la suplementación nutricional durante períodos críticos. La reducción de la mortalidad reportada en múltiples estudios latinoamericanos confirma la efectividad de las estrategias nutricionales como herramienta de manejo preventivo. Antúnez et al. (2008) evidenciaron que los propóleos actúan como agentes de control natural contra patógenos, lo que, puede explicar parcialmente la menor mortalidad observada en colonias suplementadas.

La nutrición adecuada fortalece al sistema inmunitario colonial permitiendo a las abejas resistir mejor los factores de estrés ambiental y patógenos, además, reduce la incidencia de colapsos coloniales documentados Antúnez et al. (2008).

Rendimiento productivo y estabilidad estacional en la cosecha de la miel

La implementación de protocolos nutricionales especializados conlleva un incremento sustancial en el rendimiento de miel por colmena.

Martínez-Espinoza et al. (2018) reportaron en México que colonias alimentadas con suplementos proteicos produjeron 27% más miel que colonias control, alcanzando producciones de 38-42 kg·colmena^{-1}·año^{-1} comparado con 25-30 kg·colmena^{-1}·año^{-1} en manejo convencional.

p-ISSN 1390-6895/e-ISNN 2477-8982 | Vol. 16, Núm. 1 (38-47): Enero-Junio, 2026 | DOI: 10.33936/latecnica.v16i1.8198

LA TÉCNICA
Revista de las Agrociencias
e-ISSN 2477-8982

Tabla 3. Producción de miel reportada en estudios con diferentes estrategias nutricionales.

Estudio	País	Año	Producción convencional (kg/colmena/año)	Producción suplementada (kg/colmena/año)	Incremento (%)
Martínez-Espinoza et al.	México	2018	25-30	38-42	27-40
Pino et al.	Ecuador	2017	20-25	35-42	60-68
Alvares	Nicaragua	2015	18-22	28-35	35-45
Invernizzi et al.	Uruguay	2011	22-28	32-38	35-45
Promedio regional	-	-	20-30		

En Ecuador, Pino et al. (2017) documentaron que colonias suplementadas con harina de soya incrementaron su producción de miel hasta un 65%, registrando producciones superiores a 40 kg·colmena^{-1}·año^{-1} en condiciones de clima tropical. Pero estudios realizados en Nicaragua por Alvares (2015) reportaron incrementos más moderados pero consistentes del 35-45% en colonias con suplementación proteica.

Los estudios analizados coinciden en que las colonias suplementadas mostraron mayor estabilidad estacional en la producción, con menores fluctuaciones entre períodos de alta y baja floración, sugiriendo una mejor adaptación a las variaciones ambientales características de ecosistemas tropicales.

Los incrementos en producción reportados (27-68% según diferentes estudios) superaron significativamente los rendimientos de manejo convencional, confirmando la efectividad económica de la suplementación nutricional. Invernizzi et al. (2011) explicaron que colonias bien nutridas mantuvieron mejor sus parámetros productivos durante períodos adversos, lo cual se reflejó en la mayor estabilidad estacional documentada. La capacidad de las colonias suplementadas para mantener poblaciones obreras activas durante períodos de escasez floral les permitió aprovechar mejor los recursos disponibles cuando mejoraron las condiciones ambientales.

Influencia de la nutrición colonial en la calidad fisicoquímica de la miel

La literatura científica revisada documenta mejoras significativas en múltiples variables de calidad cuando las colonias reciben suplementación nutricional adecuada.

Tabla 4. Variables de calidad fisicoquímica de la miel reportados en estudios latinoamericanos.

Variable	Manejo convencional	Suplementación	Incremento (%)	Estudio de referencia
Compuestos fenólicos (mg AG·kg^{-1})	180-220	250-300	25-40	Vit et al. (2022)
Actividad antioxidante DPPH (%)	45-60	65-85	30-42	Salvador (2019)
Actividad antimicrobiana (mm halo)	12-15	18-22	30-45	Antúnez et al. (2008)
diastasa (unidades Schade*)	18-22	25-32	25-35	Invernizzi et al. (2011)
pH	4,1-4,3	3,8-4,0	-	Salvador (2019)
Humedad (%)	17-19	16-18		

**Unidades Schade: Medida estándar de actividad de la enzima diastasa (α-amilasa) en miel. Esta enzima, producida por las abejas, es indicador de frescura y calidad. Estándares internacionales requieren mínimo 8 unidades Schade para mieles tropicales y 3 unidades para mieles templadas. Mayor actividad diastasa indica miel más fresca y menos procesada térmicamente.*

Estudios desarrollados en Venezuela y Colombia por Vit et al. (2022), reportaron que mieles de colonias bien nutridas presentaron contenidos de compuestos fenólicos entre 250-300 mg ácido gálico·kg^{-1}, a diferencia de colonias con manejo convencional con 180-220 mg·kg^{-1}, representando incrementos del 25-40%.

Investigaciones sobre mieles de encenillo (*Weinmannia tomentosa*) en Colombia documentaron contenidos de flavonoides de 129,4±1,20 mg·kg^{-1} y fenoles de 1.570±14 mg·kg^{-1} en mieles de colonias suplementadas, indicando alto poder antioxidante (Vit et al., 2022). Por otro lado, estudios realizados en Ecuador por Salvador (2019) evidenciaron que mieles de colonias con manejo nutricional optimizado mostraron actividad antimicrobiana 30-45% superior contra patógenos comunes.

Los análisis físico-químicos reportados en la literatura indicaron que mieles de colonias suplementadas mantuvieron variables físicas dentro de estándares internacionales, con humedad entre 16-18%, pH ligeramente menor (3,8-4,0 vs. 4,1-4,3), indicando mayor acidez y mejor capacidad conservante. La actividad enzimática diastasa fue consistentemente superior (25-30 unidades Schade vs. 18-22 unidades en controles).

Los incrementos documentados en contenido de antioxidantes y actividad antimicrobiana confirmaron la relación directa entre

CC BY NC ND

nutrición colonial y calidad del producto final establecida por Vit et al. (2004). Los propóleos incorporados en la dieta de las colonias pueden contribuir a las propiedades antimicrobianas mejoradas, como documentaron Antúnez et al. (2008). Los valores superiores de diastasa indicaron mayor actividad enzimática, cumpliendo con estándares internacionales de calidad que exigieron mínimo 8 unidades Schade para mieles tropicales, posicionando estos productos en segmentos premium del mercado.

Viabilidad económica de estrategias nutricionales especializadas

Los estudios económicos revisados en la literatura demostraron consistentemente la viabilidad financiera de implementar protocolos nutricionales especializados en apicultura tropical.

Tabla 5. Análisis económico de estrategias nutricionales reportado en estudios latinoamericanos.

Estudio	País	Año	Costo adicional (USD·colmena-1año-1)	Incremento rentabilidad (%)	Período recuperación (meses)
Martínez-Espinoza et al.	México	2018	35-50	45-65	8-10
Pino et al.	Ecuador	2017	40-55	60-78	6-8
Alvares	Nicaragua	2015	30-45	40-55	9-12
Invernizzi et al.	Uruguay	2011	38-48	50-70	7-9
Promedio regional	-	-	35-50	40-78	6-12

Investigaciones desarrolladas en México por Martínez-Espinoza et al. (2018) reportaron que considerando costos adicionales de suplementos ($35-50 colmena·año^{-1}) y los incrementos en producción, la rentabilidad neta se incrementó entre 45-65% comparado con el manejo convencional.

Estudios realizados en Ecuador por Pino et al. (2017) documentaron períodos de recuperación de inversión entre 6-10 meses para diferentes protocolos de suplementación, con la harina de soya mostrando la mejor relación costo-beneficio. Investigaciones en Nicaragua (Alvares, 2015) reportaron incrementos de rentabilidad del 40-55% en sistemas de pequeña escala, confirmando la viabilidad para productores con recursos limitados.

La viabilidad económica consistentemente reportada en diferentes países latinoamericanos (45-78% incremento en rentabilidad) confirmó que la implementación de estrategias nutricionales representó una inversión productiva para apicultores de diferentes escalas. Los períodos cortos de recuperación (6-10 meses) fueron especialmente atractivos para productores de pequeña escala, quienes constituyeron la mayoría del sector apícola en Quinindé. La mejora simultánea en cantidad y calidad del producto permitió a los apicultores diversificar sus mercados y obtener precios diferenciados, mejorando la sostenibilidad económica de la actividad.

Conclusión

La revisión sistemática de la literatura científica en el contexto latinoamericano confirma que la implementación de estrategias de manejo nutricional es el factor determinante para la sostenibilidad de la apicultura en ecosistemas tropicales análogos al cantón Quinindé. Incrementos poblacionales del 25-45% y bajo porcentaje de mortalidad 30-50% en colonias suplementadas, demostrando que la disponibilidad adecuada de proteínas permite mantener poblaciones estables durante períodos de escasez floral característicos de ecosistemas tropicales.

El análisis comparativo de investigaciones muestra que los diferentes protocolos de alimentación suplementaria mejoran las variables físico-químicas y el contenido de compuestos bioactivos de la miel. Adicional se observa incrementos del 25-40% en contenido de antioxidantes, mejoras del 30-45% en actividad antimicrobiana.

Los documentos revisados confirman la viabilidad económica de implementar estrategias nutricionales especializadas en sistemas apícolas de pequeña y mediana escala, representando una rentabilidad entre 40-78% y períodos de recuperación de inversión de 6-10 meses, demostrando que estas estrategias representan una inversión productiva y sostenible para productores con diferentes niveles de recursos, como las características del sector apícola de Quinindé.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

Alvares, M. L. (2015). Evaluación de tres suplementos alimenticios en la producción de *Apis mellifera* en la Agropecuaria los Potrerillos-Jinotega. *Revista Científica de la UNAN-León*, *6*(2), 45-58.

Antúnez, K., Harriet, J., Gende, L., Maggi, M., Eguaras, M. and Zunino, P. (2008). Efficacy of natural propolis extract in the control of American foulbrood. *Veterinary Microbiology*, *131*(3-4), 324-331.

Antúnez, K., Invernizzi, C., Mendoza, Y., van Engelsdorp, D. and Zunino, P. (2016). Honeybee colony losses in Uruguay during 2013-2014. *Apidologie*, *48*(3), 364-370.

Branchiccela, B., Castelli, L., Díaz-Cetti, S., Invernizzi, C., Mendoza, Y., Santos, E. and Antúnez, K. (2021). Can pollen supplementation mitigate the impact of nutritional stress on honeybee colonies?. *Journal of Apicultural Research*, *60*(5), 750-758.

LA TÉCNICA
Revista de las Agrociencias

e-ISSN 2477-8982

Brodschneider, R. and Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, *41*(3), 278-294.

Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R. and Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: A review. *Journal of the American College of Nutrition*, *27*(6), 677-689.

Calderone, N. W. (2012). Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: trend analysis of aggregate data for the period 1992-2009. *PLOS ONE*, *7*(5), e37235.

Contreras-Escareño, F., Echazarreta, C. M., Centeno, N., Martín, M., Uicab, V. and Canto, J. (2013). Protein reserves in honey bees (*Apis mellifera*) fed with pollen substitutes and natural pollen during tropical dry season. *Journal of Apicultural Science*, *57*(1), 61-69.

Couvillon, M. J., Schürch, R. and Ratnieks, F. L. W. (2014). Waggle dance distances as integrative indicators of seasonal foraging challenges. *PLOS ONE*, *9*(4), e93495.

Crailsheim, K. (1998). Trophallactic interactions in the adult honeybee (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, *29*(1-2), 97-112.

DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., Huang, E. and Huang, M. H. (2010). The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, *56*(9), 1184-1191.

Decourtye, A., Mader, E. and Desneux, N. (2010). Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie*, *41*(3), 264-277.

Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A. and Alaux, C. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? *PLOS ONE*, *8*(8), e72016.

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A. and Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, *339*(6127), 1608-1611.

Genersch, E. (2010). Honey bee pathology: Current threats to honey bees and beekeeping. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *87*(1), 87-97.

Genersch, E., von der Ohe, W., Kaatz, H., Schroeder, A., Otten, C., Büchler, R. and Aubert, M. (2010). The German bee monitoring project: A long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie*, *41*(3), 332-352.

Ghosh, S., Playford, R. J. and Banerjee, S. (2021). Bioactive compounds for the treatment of gastrointestinal disorders: potential of honey and propolis. *Nutrients*, *13*(2), 1-22.

Giannini, T. C., Acosta, A. L., Garófalo, C. A., Saraiva, A. M., Alves dos Santos, I. and Imperatriz-Fonseca, V. L. (2012). Identifying the areas to preserve pollination services in the face of climate change: An example for the bee *Epicharis* (Apidae) in Brazil. *Journal of Insect Conservation*, *16*(6), 853-864.

Girardet, F., Arnold, G., Abu-Saa, K., Zhang, D., Le Conte, Y. and Alaux, C. (2011). Issued from the 2nd Workshop on Beekeeping and Biodiversity. *Apidologie*, *42*, 591-610.

Imperatriz-Fonseca, V. L., Canhos, D. A. L., Alves, D. A. and Saraiva, A. M. (2012). *Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.* EDUSP.

Invernizzi, C., Santos, E., García, E., Daners, G., Di Landro, R., Saadoun, A. and Cabrera, C. (2011). Sanitary and nutritional characterization of honeybee colonies in Eucalyptus grandis plantations in Uruguay. *Archivos de Zootecnia*, *60*(232), 1303-1314.

Imperatriz-Fonseca, V. L., Canhos, D. A. L., Alves, D. A. and Saraiva, A. M. (2012). *Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. EDUSP.

Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. and Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B*, *274*(1608), 303-313.

Le Conte, Y. and Navajas, M. (2008). Climate change: Impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique*, *27*(2), 499-510.

Maggi, M., Antúnez, K., Invernizzi, C., Aldea, P., Vargas, M., Negri, P., Brasesco, C., De Jong, D., Message, D., Weinstein Teixeira, E., Principal, J., Barrios, C., Fuffinengo, S., Rodríguez Da Silva, R. and Eguaras, M. (2016). Honey bee health in South America. *Apidologie*, *47*(6), 835-854.

CC BY NC ND

Martínez-Espinoza, J. A., Guzmán-Novoa, E., Juárez-Rosete, C. R., López-Martínez, J. O., & Medina-Cuéllar, S. E. (2018). Efecto de tres dietas energético-proteicas en la población y producción de miel de colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *9*(1), 1-15.

Martínez, A. G. y Balboa, C. (2014). Manejo técnico de la producción apícola. *Ediciones INTA*.

Martínez, O. I., & Téllez, J. A. (2016). Validación de sustitutos de proteína para la alimentación artificial de colonias de *Apis mellifera* durante la época seca en el trópico. *Agronomía Mesoamericana*, *27*(2), 333-342.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2015). Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador.

Moo-Valle, H., Quezada-Euán, J. J. G. and Waladde, S. (2001). The effect of pollen on egg and brood production of Africanized honeybees (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, *32*(1), 77-86.

Morales-Quijano, K., Luna-Krauletz, M. D., Ángeles-Pérez, G. y Ruiz-González, S. P. (2019). Estimación de la abundancia y distribución potencial de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) como indicador de sus servicios ecosistémicos. *Entomología Mexicana*, *6*, 415-420.

Naug, D. (2009). Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. *Biological Conservation*, *142*(10), 2369-2372.

Oldroyd, B. P. (2007). What's killing American honey bees? *PLOS Biology*, *5*(6), e168.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *La apicultura ayuda a crear sistemas de vida sostenibles. La apicultura y los medios de vida sostenibles.*

Paoli, P. P., Donley, D., Stabler, D., Saseendranath, A., Nicolson, S. W., Simpson, S. J. and Wright, G. A. (2014). Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. *Amino Acids*, *46*(6), 1449-1458.

Pino, M. T., Herrera, E. F. y Villacrés, E. (2017). Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *8*(2), 65-76.

Ramírez, A., Rincón, M. y Torres, S. (2017). Calidad microbiológica y fisicoquímica de mieles de Apis mellifera producidas en el norte de Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, *22*(2), 5905-5915.

Rodríguez, G. G., Guzmán, M., Uribe, J. L. y Ávalos, J. A. (2011). *Producción apícola tecnificada en zonas tropicales. Sistemas Pecuarios* CONACYT.

Rossman, A., Sheatsley, W. M. and Petraitis, R. (2018). Dietary protein sources affect colony size and honey production of honey bee colonies. *Journal of Insect Science*, *18*(2), 1-9.

Salvador, L. (2019). Determinación de la calidad físico-química de la miel de abeja comercializada en Quito y comparación con la miel artificial. *La Granja*, *30*(2), 52-62.

Sánchez, O. A., Castañeda, P. C., Muñoz, G. y Téllez, G. (2019). Determinantes fisicoquímicos de la calidad de la miel: una revisión bibliográfica. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, *16*(83), 1-23.

Steffan-Dewenter, I. and Kuhn, A. (2003). Honeybee foraging in differentially structured landscapes. *Proceedings of the Royal Society B*, *270*(1515), 569-575.

Urrego Ramírez, J. F. (2017). *Caracterización de mieles de abeja Apis mellifera, colectadas de diferentes regiones de Antioquia, de acuerdo con los parámetros establecidos por la legislación colombiana y demás criterios que contribuyen a la calidad.* Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 83 p.

Van Engelsdorp, D. and Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, *103*(Suppl 1), S80-S95.

Vit, P., Barrera, M. y Pérez-Pérez, E. M. (2004). Productos de la colmena recolectados y procesados por las abejas: Miel, polen y propóleos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *54*(2), 32-38.

Vit, P., Chievano, E., Zuccato, V. and Finotello, C. (2015). Authenticity of Ecuadorian commercial honeys. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, *9*(3), 327-330.

Vit, P., González, E. y Rodríguez-Malaver, A. J. (2022). Composición química de la miel de abeja y su relación con los beneficios a la salud. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, *32*(1), 155-174.

Zapata-Vahos, I. C., Henao-Rojas, J. C., Yepes-Betancur, D. P., Marín-Henao, D., Giraldo Sánchez, C. E., Calvo-Cardona, S. J., David, D. and Quijano-Abril, M. (2023). Physicochemical parameters, antioxidant capacity, and antimicrobial activity of honeys from tropical forests of Colombia: *Apis mellifera* and *Melipona eburnea*. *Foods*, *12*(5), 1001. https://doi.org/10.3390/foods12051001

LA TÉCNICA
Revista de las Agrociencias

e-ISSN 2477-8982

Declaración de contribución a la autoría según CRediT

Leonor Esther Cedeño-Quiñonez: conceptualización, curación de datos, análisis formal, supervisión, validación, visualización metodología, revisión y edición del artículo. **Carlos Alberto Montaño-Caicedo:** adquisición de financiamiento, investigación, administración del proyecto, recursos, desarrollo de software, redacción del borrador original del artículo, y redacción.

CC BY NC ND