

ARTÍCULO ORIGINAL

Influencia ambiental en la calidad bioactiva de la miel de *Melipona eburnea* en San Martín, Perú: revisión sistemática

Juan Rodrigo Tuesta Nole^{1,2,a} | María De Los Ángeles Llamo Barboza^{3,b}

Filiación Institucional

- ¹ Hospital II-2 Tarapoto, Ministerio de Salud (MINSU), Tarapoto, Perú
- ² Escuela de Ciencias de la Salud, Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, Perú
- ³ Facultad de Medicina Humana, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

Grado Académico

- ^a Médico Especialista en Geriátrica
- ^b Estudiante de la Facultad de Medicina Humana

Palabras clave:

Amazonía; antibacterianos; antioxidante; *Melipona*; miel; revisión sistemática (Fuente: AGROVOC FAO).

RESUMEN

Introducción: La miel de *Melipona eburnea*, abeja nativa sin aguijón de la Amazonía peruana, posee propiedades bioactivas de interés terapéutico, aunque la evidencia sobre su relación con factores ambientales en San Martín se encuentra dispersa. **Objetivo:** Sintetizar la evidencia científica cuantitativa sobre la influencia de variables ambientales y geográficas en la calidad bioactiva de la miel de *M. eburnea* producida en San Martín, Perú. **Métodos:** Revisión sistemática conforme a PRISMA 2020, con búsquedas en Scopus, Web of Science, PubMed, SciELO, Google Scholar y repositorios institucionales peruanos (2016-2026). Se incluyeron estudios cuantitativos que evaluaran propiedades antimicrobianas, antioxidantes o fisicoquímicas. La calidad metodológica se evaluó mediante STROBE adaptado. **Resultados:** De 342 registros, 31 estudios cumplieron los criterios de inclusión. La actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* fue consistente (CIM 8-25%). La capacidad antioxidante mostró correlación positiva con fenoles totales ($r=0,78$; $p<0,01$). Solo el 25,8% reportó origen distrital y ninguno incluyó georreferenciación precisa. Únicamente el 9,7% aplicó análisis estadísticos relacionales entre variables ambientales y bioactividad. **Conclusiones:** Existe evidencia robusta sobre la bioactividad de la miel de *M. eburnea*, pero la limitada integración de variables ambientales y georreferenciación restringe la interpretación causal y el desarrollo de estrategias de valorización territorial.

Environmental influence on the bioactive quality of *Melipona eburnea* honey in San Martín, Peru: a systematic review

Key words:

Amazonia; antibacterial agents; antioxidants; *Melipona*; honey; systematic review (Source: AGROVOC FAO).

ABSTRACT

Introduction: *Melipona eburnea* honey, produced by a native stingless bee from the Peruvian Amazon, exhibits bioactive properties with therapeutic potential, although evidence on its relationship with environmental factors in San Martín is scattered. **Objective:** To synthesize quantitative scientific evidence on the influence of environmental and geographic variables on the bioactive quality of *M. eburnea* honey produced in San Martín, Peru. **Methods:** A systematic review following PRISMA 2020 guidelines, with searches in Scopus, Web of Science, PubMed, SciELO, Google Scholar, and Peruvian institutional repositories (2016-2026). Quantitative studies evaluating antimicrobial, antioxidant, or physicochemical properties were included. Methodological quality was assessed using an adapted STROBE checklist. **Results:** Of 342 records, 31 studies met inclusion criteria. Antimicrobial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* was consistent (MIC 8-25%). Antioxidant capacity showed positive correlation with total phenolics ($r=0.78$; $p<0.01$). Only 25.8% reported district-level origin and none included precise georeferencing. Only 9.7% applied statistical analyses relating environmental variables to bioactivity. **Conclusions:** Robust evidence supports *M. eburnea* honey bioactivity, but limited integration of environmental variables and georeferencing restricts causal interpretation and territorial valorization strategies.

Citar como: Tuesta-Nole, J. R. y Llamo-Barboza M. A. Influencia ambiental en la calidad bioactiva de la miel de *Melipona eburnea* en San Martín, Perú: revisión sistemática. Revista de Investigación y Amazonía. 2026, 16(1): <https://doi.org/10.69507/revia.1.16.1.424>

INTRODUCCIÓN

La meliponicultura —manejo racional de abejas nativas sin aguijón de la tribu Meliponini— cumple una función ecológica fundamental en la Amazonía, donde contribuye a la polinización de especies silvestres y cultivadas, al mantenimiento de la biodiversidad y a la sostenibilidad de sistemas productivos locales (Engel et al., 2023; Grüter, 2020). La tribu Meliponini comprende más de 500 especies descritas globalmente, con notable diversidad en la región neotropical (Engel et al., 2023).

Melipona eburnea Friese, 1900 conocida localmente como “ronsapilla” o “abeja pacucho” en San Martín y Loreto, destaca por su amplia distribución en la Amazonía occidental (Perú, Colombia y Brasil). Produce una miel con características fisicoquímicas y bioactivas diferenciadas de *Apis mellifera* (Delgado et al., 2020; Rodríguez-Malaver et al., 2009). Rodríguez-Malaver et al. (2009) establecieron las bases para la caracterización de mieles de diez especies de meliponinos peruanos.

El conocimiento ecológico tradicional sobre estas abejas está arraigado en comunidades indígenas amazónicas. Dávila-Tuesta et al. (2025) documentaron el conocimiento de la comunidad Urarina en Loreto, y Demetrio et al. (2025) registraron saberes ancestrales en comunidades Ashaninka. Estos estudios revelan usos etnomedicinales de *M. eburnea* para afecciones respiratorias, oftálmicas, gastrointestinales y cicatrización de heridas (Delgado et al., 2019; Demetrio et al., 2025; Dávila et al., 2024).

Estudios experimentales respaldan estas aplicaciones: Vela-Santana et al. (2022) y Braga et al. (2020) demostraron actividad antibacteriana contra patógenos clínicamente relevantes; Biluca et al. (2016) y dos Santos et al. (2021) caracterizaron perfiles fenólicos y capacidad antioxidante. La miel de *M. eburnea* se diferencia de *A. mellifera* por su mayor humedad, acidez y concentración de compuestos fenólicos (Biluca et al., 2016; Silva & Martínez, 2022; Vela-Santana et al., 2022).

La variabilidad en propiedades bioactivas de mieles de meliponinos se atribuye a factores entomológicos, botánicos, climáticos y geográficos. Estudios comparativos evidencian que composición floral, clima y características edáficas modulan perfiles fitoquímicos (da Silva Correia et al., 2018; dos Santos et al., 2021; Galezo Serna et al., 2023). El concepto de *terroir* es relevante para comprender cómo condiciones ambientales influyen en calidad apícola (Anklam, 1998; Zawawi et al., 2022).

San Martín presenta heterogeneidad ecológica con gradientes altitudinales (120-3800 m s.n.m.) y elevada diversidad florística (>3000 especies) (Ormeño et al., 2021), sugiriendo variaciones espaciales en bioactividad. Isminio & Coronado (2024) y Gonzales et al. (2021) reportaron diferencias significativas

entre localidades. Sin embargo, la mayoría de estudios sobre *M. eburnea* reportan origen geográfico genérico, sin precisión para análisis espaciales robustos.

El meliponario Fundo San Miguel (Campanilla, San Martín; coordenadas: -7.4061490, -76.6680980), con 20 hectáreas de bosque primario y alta diversidad floral, es mencionado en manuales técnicos (Delgado et al., 2019) pero ausente en literatura indexada, evidenciando desconexión entre práctica local y evidencia científica.

La meliponicultura en Perú enfrenta desafíos: Alvarado et al. (2025) documentan limitaciones en caracterización de productos, estandarización y valorización comercial en el VRAEM. A nivel internacional, Begna et al. (2024), da S. Sant’ana et al. (2020), Mduda & Kalonga (2025) y Melia et al. (2024) reportan perfiles de diferentes especies, aunque con limitada integración de variables ambientales.

Se identifica una brecha crítica: ausencia de síntesis sistemáticas que evalúen integradamente propiedades medicinales de *M. eburnea* y analicen cómo la ubicación geográfica ha sido operacionalizada y relacionada estadísticamente con bioactividad. Esta información es esencial para normativas diferenciadas, denominaciones de origen y valorización comercial basada en evidencia (INDECOPI, 2024; WIPO, 2021).

El Codex Alimentarius (FAO & WHO, 2001) establece estándares para mieles que no consideran particularidades de meliponinos. Zawawi et al. (2022) argumentan que propiedades fisicoquímicas únicas y presencia de trehalulosa mandatan una regulación internacional específica.

Objetivo: Sintetizar críticamente la evidencia cuantitativa disponible sobre propiedades medicinales de la miel de *Melipona eburnea* producida en San Martín, Perú, y evaluar cómo la georreferenciación del origen y factores ambientales han sido incorporados metodológicamente para establecer relaciones con parámetros de bioactividad.

MÉTODOS

Diseño y registro del protocolo

Revisión sistemática diseñada y reportada según la guía PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Protocolo registrado en PROSPERO (ID: CRD420261290755).

Pregunta de investigación

¿Cuáles son las propiedades medicinales cuantificadas de la miel de *Melipona eburnea* producida en San Martín, Perú, y cómo se relacionan con su origen geográfico y factores ambientales específicos según la evidencia científica disponible?

Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión y exclusión se definieron según el marco PICO:

- **Población:** Miel de *Melipona eburnea* (y otras *Melipona* amazónicas con datos diferenciados).
- **Intervención/Indicador:** Propiedades medicinales (antimicrobianas, antioxidantes, fisicoquímicas).
- **Contexto:** San Martín, Perú, o regiones amazónicas ecológicamente similares.
- **Resultados:** Datos cuantitativos reportados con medidas de tendencia central y dispersión.

Criterios de inclusión:

- Estudios con *M. eburnea* u otras *Melipona* amazónicas con datos diferenciados.
- Evaluación cuantitativa de actividad antimicrobiana, antioxidante o parámetros fisicoquímicos.
- Origen geográfico declarado en San Martín o regiones amazónicas adyacentes.
- Datos con medidas de tendencia central y dispersión.
- Estudios observacionales analíticos, experimentales *in vitro*, tesis en repositorios institucionales.

Criterios de exclusión:

- Meliponini no identificados.
- Revisiones narrativas, resúmenes sin texto completo.
- Ausencia de datos cuantitativos primarios.
- Procedencia geográfica no especificada.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se realizaron búsquedas sistemáticas entre el 15 y el 30 de diciembre de 2025 en Bases de datos internacionales (Scopus, Web of Science, PubMed/MEDLINE, SciELO, Google Scholar y repositorios nacionales peruanos). La cadena de búsqueda combinó términos relacionados con: "Melipona eburnea" OR "stingless bee" OR "abeja sin aguijón" AND (honey OR miel) AND (Perú OR Peruvian OR Amazon) AND (antimicrobial OR antibacterial OR antioxidant) OR phenolic OR physicochemical. Se aplicó un filtro temporal de los últimos 10 años (enero 2016 - enero 2026) e de idiomas (español, inglés y portugués).

Proceso de selección de estudios

Dos revisores independientes (JRTN, MALB)

evaluaron títulos y resúmenes en Rayyan QCRI (Ouzzani et al., 2016). Los textos completos se evaluaron según criterios de elegibilidad. Discrepancias resueltas por consenso.

Extracción de datos

Se utilizó un formulario estandarizado para extraer información sobre la identificación del estudio (autor, año, título, tipo de publicación), características metodológicas, ubicación geográfica con nivel de precisión, resultados cuantitativos de bioactividad y variables ambientales reportadas.

Evaluación de calidad metodológica

La calidad metodológica de los estudios incluidos se evaluó mediante una lista de verificación adaptada de STROBE (von Elm et al., 2014). Se incorporó un ítem adicional específico para valorar el reporte de la variable geográfica, con una escala de 0 a 3 puntos según el nivel de precisión.

Síntesis de datos

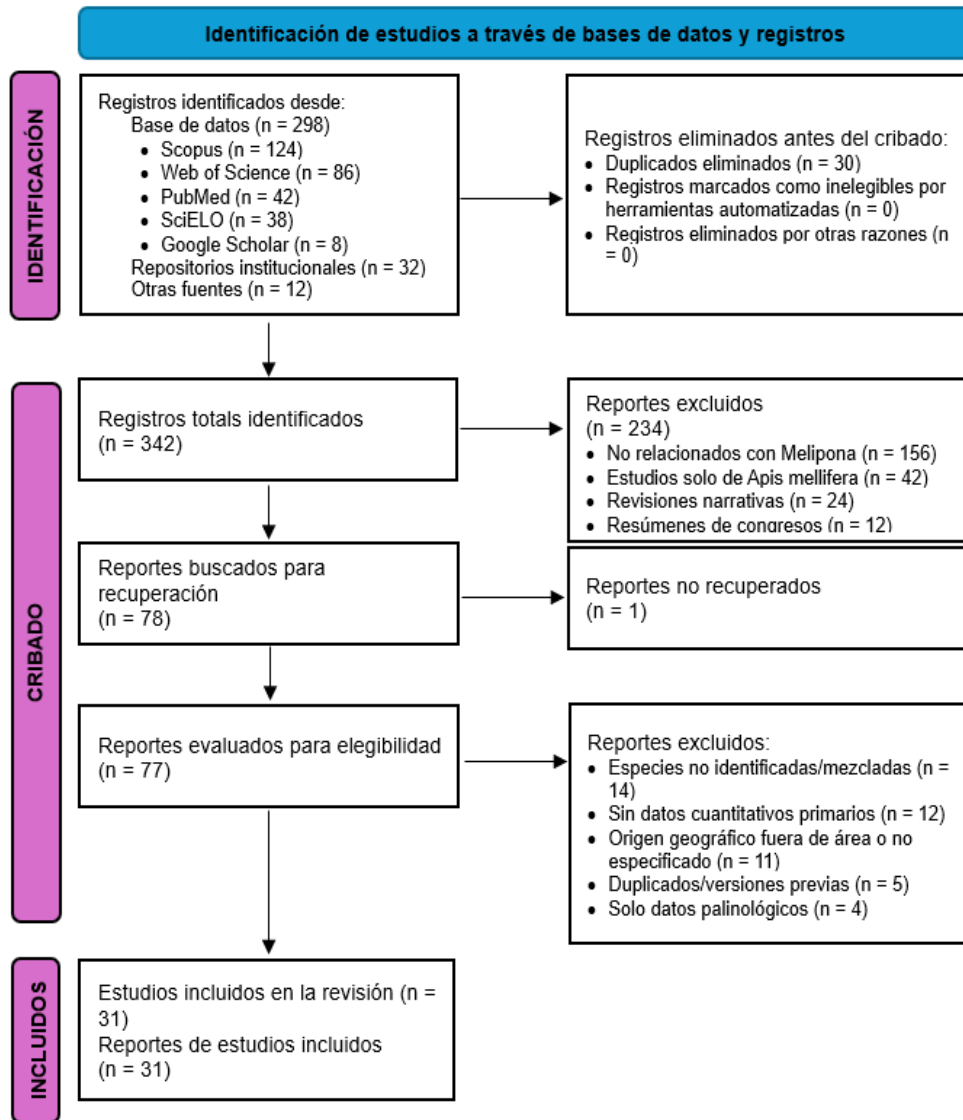
Debido a la heterogeneidad metodológica anticipada, se realizó síntesis narrativa estructurada, agrupando estudios por tipo de propiedad evaluada (antimicrobiana, antioxidante, fisicoquímica) y por nivel de análisis relacional con variables ambientales. Se calcularon frecuencias y porcentajes para variables descriptivas. Para los estudios con análisis estadísticos relacionales, se extrajeron valores de significancia (p) y coeficientes de correlación cuando estaban disponibles.

RESULTADOS

Selección de estudios

La búsqueda identificó 342 registros. Tras eliminar duplicados ($n=30$), se cribaron 312 títulos y resúmenes, excluyendo 234. Se evaluaron 78 textos completos; 47 excluidos por: especies no identificadas ($n=14$), sin datos cuantitativos ($n=12$), origen geográfico no especificado ($n=11$), duplicados ($n=5$), solo datos palinológicos ($n=4$), no recuperables ($n=1$). Finalmente, 31 estudios se incluyeron (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 de selección de estudios



Fuente. Adaptado de Page et al. (2021)

Características de los estudios incluidos

De 31 estudios, 18 (58,1%) fueron artículos indexados, 12 (38,7%) tesis, 1 (3,2%) manual técnico. Distribución temporal: 2024-2026: 9 (29,0%); 2020-

2023: 11 (35,5%); 2016-2019: 7 (22,6%); <2016: 4 (12,9%). Procedencia: Perú: 19 (61,3%); Brasil: 5 (16,1%); Colombia: 3 (9,7%); otros: 4 (12,9%).

Tabla 1. Análisis bibliométrico de estudios incluidos (n=31)

Indicador	Resultado
Tipo de publicación	
Artículos indexados	18 (58,1%)
Tesis universitarias	12 (38,7%)
Manual técnico	1 (3,2%)
Distribución temporal	
2024-2026	9 (29,0%)
2020-2023	11 (35,5%)
2016-2019	7 (22,6%)
<2016	4 (12,9%)
Países de origen	
Perú	19 (61,3%)
Brasil	5 (16,1%)
Colombia	3 (9,7%)
Otros	4 (12,9%)
Revistas principales	
Folia Amazónica	3
Ciência Rural	2
Journal of Food Composition and Analysis	2
Palabras clave frecuentes	
Melipona eburnea	18
miel/honey	16
actividad antimicrobiana	12
antioxidante/antioxidant	11
compuestos fenólicos	9

Tabla 2. Precisión geográfica de los estudios incluidos

Nivel de precisión geográfica	n	%
0 - No especificado	5	16,1
1 - País/región general	18	58,1
2 - Distrito/localidad	8	25,8
3 - Coordenadas GPS	0	0,0

Procedencia: San Martín: 8 (25,8%); Loreto: 11 (35,5%); otras regiones amazónicas: 12 (38,7%).

Evaluación de calidad metodológica

Puntuación media STROBE adaptado: 14,2/22 (rango: 10-18). Ítem geográfico: 1,1/3. Ningún estudio reportó coordenadas GPS de colmenas.

Propiedades antimicrobianas

Catorce estudios (45,2%) evaluaron actividad antibacteriana. Patógenos más frecuentes: *Staphylococcus aureus* (13 estudios) y *Escherichia coli* (12 estudios).

Hallazgos cuantitativos

• Braga et al. (2020): CIM 8-12% para *S. aureus* y 12-18% para *E. coli* en mieles de *Melipona* spp. de la Amazonía brasileña.

• Vela-Santana et al. (2022): halos inhibición 12-22 mm en mieles de Loreto; CIM 12-20% para *S. aureus* y 15-22% para *E. coli*.

• Galezo Serna et al. (2023): variabilidad estacional (época seca: 15-22 mm; húmeda: 10-16 mm).

• Zapata-Vahos et al. (2023): *M. eburnea* mostró mayor actividad que *A. mellifera* (CIM 8-15% vs 15-25% para *S. aureus*).

• Hernández et al. (2025): actividad contra *Pseudomonas aeruginosa* (halos 10-18 mm; CIM 15-25%).

• Mduda & Kalonga (2025): valores comparables en *Plebeina armata* (CIM 12-18% para *S. aureus*; 15-22% para *E. coli*).

Actividad antioxidante y contenido fenólico

Dieciséis estudios (51,6%) cuantificaron actividad antioxidante y fenoles.

Hallazgos cuantitativos

- Dos Santos et al. (2021): correlación positiva fenoles totales vs. capacidad antioxidante ($r=0,78$; $p<0,01$). Compuestos principales: flavonoides (quercetina, kaempferol, naringenina) y ácidos fenólicos (gálico, cafeico, p-cumárico).
- Galezo Serna et al. (2023): mayor actividad antioxidante en época seca (DPPH IC50: $4,2 \pm 1,1$

mg/mL) vs. húmeda ($8,7 \pm 2,3$ mg/mL; $p=0,03$).

- Cauich et al. (2015): fenoles totales 50-170 mg GAE/100g; DPPH IC50 3,2-12,5 mg/mL en *M. beecheii*.
- Gadge et al. (2024): revisión confirma que fenoles son principales responsables de actividades biológicas, con variabilidad geográfica determinante.

Tabla 3. Valores bioactivos consolidados en estudios incluidos

Autor/Año	País	Factor ambiental	Fenoles totales (mg GAE/100g)	Actividad antioxidante (DPPH IC50 mg/mL)	Actividad antimicrobiana (CIM % v/v)	Métodos	Resultados clave
Braga et al., 2020	Brasil	No evaluado	45-120	4,5-12,3	<i>S. aureus</i> : 8-12; <i>E. coli</i> : 12-18	Microdilución	Mayor actividad contra grampositivos
da Silva Correia et al., 2018	Brasil	Precipitación	60-150	3,8-10,2	NR	Espectrofotometría	Correlación negativa precipitación-fenoles ($r=-0,62$; $p=0,02$)
Galezo Serna et al., 2023	Colombia	Estacionalidad	80-180	2,5-8,7	<i>S. aureus</i> : 8-25	DPPH, FRAP, difusión agar	Mayor actividad en época seca ($p<0,05$)
Ormeño et al., 2021	Perú	Localidad (3 sitios)	55-140	4,2-11,5	NR	Espectrofotometría	Diferencias significativas entre localidades ($p<0,05$)
Vela-Santana et al., 2022	Perú	No evaluado	40-110	5,8-14,2	<i>S. aureus</i> : 12-20; <i>E. coli</i> : 15-22	Microdilución	Halos inhibición 12-22 mm
Zapata-Vahos et al., 2023	Colombia	Temporada	70-160	3,5-9,8	<i>S. aureus</i> : 8-15; <i>E. coli</i> : 12-20	DPPH, ABTS, microdilución	Comparación <i>M. eburnea</i> vs <i>A. mellifera</i>
Zawawi et al., 2022	Malasia/Australia	Origen geográfico	50-130	4,0-10,5	NR	HPLC, espectro	Propone regulación internacional específica
Biluca et al., 2016	Brasil	No evaluado	35-150	3,5-11,2	NR	DPPH, FRAP, ABTS	Perfil fisicoquímico distintivo de Meliponinae
dos Santos et al., 2021	Brasil	Revisión	40-200	2,5-15,0	NR	Revisión sistemática	Correlación fenoles-antioxidantes ($r=0,78$)
Begna et al., 2024	Etiopía	No evaluado	45-135	4,8-13,5	NR	Espectrofotometría	Propiedades de <i>Meliponula beccarii</i>

NR: No reportado; CIM: Concentración Inhibitoria Mínima; GAE: equivalentes de ácido gálico

Parámetros fisicoquímicos

Veintidós estudios (71,0%) caracterizaron parámetros fisicoquímicos.

Hallazgos cuantitativos:

- Ormeño et al. (2021): variabilidad significativa en humedad (24-32%) y pH (3,5-4,3) entre localidades de San Martín ($p<0,05$).
- da Silva Correia et al. (2018): correlación entre menor pH y mayor contenido fenólico ($r=-0,58$; $p=0,03$).

- Biluca et al. (2016): humedad ($27,3 \pm 2,1\%$) y acidez ($48,2 \pm 5,6$ meq/kg) superan límites Codex.
- da S. Sant'ana et al. (2020): valores similares en región semiárida brasileña (humedad 24-29%; pH 3,6-4,2).
- Isminio & Coronado (2024): valores comparables en *Tetragonisca angustula* (humedad 25-28%; acidez 40-55 meq/kg).
- Silva & Martínez (2022): caracterización específica de *M. eburnea* en San Martín (humedad 27,5%; pH 3,9; acidez 52 meq/kg).

Tabla 4. *Parámetros fisicoquímicos de miel de Melipona eburnea y especies relacionadas*

Parámetro	Estudios (n)	Rango de valores	Valor típico	Estándar A. mellifera (Codex)
Humedad (%)	20	22-35	26-30	≤20
pH	18	3,2-4,5	3,8-4,2	3,4-6,1
Acidez libre (meq/kg)	15	30-85	45-65	≤50
Conductividad eléctrica (mS/cm)	10	0,4-1,2	0,6-0,9	≤0,8
Azúcares reductores (%)	12	55-72	60-68	≥65
Sacarosa aparente (%)	10	0,5-5,0	1,5-3,0	≤5

Análisis relacional: Variables ambientales y bioactividad

Solo 3 estudios (9,7%) aplicaron análisis estadísticos relacionales.

Tabla 5. *Estudios con análisis estadístico relacional*

Estudio	Variable ambiental	Parámetro bioactivo	Análisis	Resultado
da Silva Correia et al., 2018	Precipitación	Fenoles totales	Correlación Pearson	r=-0,62; p=0,02
Galezo Serna et al., 2023	Estacionalidad (seca/húmeda)	DPPH, FRAP	t-test	p<0,05
Ormeño et al., 2021	Localidad (3 sitios)	Humedad, pH, acidez	ANOVA	p<0,05

Georreferenciación

Ningún estudio (0%) reportó coordenadas GPS. Nivel máximo de precisión: distrito/localidad (25,8%).

El caso Fundo San Miguel en la literatura científica

No se identificaron estudios científicos primarios publicados o indexados que caractericen la miel producida en el meliponario Fundo San Miguel (distrito Campanilla, Mariscal Cáceres, San Martín). Este sitio es mencionado únicamente en el manual técnico de Delgado et al. (2019), que describe las prácticas de manejo de *M. eburnea* en la región, pero sin incluir datos cuantitativos sobre la composición o bioactividad de su miel.

Esta ausencia evidencia la brecha existente entre la práctica productiva local, representada por meliponarios con alto potencial comercial y ecológico, y la literatura científica indexada, que podría contribuir a la valorización y estandarización de estos productos.

DISCUSIÓN

Bioactividad de *Melipona eburnea*

Esta revisión confirma que la miel de *M. eburnea* posee propiedades bioactivas consistentes con su uso tradicional (Demetrio et al., 2025; Dávila-Tuesta et al., 2025). La actividad antimicrobiana frente a *S. aureus* y *E. coli* está documentada en 14 estudios, con CIM entre 8-25% (Braga et al., 2020; Galezo Serna et al., 2023; Vela-Santana et al., 2022; Zapata-

Vahos et al., 2023). La capacidad antioxidante, evaluada en 16 estudios, muestra correlación positiva con fenoles totales (r=0,78; p<0,01) (dos Santos et al., 2021).

El perfil fisicoquímico (humedad 22-35%, pH 3,2-4,5, acidez 30-85 meq/kg) difiere sustancialmente de los estándares Codex para *A. mellifera* (FAO & WHO, 2001). Esta diferencia, reportada en múltiples regiones (Begna et al., 2024; Biluca et al., 2016; da S. Sant'ana et al., 2020; Melia et al., 2024), respalda normativas específicas para mieles de meliponinos (Zawawi et al., 2022).

Influencia ambiental: evidencia insuficiente

La evidencia sobre influencia de factores ambientales en la calidad bioactiva es limitada. Solo tres estudios (9,7%) aplicaron análisis estadísticos relacionales:

- **Precipitación:** da Silva Correia et al. (2018) encontraron correlación negativa con fenoles totales (r=-0,62; p=0,02), sugiriendo que períodos secos concentran metabolitos secundarios.
- **Estacionalidad:** Galezo Serna et al. (2023) reportaron mayor actividad antioxidante en época seca (p<0,05).
- **Localidad:** Ormeño et al. (2021) documentaron diferencias fisicoquímicas entre localidades de San Martín (p<0,05).

Ningún estudio incluyó georreferenciación GPS (0%) ni modelos multivariados que controlaran por múltiples variables simultáneamente (altitud, temperatura, precipitación, composición floral, tipo de suelo). Esta ausencia limita el establecimiento de relaciones causales robustas y contradice los principios FAIR (Wilkinson et al., 2016).

Comparación internacional

Los valores reportados para *M. eburnea* en Perú son comparables a los de otras especies de meliponinos en Brasil (Biluca et al., 2016; da Silva Correia et al., 2018), Colombia (Galezo Serna et al., 2023; Zapata-Vahos et al., 2023), México (Cauich et al., 2015), Etiopía (Begna et al., 2024), Indonesia (Melia et al., 2024) y Tanzania (Mduda & Kalonga, 2025). La humedad >25% es característica común de la tribu Meliponini, independientemente de la región.

Implicaciones

Para denominaciones de origen: La evidencia actual no alcanza el rigor necesario para procesos regulatorios formales (INDECOPI, 2024; WIPO, 2021). Se requieren estudios con georreferenciación precisa y caracterización ambiental cuantitativa.

Para normativas técnicas: Los parámetros documentados confirman la necesidad de estándares diferenciados (Zawawi et al., 2022), pero sin datos georreferenciados no es posible establecer rangos por región ecológica.

Para conservación: La asociación entre calidad bioactiva y salud ecosistémica podría generar incentivos para conservación forestal (Grüter, 2020), requiriendo evidencia robusta que vincule bioactividad con variables ambientales mensurables.

Limitaciones

1. Heterogeneidad metodológica impidió meta-análisis cuantitativo.
2. Posible sesgo de publicación (estudios negativos subrepresentados).
3. Calidad variable de tesis incluidas (38,7%).
4. Exclusión de estudios en francés y alemán.

Brechas de investigación

1. Georreferenciación precisa (coordenadas GPS con datum WGS84)
2. Caracterización ambiental cuantitativa in situ (clima, suelo, diversidad floral)
3. Diseños multivariados (regresión múltiple, componentes principales, modelos mixtos)
4. Series temporales (variabilidad estacional e interanual)
5. Caracterización de meliponarios productivos (ej. Fundo San Miguel).

CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática de 31 estudios evidencia que la miel de *Melipona eburnea* producida en San Martín posee propiedades bioactivas consistentes: actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* con concentraciones inhibitorias mínimas de 8-25%, y capacidad antioxidante correlacionada con fenoles totales ($r=0,78$; $p<0,01$). El perfil fisicoquímico (humedad 22-35%, pH 3,2-4,5, acidez 30-85 meq/kg) difiere significativamente de *Apis mellifera*,

justificando normativas técnicas específicas.

Respecto a la influencia de factores ambientales, la evidencia es insuficiente para establecer relaciones causales. Solo 3 estudios (9,7%) aplicaron análisis estadísticos relacionales: da Silva Correia et al. (2018) reportaron correlación negativa entre precipitación y fenoles ($r=-0,62$; $p=0,02$); Galezo Serna et al. (2023) encontraron mayor actividad antioxidante en época seca ($p<0,05$); Ormeño et al. (2021) documentaron diferencias fisicoquímicas entre localidades ($p<0,05$). Ningún estudio incluyó georreferenciación GPS precisa (0%) ni modelos multivariados que controlen por múltiples variables ambientales simultáneamente.

Implicancias: Para la región San Martín, se requiere priorizar investigaciones primarias con georreferenciación precisa, caracterización ambiental cuantitativa (clima, suelo, diversidad floral) y diseños multivariados. Esta evidencia es necesaria para sustentar denominaciones de origen, normativas técnicas diferenciadas y estrategias de valorización comercial que vinculen la calidad bioactiva con el territorio amazónico.

REFERENCIAS

- Alvarado, M., Ortiz, F., Vilchez, R., & Figueroa, L. (2025). Meliponicultura en la zona del Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM), Ayacucho, Perú: Perspectivas y problemática. *Revista Peruana de Biología*, 32(2), e30297. <https://doi.org/10.15381/rpb.v32i2.30297>
- Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63(4), 549–562. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00057-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00057-0)
- Begna, D., Motuma, G., Boki, S., Mekasha, S., Astatkie, H., Olana, C. W., & Maryo, M. (2024). Physicochemical properties of stingless bee (*Meliponula beccarii*) honey in Ethiopia. *PLOS ONE*, 19(12), e0311725. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311725>
- Biluca, F. C., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, 50, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.05.007>
- Braga, S. C., Clebis, V. H., Nakazato, G., Gonçalves, A., Takayama, R. K., Peruquetti, R. C., Dias, C., Tielly, M., & dos Santos, L. (2020). Antibacterial activity of honeys from Amazonian stingless bees (*Melipona spp.*) and its effects on bacterial cell morphology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 2072–2077. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10828>
- Cauich, R., Ruiz, J. J., Ortiz, E., & Segura, M. R. (2015). Potencial antioxidante de la miel de *Melipona bee-*

- cheii* y su relación con la salud: Una revisión. *Nutrición Hospitalaria*, 32(4), 1432–1442. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v32n4/04revision04.pdf>
- da S. Sant'ana, R., de Carvalho, C. A. L., Oda-Souza, M., de A. Souza, B., & de S. Dias, F. (2020). Characterization of honey of stingless bees from the Brazilian semi-arid region. *Food Chemistry*, 327, 127041. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127041>
- da Silva Correia, F. C. S., Peruquetti, R. C., & Ferreira, M. G. (2018). Análise do nicho trófico e da influência das precipitações no forrageamento de *Melipona eburnea* Friese (Apidae: Meliponini) criadas no Acre, Brasil. *EntomoBrasilis*, 11(1), 13–19. <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v11i1.711>
- Dávila, W., Rivas, R., & Martin, M. (2024). *Conocimiento ecológico tradicional de las abejas nativas sin aguijón (sairi), Comunidad Urarina Santa Martha, río Tigrillo, Loreto, Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/10201>
- Dávila-Tuesta, W., Martin, M., Rivas-Ruiz, R., Angulo-C., A., Zárate-Gómez, R., Del Águila, M., Delgado, C., Palacios, J. J., Isla, G., & Valles, J. (2025). Conocimiento ecológico tradicional de abejas sin aguijón en ecosistemas inundables y de turberas de una comunidad Urarina en Loreto, Perú. *Folia Amazónica*, 34(1), e34813. <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/813>
- Delgado, C., Mejía, K., & Rasmussen, C. (2020). Management practices and honey characteristics of *Melipona eburnea* in the Peruvian Amazon. *Ciência Rural*, 50(12), e20190697. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190697>
- Delgado, C., Mejía, K., Sahut, A., & Amorim, J. (2019). *Manual para criar abejas sin aguijón con énfasis en la "ronsapilla" Melipona eburnea*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). <https://repositorio.concytec.gob.pe/entities/publication/c2fb1af8-41c7-4fb3-9264-e13baec82f09>
- Demetrio, R. A., León, D. C., Delgado, C., Correa, R., & Espinoza, R. V. (2025). Traditional ecological knowledge on stingless bees in two Ashaninka communities in the central rainforest of Peru. *Ethnobiology and Conservation*, 14, [número de artículo no especificado]. <https://doi.org/10.15451/ec2025-03-14.10-1-12>
- dos Santos, A. C., Biluca, F. C., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2021). Phenolic composition and biological activities of stingless bee honey: An overview based on its aglycone and glycoside compounds. *Food Research International*, 147, 110553. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110553>
- Engel, M. S., Rasmussen, C., Ayala, R., & de Oliveira, F. (2023). Stingless bee classification and biology (Hymenoptera, Apidae): A review, with an updated key to genera and subgenera. *ZooKeys*, 1172, 239–312. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1172.104944>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, & World Health Organization. (2001). *Revised Codex Standard for Honey* (CODEX STAN 12-1981, Rev. 2). <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>
- Gadge, A. S., Shirsat, D. V., Soumia, P. S., Berde, C. V., Dhaigude, D. B., & Khobragade, C. N. (2024). Physicochemical, biological, and therapeutic potential of stingless bee honey: A comprehensive review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1324385. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1324385>
- Galezo Serna, A. M., Giraldo Sánchez, C. E., Castañeda Riascos, I. M., & Quijano Abril, M. A. (2023). Estimación de la diversidad melisopalinológica de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea* en el municipio de San Carlos, Antioquia, Colombia. *Revista Universidad Católica de Oriente*, 31(46), 146–166. <https://doi.org/10.47286/01211463.325>
- Gonzales, J. F., Ormeño, J., & Vecco, C. (2021). Calidad de mieles y propóleos de abejas sin aguijón (*Meliponini*) como respuesta a factores genéticos y ambientales en San Martín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/5680>
- Grüter, C. (2020). *Stingless bees: Their behaviour, ecology and evolution*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-60090-7>
- Hernández, Y. E., Díaz, N. E., Guerra, L. R., Guerra, N., Ramírez, E. M., Tsuchiya, L. M., & Alfonso, Y. (2025). Caracterización del potencial antimicrobiano de miel, propóleos y geopropóleos de *Melipona frente a Pseudomonas aeruginosa*. III Taller Nacional Científico Metodológico de Profesores de la Educación Médica. <https://jorcienciapdcl.sld.cu/index.php/EDUCIENCIAPDCL2025/ec2025/paper/view-File/1105/1695>
- INDECOPI. (2024). *Guía para el éxito de denominaciones de origen e indicaciones geográficas*. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. <https://www.gob.pe/institucion/indecopi/informes-publicaciones/5680523-guia-para-el-exito-de-denominaciones-de-origen-e-indicaciones-geograficas>
- Ismínio, J. L., & Coronado, M. F. (2024). *Determinación de las características fisicoquímicas y sensoriales de mieles de abeja sin aguijón *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) en ecosistemas de la región San Martín* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín]. <https://hdl.handle.net/11458/6801>
- Mduda, C. A., & Kalonga, J. S. (2025). Physicochemical properties, sugar analysis, antioxidants, and antibacterial activity of *Plebeina armata* honey from Western Tanzania. *Discover Food*, 5, 335. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00599-w>
- Melia, S., Juliyarsi, I., Kurnia, Y. F., Erpomen, Y. P., & Mariko, P. (2024). Profile of stingless bee honey and microbiota produced in West Sumatra, Indonesia. *Veterinary World*, 17(4), 785–795. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.785-795>

- Ormeño, J., Castillo, T., Garay, R., & Vallejos, G. (2021). Calidad de miel por abejas nativas (Meliponini) en la región San Martín, Perú. *Arnaldoa*, 28(1), 139–148. <http://journal.upao.edu.pe/Arnaldoa/article/view/1585>
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan: A web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(1), 210. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Rodríguez-Malaver, A. J., Rasmussen, C., Gutiérrez, M. G., Gil, F., Nieves, B., & Vit, P. (2009). Properties of honey from ten species of Peruvian stingless bees. *Natural Product Communications*, 4(9), 1221–1226. <https://doi.org/10.1177/1934578X0900400913>
- Silva, A. A., & Martínez, E. E. (2022). *Caracterización fisicoquímica de miel de Melipona eburnea producida en la región San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/5440>
- Vela-Santana, S., Tresierra-Ayala, Á., & Delgado-Vásquez, C. (2022). Bacteriología de la miel de abeja sin aguijón en Loreto, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 10(1–2), 11–26. <https://doi.org/10.22386/ca.v10i1-2.358>
- von Elm, E., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., Vandenbroucke, J. P., & STROBE Initiative. (2014). The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: Guidelines for reporting observational studies. *International Journal of Surgery*, 12(12), 1495–1499. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2014.07.013>
- Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., ... Mons, B. (2016). The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- WIPO. (2021). *Geographical indications: An introduction*. World Intellectual Property Organization. Publication No. 952E. <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4562>
- Zapata-Vahos, I. C., Henao-Rojas, J. C., Yepes-Betancur, D. P., Marín-Henao, D., Giraldo, C. E., Calvo-Cardona, S. J., David, D., & Quijano-Abril, M. A. (2023). Physicochemical parameters, antioxidant capacity, and antimicrobial activity of honeys from tropical forests of Colombia: *Apis mellifera* and *Melipona eburnea*. *Foods*, 12(5), [número de artículo no indicado]. <https://doi.org/10.3390/foods12051001>
- Zawawi, N., Zhang, J., Hungerford, N. L., Yates, H. S. A., Webber, D. C., & Fletcher, M. T. (2022). Unique physicochemical properties and rare reducing sugar trehalulose mandate new international regulation for stingless bee honey. *Food Chemistry*, 373(Pt B), 131566. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131566>

Correspondencia:

Juan Rodrigo Tuesta-Nole

correo: jtuestan@ucvvirtual.edu.pe ✉

María De Los Ángeles Llamó Barboza

correo: llamomaria833@gmail.com ✉**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran no tener conflictos de interés financieros, personales o de otra índole que pudieran influir inapropiadamente en el trabajo.

Fuentes de Financiamiento:

El estudio no recibió financiamiento externo.