UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

TEMA:

EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS APÍCOLAS Y AGRÍCOLAS Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA MIEL DE DIFERENTES LOCALIDADES DE IMBABURA

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTORAS:

Dayana Alexandra Arteaga Manosalvas

Diana Patricia Torres Pujota

DIRECTORA:

Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba PhD.

Ibarra, septiembre 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS APÍCOLAS Y AGRÍCOLAS Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA MIEL DE DIFERENTES LOCALIDADES DE IMBABURA

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Titulo de:

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
MAGALI ANABEL CANAREJO ANTAMBA

Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD. _____

DIRECTOR FIRMA

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JULIA KARINA PRADO BELTRAN

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD. _____

MIEMBRO TRIBUNAL FIRMA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Arteaga Manosalvas Dayana Alexandra Torres Pujota Diana Patricia

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS APÍCOLAS Y AGRÍCOLAS Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA MIEL DE DIFERENTES LOCALIDADES DE IMBABURA
AUTORAS:	Arteaga Manosalvas Dayana Alexandra Torres Pujota Diana Patricia
FECHA: DD/MM/AAAA	01/09/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTOR /ASESOR:	Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD.

2. CONSTANCIAS

Las autoras manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son las titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al día 01 del mes de septiembre de 2026.

LAS AUTORAS:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
DAYANA ALEXANDRA ARTEAGA MANOSALVAS

.....

Arteaga Manosalvas Dayana Alexandra

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
DIANA PATRICIA TORRES PUJOTA

.....

Torres Pujota Diana Patricia

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por las estudiantes Dayana Alexandra Arteaga Manosalvas y Diana Patricia Torres Pujota

Ibarra al día 01 del mes de septiembre de 2026.



……

Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD.

DIRECTORA DE LA TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, al día 01 del mes de septiembre del 2026.

Dayana Alexandra Arteaga Manosalvas y Diana Patricia Torres Pujota: "EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS APÍCOLAS Y AGRÍCOLAS Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA MIEL DE DIFERENTES LOCALIDADES DE IMBABURA" / Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, al día 01 del mes de septiembre del 2026, con 81 páginas.

DIRECTORA: Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar las prácticas apícolas y agrícolas y su efecto sobre la calidad de la miel en diferentes localidades de Imbabura.
Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Caracterizar la actividad apícola y agrícola en cuatro localidades mediante un diagnóstico participativo.
- Comparar los parámetros físicos y químicos en muestras de miel de Imbabura

AGRADECIMIENTO

Con profunda gratitud, expresamos nuestro sincero agradecimiento a la Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD., directora de esta investigación, por su invaluable apoyo, paciencia, dedicación y compromiso durante todo el desarrollo de este trabajo. Sus conocimientos, orientaciones y observaciones fueron fundamentales para fortalecer esta investigación y permitirnos crecer tanto en el ámbito académico como profesional. Gracias por creer en este proyecto y acompañarnos con responsabilidad, vocación y confianza en cada etapa de este proceso.

A la Empresa Apícola Imbabura, nuestro profundo agradecimiento por la apertura y colaboración brindadas durante la ejecución de esta investigación. El apoyo proporcionado, especialmente al facilitar las muestras de miel y compartir su experiencia, fue indispensable para el desarrollo de los análisis y el cumplimiento de los objetivos planteados. Su compromiso con la investigación y con el fortalecimiento del sector apícola constituye un valioso aporte para la generación de conocimiento.

A la Universidad Técnica del Norte y a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, agradecemos por brindarnos la formación académica, los conocimientos y las herramientas que hicieron posible nuestro crecimiento profesional y la culminación de esta importante etapa de mi vida.

Expreso también un agradecimiento muy especial a nuestras familias, por ser nuestra mayor fuente de inspiración y fortaleza. Gracias por su amor incondicional, comprensión, sacrificio y apoyo constante en cada uno de los desafíos que enfrentamos durante nuestra formación universitaria. Sus palabras de aliento, su confianza y el esfuerzo que realizaron para ayudarnos a alcanzar este sueño fueron el impulso que nos motivó a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Finalmente, agradecemos a todas las personas que, de una u otra manera, formaron parte de este proceso y contribuyeron con su apoyo, consejos y motivación. Cada enseñanza y cada gesto de confianza dejaron una huella invaluable en este camino, permitiéndonos culminar con satisfacción una de las metas más importantes de nuestra vida profesional.

Dayana y Diana

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres quienes fueron mi mayor motivación para lograr concluir con esta nueva etapa de mi vida, que sé que para ellos es un gran orgullo ver a sus hijas convertirse en profesionales. Además, de el lazo tan grande que comparto junto a mi padre, del amor por las plantas y el cariño con que cuidamos de las mismas. Muchas veces que de niña lo mencionaba, que algún me encantaría convertirme en Ingeniera y que una pequeña colección de plantas en el patio de mi casa me llevó hasta donde me encuentro el día de hoy, no era solo un sueño sino una realidad que me esperaba con muchas más personas importantes que se sumarían en mi camino.

A mi hija y a mi pareja, que han llegado a ser parte fundamental para no detenerme en el camino a pesar de lo difícil que se tornara. Una sonrisa de ellos era lo que me bastaba para continuar esforzándome y convertirme en un ejemplo para mi pequeña Zoe, que algún día me encantará sentarme a su lado y enseñarle lo que aprendí en toda mi etapa de universitaria y el proceso tan maravilloso de como las abejas producen miel con características tan únicas a partir del néctar de las plantas.

A mis amigos, que hice en la Universidad Santiago, Emerson y Hillary que llenaron mi vida de muchas risas, anécdotas. Por otro lado, a mi amiga del colegio Jade que ahora se encuentra lejos siempre ha estado presente con un mensaje, alentándome y aconsejándome siempre. Los quiero mucho, gracias por siempre estar aquí conmigo.

Dayana

DEDICATORIA

Dedico este logro, en primer lugar, a mi mamá, quien ha sido el pilar más importante de mi vida, gracias por tu amor incondicional, por cada sacrificio, por creer en mí incluso cuando yo dudaba y por enseñarme que con esfuerzo, perseverancia y humildad es posible alcanzar cualquier meta. Este título también es tuyo, porque cada uno de mis pasos ha estado acompañado de tu apoyo y de tus oraciones.

A mi hermano Michael, por estar siempre a mi lado, por brindarme su apoyo, motivación y compañía durante este camino. Gracias por creer en mí y recordarme que nunca estuve sola.

A Kevin, el primer amigo que tuve en la universidad. Gracias por tu amistad desde el inicio de esta etapa, por los momentos compartidos y por formar parte de tantos recuerdos que hicieron de mi vida universitaria una experiencia aún más especial. Siempre guardaré con mucho cariño todo lo vivido durante estos años.

A mis queridos amigos Cami, Geo y Mau, quienes han permanecido a mi lado en algunos de los momentos más difíciles de mi vida. Gracias por escucharme, apoyarme incondicionalmente y demostrarme que la verdadera amistad se hace presente cuando más se necesita. Su compañía, sus consejos y su cariño fueron de gran ayuda para seguir adelante.

A mi grupo de amigos el cual cariñosamente nos llamaban “Los 4 Fantásticos” y también “El grupo de los jalados”, Edwin, Natalia y Emily gracias por compartir conmigo trabajos, estrés, risas y momentos que hicieron de la universidad una etapa única e inolvidable. Gracias por cada palabra de ánimo, por la amistad sincera y por demostrar que el verdadero compañerismo hace más llevadero cualquier desafío. Me llevo los mejores recuerdos y la satisfacción de haber recorrido este camino junto a ustedes.

Finalmente, dedico este trabajo a todas las personas que, de una u otra manera, creyeron en mí y me impulsaron a seguir adelante. Este logro representa el esfuerzo, la constancia y los sueños que hoy se hacen realidad, marcando el inicio de una nueva etapa llena de retos y oportunidades.

Diana

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA IV
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO V
AGRADECIMIENTO VI
DEDICATORIA VII
DEDICATORIA VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS IX
ÍNIDICE DE FIGURAS XIII
ÍNIDICE DE TABLAS XIV
ÍNIDICE DE ANEXOS XV
RESUMEN EJECUTIVO XVI
ABSTRACT XVII
CAPITULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1 Antecedentes 1
1.2 Problema de investigación 2
1.3 Justificación 3
1.4 Objetivos 4
1.4.1 Objetivo general 4
1.4.2 Objetivos específicos 4
1.5 Preguntas Directrices 4
1.6 Hipótesis 4
CAPITULO II 5
MARCO TEÓRICO 5
2.1. Historia de la apicultura en Ecuador y su evolución 5
2.2. Importancia económica y ecológica de la apicultura 5
2.3 Actividad apícola en Imbabura 5
2.3.1 Caracterización de las prácticas apícolas en la región 5
2.3.2 Relación entre las condiciones agroclimáticas locales, producción y origen botánico de la miel 6
2.4 Sostenibilidad de la actividad apícola 8
2.4.1 Buenas prácticas apícolas de la miel. 8

2.5. Producción y características físico químicas de la miel 10
2.5.1 Proceso de producción de la miel por Apis mellifera L. 10
2.5.2 Composición química de la miel y compuestos bioactivos. 10
2.5.3 Contaminantes ambientales en la miel: pesticidas, antibióticos, y otros residuos. 12
2.5.4 Factores que afectan la calidad de la miel: origen botánico, condiciones climáticas y prácticas apícolas. 12
2.6 Marco legal y normativo 13
2.6.1. Legislación ecuatoriana relacionada con la apicultura y la producción de miel. 13
2.6.2 Políticas nacionales para fomentar la apicultura sostenible. 13
2.6.3 Normas de comercialización y etiquetado de la miel. 13
2.6.4. Marco internacional: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 13
CAPITULO III 15
MARCO METODOLÓGICO 15
3.1 Caracterización del área de estudio 15
3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas 16
3.3 Diseño de la investigación 17
3.3.1 Población y muestra 17
3.3.2 Diseño y aplicación de encuestas dirigidas a los apiculturas de la Provincia Imbabura. 18
3.3.3 Análisis estadístico descriptivo 19
3.4. Unidad Muestral 19
3.5. Características del estudio 20
3.6. Diseño experimental 20
3.7. Análisis estadístico 20
3.8. Parámetros evaluados en miel 20
3.8.1 Determinación del contenido de Humedad y Grados Brix 21
3.8.2 Determinación de la Acidez libre 21
3.8.3 Determinación de la Conductividad eléctrica 21
3.8.4 Determinación del pH 21
3.8.5 Determinación de la Densidad 22
3.8.6 Determinación del Color 23
3.9 Manejo específico del estudio 24
3.9.1 Elaboración de encuestas 24
3.9.2 Identificación de agricultores y apicultores 24

3.9.3. Aplicación de encuestas 24
3.9.4. Registro en campo 25
3.9.5. Recolecta de muestras 25
3.9.6 Selección de la muestra 25
3.9.7 Procedimiento de extracción de miel y manejo 25
3.9.8 Etiquetado y transporte 25
3.9.9 Análisis de laboratorio 26
CAPÍTULO IV 27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 27
4.1 Caracterización de las prácticas apícolas y agrícolas 27
4.1.1 Tamaño de producción, número de colmenas y rendimiento promedio 27
4.1.2 Productos apícolas 29
4.2. Manejo y sanidad de colmenas 30
4.2.1 Frecuencia de inspección, enfermedades y tratamientos utilizados 30
4.2.2 Trashumancia. 32
4.3. Nutrición de las colmenas 32
4.3.1 Alimentación artificial. 32
4.3.2 Fuente principal de agua. 33
4.4. Equipos de envasado 33
4.4.1 Equipos para la cosecha miel. 33
4.5. Caracterización de las prácticas agrícolas y su relación con la producción apícola 34
4.5.1. Especies vegetativas y agrícolas de los apiarios. 34
4.5.2. Productos fitosanitarios empleados en la producción agrícola. 34
4.6. Sistema de producción, prácticas agrícolas y uso de insumos agrícolas 35
4.7. Fertilizantes, pesticidas y neonicotinoides 36
4.8. Conocimiento, percepción e implementación de prácticas relacionadas con la protección de abejas y otros polinizadores 37
4.9. Caracterización fisicoquímica de la miel 37
4.9.1. Contenido de humedad en miel (%) 37
4.9.2. Conductividad eléctrica (mS/cm) 39
4.9.3. Grados brix (ºBx) 40
4.9.4. pH 42
4.9.5. Color 44

4.9.6. Acidez Libre 45
4.9.7. Densidad 47
CAPÍTULO V 49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49
5.1. Conclusiones 49
5.2. Recomendaciones 49
REFERENCIAS 50
ANEXOS 56

ÍNIDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Ubicación de los laboratorios fisicoquímico y microbiológico en el Campus San Vicente, Universidad Técnica del Norte*..... 16
Figura 2 *Distribución de número de colmenas de cada localidad.*..... 28
Figura 3 *Número promedio de colmenas por localidad*..... 28
Figura 4 *Rendimiento promedio por localidad* 29
Figura 5 *Distribución porcentual de los productos apícolas obtenidos en las localidades de estudio* 30
Figura 6 *Enfermedades en las colmenas*..... 31
Figura 7 *Tratamientos utilizados para el control de enfermedades.*..... 32
Figura 8 *Tipos de fuentes de agua*..... 33
Figura 9 *Enfoque de los sistemas de producción agrícola en las localidades evaluadas.* 35
Figura 10 *Contenido de humedad (%) en mieles de cinco colmenas por localidad* 38
Figura 11 *Variación de la conductividad eléctrica (mS/cm) entre colmenas y localidades* ... 40
Figura 12 *Contenido de sólidos solubles (°Brix) en mieles de cinco colmenas por localidad* 41
Figura 13 *Variación del pH de la miel em cuatro localidades evaluadas* 43
Figura 14 *Colorimetría de la miel mediante espectrofotometría*..... 44
Figura 15 *Variación de la acidez libre (meq kg^{-1}) en mieles de diferentes localidades* 46
Figura 16 *Variación de la densidad (g cm^{-3}) en mieles de distintas localidades*..... 48

ÍNIDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Características edafoclimáticas de las localidades en estudio en la caracterización fisicoquímicas de miel en Imbabura*..... 15
Tabla 2 *Materiales, equipos, insumos y herramientas empleadas en la caracterización fisicoquímica de la miel*..... 17
Tabla 3 *Descripción de la población y número de colmenas*..... 18
Tabla 4 *Escala Pfund y sus características de color* 24
Tabla 5 *Análisis de varianza (ANOVA) para la humedad (%) según localidad y colmena*.... 38
Tabla 6 *Análisis de varianza (ANOVA) para la conductividad eléctrica (mS/cm) según localidad y colmena* 39
Tabla 7 *Análisis de varianza (ANOVA) para grados Brix (°) según localidad y colmena* 41
Tabla 8..... 42
Tabla 9 *Análisis de varianza (ANOVA) para el color e interacción según localidad y colmena* 44
Tabla 10 *Análisis de varianza (ANOVA) de la acidez libre de la miel según localidad y colmena* 46
Tabla 11 *Análisis de varianza (ANOVA) de la densidad según localidad y colmena*..... 47

ÍNIDICE DE ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTAS REALIZADAS A LOS APICULTORES DE LAS DISTINTAS LOCALIDADES 56
ANEXO B. ENCUESTAS REALIZADAS A LOS AGRICULTORES DE LAS DISTINTAS LOCALIDADES 60
ANEXO C. FOTOGRAFÍAS TOMADAS DENTRO DEL ESTUDIO 63

EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS APÍCOLAS Y AGRÍCOLAS Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA MIEL DE DIFERENTES LOCALIDADES DE IMBABURA

Dayana Alexandra Arteaga Manosalvas
Diana Patricia Torres Pujota
Universidad Técnica del Norte
daarteagam@utn.edu.ec
dptorresp@utn.edu.ec

RESUMEN EJECUTIVO

Según el MAG, en Ecuador existen 1 760 apicultores y 19 155 colmenas en producción; 48.49% están en Cotacachi y el 36.09% en Ibarra. Aunque la producción y comercialización de miel ha cobrado relevancia, los estudios sobre sus características fisicoquímicas son limitados. Por ello, esta investigación evaluó las prácticas apícolas y agrícolas y su efecto sobre la calidad de la miel en Selva Alegre, Imbaya, Cahuasquí y Cachaco. Se aplicaron encuestas y se recolectaron muestras para analizar siete parámetros: humedad, °Brix, acidez libre, conductividad eléctrica, pH, densidad y color. Los resultados mostraron que el número de colmenas no determina el rendimiento, depende del manejo técnico y la disponibilidad floral. Los sistemas agroecológicos presentaron rendimientos iguales o superiores a los convencionales. Una mayor frecuencia de inspección sanitaria se asoció con mejor control de varroa y el uso de tratamientos naturales para su control. En cuanto a los análisis fisicoquímicos la humedad osciló entre 14–19%, los °Brix 79–84 y el pH entre 3.66–4.79. La conductividad fue menor a 0.8 mS/cm, la acidez y densidad cumplieron con la NTE INEN 1572. La calidad fisicoquímica de la miel está influenciada por la interacción entre manejo apícola, prácticas agrícolas y condiciones ambientales.

Palabras clave: apicultura, calidad fisicoquímica, miel, prácticas agrícolas, prácticas apícolas, caracterización fisicoquímica, calidad de la miel.

EVALUATION OF BEEKEEPING AND AGRICULTURAL PRACTICES AND THEIR EFFECT ON HONEY QUALITY FROM DIFFERENT LOCATIONS IN IMBABURA

ABSTRACT

According to MAG, there are 1 760 beekeepers and 19 155 hives in production in Ecuador; 48.49% are in Cotacachi and 36.09% in Ibarra. Although honey production and marketing have gained importance, studies on its physicochemical characteristics are limited. Therefore, this research evaluated beekeeping and agricultural practices and their effect on honey quality in Selva Alegre, Imbaya, Cahuasquí, and Cachaco. Surveys were conducted and samples were collected to analyze seven parameters: moisture, °Brix, free acidity, electrical conductivity, pH, density, and color. The results showed that the number of hives does not determine yield, which depends on technical management and floral availability. Agroecological systems had yields equal to or higher than conventional systems. More frequent health inspections were associated with better varroa control and the use of natural treatments for its control. In terms of physicochemical analysis, moisture ranged from 14–19%, °Brix from 79–84, and pH from 3.66–4.79. Conductivity was less than 0.8 mS/cm, and acidity and density complied with NTE INEN 1572. The physicochemical quality of honey is influenced by the interaction between beekeeping management, agricultural practices, and environmental conditions.

Keywords: beekeeping, physicochemical quality, honey, agricultural practices, beekeeping practices, physicochemical characterization, honey quality.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La miel es una sustancia dulce de origen biológico que producen las abejas *Apis mellifera* L. a partir del néctar de las plantas, de sus secreciones vivas o secreciones de insectos succionadores de plantas (García-Chaviano et al., 2022). Debido a su origen natural, la producción de miel requiere una gestión cuidadosa para minimizar la presencia de contaminantes, generalmente provenientes del ambiente, así como residuos de acaricidas, antibióticos o miel adulterada (Glinski et al., 2024). En la actualidad, la miel de abeja es valorada no solo como alimento, sino también como un suplemento nutritivo con importantes propiedades terapéuticas. Asimismo, su versatilidad y alto valor biológico han permitido que la miel se utilice en el tratamiento de diversas patologías. Por esta razón, su producción y consumo se han extendido a la mayoría de los países del mundo (Molan, 2001).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) determinó por medio de boletas que en el Ecuador existen 1760 apicultores y 19155 colmenas en producción, el cual el 48.49% pertenecen a los productores de Cotacachi y un 36.09% respectan a Ibarra. Además, las provincias donde existen mayor influencia son: Loja, Manabí, Santa Elena, Azuay y Chimborazo. Según Masaquiza-Moposita et al. (2023) indican que la mayor parte de la representación de la apicultura ecuatoriana es la miel de abeja con 85%, seguido de la cera de abeja (5%), polen (3%), propóleo (6%), jalea real (1%), y Apitoxina (0.1%).

Las prácticas apícolas se orientan hacia un modelo sostenible que promueve el bienestar de las abejas y destaca su papel fundamental en la polinización y la expansión de los ecosistemas. Sin embargo, diversos autores señalan que pequeños apicultores, adquieren sus habilidades de forma empírica, que repercute negativamente en la calidad e inocuidad de la miel (Saavedra y Casas, 2022).

Por otro lado, los factores fisicoquímicos resultan fundamentales para garantizar la calidad e inocuidad, especialmente ante el incremento de la miel adulterada, la cual suele presentar niveles de sacarosa superiores al 3% (Huidobro y Simal, 1985). De acuerdo con la normativa del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), la calidad se evalúa mediante parámetros como la densidad, humedad máxima del 20%, la acidez libre menor o igual a 50 meq/kg, y el contenido de azúcares, que debe ser al menos del 65% en miel de mielada y 70% en miel floral.

A su vez, la sacarosa no debe superar el 5%, los sólidos insolubles se limitan al 0.1%, las cenizas al 0.6%, el hidroximetilfurfural (HMF) no debe exceder los 40 mg/kg, actividad diastasa mínima de 8 unidades de Gothe y la conductividad eléctrica que no supere los 0.8 mS/cm (Velásquez y Goetschel, 2019).

La composición química de la miel puede ser variable, debido a las condiciones regionales, climáticas y botánicas. No obstante, Cortés et al. (2011), destacan que los compuestos fenólicos, expresados principalmente en forma de flavonoides, cumplen un rol importante para la salud humana. Estos compuestos poseen actividades antiinflamatorias, antioxidantes, antialérgicas, antitrombóticas, antidiabetogénicas, hipoglucemiantes, normolipidémicas, hepatoprotectoras, ativirales y anticancerígenas (Cortés et al., 2011).

El control de los factores fisicoquímicos es crucial para evaluar la calidad del producto, ya que cada uno refleja aspectos importantes relacionados con su pureza y origen. En el estudio por Abashidze et al. (2024), se analizaron 18 muestras procedentes de distintas localidades situadas entre 336 a 1385 m s. n. m y con temperaturas que varían entre 10 °C y 25°C. Los autores identificaron variaciones de humedad entre 14.3 y 18.6%, valores de pH de 4.23 a 5.63, y las condiciones ambientales y la diversidad de plantas melíferas propias de las zonas montañosas de estudio.

1.2 Problema de investigación

En Ecuador, la producción y comercialización de miel han adquirido gran relevancia, pero los estudios de sus características fisicoquímicas son escasos (Velásquez y Goetschel, 2019). Esta falta de información dificulta el cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad, fomentando la proliferación de mieles adulteradas y así afectando a los apicultores locales (Salvador et al., 2019). Según el estudio de Ureña et al. (2007), el 80% de las mieles comerciales presentaban adulteraciones, de las cuales el 24% contenía sacarosa y glucosa añadidas, el 32% mostraba evidencia de sobrecalentamiento o adulteración con sirope de azúcar invertido, y otro 24% presentaba adición de jarabe de azúcar invertido.

Además, las normativas internacionales no siempre favorecen la transparencia. Según la Unión Europea, se etiqueta como miel de abeja aun si el envase solo contiene el 1% de miel natural y el 99% restante aditivos (Rosillo et al., 2020). Por otro lado, la producción de miel depende de las prácticas apícolas implementadas, sin embargo, la falta de conocimientos técnicos y la limitada capacitación de apicultores en el manejo de colmenas, control sanitario, y recolección

de miel resulta afectada. En un estudio se encontraron residuos de 24 plaguicidas en muestras de miel y cera, lo que evidencia que los entornos en donde se encuentran las colmenas y también realizar diferentes prácticas agrícolas influyen directamente en lo apiarios (Vargas et al., 2020).

1.3 Justificación

La miel se remonta a miles de años con las civilizaciones egipcias, donde se la consideraba no solo como un alimento, sino también un elemento sagrado asociado a la fertilidad. A pesar de su alta demanda a lo largo de la historia, su producción ha sido limitada a lo largo del tiempo, lo que ha dado lugar a prácticas de adulteración, como la adición de ingredientes más económicos o la mezcla con mieles de mala calidad (Fernández, 1988).

El estudio de la miel es fundamental debido a su compleja composición, influenciada por factores como el suelo, el clima, las condiciones ambientes, las prácticas agrícolas y su origen botánico. Además, el consumo de miel es beneficioso, ya que aporta carbohidratos principalmente fructosa y glucosa, que representan un 70-80% de su composición total. (Lobos et al., 2020). También contiene minerales esenciales, como el potasio, calcio, magnesio y sodio (Moguel et at., 2005). La dulzura de la miel enmascara el sabor de los ácidos orgánicos presentes, los cuales son responsables de su bajo pH y excelente estabilidad, destacando especialmente el ácido glucónico (Insuasty et al., 2016).

En Ecuador, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) ha impulsado el consumo de productos apícolas mediante programas de capacitación y certificación, entre ellos la acreditación de “Apicultor Básico”, otorgada por el Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP). Dichas acciones buscan fomentar una apicultura sustentada en principios técnicos y en la aplicación de buenas prácticas de manejo (Masaquiza-Moposita, 2023). No obstante, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020) señala que la producción nacional de miel aún no cubre la demanda interna, pues no supera las 600 toneladas métricas anuales.

La caracterización fisicoquímica de la miel y las prácticas apícolas son esenciales para garantizar su calidad y autenticidad, y así evitar las adulteraciones que perjudican al consumidor y a los apicultores. Esta investigación, permitió conocer las propiedades de la miel producida localmente y fomentar prácticas sostenibles en la apicultura, contribuyendo a fortalecer la confianza en el producto y el desarrollo del sector en Ecuador.

Además, resulta fundamental evaluar la calidad de la miel disponible en el mercado, ya que ello garantiza la inocuidad del producto y evita la presencia de contaminantes tóxicos adquiridos

durante el procesamiento, como el hidroximetilfurfural (HMF). Este compuesto no está presente en las materias primas iniciales, pero su concentración aumenta con el tiempo debido a factores como tratamientos térmicos, la temperatura de almacenamiento (20-25°C) y condiciones de transporte (Salazar et al., 2023). La identificación y control de estos parámetros no solo protege al consumidor, sino que también fortalecen la confianza en la miel como un producto natural y seguro.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar las prácticas apícolas y agrícolas y su efecto sobre la calidad de la miel en diferentes localidades de Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las actividades apícolas y agrícolas en cuatro localidades mediante un diagnóstico participativo.
- Comparar los parámetros físicos y químicos de muestras de miel de Imbabura.

1.5 Preguntas Directrices

- ¿En qué medida la localidad influye en las características físicas y químicas de la miel?
- ¿Cuál es el manejo que realizan los apicultores en Imbabura?

1.6 Hipótesis

- Hipótesis nula: No existen diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos de la miel entre localidades y orígenes botánicos.
- Hipótesis alternativa: Existen diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos de la miel entre localidades y orígenes botánicos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Historia de la apicultura en Ecuador y su evolución

La apicultura en Ecuador se remonta a finales del siglo XIX. Registros históricos señalan que en 1870 los Hermanos Cristianos trasladaron colmenas desde Francia, estableciendo en Cuenca el primer núcleo formal de manejo de abejas en el país. A partir de ese momento, la actividad apícola comenzó a difundirse gradualmente a otras provincias, sentando las bases del desarrollo nacional de esta práctica (Quilambaqui et al., 2017). Con el tiempo, la apicultura pasó a formar parte de los sistemas productivos rurales, orientándose a la obtención de miel y otros derivados como cera, polen, propóleo, jalea real y apitoxina. Su relación con la agricultura es directa, ya que las abejas dependen de la floración de cultivos y plantas nativas, lo que permite que esta actividad contribuya a la diversificación productiva y al fortalecimiento económico de los agricultores (Vivanco et al., 2020).

2.2. Importancia económica y ecológica de la apicultura

La apicultura constituye una actividad clave para el desarrollo rural en Ecuador, al aportar tanto a la diversificación productiva como al fortalecimiento del bienestar social de las familias que dependen de ella. Según Masaquiza et al. (2023), las abejas intervienen en la polinización de más del 70% de los cultivos destinados a la alimentación humana y en la reproducción de más de 15 000 especies de plantas con flores, funciones que resultan esenciales para la estabilidad de los ecosistemas agrícolas. La disminución de estos polinizadores generaría impactos severos en la productividad del sector agropecuario, ocasionando pérdidas económicas y reducciones importantes en los ingresos de los productores. Además, la apicultura se reconoce como una actividad ambientalmente sostenible, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero y se ajusta a modelos de producción responsable.

2.3 Actividad apícola en Imbabura

2.3.1 Caracterización de las prácticas apícolas en la región

La interacción entre la flora, las abejas y el manejo realizado por el apicultor configura una cadena biológica y productiva en la que las plantas melíferas aportan los recursos necesarios para la nutrición de las abejas, permitiendo la generación de productos como la miel. En este proceso, los apicultores intervienen mediante el control de la abeja reina para dividir las colmenas y optimizar la producción. Para lograrlo, resulta indispensable que identifiquen las

especies vegetales presentes en el entorno del apiario, conozcan sus periodos de floración y registren información de manera continua. Asimismo, deben comprender los requerimientos asociados a la conservación y restauración de los ecosistemas, con el fin de garantizar que las abejas accedan a fuentes flores suficientes y de calidad para la obtención de néctar y polen (Silva y Restrepo, 2017).

2.3.2 Relación entre las condiciones agroclimáticas locales, producción y origen botánico de la miel

Las condiciones agroclimáticas determinan no solo la actividad de pecoreo de las abejas sino también la fenología de las plantas y la secreción de néctar, de manera que los factores críticos en este escenario son la temperatura, la precipitación, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento. A pesar de que las abejas pueden volar dentro del intervalo térmico de aproximadamente 10 a 40 °C, la literatura especializada establece que la mayor eficiencia de la actividad de pecoreo ocurre generalmente entre 20 y 30 °C. Las intensas precipitaciones, algunos vientos fuertes y temperaturas extremas limitan o interrumpen la salida de las abejas, mientras que condiciones moderadamente cálidas, húmedas y con exposición a la radiación solar favorecen la recolección de néctar y polen. De este modo, el clima afecta de manera indirecta a la producción, dado que este último determina la duración de la floración, la abundancia de flores y el contenido azucarado del néctar (Vincze et al., 2025).

El entorno podrá favorecer el desarrollo y la floración de las especies melíferas siempre que estén bien distribuidas. Sin embargo, las lluvias persistentes en floración pueden imposibilitar el vuelo de las abejas o lavar o diluir el néctar. Las sequías y las temperaturas altas pueden ocasionar, del mismo modo, la disminución de la abundancia floral y la secreción de néctar por parte de las flores. En la cordillera que atraviesa los Andes, la altitud también tiene una repercusión indirecta en cuanto es capaz de alterar la temperatura, la humedad, la composición de la vegetación o los periodos de floración. Por ello, la productividad de una colmena no depende únicamente de la cantidad de sus individuos, sino que depende de que haya una coincidencia entre individuos con colonias fuertes, condiciones meteorológicas favorables y una oferta continua de recursos florales.

El origen botánico se encuentra en las especies vegetales de las cuales las abejas obtienen el néctar que sirve para elaborar la miel. Según la predominancia de una fuente floral, la miel puede ser monofloral, si proviene principalmente de una especie vegetal, o multifloral, si

proviene de varias especies sin una clara prevalencia. Su identificación debe sustentarse en el análisis melisopalinológico que determina los tipos y proporciones de polen presente, complementado con parámetros físicos y químicos y, si se dispusiese de ellos, perfiles de compuestos fenólicos, volátiles y minerales. El origen floral y de las áreas de floración influye en la composición, el color, el aroma, el sabor, la acidez, la conductividad, así como en el contenido de azúcares de la miel (Missio da Silva et al., 2016). La literatura ha mostrado diferencias fisicoquímicas entre mieles provenientes de eucalipto (Eucalyptus spp.), acacia (Robinia pseudoacacia), girasol (Helianthus annuus), colza (Brassica napus), tilo (Tilia spp.), tomillo (Thymus spp.) y castaño (Castanea sativa).

Las mieles claras, como las de acacia, suelen presentar menor contenido mineral y menor conductividad eléctrica, mientras que mieles más oscuras, como las de castaño, eucalipto o mielada, generalmente presentan mayores concentraciones de minerales, compuestos fenólicos y pigmentos, lo que se refleja en una mayor conductividad, coloración más intensa y capacidad antioxidante. No obstante, estos patrones deben interpretarse con cautela, pues también intervienen las condiciones geográficas, climáticas, el grado de maduración y el manejo posterior a la cosecha (Vîjan et al., 2023).

En el contexto ecuatoriano, la miel monofloral de eucalipto producida en la región andina ha sido caracterizada mediante análisis polínico, fisicoquímico y químico. Estas mieles presentaron características asociadas a su origen vegetal, incluyendo compuestos fenólicos, flavonoides, minerales y actividad antioxidante; además, la mayoría de los parámetros evaluados cumplió con los criterios internacionales de calidad. Este antecedente evidencia que especies del género *Eucalyptus*, frecuentes en paisajes andinos, pueden aportar características particulares a la miel producida en la Sierra ecuatoriana (Valdés-Silverio et al., 2018).

Otros estudios sudamericanos han identificado mieles monoflorales procedentes de especies como *Melilotus indicus*, *Echium vulgare* y *Eucryphia glutinosa*, las cuales presentaron variaciones en humedad, pH, contenido de cenizas y conductividad eléctrica. Estos resultados confirman que el tipo de néctar, la vegetación circundante y las condiciones ambientales del área de pecoreo determinan parte de la variabilidad fisicoquímica observada entre mieles de distintas localidades (García et al., 2020).

2.4 Sostenibilidad de la actividad apícola

2.4.1 Buenas prácticas apícolas de la miel.

Las Buenas Prácticas Apícolas (BPA) comprenden el conjunto de procedimientos técnicos aplicados durante la instalación, manejo sanitario, alimentación, cosecha, extracción, procesamiento y almacenamiento de la miel, cuyo propósito es garantizar la calidad, inocuidad, trazabilidad y sostenibilidad de la producción apícola. Su aplicación reduce el riesgo de contaminación física, química y microbiológica, preservando las propiedades naturales de la miel y favoreciendo el acceso a mercados nacionales e internacionales (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA], 2014).

Entre las principales buenas prácticas apícolas destacan:

- Ubicación del apiario: colocar las colmenas en lugares donde se reduzca todo lo posible la probabilidad de que la miel pueda ser contaminada: desde fuentes de contaminación de carácter ambiental (carreteras de alto tráfico, industrias, basureros o zonas de utilización intensiva de plaguicidas), hasta fuentes de contaminación que proceden de los propios apicultores.
- Manejo sanitario de las colonias: realización de inspecciones periódicas para el reconocimiento de enfermedades y plagas como Varroa destructor, para las cuales usar solo medicamentos autorizados y respetar los periodos de retiro con el propósito de evitar la presencia de residuos en la miel.
- Alimentación de las colonias: suministro de alimentación suplementaria únicamente si es necesario y su suspensión con anterioridad a la floración y cosecha, evitando incorporar azúcares que alteren la composición de la miel.
- Extracción: utilizar equipos de materiales reglamentarios para alimentos, principalmente acero inoxidable; asegurar las condiciones de higiene del personal y del área de extracción; filtrar la miel a fin de eliminar impurezas; no sobrepasar temperaturas durante el tratamiento bien porque este sobrecalentamiento, por un lado, aumenta el HMF (hidroximetilfurfural) y, por otro lado, disminuye la actividad enzimática.

- Envasado y almacenamiento: emplear recipientes nuevos, limpios y reglamentarios para alimentos; conservar la miel en lugares secos, alejados de la luz solar y en temperaturas moderadas para conservar sus propiedades fisicoquímicas

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPAgr) también desempeñan un papel determinante en la calidad e inocuidad de la miel, debido a que las abejas recolectan néctar, polen y agua dentro de un radio que puede superar los tres kilómetros alrededor del apiario. Por esta razón, las actividades agrícolas desarrolladas en el entorno pueden favorecer o comprometer la inocuidad del producto.

Entre las prácticas agrícolas con mayor influencia sobre la calidad de la miel se encuentran:

- el uso responsable y técnicamente controlado de plaguicidas, evitando aplicaciones durante la floración y en horarios de alta actividad de las abejas;
- la reducción del empleo de insecticidas sistémicos, especialmente neonicotinoides, debido a sus efectos sobre la supervivencia, orientación y comportamiento de los polinizadores;
- la aplicación de un Manejo Integrado de Plagas (MIP), favoreciendo alternativas biológicas y culturales a la aplicación
- la conservación de la vegetación nativa, cercas vivas y corredores biológicos, que incrementan la disponibilidad de recursos florales durante todo el año;
- la protección de fuentes de agua libres de contaminación química para evitar la incorporación de residuos al interior de la colmena.

Estas prácticas son una contribución directa a disminuir la presencia de residuos de plaguicidas, metales pesados y otros contaminantes en la miel, mejorando su inocuidad y contribuyendo al cumplimiento de las características estipuladas por el Codex Alimentarius y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1572.

La apicultura en Ecuador es una actividad en continuo progreso gracias a programas de transferencia de capacitación y fortalecimiento técnico que vienen del seno de las instituciones públicas. No obstante, persisten necesidades de formación relacionadas con alimentación de mantenimiento, bioseguridad, manejo sanitario y aplicación de buenas prácticas, aspectos que continúan siendo prioritarios para mejorar la productividad y la calidad de la miel (Alcalá et al., 2023).

2.5. Producción y características físico químicas de la miel

2.5.1 Proceso de producción de la miel por Apis mellifera L.

La abeja melífera (*Apis mellifera* L), es un insecto social que organiza la colonia en tres castas principales: la reina (reproductora), las obreras (trabajadoras) y los zánganos (fertilizadores) (Mortensen et al., 2022). Las obreras se encargan de recolectar el néctar de las flores y lo almacenan dentro de su estómago especializado, denominado "estómago de miel", y este néctar es mezclado con enzimas salivales que descomponen los azúcares complejos en azúcares más simples (Revista Completa, 2024).

Cuando el buche melario o estómago de miel de la abeja obrera está lleno, regresa a la colmena e inicia un proceso de regurgitación, la cual consiste en pasar el néctar transformado a otra abeja durante 20 minutos, con la finalidad de seguir descomponiendo azúcares y evaporar el exceso de agua hasta un 20% de humedad (Núñez, 2024).

2.5.2 Composición química de la miel y compuestos bioactivos.

La miel es un alimento natural elaborado por las abejas *Apis mellifera* a partir del néctar de las flores o de secreciones de partes vivas de las plantas, las cuales son transformadas mediante procesos enzimáticos, deshidratadas y almacenadas en los panales hasta su maduración. De acuerdo con el Codex Alimentarius (2001), la miel no debe contener ingredientes añadidos, sustancias extrañas ni presentar modificaciones que alteren su composición natural. Asimismo, establece que la miel destinada al consumo humano debe conservar sus características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales propias de su origen.

Desde el punto de vista químico, la miel está constituida principalmente por carbohidratos, que representan aproximadamente entre el 95 y el 99 % de la materia seca. Los monosacáridos predominantes son la fructosa (33–42 %) y la glucosa (27–45 %), los cuales constituyen entre el 75 y el 85 % del total de azúcares. También contiene pequeñas cantidades de disacáridos, principalmente maltosa (5–7 %) y sacarosa (generalmente inferior al 5 %), además de otros oligosacáridos presentes en menor proporción (Lobos & Pavez, 2021).

Aunque representan menos del 1 % de la composición total, los componentes minoritarios son responsables de gran parte de las propiedades nutricionales y funcionales de la miel. Entre ellos se encuentran proteínas y enzimas, principalmente invertasa, diastasa (amilasa) y glucosa oxidasa; aminoácidos como prolina, lisina, ácido glutámico y ácido aspártico; vitaminas del

complejo B y vitamina C; además de minerales como potasio, calcio, sodio y magnesio, siendo el potasio el elemento predominante. La miel también contiene compuestos fenólicos y flavonoides, responsables de su capacidad antioxidante, antimicrobiana y antiinflamatoria (Manchado-De-Melo et al., 2017).

La FAO (2021) señala que la composición natural de la miel puede modificarse cuando durante la producción no se aplican adecuadamente las Buenas Prácticas Apícolas. Factores como la alimentación artificial durante la época de cosecha, el uso inadecuado de medicamentos veterinarios, la contaminación ambiental, la cosecha prematura, el almacenamiento inadecuado y el sobrecalentamiento pueden alterar la concentración de azúcares, incrementar la humedad, favorecer la fermentación y aumentar el contenido de hidroximetilfurfural (HMF), comprometiendo la calidad e inocuidad del producto.

En Ecuador, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1572 establece los requisitos fisicoquímicos mínimos que debe cumplir la miel para su comercialización. Entre ellos se incluyen una humedad máxima del 20 %, densidad mínima de 1.39 g/cm³, azúcares reductores entre 65 y 80 %, sacarosa máxima del 5 %, relación fructosa/glucosa igual o superior a 1, acidez máxima de 40 meq/kg, sólidos insolubles inferiores al 0.2 %, cenizas menores al 0.5 %, hidroximetilfurfural (HMF) no superior a 40 mg/kg y una actividad diastásica mínima de ocho unidades Gothe (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 1988).

Como complemento, el Codex Alimentarius (2001) también es una definición de criterios internacionales que son ampliamente asumidos a la hora de definir la calidad de la miel. Destacan entre ellos una humedad máxima del 20 %, con una acidez libre menor o igual a 50 meq/kg; un HMF inferior a 40 mg/kg, con una actividad diastásica igual o superior a ocho unidades Schade; una conductividad eléctrica menor o igual a 0.8 mS/cm en lo que respeta a mieles florales; pero las mieles de melada pueden presentar valores superiores debido a que presentan un contenido mineral mayor.

Otros parámetros ampliamente utilizados para caracterizar la calidad de la miel son el color, determinado mediante la escala Pfund, el pH, generalmente comprendido entre 3.2 y 5.5, y el contenido de sólidos solubles, que normalmente supera los 78 °Brix en mieles maduras. En conjunto, estos parámetros permiten evaluar el grado de maduración, estabilidad, autenticidad y posible origen botánico de la miel (USDA, 1985; El Sohaimy et al., 2015; Albu et al., 2025).

Finalmente, la adulteración constituye uno de los principales problemas que afectan la comercialización de la miel. La incorporación de jarabes de sacarosa, glucosa o fructosa, así como la alimentación inadecuada de las colonias durante el periodo de producción, modifican la composición natural del producto y afectan sus propiedades fisicoquímicas. Por ello, tanto la FAO como el Codex Alimentarius recomiendan aplicar Buenas Prácticas Apícolas durante todo el proceso productivo para preservar la autenticidad, inocuidad y calidad de la miel (FAO, 2021; Codex Alimentarius Commission, 2001).

2.5.3 Contaminantes ambientales en la miel: pesticidas, antibióticos, y otros residuos.

El potencial existente en los contaminantes de los productos alimenticios como la miel son: antibióticos (Cloranfenicol, estreptomicina, tetraciclinas, sulfonamidas, etc.); acaricidas (organofosforados, organoclorados, piretroides, amidinas, etc.); metales pesados (plomo y cadmio), etc.; a lo que hay que añadir las sustancias conservantes, que también se consideran. En sanidad apícola, los antibióticos están indicados para el control de la lo que americana (Paenibacillus larvas) y la lo que europea (Melissococcus pluton). El uso inadecuado de estos antibióticos puede dar lugar a residuos en la miel (Rodríguez, 2007).

2007).

2.5.4 Factores que afectan la calidad de la miel: origen botánico, condiciones climáticas y prácticas apícolas.

La diversidad botánica influye en las propiedades nutricionales y organolépticas de la miel, debido a que cada especie floral aporta compuestos distintivos al néctar (Insuasty-Santacruz, 2016). Según Nates-Parra et al. (2013), bajo el estudio del origen geográfico y botánico en cuatro departamentos de Colombia, las abejas muestran preferencia por ciertas especies vegetales que aportan tanto néctar como polen. En este estudio las especies más predominantes incluyeron *Mimosa* sp., *Cecropa* sp., *Eucalypthos* sp., *Piper* sp. y *Quercus humboldtii* Bonpl. Además, los parámetros geográficos y climáticos afectan el rendimiento: temperaturas bajas favorecen una mayor producción, mientras que zonas cálidas dentro del rango óptimo de 20-25°C incrementan la actividad recolectora (Tapia-Gonzales, 2021). Por En este sentido, Vargas-Valero (2021) reporta que aproximadamente el 75% de los residuos corresponden a insecticidas y el 25% se atribuye a fungicidas.

2.6 Marco legal y normativo

2.6.1. Legislación ecuatoriana relacionada con la apicultura y la producción de miel.

En Ecuador, el Programa Nacional Sanitario Apícola busca mejorar la calidad sanitaria mediante el control de enfermedades que afectan a las abejas. Sus objetivos incluyen fortalecer sistemas de vigilancia epidemiológica y diagnóstico, establecer normas para prevenir y controlar enfermedades, y consolidar un programa integral de sanidad apícola (FAO, 2016). Además, la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria regula la prevención y erradicación de plagas y enfermedades que afectan a animales y vegetales, mitigando riesgos fitosanitarios y zoosanitarios. Esta normativa enfatiza la aplicación de medidas basadas en principios técnicos y científicos para proteger la salud agropecuaria (Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria, 2017).

2.6.2 Políticas nacionales para fomentar la apicultura sostenible.

Desde 2016, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y Agrocalidad implementaron el Programa Nacional Sanitario Apícola para certificar la movilidad y productividad apícola. Para 2019, se otorgaron 234 certificaciones que abarcaron 234 explotaciones apícolas con 3 852 colmenas, fortaleciendo la sanidad del sector productivo (Ministerio de Agricultura, 2020). Además, el Gobierno, junto con las Naciones Unidas, ejecuta el programa PROAmazonía para fomentar una producción agropecuaria sostenible (Naciones Unidas, 2021).

2.6.3 Normas de comercialización y etiquetado de la miel.

En Ecuador, la norma NTE INEN 1572 regula la comercialización de la miel de abeja, estableciendo los requisitos para garantizar su calidad y seguridad, tanto para el consumo humano para su uso en otros productos procesados. Esta normativa fue actualizada en 2021 para alinearse con estándares regionales y de exportación, asegurando el uso de insumos inocuos. Además, el Reglamento Sanitario de Etiquetado de alimentos procesados, respaldado por el Acuerdo Ministerial Nº 00004522, regula el etiquetado de estos productos, garantizando el derecho a la información alimentaria y protegiendo la salud pública (Ministerio de Salud Pública, 2013).

2.6.4. Marco internacional: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El contexto de esta investigación se engloba dentro del Objetivo de Desarrollo Sostenible número 12 (ODS 12) “Producción y Consumo Responsables”, con la finalidad de conseguir

patrones de consumo y producción sostenibles mediante el uso eficiente de los recursos naturales y la disminución de efectos medioambientales. Así, en este mismo sentido, el análisis de la calidad de la miel y la evaluación de las prácticas apícolas colaborarán, si bien de forma muy indirecta, al establecimiento de sistemas productivos responsables que utilizan criterios sostenibles. Y a su vez, el estudio también se podría relacionar con el ODS 15, "Vida de Ecosistemas Terrestres", teniendo en cuenta la función ecológica que las abejas cumplen en los procesos de polinización y, por ende, en la conservación de la biodiversidad, que son determinantes para el equilibrio de los ecosistemas y para la sostenibilidad del medio ambiente (Naciones Unidas, 2015).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Caracterización del área de estudio

Las muestras de miel se recolectaron en apiarios ubicados en las zonas de Selva Alegre, Imbaya, Cahuasquí y Cachaco, los cuales se describen en la Tabla 1. Además, se aplicaron encuestas sobre las prácticas apícolas y agrícolas empleadas en cada zona (Anexo A).

Tabla 1

Características edafoclimáticas de las localidades en estudio en la caracterización fisicoquímicas de miel en Imbabura

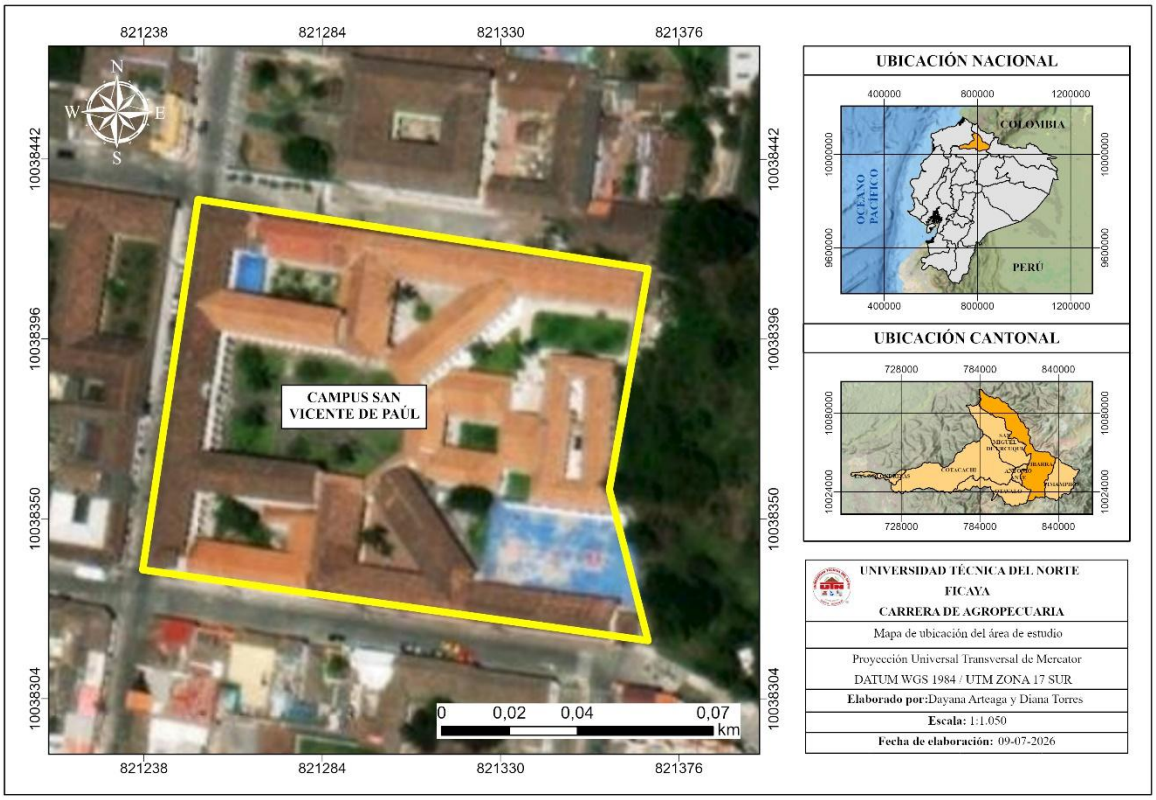
Localidad	**1**	**2**	**3**	**4**
Provincia	Imbabura	Imbabura	Imbabura	Esmeraldas
Cantón	Otavalo	Antonio Ante	San Miguel de Urcuquí	San Lorenzo
Parroquia	Selva Alegre	Imbaya	Cahuasquí	Cachaco
Situación geográfica				
Localidad	Selva Alegre	Imbaya	Cahuasquí	San Lorenzo
Latitud	0.257381	0.36228	0.51401	0.8327
Longitud	-78.442059	-78.18742	-78.21289	-78.403759
Altitud (m.s.n.m)	1500	1829	1980	600
Características Climáticas				
Temperatura promedio (°C)	16	15.5	13	27
Humedad Relativa (%)	79	75	72	87
Precipitación (mm/año)	1300	1000	900	3000

Nota: Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), así como los registros climatológicos de *Climate-Data.org* (2024). Los valores corresponden a las medias anuales de temperatura y de humedad relativa.

Las actividades analíticas se llevaron a cabo en los laboratorios fisicoquímico y microbiológico de la Universidad Técnica del Norte, ubicados en el Campus San Vicente, en el cantón Ibarra (Figura 1). Las instalaciones están diseñadas para proporcionar soporte técnico y académico, garantizando la ejecución de los procedimientos conforme a estándares de calidad y precisión científica.

Figura 1

Ubicación de los laboratorios fisicoquímico y microbiológico en el Campus San Vicente, Universidad Técnica del Norte



3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas

Los materiales, equipos, insumos y herramientas empleados en la investigación se detallan en la Tabla 2. Estos recursos fueron utilizados durante la caracterización fisicoquímica de las muestras de miel, conforme a los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN), los cuales difieren según la variable de calidad evaluada.

Tabla 2

Materiales, equipos, insumos y herramientas empleadas en la caracterización fisicoquímica de la miel

Parámetro	Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Humedad y Grados Brix	Vasos de precipitado	Refractómetro, termómetro de laboratorio, plancha de calentamiento.	Agua destilada.	Agitador.
Color	Vasos de precipitado, probeta.	Espectrofotómetro, balanza analítica.	Agua destilada.	Agitador.
Acidez Libre	Vasos de precipitado, probeta.	Balanza analítica, bureta, potenciómetro.	Agua destilada.	Agitador.
Conductividad eléctrica y pH	Vasos de precipitado, probeta.	Potenciómetro, conductímetro, termómetro de laboratorio, balanza analítica.	Hidróxido de sodio (NAOH) 0.1 M.	Agitador.
Densidad	Vasos de Precipitado.	Picnómetro, termómetro de laboratorio, plancha de calentamiento, balanza analítica.	Agua destilada.	Embudo, Agitador.

3.3 Diseño de la investigación

El presente trabajo correspondió a una investigación de enfoque mixto, organizada en dos fases complementarias. La Fase 1, de naturaleza descriptiva, consistió en la aplicación de encuestas dirigidas a agricultores y apicultores para caracterizar prácticas productivas, manejo de agroquímicos, flora predominante, nutrición de colmenas y condiciones ambientales del entorno. En cuanto a la Fase 2, de tipo cuantitativo, se centró en la determinación de siete parámetros fisicoquímicos de la miel mediante protocolos analíticos estandarizados en laboratorio.

FASE 1: Investigación descriptiva

3.3.1 Población y muestra

La población apícola considerada estuvo compuesta por 33 productores y 19 agricultores identificados en las cuatro localidades de estudio. A partir de esta población se seleccionó una muestra conformada por 5 apicultores y 5 agricultores por localidad, lo que resultó en 20 apicultores y 20 agricultores encuestados. Esta selección permitió cubrir de manera equilibrada las características productivas de cada zona. La información poblacional se obtuvo del

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2023). La unidad muestral de la fase descriptiva correspondió a cada encuesta aplicada individualmente a un apicultor o agricultor. Cada unidad representó prácticas, condiciones productivas, características del entorno y factores potencialmente asociados a la salud de las colmenas y la calidad de la miel.

Tabla 3
Descripción de la población y número de colmenas

Zonas	Apicultores	Colmenas
Selva Alegre	Desconocido	Desconocido
Imbaya	Desconocido	Desconocido
Cahuasquí	2	38
San Lorenzo	5	43
Total	7	81

3.3.2 Diseño y aplicación de encuestas dirigidas a los apiculturas de la Provincia Imbabura

Para la caracterización de las prácticas apícolas y agrícolas se diseñó un cuestionario estructurado mediante la plataforma KoboToolbox, orientado a recopilar información primaria directamente de los productores. El instrumento estuvo conformado por preguntas cerradas, dicotómicas, de opción múltiple y un número reducido de preguntas abiertas, permitiendo obtener tanto información cuantitativa como cualitativa relacionada con las características de los sistemas productivos.

La encuesta se organizó en cinco secciones principales: (i) información general del productor y del apiario; (ii) manejo técnico de las colmenas, incluyendo alimentación, sanidad, inspecciones y cosecha; (iii) prácticas agrícolas desarrolladas en el entorno del apiario, considerando uso de fertilizantes, plaguicidas y manejo de cultivos; (iv) recursos florales predominantes y características ambientales del área de pecoreo; y (v) percepción del productor sobre la protección de las abejas y las prácticas de producción sostenible.

El contenido del cuestionario fue elaborado a partir de la revisión de literatura científica, manuales de Buenas Prácticas Apícolas y documentos técnicos emitidos por organismos oficiales relacionados con la actividad apícola. Posteriormente, el instrumento fue revisado y validado por la directora del proyecto, quien verificó la pertinencia, claridad y coherencia de cada pregunta con los objetivos de la investigación.

La aplicación de las encuestas se realizó directamente en campo mediante dispositivos móviles utilizando la aplicación GIC Collect, lo que permitió registrar la información en formato digital, incorporar la ubicación geográfica de cada registro cuando fue necesario y almacenar los datos en modo *offline*. Una vez finalizado el trabajo de campo, la información fue sincronizada con la base de datos de KoboToolbox para su organización, depuración y posterior análisis estadístico descriptivo.

3.3.3 Análisis estadístico descriptivo

La información obtenida mediante las encuestas fue almacenada inicialmente en la plataforma KoboToolbox, desde donde se exportó en formato compatible para su procesamiento. Posteriormente, la base de datos fue revisada, depurada y organizada en Microsoft Excel, con el fin de verificar la consistencia de los registros, corregir posibles errores de digitación y estructurar las variables para el análisis.

El análisis estadístico descriptivo se llevó a cabo a partir de la producción de KoboToolbox y Microsoft Excel, que se utilizaron para calcular las frecuencias absolutas y relativas, porcentajes y para confeccionar tablas y gráficos que permitieron caracterizar las prácticas apícolas y agrícolas de las localidades objeto de estudio. Los resultados obtenidos permitieron la descripción de variables relacionadas al manejo de colmenas, alimentación, sanidad, uso de agrotóxicos, recursos florales y percepción de los productores.

Finalmente, la información descriptiva fue utilizada para interpretar las características productivas de cada localidad y establecer relaciones preliminares con los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de la miel. Para el análisis de los datos experimentales correspondientes a la Fase 2 se empleó el software InfoStat, mediante el cual se realizaron los análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas de comparación de medias descritas en la sección correspondiente.

FASE 2: Investigación cuantitativa

3.4. Unidad Muestral

Se trabajó con 20 unidades muestrales, correspondientes a una muestra de miel obtenida de cada una de las 20 colmenas seleccionadas.

3.5. Características del estudio

Para la fase cuantitativa, se seleccionó aleatoriamente a un apicultor representativo de cada localidad. De cada apicultor se seleccionaron 5 colmenas, de las cuales se recolectaron 500 mL de miel. Esta recolección se realizó en diferentes fechas comprendidas entre marzo y junio, de acuerdo con los periodos de cosecha de cada apiario. Cada una de las siete variables evaluadas se analizó por triplicado para reducir el error experimental y garantizar la precisión de los resultados. En total se generaron 60 mediciones por cada parámetro.

3.6. Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), donde el único factor de estudio correspondió a la localidad, con cuatro niveles: Selva Alegre, Imbaya, Cahuasquí y Cachaco. Cada nivel contó con cinco repeticiones, correspondientes a las colmenas seleccionadas. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y a pruebas de comparación de medias con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

3.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en los análisis fisicoquímicos fueron procesados mediante el software InfoStat (Di Rienzo et al.). Previamente, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos para el análisis paramétrico. Posteriormente, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre las localidades evaluadas para cada uno de los parámetros fisicoquímicos de la miel.

Cuando el análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), se realizó la prueba de comparación múltiple de medias LSD (Least Significant Difference) de Fisher, con un nivel de significancia del 5 %, para identificar las diferencias entre las medias de las localidades. Los resultados permitieron comparar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos evaluados y analizar la posible influencia de las condiciones agroclimáticas, las prácticas agrícolas y el manejo apícola sobre la calidad de la miel.

3.8. Parámetros evaluados en miel

Las muestras se analizaron para determinar siete variables fisicoquímicas: humedad, grados Brix, acidez libre, conductividad eléctrica, pH, densidad y color. Cada parámetro fue evaluado siguiendo los procedimientos estandarizados de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN

1572 y referencias metodológicas complementarias. Las mediciones se realizaron con refractómetro digital de mesa, conductímetro, pH-metro digital, picnómetro y espectrofotómetro, según correspondió.

3.8.1 Determinación del contenido de Humedad y Grados Brix

Para determinar la humedad, se utilizó un refractómetro, el cual se mantuvo a una temperatura de 20°C y se calibró previamente con el uso de una pipeta de plástico con agua destilada aplicada sobre el prisma de este equipo. Posteriormente, cada muestra fue homogeneizada y colocada en un vaso de precipitado, calentándose en un baño de agua a 50°C hasta la disolución completa de los cristales de azúcar. La solución resultante se dejó enfriar a temperatura ambiente, permitiendo alcanzar el equilibrio térmico entre el refractómetro y la muestra. Finalmente, se agitó suavemente y se colocó sobre el prisma del equipo con ayuda de un agitador para realizar la lectura (Abashidze et al., 2024).

3.8.2 Determinación de la Acidez libre

La acidez libre se determinó por el método volumétrico, que consistió en disolver 10 g de miel en 75 mL de agua destilada y titular la solución con hidróxido de sodio (NaOH) con una molaridad de 0.1 hasta alcanzar un pH de 8.30. El resultado se expresó en miliequivalentes ácido por kilogramo de miel (mEq/kg) (Abashide et al., 2024; INEN, 1989). Según la Ecuación 1.

$$Acidez\ Libre = (cm^3 \text{ de NaOH 0,05 N} - cm^3 \text{del título en blanco}) \times \frac{50}{g} \text{ muestra} \qquad (1)$$

3.8.3 Determinación de la Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se midió a 20 °C utilizando un conductímetro en soluciones preparadas con 20 g de miel disueltos en 100 mL de agua destilada. La temperatura fue controlada debido a que el aumento de esta incrementa la movilidad iónica, y por tanto la conductividad (Abashidze et al., 2024).

3.8.4 Determinación del pH

El pH se analizó mediante un pH-metro digital, calibrado con soluciones tampón de pH 4 y 7. Para el análisis, se diluyeron 5 g de miel en 50 mL de agua destilada hasta obtener una solución al 10%. Las mediciones se realizaron a temperatura ambiente (Abashidze et al., 2024).

3.8.5 Determinación de la Densidad

La densidad se determinó conforme al método AOAC 962.37, descrito en la Norma NTE INEN 1632 (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2012). Este método consistió en medir el peso de un volumen constante de agua y de la muestra mediante un picnómetro. Para garantizar la exactitud de la medición, el picnómetro se mantuvo a un baño térmico a una temperatura controlada de 27°C, ya que la densidad puede variar con cambios de temperatura (Velásquez y Goetshel, 2019). El volumen del picnómetro se determinó mediante la Ecuación 2.

$$VP = \frac{M1 - M0}{0.9965} \qquad (2)$$

Donde:

$VP =$ volumen del picnómetro (mL)

$M1 =$ masa del picnómetro lleno con agua destilada a 27°C (g)

$M0 =$ masa del picnómetro vacío (g)

0,9965 = densidad del agua a 27°C (g/mL)

La masa de la muestra de miel se determinó mediante la Ecuación 3.

$$M_{miel} = M2 - M0 \quad (3)$$

Donde:

$M_{miel} =$ masa del miel (g)

$M2 =$ masa del picnómetro lleno con la muestra a 27°C (g)

$M0 =$ masa del picnómetro vacío (g)

Finalmente, la densidad de la miel se calculó mediante la Ecuación 4.

$$\rho = \frac{\mathrm{M}_{miel}}{VP} \qquad (4)$$

Donde:

$\rho =$ densidad de la miel (g/mL)

$M_{miel} =$ masa del miel (g)

$VP =$ volumen del picnómetro (mL)

3.8.6 Determinación del Color

La determinación del color de la miel se realizó siguiendo la metodología descrita por Abashidze et al. (2024), con modificaciones adaptadas a las condiciones del laboratorio. Para cada muestra se pesaron 5 g de miel, los cuales se disolvieron en 5 mL de agua destilada, obteniéndose una dilución al 50 % (p/v). Posteriormente, la mezcla se homogenizó mediante agitación manual hasta lograr una solución uniforme.

Las muestras diluidas fueron centrifugadas a 3200 rpm durante 5 minutos, a temperatura ambiente (25 ± 2 °C), con el propósito de eliminar partículas suspendidas, restos de cera y otras impurezas que pudieran interferir en la determinación espectrofotométrica. Una vez finalizada la centrifugación, el sobrenadante se transfirió cuidadosamente a una cubeta de cuarzo de 1 cm de paso óptico, previamente limpia y seca. La absorbancia se determinó utilizando un espectrofotómetro UV-Visible, previamente calibrado con agua destilada como blanco, a una longitud de onda de 635 nm.

La intensidad del color se calculó mediante la siguiente Ecuación 5.

$$Pfund\ (mm) = -38{,}70 + 371.39 * Abs\ 635 \quad (5)$$

Donde:

- **Pfund (mm)** = color de la miel expresado en milímetros de la escala Pfund.
- **Abs_{635}** = absorbancia de la muestra medida a 635 nm.

Finalmente, los valores obtenidos se clasificaron de acuerdo con la escala Pfund, en las categorías internacionalmente aceptadas: blanco agua, extra blanco, blanco, ámbar extra claro, ámbar claro, ámbar y ámbar oscuro, permitiendo relacionar el color de la miel con su posible origen botánico, contenido mineral y concentración de compuestos fenólicos.

Tabla 4

Escala Pfund y sus características de color

Rango de color (mm)	Característica
menor a 8	Blanco agua
8 a 17	Blanco extra
17 a 34	Blanco
34 a 50	Ambar extra claro
50 a 85	Ambar claro
85 a 114	Ambar
mayor a 114	Ambar oscuro

3.9 Manejo específico del estudio

3.9.1 Elaboración de encuestas

La elaboración de las encuestas dirigidas a agricultores y apicultores se realizó mediante la plataforma digital KoboToolbox, la cual permite diseñar formularios personalizados y recopilar información de manera eficiente. Las preguntas se orientaron a caracterizar prácticas agrícolas y apícolas, uso de agroquímicos, flora disponible, ubicación mediante coordenadas geográficas y otros factores relevantes para el análisis de la relación entre entorno agrícola y salud de las colmenas. Una vez diseñadas, las encuestas fueron sincronizadas con dispositivos móviles, garantizando la organización, la trazabilidad y el almacenamiento seguro de la información en el servidor.

3.9.2 Identificación de agricultores y apicultores

En cada localidad se seleccionaron aleatoriamente 5 agricultores ubicados en zonas cercanas a los apiarios para evaluar la influencia del manejo agrícola en el entorno apícola. De igual manera, se identificó a un apicultor por localidad y se eligieron 5 colmenas representativas de cada apiario. De estas colmenas se recolectaron las muestras de miel destinadas al análisis de laboratorio. Este procedimiento permitió contar con unidades representativas para la caracterización de la producción apícola local.

3.9.3. Aplicación de encuestas

Las encuestas se aplicaron mediante la aplicación móvil GIC Collect, diseñada para facilitar la recolección de información en campo. Esta herramienta permitió registrar las respuestas de forma rápida y segura, incluso sin conexión a internet, y, posteriormente, sincronizar los datos con la base central. Este proceso garantizó la uniformidad, la integridad y la disponibilidad inmediata de la información.

3.9.4. Registro en campo

En el transcurso de las visitas a los apiarios y de las zonas agrícolas se fue llevando un registro en un cuaderno de campo que permitió registrar la ubicación , las condiciones climáticas del día, la flora dominante , la evaluación general de las colmenas y alguna observación trascendente , como la presencia de plagas y enfermedades o los signos de estrés. Este registro se incorpora a la documentación de la información resultante de las encuestas y constituye el componente de referencia contextual mediante el cual realiza el análisis final.

3.9.5. Recolecta de muestras

Para la recolección de miel se preparó previamente el material necesario, incluyendo frascos de vidrio estériles con tapa hermética, etiquetas adhesivas, espátulas o cucharas de acero inoxidable de grado alimenticio, guantes de nitrilo y alcohol para desinfección. También se utilizaron hieleras y bolsas térmicas para asegurar el mantenimiento de la temperatura de las muestras durante el traslado. Este conjunto de insumos garantizó un muestreo higiénico y libre de contaminación externa.

3.9.6 Selección de la muestra

En cada apiario se seleccionaron 5 colmenas para la extracción de miel, asegurando que el producto estuviera libre de cera, de abejas muertas, de suciedad o de cualquier tipo de contaminante. Este control fue fundamental para mantener la integridad de las muestras y evitar interferencias en los análisis fisicoquímicos posteriores.

3.9.7 Procedimiento de extracción de miel y manejo

La extracción de miel se realizó con espátulas limpias para retirarla de los panales, previamente eliminando la cera sellada. Durante el proceso se evitó el contacto de la miel con superficies externas para prevenir la contaminación cruzada. Una vez colectada la muestra, se vertió cuidadosamente en el frasco estéril y se cerró de inmediato con una tapa hermética. Este manejo cuidadoso permitió preservar las características fisicoquímicas originales de la miel.

3.9.8 Etiquetado y transporte

Cada muestra fue etiquetada con un código único, la fecha de recolección, la localidad, las coordenadas geográficas del apiario y la floración predominante del entorno. Posteriormente, las muestras se transportaron en hieleras con geles térmicos, manteniendo una temperatura

aproximada de 15 °C durante el traslado al laboratorio. Este control térmico evitó alteraciones enzimáticas o fisicoquímicas previas al análisis.

3.9.9 Análisis de laboratorio

Las muestras recolectadas fueron procesadas en los laboratorios de Fisicoquímica y Microbiología del campus San Vicente de Paúl de la Universidad Técnica del Norte. Cada muestra fue analizada en triplicado para reducir el error experimental y garantizar la precisión de los resultados. Los parámetros evaluados incluyeron pH, grados Brix (°Bx), humedad, conductividad eléctrica, color, densidad y acidez libre, siguiendo los procedimientos establecidos por la AOAC y las normas INEN correspondientes. Todos los análisis se realizaron utilizando equipos calibrados y protocolos estandarizados, lo que aseguró la confiabilidad y reproducibilidad de los datos obtenidos.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de las prácticas apícolas y agrícolas

En esta etapa de la investigación se realizó una valoración descriptiva de la producción apícola y agrícola de cinco localidades de la provincia a través de encuestas dirigidas. Las encuestas abordaron aspectos relacionados con la producción de miel, la sanidad y el manejo de enfermedades, los equipos de envasado, el sistema de producción, el uso de insumos y cultivos cercanos, con la finalidad de analizar su posible influencia en la caracterización fisicoquímica de la miel recolectada.

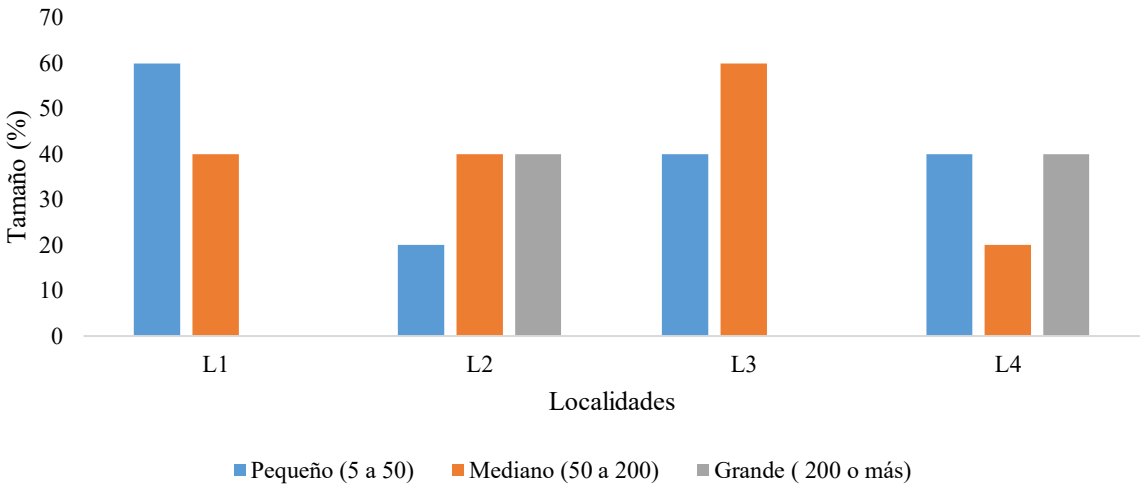
4.1.1 Tamaño de producción, número de colmenas y rendimiento promedio

El análisis comparativo del número de colmenas, el tamaño de producción y el rendimiento promedio por localidad permite evidenciar la relación entre la escala productiva y la eficiencia de la apicultura. En la figura 2, correspondiente al tamaño de producción, se observa que las localidades presentan diferentes niveles de participación en las categorías de producción pequeña, mediana y grande, lo que refleja variaciones en la capacidad productiva y en el manejo técnico del apiario.

Así, existe una correlación, ya que a mayor número de colmenas disponibles (figura 3), las localidades con un mayor número de colmenas tienden a tener una mayor participación en categorías productivas medias o grandes. Sin embargo, el incremento del número de colmenas no implica necesariamente un mayor rendimiento promedio por colmena. En la figura 4 se observa que la localidad L4 presenta el mayor rendimiento promedio, aun cuando no posee el mayor número de colmenas, lo que indica que la productividad depende no solo de la cantidad de unidades productivas, sino también de factores como el manejo técnico, la disponibilidad de flora. En este sentido, Karakaya et al. (2023) señalan que el rendimiento por colmena está influido por variables productivas y de manejo, lo que evidencia que el tamaño del apiario debe ir acompañado de prácticas adecuadas para lograr una mayor eficiencia productiva.

Figura 2

Distribución de número de colmenas de cada localidad.

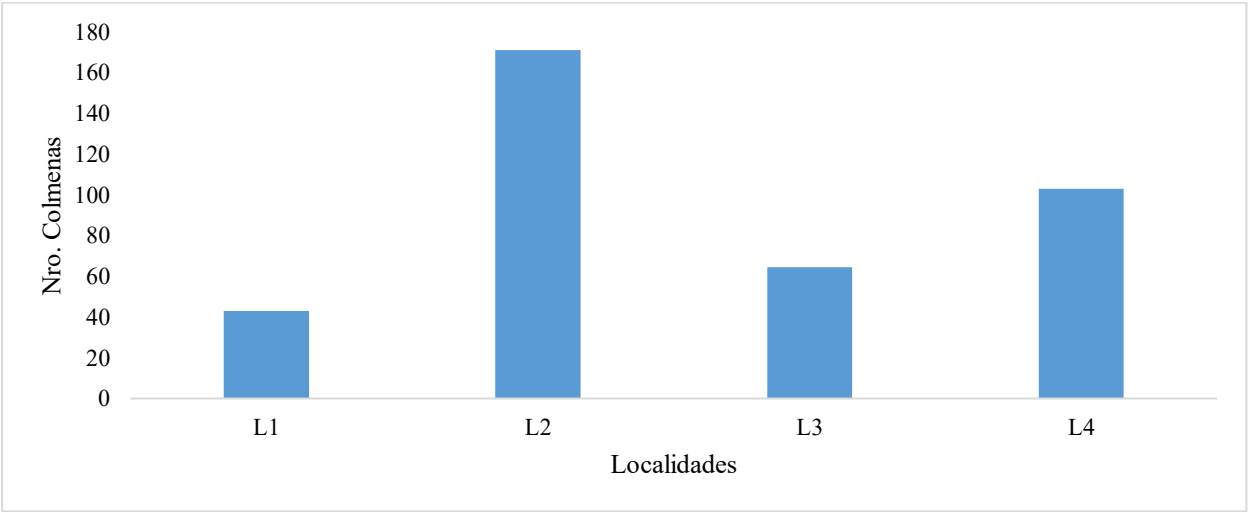


Nota: L1: Selva Alegre, L2: Imbaya, L3: Cahuasquí y L4: Cachaco.

Asimismo, la disponibilidad de flora melífera y las condiciones ambientales influyen directamente en el rendimiento y la producción total, ya que determinan la cantidad de néctar y polen accesible para las abejas. Guallpa-Calva et al. (2020) destacan que la oferta floral y su intensidad de floración condicionan la productividad del colmenar y permiten explicar variaciones entre localidades.

Figura 3

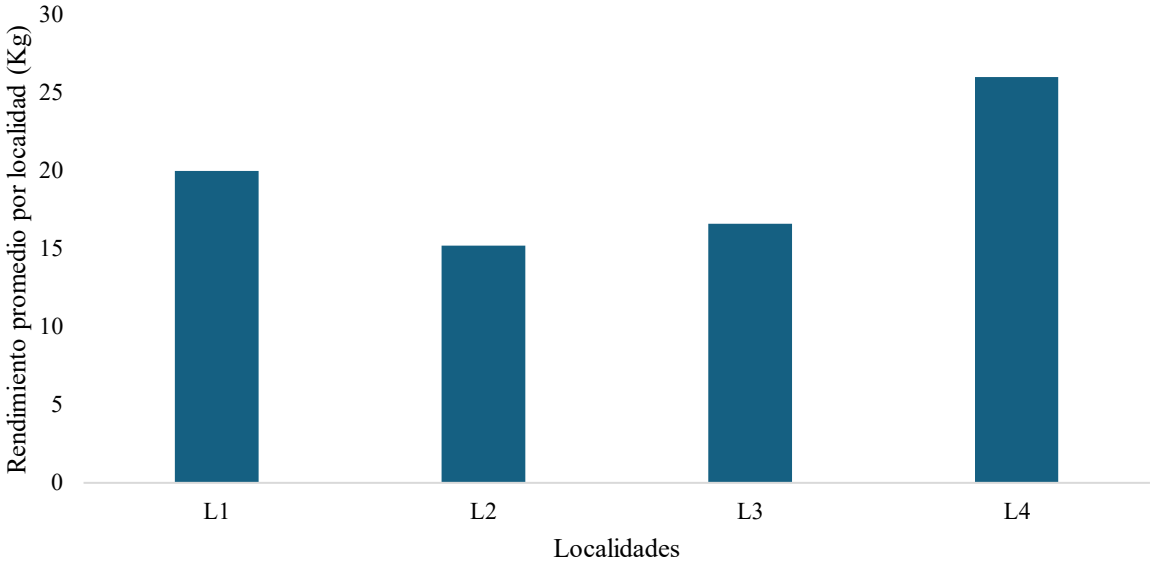
Número promedio de colmenas por localidad



Nota: L1: Selva Alegre, L2: Imbaya, L3: Cahuasquí y L4: Cachaco.

Figura 4

Rendimiento promedio por localidad



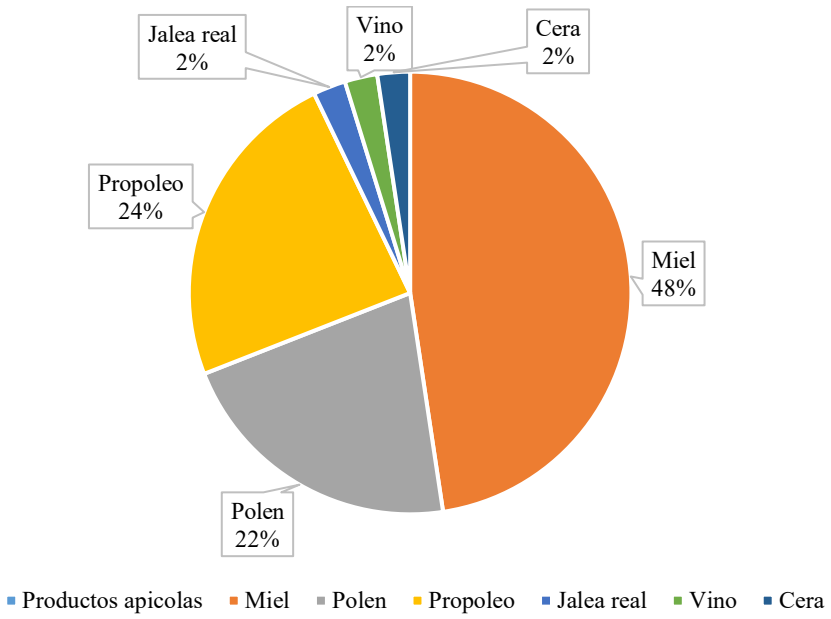
Nota: L1: Selva Alegre, L2: Imbaya, L3: Cahuasquí y L4: Cachaco.

4.1.2 Productos apícolas

La Figura 5 presenta la distribución porcentual de los principales productos apícolas obtenidos al agrupar todas las localidades, evidenciando que la miel constituye el principal producto predominante, con un 48% del total de productos, lo que coincide con lo que señalado por Bertoni et al. (2025), quienes destacan a la miel como la base económica de la mayoría de las explotaciones apícolas. Por otro lado, el propóleo (24%) y el polen (22%) ocupan el segundo y tercer lugar, respectivamente, reflejando una diversificación moderada hacia productos con mayor valor agregado, esta estrategia de ampliar los productos más allá de la miel ha sido descrita por FAO (1996) como una vía efectiva para incrementar la rentabilidad y estabilidad de los apiarios. Finalmente, en proporciones menores se encuentra la jalea real, el vino y la cera (2% cada uno), lo que indica que estos productos aún se desarrollan de forma limitada en las zonas de estudio, pese a que diversos autores resaltan su elevado potencial nutraceútico y medicinal, especialmente en el caso de la jalea real, el polen y el propóleo, cuyo uso en alimentos y suplementos de salud se ha incrementado en los últimos años (Durazzo et al., 2021).

Figura 5

Distribución porcentual de los productos apícolas obtenidos en las localidades de estudio



4.2. Manejo y sanidad de colmenas

4.2.1 Frecuencia de inspección, enfermedades y tratamientos utilizados

La frecuencia de inspección de las colmenas constituye un elemento fundamental dentro del manejo sanitario apícola, ya que permite la detección temprana de enfermedades y la aplicación oportuna de tratamientos. Al relacionar la frecuencia de inspección con la presencia de enfermedades en las localidades evaluadas (Figura 6), se observa que Imbaya y Cahuasquí, donde predominan las inspecciones semanales, presentan un manejo sanitario más constante, lo que contribuye a un control más eficiente de enfermedades, especialmente de varroa, la cual se encuentra presente en todas las localidades analizadas. De acuerdo con Rosenkranz et al (2010), la inspección frecuente (en caso, un par de días o semanas) las colonias resultan ser una de las medidas más acertadas a la hora de obtener resultados positivos a fin de hacer disminuir resulta de las por varroa y evitar pérdidas productivas que serán catastróficas.

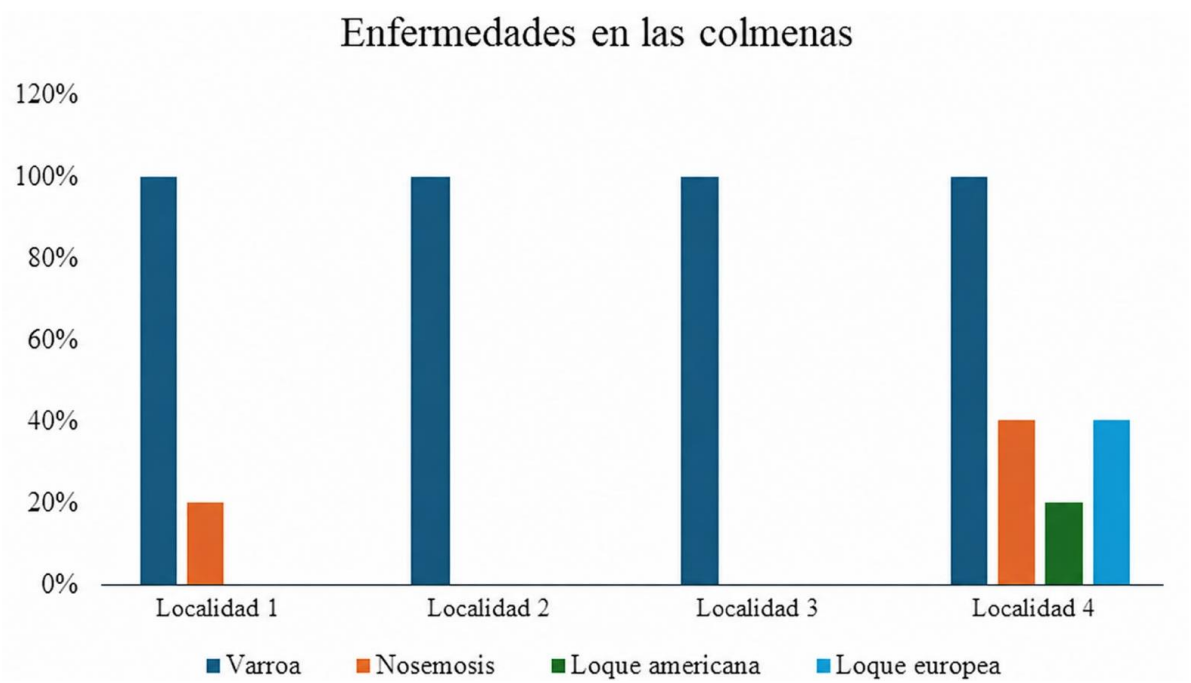
Por el contrario, la localidad de Selva Alegre, con su predominancia a inspeccionarlas una vez al mes, muestra una enorme variabilidad de enfermedades registradas, tales como nosemosis y lo que podría relacionarse con una menor frecuencia de inspección que pueda llevar a que los signos clínicos no se detecten a tiempo promoviendo además la dispersión de patógenos dentro del apiario. Según Fries (2010), la enfermedad nosemosis llega a desarrollarse en un corto

período de tiempo cuando no hay una inspección a frecuencias adecuadas en las colonias, disminuyendo así la población de abejas, lo cual afecta directamente el rendimiento productivo. La localidad de Cachaco, que muestra una frecuencia media de las inspecciones, presenta una frecuencia elevada enfermedades (Figura 7); también se muestra con un uso diverso de tratamientos, ya que combinan ácido oxálico, tratamientos naturales o tratamientos alternativos como el amitraz o el aceite mineral. Esto coincide con lo señalado por Bogdanov (2006), quien menciona que los apicultores suelen combinar diferentes estrategias de control cuando los problemas sanitarios ya se encuentran establecidos dentro del colmenar.

De manera general, se observa que una mayor frecuencia de inspección está asociada con un mejor control sanitario y con la aplicación más específica de tratamientos, mientras que una menor frecuencia de revisión se relaciona con una mayor presencia de enfermedades y el uso simultáneo de diversas alternativas. En este sentido, la FAO (2018) indica que las inspecciones periódicas constituyen una práctica esencial dentro de las buenas prácticas apícolas, ya que permiten prevenir la propagación de enfermedades y mantener la productividad de las colonias.

Figura 6

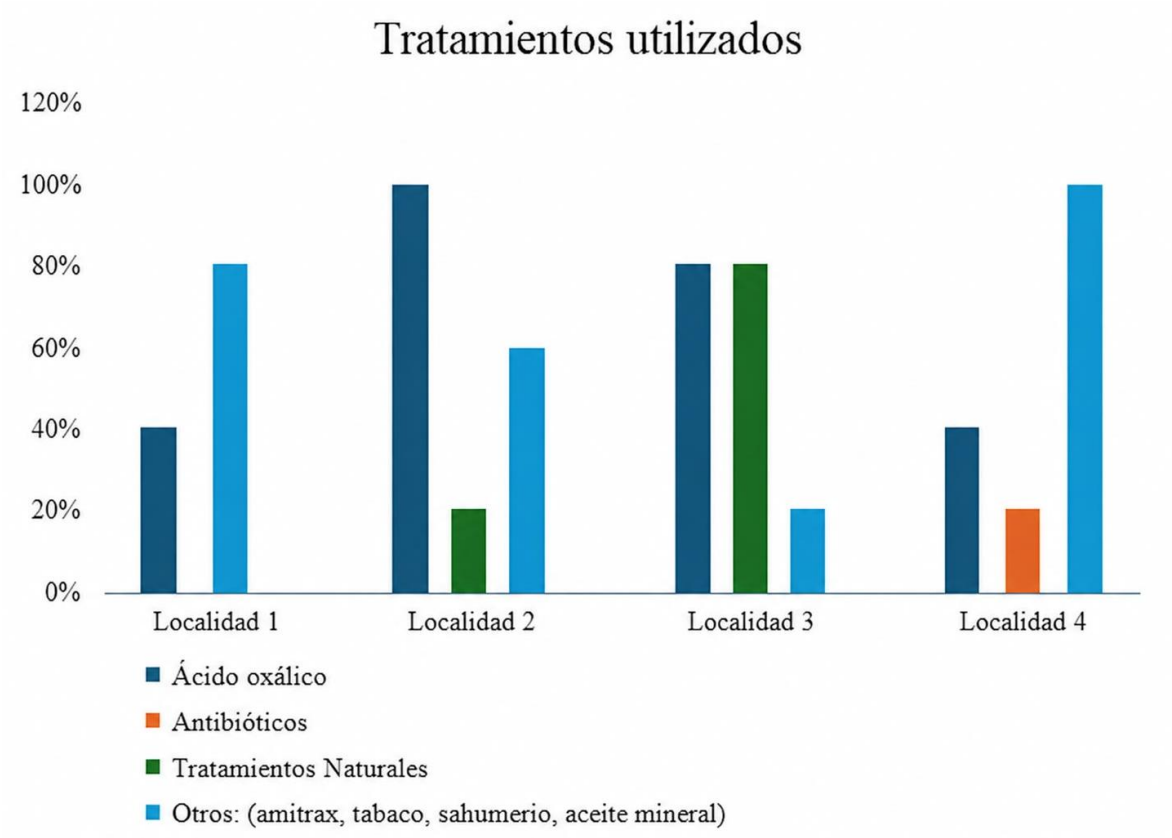
Enfermedades en las colmenas



Nota: L1: Selva Alegre, L2: Imbaya, L3: Cahuasquí y L4: Cachaco.

Figura 7

Tratamientos utilizados para el control de enfermedades.



Nota: L1: Selva Alegre, L2: Imbaya, L3: Cahuasquí y L4: Cachaco.

4.2.2 Trashumancia.

En las 4 localidades se presenta una apicultura totalmente transhumante, lo que indica que existe una fuerte dependencia del cambio de colmenas para así poder aprovechar las temporadas de mayor floración y lograr una alta producción.

4.3. Nutrición de las colmenas

4.3.1 Alimentación artificial.

En las cuatro localidades evaluadas (Selva, Imbaya, Cahuasquí y Cachaco), los apicultores utilizan alimentación artificial en sus colmenas, como el uso de jarabes de azúcar, azúcar blanca y manzanilla, tortas proteicas, panela; estos suplementos se utilizan principalmente para compensar la falta de néctar y polen en el ambiente y así evitar que las colonias se debiliten o mueran por desnutrición. Paray et al. (2020) señala que el suministro de dietas suplementarias durante los periodos de escasez floral ayuda a mantener la postura de la reina, la cría y el tamaño

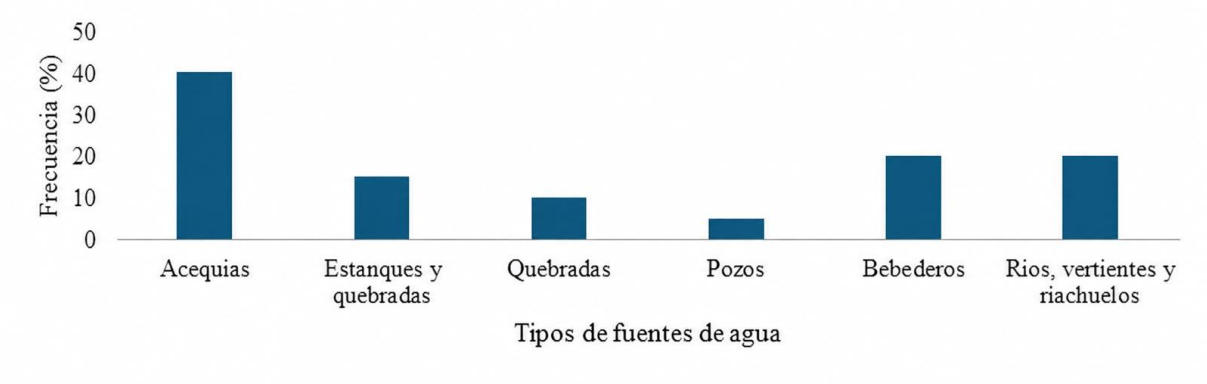
de la población, asegurando que las colonias lleguen fuertes a la siguiente temporada de floración y producción de miel.

4.3.2 Fuente principal de agua.

La figura 8, evidencia que los apicultores de las cuatro localidades (Selva Alegre, Imbaya, Cahuasquí y Cachaco), utilizan frecuentemente a fuentes superficiales de agua para abastecer agua a sus colmenas, siendo las acequias las más utilizadas con una frecuencia del 40%, también se logra observar el uso de bebederos, ríos, vertientes y riachuelos lo que representa en un 20% de frecuencia de uso por cada uno, mientras que estanques y quebradas y pozos representan porcentajes menores lo que indica que un pequeño porcentaje de apicultores dependen de estas fuentes de agua. Kovac et al. (2018) subrayan que el agua es esencial para mantener diluida la miel, preparar alimento para la cría y regular la temperatura de la colmena, por lo que la presencia de fuentes estables cerca del apiario es clave para el buen funcionamiento de la colonia.

Figura 8

Tipos de fuentes de agua



4.4. Equipos de envasado

4.4.1 Equipos para la cosecha miel.

La localidad 1 el 100% de los apicultores prefieren utilizar extractores manuales para la cosecha de la miel. En la localidad 2 predominan el uso de extractores automáticos el cual representa el 80% de los apicultores y un 20% prefieren usar extractores manuales para cosechar la miel obtenida. Mientras que en la localidad 3, el 100% de apicultores emplean extractores manuales, finalmente en la localidad 4 se observa una combinación de los dos extractores, representado

en un 60% de apicultores utilizan extractores manuales y un 40% recurre a extractores automáticos.

4.5. Caracterización de las prácticas agrícolas y su relación con la producción apícola

4.5.1. Especies vegetativas y agrícolas de los apiarios.

Los apiarios ubicados en Selva Alegre, Imbaya, Cahuasquí y Cachaco se desarrollan en entornos con diversidad de especies vegetales y cultivos agrícolas que aportan néctar y polen a las colmenas, lo que incide directamente en la composición y calidad de la miel. En Selva Alegre predominan pastos, sabaleto y papa, en Cachaco se encuentran cacao, plátano, yuca, café, pumamaqui y cítricos, en Imbaya se registran maíz, papa, frejol, espárrago y caña de azúcar y en Cahuasquí destacan frejol, granadilla y maíz. Esta heterogeneidad botánica influye en parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica, humedad y perfil de azúcares, así como en la concentración de compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales dependen del origen floral de la miel (Vîjan et al., 2023; Vasconcelos et al., 2021). Asimismo, los compuestos volátiles derivados de estas especies vegetales determinan variaciones en el color, aroma y sabor, constituyendo marcadores de origen botánico y calidad organoléptica del producto (Pino 2012).

4.5.2. Productos fitosanitarios empleados en la producción agrícola.

En las localidades de Selva Alegre, Imbaya, Cahuasquí y Cachaco, el uso de productos fitosanitarios en los sistemas agrícolas cercanos a los apiarios presenta variaciones entre zonas. En Selva Alegre, se registró que una parte de los productores no utiliza productos fitosanitarios, mientras que otros indicaron desconocer los insumos aplicados; adicionalmente, se mencionó el uso de azitromicina. En la localidad de Imbaya los productores básicamente hicieron mención de la utilización de insecticidas y fungicidas, existe incluso un desconocimiento sobre los productos fitosanitarios específicos que utilizan. En la población de Cahuasquí los productores se encuentran con el desconocimiento de los productos fitosanitarios que utilizan y la no aplicación de estos insumos. En Cachaco los agricultores afirman que no conocen los productos fitosanitarios que utilizan, así como su aplicación por productos fertilizantes en cultivos cercanos.

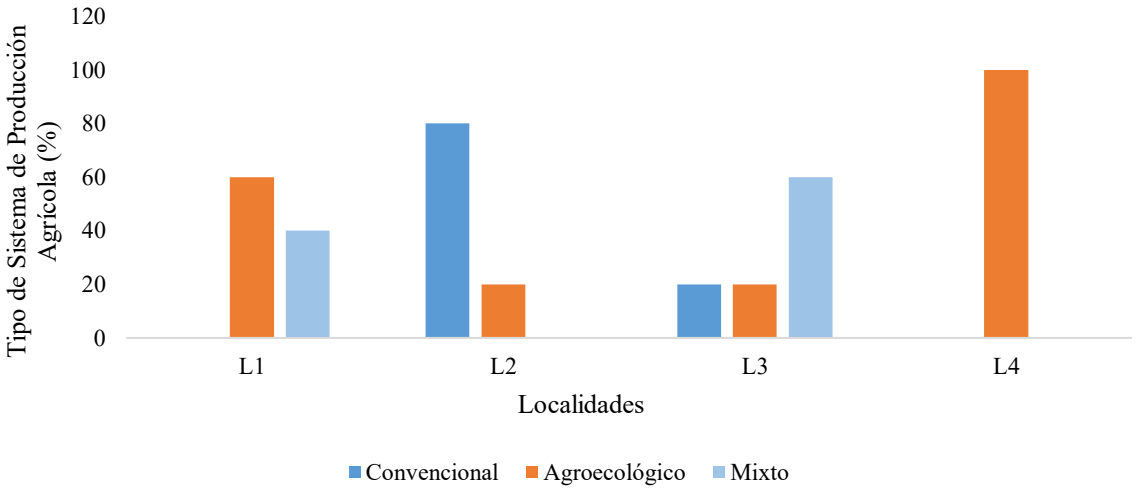
4.6. Sistema de producción, prácticas agrícolas y uso de insumos agrícolas

La Figura 9 muestra que los sistemas de producción varían entre las localidades, sin embargo, el enfoque agroecológico tiene presencia en todas las localidades, a diferencia de los sistemas convencional y mixto. En Selva Alegre el 60% de los agricultores utilizan un sistema agroecológico y el 40% un sistema mixto. En Imbaya el sistema convencional se hace predominante (80%) y puede decirse que un 20% de los productores aplican prácticas agroecológicas. En Cahuasquí se puede notar una mayor diversidad de los sistemas de producción, donde los sistemas agroecológicos y convencionales alcanzan un 20% y el restante 60% lo corresponde a ciertos casos de sistema mixto.

Finalmente, en Cachaco, el 100% de los agricultores maneja un sistema agroecológico, lo que se asocia a condiciones climáticas tropicales que permiten la producción de frutales sin el uso de insumos agrícolas sintéticos. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Gortaire (2016), quien indica que en la Sierra ecuatoriana predominan sistemas agrícolas familiares en transición hacia modelos agroecológicos o mixtos, mientras que en zonas tropicales de la Costa norte se mantienen sistemas tradicionales diversificados, estrechamente adaptados a las condiciones ecológicas locales.

Figura 9

Enfoque de los sistemas de producción agrícola en las localidades evaluadas.



Nota: L1: Selva Alegre, L2: Imbaya, L3: Cahuasquí y L4: Cachaco.

El número de cultivos y las prácticas agrícolas se distribuyen por las localidades en función de sus condiciones agroecológicas. En Selva Alegre, parece dominar el monocultivo asociado a la actividad ganadera, lo cual se considera típico de las zonas altoandinas con baja diversidad agrícola (INEC, 2008). En Imbaya existe mayor diversidad productiva, con la presencia de policultivos, rotación y asociación de cultivos y especies tales como; maíz, fréjol y hortalizas.

Según Martínez (2013) esta es una estrategia común en la Sierra norte para optimizar superficies reducidas. Asimismo, en Cahuasquí se evidencia una marcada diversificación agrícola, coherente con los sistemas agroecológicos andinos, la diversidad vegetal cumple un rol fundamental en la sostenibilidad productiva y la conservación del suelo (Gortaire, 2016; Penagos, 2023). Por otro lado, Cachaco ubicado en la región tropical costera, se caracteriza por sistemas de policultivo con especies como cacao, plátano, guanábana, yuca, entre otros.

4.7. Fertilizantes, pesticidas y neonicotinoides

Los neonicotinoides son insecticidas sistémicos que estimulan los receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChRs) del sistema nervioso de las abejas, lo que genera una estimulación neuronal que causa desorientación, alteraciones en la memoria y reducción de la capacidad de aprendizaje y del comportamiento de forrajeo (Blacquière et al., 2012). Diversos estudios han demostrado la presencia de residuos de neonicotinoides en miel, lo que evidencia una exposición crónica de las abejas a estos compuestos. Aunque las concentraciones detectadas suelen ser inferiores a los límites máximos permitidos para el consumo humano, estas se sitúan dentro del rango bioactivo, capaz de generar déficits conductuales y reducción del rendimiento de la colonia (Mitchell et al., 2017).

Por otro lado, al comparar el tipo de sistema de producción con los rendimientos promedio por localidad, se observó que los sistemas agroecológicos y mixtos mantuvieron rendimientos iguales o superiores a los sistemas convencionales, En Cachaco, donde predominó el manejo agroecológico, se registró mayor rendimiento, mientras que en Imbaya, caracterizada por un sistema convencional, no registraron valores altos. Este comportamiento indicó que una alta dependencia de insumos químicos afectó la producción, lo que coincide con lo reportador por Mina et al. (2025), quienes señalan que el uso intensivo de pesticidas puede afectar a los polinizadores y por lo tanto incide en el rendimiento. Asimismo, Saucedo Aguiar et al. (2024) indican que la integración de prácticas agroecológicas permite sostener la productividad y reducir impactos negativos sobre las abejas.

4.8. Conocimiento, percepción e implementación de prácticas relacionadas con la protección de abejas y otros polinizadores

El conocimiento de los productores sobre los efectos negativos de los pesticidas en las abejas fue alto, sin embargo, no se reflejó en la aplicación de prácticas orientadas a la protección de los polinizadores. A pesar de reconocer los riesgos, las acciones preventivas fueron limitadas donde solo en Cahuasquí se reportaron acciones como la fumigación en horarios de menor actividad de las abejas, lo que favoreció una exposición continua de las abejas a agroquímicos incidiendo directamente en el rendimiento apícola. De manera que, una proporción importante de productores percibió una disminución de las poblaciones de abejas en los últimos años especialmente en las localidades con manejo agrícola más intensivo. Estos resultados coincidieron con lo señalado por Cajamarca et al. (2020), al identificar el uso intensivo de agroquímicos como un factor clave en el declive de *Apis mellifera*, así como van de Slujis et al. (2013), al destacar que la pérdida de hábitat floral y la simplificación de los agroecosistemas como amenazas para la producción apícola.

4.9. Caracterización fisicoquímica de la miel

En esta fase de la investigación se realizó la caracterización fisicoquímica de la miel con el fin de evaluar su calidad y posibles variaciones tanto entre colmenas como localidades. Para cada localidad se muestrearon cinco colmenas, de las cuales se recolectó una muestra de 500 ml por colmena con el objetivo de homogenizar la producción de miel en cada localidad. A partir de cada muestra, fue posible realizar la determinación de las siete variables fisicoquímicas, las cuales se analizaron por triplicado, lo que permitió asegurar la repetibilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.

4.9.1. Contenido de humedad en miel (%)

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias significativas entre la interacción localidad y colmena para las variables contenido de humedad. Es decir que el contenido de humedad de la miel es influenciado tanto por el origen y la colmena de cada localidad.

Tabla 5

Análisis de varianza (ANOVA) para la humedad (%) según localidad y colmena

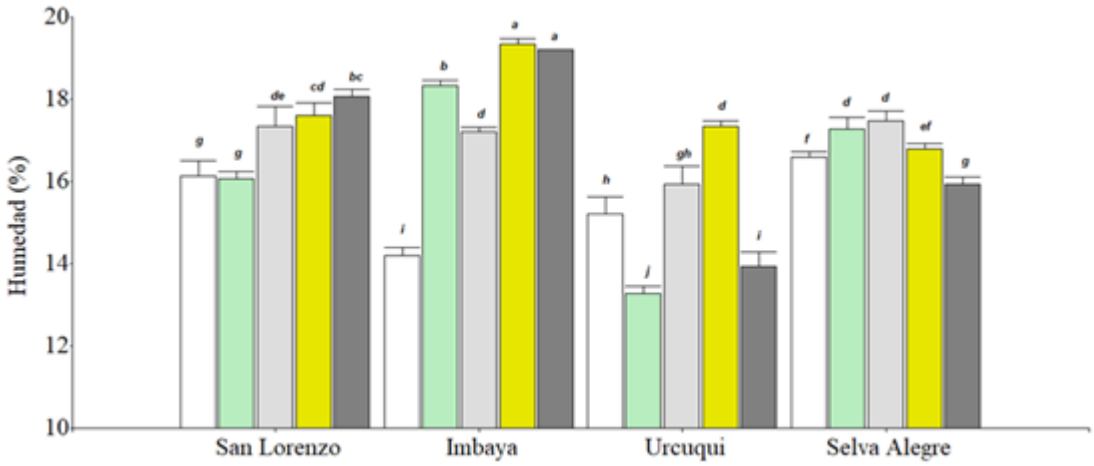
Fuente de variación	p-value
Localidad	<0.0001
Colmena	<0.0001
Localidad: colmena	<0.0001

Nota. p < 0,001 indica diferencias altamente significativas entre tratamientos

En la Figura 10 se presenta la variación del contenido de humedad (%) de la miel obtenida a partir de cinco colmenas en cada una de las localidades evaluadas. Los valores permiten comparar el comportamiento de este parámetro tanto entre localidades como dentro de cada una de ellas.

Figura 10

Contenido de humedad (%) en mieles de cinco colmenas por localidad



Nota. C1: colmena 1, C2: colmena 2, C3: colmena 3, C4: colmena 5

En la localidad de Imbaya se presentaron los valores más altos de humedad y estadísticamente diferentes con respecto a las demás localidades con un promedio de 17.65. Particularmente, las colmenas 4 y 5 de esta localidad no registraron diferencias significativas. Mientras que, en las localidades de San Lorenzo y Selva Alegra se registró un valor promedio entre el 17.04 y 16.81% respectivamente de humedad y se observó diferencias significativas entre colmenas. Finalmente, el contenido de humedad más bajo se reportó en la miel colectada en la localidad de Urcuquí con un valor promedio de 15.13%. Los valores reportados en esta investigación están dentro de la Normativa INEN, la cual indica que no debe sobrepasar un contenido de humedad del 23%. Sin embargo, Zhang et al. (2021) menciona que la variación del contenido de humedad entre colmenas puede explicarse a varios factores como el estado de maduración

de cada colmena mientras que Mitchell (2019) relaciona con una productividad baja debido a la creación de microclimas dentro de la colmena. Por otro lado, la diferencia del contenido de humedad entre localidad está influenciada por las condiciones ambientales como temperatura, humedad, altitud (El Sohaimy et al., 2015). Por ejemplo, en Imbaya se registró temperatura entre 15.5 °C y una precipitación 75 mm que fueron adecuadas para la producción de miel. Estos resultados coinciden con lo reportado por Suhri & Bahar (2023), quienes señalan que durante las temporadas secas los contenidos de humedad tienden a ser inferiores.

Asimismo, la localidad de Selva Alegre presentó un valor promedio de 17% de contenido de humedad con diferencias mínimas entre colmenas. De manera complementaria, Vosoghi et al. (2025) afirman que las mieles procedentes de zonas más húmedas presentan un mayor porcentaje de agua. Mientras que, en la localidad de Urcuquí se observaron los valores más bajos de humedad del 14% de contenido de humedad con respecto a las demás localidades esto se puede deberse a que el clima en esta zona es más seco o a que la miel alcanzó un grado de maduración completo.

4.9.2. Conductividad eléctrica (mS/cm)

El análisis de varianza (ANOVA) reportó que la conductividad eléctrica de las muestras presentó una variación altamente significativa entre las localidades evaluadas, así como entre colmenas, con un valor de $p < 0.0001$ en ambos casos. Asimismo, la interacción Localidad x Colmena también fue significativa $(p < 0.0001)$, lo que demuestra que el efecto combinado de ambos factores influye en el comportamiento de la conductividad eléctrica, tal como se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6

Análisis de varianza (ANOVA) para la conductividad eléctrica (mS/cm) según localidad y colmena

Fuente de variación	p-value
Localidad	<0.0001
Colmena	<0.0001
Localidad: colmena	<0.0001

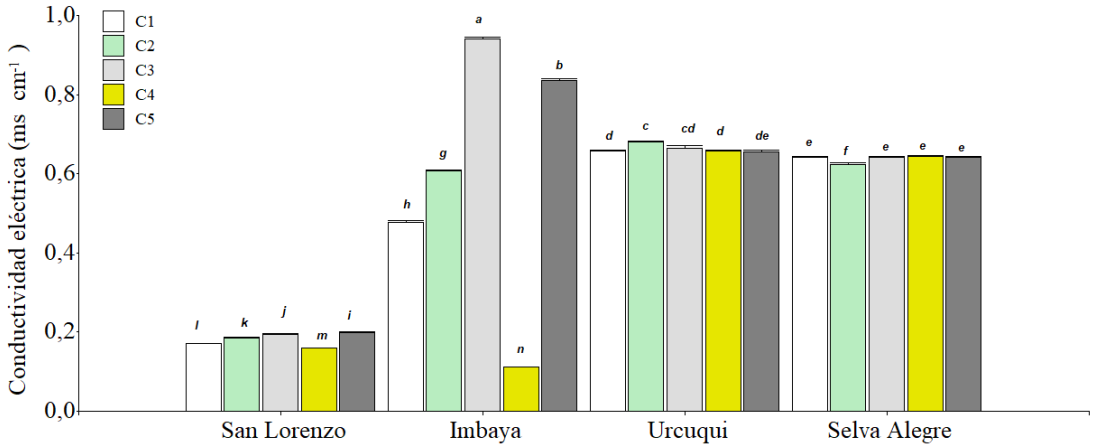
Nota. p < 0,001 indica diferencias altamente significativas entre tratamientos

La conductividad eléctrica es un indicador relevante para determinar el origen floral y la autenticidad de la miel. Este parámetro se relaciona con el contenido de minerales, ácidos orgánicos y otros compuestos que se ionizan en solución, y suele presentar valores más elevados

en mieles de tonalidades oscuras, debido a su mayor contenido de sustancias minerales (Živkov et al., 2018). En el presente estudio, los valores de conductividad eléctrica obtenidos para cada colmena y localidad se muestran en la Figura 11.

Figura 11

Variación de la conductividad eléctrica (mS/cm) entre colmenas y localidades



Nota. C1: colmena 1, C2: colmena 2, C3: colmena 3, C4: colmena 5

Los valores promedio de la conductividad eléctrica mostraron diferencias claras entre las localidades de muestreo. En la localidad de Imbaya, se registró una alta conductividad en las colmenas 3 y 5 que fueron estadísticamente diferente con respecto a las colmenas de las tres localidades restantes. Una conductividad alta puede asociarse con el origen floral, es decir mieles obtenidas de una sola especie reportan valores ≤ 0.8 mS/cm las cuales son consideradas como mielatos y valores menores a mieles florales (Codex Alimentarius, 2001). De acuerdo con el estudio descriptivo de esta localidad, se registró la predominancia del cultivo de caña de azúcar, que podría ser un causante de los valores altos de la conductividad eléctrica. Por otro lado, las localidades de Urcuquí y Selva Alegre reportaron un valor promedio entre 0.66 y 0.64 mS/cm, respectivamente. Mientras que, la localidad de San Lorenzo, registró los valores más bajos con 0.18 mS/cm de conductividad. Esto valores bajos corresponden a mieles florales, característicamente más claras que los mielatos y con menor contenido mineral, de acuerdo a los rangos reportados por Nešović et al. (2020).

4.9.3. Grados brix (ºBx)

El análisis de varianza evidenció que el contenido de sólidos solubles (°Brix) presentó diferencias altamente significativas entre localidades ($p < 0.0001$), lo que indica que el factor geográfico ejerce una influencia determinante sobre la concentración de azúcares presentes en

la miel como se observa en la Tabla 7. Este resultado sugiere que las condiciones ambientales propias de cada zona, como temperatura, humedad relativa y disponibilidad floral, inciden directamente en la acumulación de sólidos solubles.

Tabla 7

Análisis de varianza (ANOVA) para grados Brix (°) según localidad y colmena

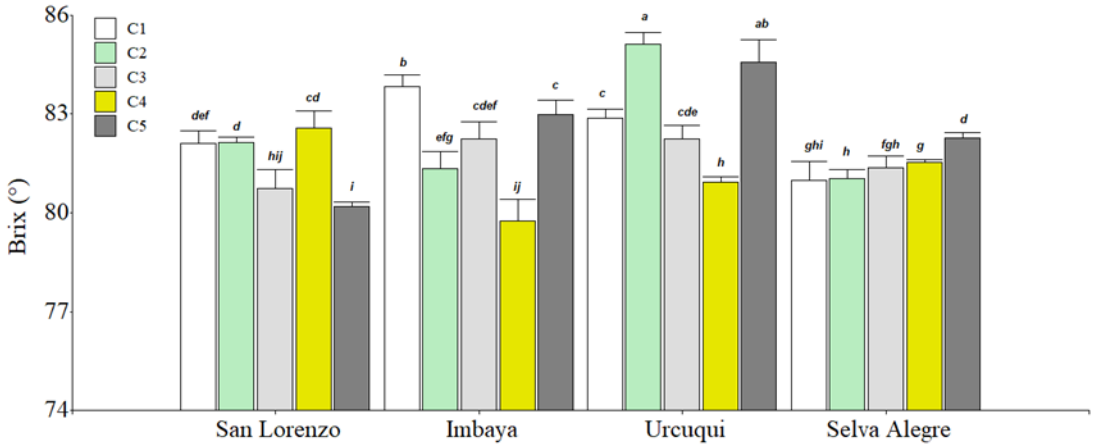
Fuente de variación	p-value
Localidad	<0.0001
Colmena	0.0023
Localidad: colmena	<0.0001

Nota. p < 0,001 indica diferencias altamente significativas entre tratamientos

En la Figura 12 se presenta la variación del contenido de sólidos solubles (°Brix) en mieles provenientes de cinco colmenas en cada una de las localidades evaluadas, lo que permite comparar su comportamiento tanto entre zonas como dentro de cada localidad.

Figura 12

Contenido de sólidos solubles (°Brix) en mieles de cinco colmenas por localidad



Nota. C1: colmena 1, C2: colmena 2, C3: colmena 3, C4: colmena 5

La localidad de Urcuquí presenta los valores más altos de °Brix, destacándose principalmente la colmena C2 (85°), seguida por la colmena C5 (84.6°), las cuales alcanzan los mayores niveles de sólidos solubles lo cual indica una mayor concentración de azúcares en la miel producida en esta localidad. Los valores elevados de °Brix observados en Urcuquí pueden asociarse al origen floral predominante, particularmente a la presencia de caña de azúcar *(Saccharum officinarum),* la cual se caracteriza por un alto contenido de sacarosa en su néctar. Diversos estudios han señalado que la composición del néctar influye directamente en la concentración de sólidos

solubles de la miel, ya que el origen botánico determina el tipo y la proporción de azúcares presentes (Schiassi et al., 2020).

En la localidad de Imbaya, se registran valores relativamente altos en las colmenas C1 (83.8°) y C5 (83°), aunque inferiores a los observados en Urcuquí. Por último, las localidades de San Lorenzo y Selva Alegre presentaron valores más bajos que promedian los 81°. En este sentido, se ha reportado que mieles provenientes de fuentes ricas en azúcares, como cultivos intensivos o especies con alto contenido de sacarosa, tienden a presentar mayores valores de °Brix, reflejando una mayor concentración de sólidos solubles (Mondragón-Cortez et al., 2013). En conjunto, los resultados evidencian que los valores más altos de sólidos solubles se concentran en la localidad de Urcuquí, lo cual está asociado al origen floral predominante, mientras que las demás localidades presentan valores inferiores y una menor variabilidad entre colmenas.

4.9.4. pH

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció que el pH de la miel mostró diferencias marcadas entre las localidades y entre las colmenas ($p < 0.0001$). Además, la interacción Localidad x Colmena presentó un efecto estadístico evidente con un valor de $p < 0.0001$, lo que indica que ambos factores, de manera individual y conjunta, influyen en el comportamiento del pH. Los resultados detallados de este análisis se presentan en la Tabla 8, donde se resumen los valores de p-value correspondientes a cada fuente de variación.

Tabla 8

Análisis de varianza (ANOVA) del pH de la miel según localidad y colmena

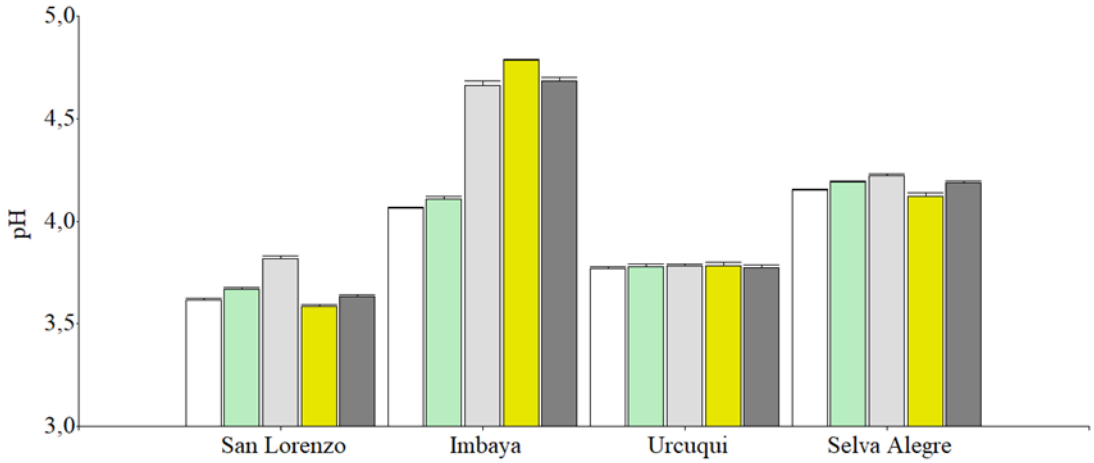
Fuente de variación	p-value
Localidad	<0.0001
Colmena	<0.0001
Localidad: colmena	<0.0001

Nota. p < 0,001 indica diferencias altamente significativas entre tratamientos

En la Figura 13 se presenta la variación del pH de la miel en las diferentes localidades evaluadas, lo que permite identificar el comportamiento de este parámetro en función del origen de las muestras.

Figura 13

Variación del pH de la miel en cuatro localidades evaluadas



En la localidad de Imbaya se presentaron los valores más altos de pH, siendo estadísticamente diferentes con respecto a las demás localidades, con promedios que alcanzan hasta 4.79. Poner puntos Particularmente, las colmenas 4 y 5 de esta localidad, registraron el pH más elevado, sin presentar diferencias significativas entre sí, lo que demuestra un comportamiento uniforme en los máximos de pH dentro de esta zona. Estos resultados podrían estar relacionados con el origen floral predominante de la localidad, ya que el pH de la miel está determinado por la composición del néctar y la existencia de ácidos orgánicos y minerales presentes solamente a cada fuente botánica (Bogdanov et al., 2008). Por otro lado, en la localidad de Selva Alegre se registraron valores intermedios de pH, con promedios cercanos a 4.12 – 4.22, observándose diferencias mínimas entre colmenas, lo que indica una menor variabilidad interna.

Mientras tanto, en las localidades de San Lorenzo y Urcuquí se reportaron los valores más bajos de pH, con promedios aproximados de 3.59 – 3.82 y 3.77 – 3.78, respectivamente. En estas localidades se evidencian diferencias entre colmenas, aunque dentro de un rango reducido de variación. El pH es un parámetro importante en la caracterización de la miel, ya que está directamente relacionado con su acidez y composición química. En este sentido, Karabagias et al. (2014) señalan que valores más altos de pH indican una menor acidez y pueden estar asociados al origen botánico y al contenido mineral de la miel.

La miel posee una capacidad antimicrobiana, atribuida en parte a la formación de peróxido de hidrógeno, un compuesto que actúa como agente protector natural al limitar el desarrollo de bacterias y hongos. A ello se suma su carácter ácido, con valores de pH que suelen situarse

entre 3.2 y 4.5, condición que dificulta la supervivencia y multiplicación de microorganismos (Almasaudi, 2021).

4.9.5. Color

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 9 muestra que el color de la miel presentó diferencias altamente significativas entre localidades, entre colmenas y en la interacción localidad × colmena, con valores de $p < 0.0001$ en todos los casos. Los valores de ANOVA demuestran que el color de la miel es un parámetro altamente sensible a las condiciones del entorno y al comportamiento individual de cada colmena, lo cual refuerza la importancia de considerar ambos factores en la caracterización físico-química de mieles de diversas regiones

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) para el color e interacción según localidad y colmena

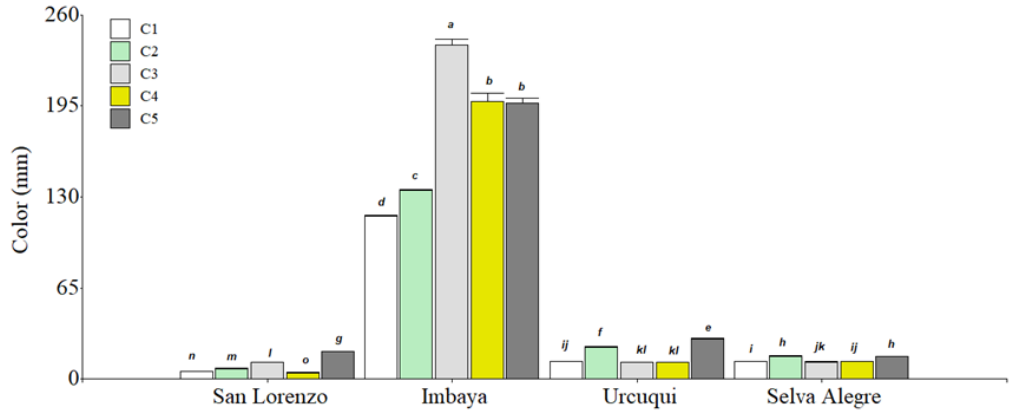
Fuente de variación	p-value
Localidad	<0.0001
Colmena	<0.0001
Localidad: colmena	<0.0001

Nota. P < 0,001 indica diferencias altamente significativas entre tratamientos

En la Figura 14 se presenta la variación del color de la miel expresado en milímetros (mm) para cinco colmenas en cada una de las localidades evaluadas, lo que permite comparar la intensidad de color entre zonas y dentro de cada localidad.

Figura 14

Colorimetría de la miel mediante espectrofotometría



Nota. C1: colmena 1, C2: colmena 2, C3: colmena 3, C4: colmena 5; mm: milímetros

La figura muestra diferencias marcadas en el color de la miel entre localidades y entre colmenas, expresado en milímetros (mm) según la escala de Pfund. Los valores máximos registrados en la localidad de Imbaya, donde todas las colmenas registraron tonalidades mucho más elevadas que los demás lugares. En esta localidad, la colmena 3 presentó el máximo, con cerca de 240 mm, seguida de las colmenas 4 y 5, con cerca de 195 mm. Según la escala de Pfund, estos valores corresponden a la categoría de ámbar oscuro, ya que superan los 114 mm. Así, el comportamiento observado en Imbaya podría asociarse al origen de la miel reportado para esta localidad, caracterizado por melatos de caña de azúcar, ya que las mieles de mielato suelen tener un color más oscuro que las mieles florales. Vasić et al. (2019) señalan que las mieles de mielato, muestran valores más altos de pH, conductividad eléctrica, minerales y compuestos fenólicos en comparación con las mieles de néctar. En la misma línea, Jara-Palacios et al. (2019) indican que las mieles de mielato pueden diferenciarse de las mieles de néctar por su color.

Estudios recientes confirman que las mieles de mielato y algunas mieles oscuras presentan mayor contenido mineral, rasgo estrechamente vinculado con su coloración más intensa. En contraste, en San Lorenzo, la mayoría de las colmenas registraron valores inferiores a 17 mm, lo que corresponde a mieles agua blanca y extra blanca, mientras que la colmena 5, con un valor cercano a 20 mm, se ubica dentro de la categoría blanca. En Urcuquí, los valores oscilaron aproximadamente entre 10 y 28 mm, por lo que sus mieles se clasifican entre extra blanca y blanca. Por su parte, en Selva Alegre, los valores se ubicaron aproximadamente entre 12 y 20 mm, correspondiendo también a mieles extra blancas y blancas.

4.9.6. Acidez Libre

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en la acidez libre de la miel entre localidades con un valor de $p < 0.0001$, lo que indica que el origen geográfico influye de manera determinante en este parámetro químico. Por el contrario, el efecto del factor colmena no fue significativo ($p = 0.4999$), evidenciando que la variabilidad entre colmenas dentro de una misma localidad es mínima. De igual manera, la interacción localidad × colmena ($p = 0,4619$) tampoco presentó significancia estadística, lo que sugiere que las diferencias observadas en acidez libre responden principalmente al factor localidad y no a combinaciones entre ambos factores. Estos resultados se resumen en la Tabla 10.

Tabla 10

Análisis de varianza (ANOVA) de la acidez libre de la miel según localidad y colmena

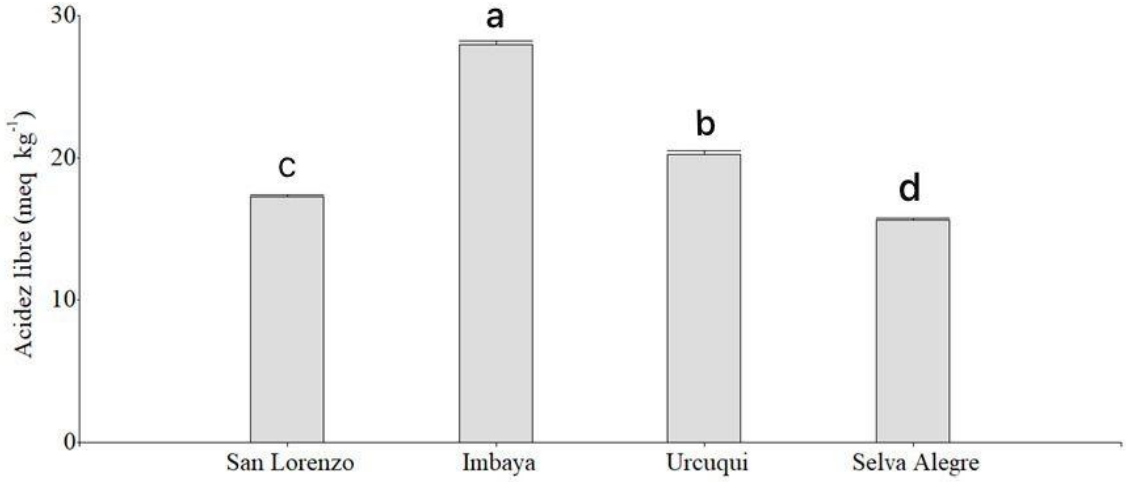
Fuente de variación	p-value
Localidad	<0.0001
Colmena	0.4999
Localidad: colmena	0.4619

Nota. P < 0,001 indica diferencias altamente significativas entre tratamientos

La acidez libre es un parámetro químico fundamental en la evaluación de la calidad de la miel, ya que refleja su contenido de ácidos orgánicos principalmente ácido glucónico, así como su grado de madurez y estabilidad microbiológica. Según El Sohaimy et al. (2015), niveles adecuados de acidez contribuyen a inhibir el desarrollo de microorganismos y están asociados al proceso natural de transformación del néctar dentro de la colmena. Estos resultados se encuentran detallados en la Figura 15, donde se evidencia claramente el efecto significativo del factor localidad sobre la acidez libre.

Figura 15

Variación de la acidez libre (meq kg⁻¹) en mieles de diferentes localidades



Imbaya registró la acidez más alta, con un promedio de 27.97 mEq/kg, evidenciando una mayor concentración de ácidos orgánicos en comparación con las demás zonas. En Urcuquí, la acidez disminuyó a 20.23 mEq/kg, ubicándose en un nivel intermedio dentro del patrón observado. Por su parte, San Lorenzo presentó un valor aún menor, alcanzando 17.27 mEq/kg, mientras que Selva Alegre mostró la acidez más baja del estudio, con 15.63 mEq/kg. La NTE INEN 1572 (1988) establece que la acidez libre de la miel no debe superar los 40 mEq/kg para garantizar su calidad y estabilidad.

La variabilidad de cada una de las localidades influye de acuerdo al origen floral, la época de cosecha, el método de extracción y las condiciones de almacenamiento (Aillu et al., 2024) reportan valores de acidez más bajos en climas secos y más altos en climas cálidos y húmedos, evidenciando la influencia del clima. En este estudio, Imbaya presentó mayor acidez, mientras que Selva Alegre y Cahuasquí, con menor temperatura y altitud, mostraron valores intermedios. Sin embargo, en San Lorenzo pese a su clima cálido y húmedo la acidez fue moderada, lo que indica la influencia de un buen manejo y maduración. Por otro lado, la mayor acidez en Imbaya se asocia a la presencia de mielatos, caracterizados por mayor contenido de compuestos orgánicos y minerales (Tischer et al., 2019). Estos resultados concuerdan con Inaudi et al. (2025), quienes indican que la composición de la miel está influenciada por el origen botánico y geográfico.

4.9.7. Densidad

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 11, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas en la densidad de la miel entre localidades con un valor de $p < 0.0001$. Esto indica que el origen geográfico influye de manera determinante en sobre este parámetro. Por otro lado, el efecto de la colmena dentro de cada localidad no fue significativo ($p = 0.4565$), lo que sugiere que la variación entre colmenas de una misma zona es mínima. Asimismo, la interacción localidad x colmena tampoco mostró efecto significativo ($p = 0.1650$), indicando que la respuesta de las colmenas en términos de densidad es consistente dentro de cada localidad y no depende del cruce entre ambos factores.

Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) de la densidad según localidad y colmena

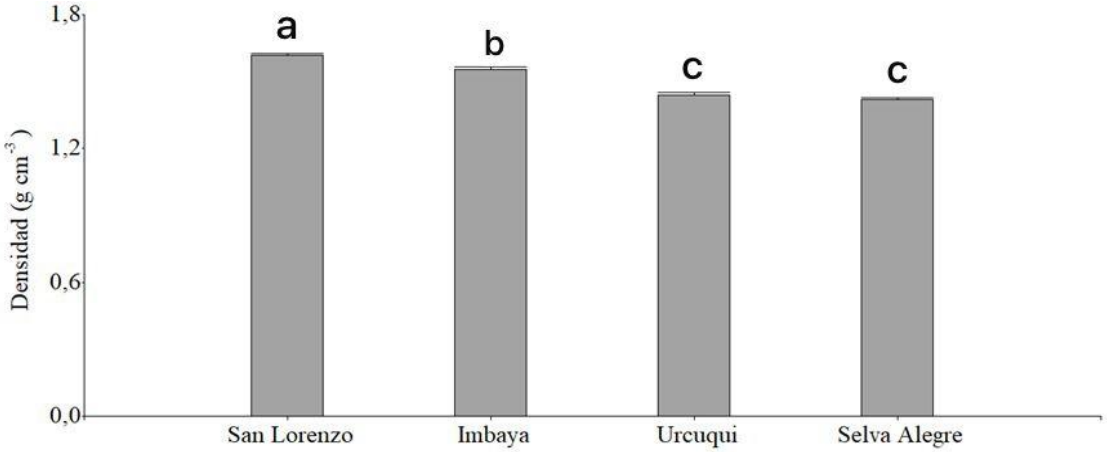
Fuente de variación	p-value
Localidad	<0.0001
Colmena	0.4565
Localidad: colmena	0.1650

Nota. P < 0.001 indica diferencias altamente significativas entre tratamientos

La densidad es un parámetro físico estrechamente relacionado con el contenido de sólidos solubles presentes en la miel y constituye un indicador de madurez y calidad del producto. Albu et al. (2025) reportan que la densidad aumenta conforme la miel presenta menor contenido de agua y mayor concentración de azúcares. En la Figura 16 se ilustran los valores de densidad obtenidos para las localidades evaluadas.

Figura 16

Variación de la densidad (g cm⁻³) en mieles de distintas localidades



San Lorenzo presentó el valor más alto, con una densidad media de 1.62 g *cm⁻³*. Imbaya alcanzó un valor intermedio de 1.55 g cm⁻³, menor a la de San Lorenzo pero superior a las otras dos localidades. Por su parte, Urcuquí con 1.44 g cm⁻³ y Selva Alegre 1.42 g cm⁻³ conformaron el grupo de menor densidad, sin diferencias estadísticas entre ellas. De acuerdo con la NTE INEN 1572 (1988), el valor mínimo de la miel es de 1.37 g cm⁻³, por lo que los resultados obtenidos se encuentran dentro de este parámetro. La densidad de la miel está influenciada por el contenido de agua, concentración de azúcares, origen botánico, condiciones climáticas, la altitud, manejo y almacenamiento (Osuagwu et al., 2020).

Sin embargo, en San Lorenzo, a pesar de presentar la mayor densidad, la relación humedad y los grados brix no fue proporcional, lo que indica que no depende únicamente de las variables fisicoquímicas. En este sentido, Yang et al. (2025) señalan que la temperatura y la ventilación de la colmena incrementan la evaporación del néctar, elevando su concentración y, por ende, la densidad. Por lo tanto, el clima cálido de San Lorenzo favorece a este proceso de maduración de la miel.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el diagnóstico descriptivo de 5 localidades productoras de miel registran cerca de 170 colmenas, Cachaco presentó el mayor rendimiento promedio con 27 kg. Además, las cuatro localidades reportaron presencia de varroa y particularmente la localidad de Cachaco también registró presencia de nosemosis. Las especies como sabaleto, aguacate, cítricos, eucalipto y pumamaqui fueron las más predominantes en las localidades en estudio.

- El origen geográfico y el entorno botánico influyeron sobre los parámetros fisicoquímicos de la miel. La miel colectada de Urcuquí registró el menor contenido de humedad (15.13%) y los mayores valores de sólidos solubles (84 °Brix). Por su parte, Imbaya destacó por presentar los valores más altos de pH (4.46), acidez libre (27.97 mE/kg), conductividad eléctrica (0.60 mS/cm) y color (240 mm), características relacionadas con mieles de mielato. En contraste, San Lorenzo, localizada a menos altitud y con temperaturas elevadas, registró la menor conductividad eléctrica (0.18 mS/cm) y la mayor densidad (1.62 g/ cm^{-3}), atributos característicos de mieles florales claras y con menor contenido mineral.

5.2. Recomendaciones

- Considerar y dejar constancia de las épocas de floración predominantes de cada localidad con el objetivo de favorecer el momento de la cosecha de miel de mayor oferta floral, lo que permitirá obtener muestras más homogéneas y representativas, facilitando así una menor variabilidad de los parámetros fisicoquímicos analizados.

- Realizar una trazabilidad de las colmenas para disponer de información amplia sobre el manejo y composición.

REFERENCIAS

Abashidze, N., Djafaridze, I., Vanidze, M., Khakhutaishvili, M., Kharadze, M., Kartsivadze, I., Davitadze, R., & Kalandia, A. (2024). Physicochemical characterization and antioxidant activity of Jara honey produced in Western Georgia. *Applied Sciences, 14*(16), 6874. https://doi.org/10.3390/app14166874

Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (Agrocalidad). (2020). *Enfermedades de las abejas y su control en el Ecuador*. Agrocalidad.

Aili, A., Zibouh, K., Eddamsyry, B., Drioiche, A., Fetjah, D., Ayyad, F. Z., Mothana, R. A., Hawwal, M. F., Radi, M., Tarik, R., Elomri, A., Mouradi, A., & Zair, T. (2024). Physicochemical characterization of Moroccan honey varieties from the Fez–Meknes region and their antioxidant and antibacterial properties. *Metabolites, 14*(7), 364. https://doi.org/10.3390/metabo14070364

Albu, A., Bora, F., Cucu-Man, S., Stoleru, V., Nistor, C.-E., Brumă, I., & Rusu, O. (2025). Assessing honey quality: A focus on some physicochemical parameters of honey from Iași County (Romania). *Agriculture, 15*(3), 333. https://doi.org/10.3390/agriculture15030333

Almasaudi, S. (2021). The antibacterial activities of honey. *Saudi Journal of Biological Sciences, 28*(4), 2188–2196. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.017

Arteaga, C. (2022). *Problemas sanitarios en* Apis mellifera *en la región Sierra del Ecuador* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. 43p.

Becerril, J., & Hernández, F. (2020). Apicultura: Su contribución al ingreso de los hogares rurales del sur de Yucatán. *Península, 15*(2), 9–29. https://doi.org/10.1016/j.pnsla.2020.01.001

Bertoni, D., Aletti, G., Ferrandi, G., Micheletti, A., & Pretolani, R. (2025). Assessing the environmental, social and economic sustainability of beekeeping activities. *Journal of Cleaner Production, 430*, 142137. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.142137

Blacquière, T., Smagghe, G., Van Gestel, C., & Mommaerts, V. (2012). Neonicotinoids in bees: A review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology, 21*(4), 973–992. https://doi.org/10.1007/s10646-012-0863-x

Bogdanov, S. (2006). Contaminants of bee products. *Apidologie, 37*(1), 1–18. https://doi.org/10.1051/apido:2005043

Cajamarca, D., Paredes, M., Cabrera, C., Velasco, L., & Vaca, M. (2020). Agroquímicos: Enemigos latentes para los polinizadores y la producción de alimentos primarios que agonizan. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*. https://www.eumed.net/rev/cccss/

Cabrera, J. (2012). *La apicultura en el Ecuador: Antecedentes históricos*. Laboratorios La Melífera.

Cantú-Martínez, P. (2024). La apicultura como práctica para la sustentabilidad. *Ciencia UANL, 27*(126), 1–8.

Codex Alimentarius Commission. (2001). *Revised Codex Standard for Honey (CODEX STAN 12-1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001)).* FAO/WHO. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius

Durazzo, A., Lucarini, M., Plutino, M., Lucini, L., Aromolo, R., Martinelli, E., Souto, E., Santini, A., & Pignatti, G. (2021). Bee products: A representation of biodiversity, sustainability, and health. *Life, 11*(9), 970. https://doi.org/10.3390/life11090970

El Sohaimy, S., Masry, S., & Shehata, M. (2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences, 60*(2), 279–287. https://doi.org/10.1016/j.aoas.2015.10.015

Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., & Seijo, M. (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry, 149*, 84–90. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.097

Espinosa-Aguilar, M., García-Batista, R., & Pérez, H. (2025). Impacto de la fertilización orgánica y convencional en la productividad y calidad de frutos. *Revista Científica Agroecosistemas, 13*, e762.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1996). *Value-added products from beekeeping*. FAO. https://www.fao.org/3/w0076e/w0076e00.htm

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *Good beekeeping practices: Practical manual on how to identify and control the main diseases of the honeybee (Apis mellifera).* FAO. https://www.fao.org/3/i0842e/i0842e00.pdf

Fries, I. (2010). Nosema ceranae in European honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Invertebrate Pathology, 103*(Suppl. 1), S73–S79. https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.017

Gortaire, R. (2016). Agroecología en el Ecuador: Proceso histórico, logros y desafíos. *Antropología: Cuadernos de Investigación, 17*, 12–38.

Guallpa-Calva, M., Guilcapi-Pacheco, E., & Espinoza-Espinoza, A. (2020). Estimación de la flora melífera para la productividad apícola de la Estación Experimental Tunshi en el sector de Licto, Riobamba. *Dominio de las Ciencias, 6*(2), 181–202. https://doi.org/10.23857/dc.v6i2.1162

Inaudi, P., Garzino, M., Abollino, O., Malandrino, M., & Giacomino, A. (2025). Honey: Inorganic composition as possible marker for botanical and geological assignment. *Molecules, 30*(7), 1466. https://doi.org/10.3390/molecules30071466

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1988). *NTE INEN 1572: Miel de abeja. Requisitos*. INEN.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2008). *Estructura del sector agropecuario del Ecuador*. INEC.

Jara-Palacios, M., Hernanz, D., Cifuentes-Gómez, T., Escudero-Gilete, M., Heredia, F., & Terrab, A. (2019). Physicochemical properties, colour, chemical composition, and antioxidant activity of Spanish *Quercus* honeydew honeys. *European Food Research and Technology, 245*(9), 2017–2026. https://doi.org/10.1007/s00217-019-03316-6

Karakaya, E., İnci, H., & Toplu, O. (2023). Determination of the factors affecting honey production per colony in Bingöl beekeeping enterprises. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 33*(3), 429–440. https://doi.org/10.29133/yyutbd.1272465

Kovac, H., Käfer, H., & Stabentheiner, A. (2018). The energetics and thermoregulation of water collecting honeybees. *Journal of Comparative Physiology A, 204*(9–10), 783–790. https://doi.org/10.1007/s00359-018-1278-9

Maggi, M., Antúnez, K., Invernizzi, C., Aldea Sánchez, P., Vargas, M., Negri, P., Brasesco, C., De Jong, D., Message, D., Teixeira, É. W., & Ruffinengo, S. (2016). Honeybee health in South America. *Apidologie, 47*(6), 835–854. https://doi.org/10.1007/s13592-016-0445-7

Martínez, L. (2013). *La agricultura familiar en el Ecuador* (Documento de Trabajo N.º 147). Rimisp – Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.

Mina, D., Carpio, C., Rivera, M., Rebaudo, F., & Dangles, O. (2025). Pesticidas y su impacto sobre la entomofauna en fincas de agricultores andinos del Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida, 41*(1), 6–20. https://doi.org/10.17163/lgr.n41.2025.01

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *Plan estratégico institucional 2017–2021*. MAG. https://www.agricultura.gob.ec

Mitchell, E., Mulhauser, B., Mulot, M., Mutabazi, A., Glauser, G., & Aebi, A. (2017). A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science, 358*(6359), 109–111. https://doi.org/10.1126/science.aan3684

Mondragón-Cortez, P., Ulloa, J., Rosas-Ulloa, P., Escalante-Aburto, A., & Velazquez-Contreras, C. (2013). Physicochemical characterization of honey from Mexico. *CyTA – Journal of Food, 11*(1), 7–13. https://doi.org/10.1080/19476337.2012.658779

Nešović, M., Gašić, U., Tosti, T., Horvacki, N., Šikoparija, B., Nedić, N., Tešić, Ž., & Milojković-Opsenica, D. (2020). Physicochemical analysis and phenolic profile of polyfloral and honeydew honey from Montenegro. *RSC Advances, 10*, 2462–2471. https://doi.org/10.1039/C9RA09049D

Osuagwu, O., Oyerinde, A., Onipede, A., & Ombugadu, A. (2019). Comparative studies of the physicochemical properties and mineral elements of honey produced in the Guinea Savannah zones of Nigeria. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research, 24*(5), 1–5.

Paray, B., El-Seedi, H., Albeshr, M., Al-Misned, F., & Rather, I. (2021). Honeybee nutrition and pollen substitutes: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences, 28*(1), 1167–1176. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.053

Penagos, Á., Ospina, J., & Rincón, L. (2023). Sistemas agroalimentarios sostenibles. *Naturaleza y Sociedad, 7*, 1–15.

Pino, J. (2012). Determinación del origen floral de la miel de abeja mediante el análisis de los componentes volátiles. *Ciencia y Tecnología de Alimentos, 22*(1), 72–75.

Quiralte, D., Fernández-Muiño, M., Sancho, M., & Simal-Gándara, J. (2023). Urban honey: A review. *Sustainability, 15*(5), 2764. https://doi.org/10.3390/su15052764

Rosenkranz, P., Aumeier, P., & Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology, 103*(Suppl. 1), S96–S119. https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.016

Saucedo, S., y Salazar, J. (2024). Uso de fertilizantes químicos en el fomento productivo agrícola del Ecuador. *Revista Killkana Técnica, 8*(1), 27–38.

Schiassi, M., Souza, V., Lago, A., Campos, L., Queiroz, F., & Vieira, E. (2021). Quality of honeys from different botanical origins. *Journal of Food Science and Technology, 58*(11), 4167–4177. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04940-7

Struelens, Q., Van der Steen, J., y Decourtye, A. (2022). Pesticide misuse among small Andean farmers. *PLOS Sustainability and Transformation, 1*(6), e0000017. https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000017

Suhri, A., & Bahar, I. (2023). Water content of stingless bee honey varies by season. *Jurnal Biologi Tropis, 23*(2), 16–22.

Terrab, A., Díez, M., & Heredia, F. (2003). Palynological and physicochemical characterization of Moroccan honeys. *International Journal of Food Science & Technology, 38*(4), 387–394. https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2003.00683.x

Tigistu, T., Worku, Z., & Mohammed, A. (2021). Evaluation of physicochemical properties of honey. *Heliyon, 7*(4), e06803. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06803

Tischer, P., Dos Santos, M., Da Silva, S., & De Souza, N. (2019). An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. *Food Research International, 119*, 44–66. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.028

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (Resolution A/RES/70/1). United Nations. https://sdgs.un.org/2030agenda

Vasić, V., Gašić, U., Stanković, D., Lušić, D., Vukić-Lušić, D., Milojković-Opsenica, D., Tešić, Ž., & Trifković, J. (2019). Towards better quality criteria of European honeydew honey: Phenolic profile and antioxidant capacity. *Food Research International, 122*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.045

Van der Sluijs, J., Simon-Delso, N., Goulson, D., Maxim, L., Bonmatin, J.-M., & Belzunces, L. (2013). Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Current Opinion in Environmental Sustainability, 5*(3–4), 293–305. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.05.007

Vîjan, L., Mazilu, I., Enache, C., Enache, S., & Topală, C. (2023). Botanical origin influence on honey physicochemical characteristics and antioxidant properties. *Foods, 12*(11), 2134. https://doi.org/10.3390/foods12112134

Vosoghi, M., Yousefi, S., & Honarvar, M. (2025). Physicochemical and sensory properties of honey powder. *Applied Food Research, 5*, 100843. https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100843

Yang, S., Meng, Q., Ye, T., Wang, J., Zhao, W., Tian, Y., & Dong, K. (2025). Impact of comb cell diameter on nectar evaporation efficiency in honey bees. *Insects, 16*(1), 71. https://doi.org/10.3390/insects16010071

Živkov, M., Jakšić, S., Knežević, S., Mihaljev, Ž., & Kapetanov, M. (2018). Electrical conductivity and acidity of honey. *Archives of Veterinary Medicine, 11*(1), 91–101. https://doi.org/10.46784/e-avm.v11i1.136

ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTAS REALIZADAS A LOS APICULTORES DE LAS DISTINTAS LOCALIDADES

CARACTERISTICAS DE LA PRODUCCION APICOLA

¿Qué tamaño de producción maneja?

- Pequeño (5 a 50 colmenas)
- Mediano (50 a 200 colmenas)
- Grande (200 o más colmenas)

¿Cuántas colmenas maneja actualmente?

_____

¿Qué productos apícolas obtiene principalmente?

- Miel
- Polen
- Propóleo
- Jalea real
- Otro

¿Ofrece servicios de polinización?

_____

¿Cuál es el rendimiento promedio de miel por colmena?

_____

MANEJO DE COLMENAS

¿Con que frecuencia realiza inspección a sus colmenas?

- Semanal
- Quincenal
- Trimestral
- Mensual

¿Realiza transhumancia?

- Si
- No

¿Cada que tiempo lo hace?

_____

NUTRICION DE COLMENAS

¿Utiliza alimentación artificial para sus colmenas?

- Si
- No

¿Qué tipo de alimentación brinda?

- Jarabe de azúcar
- Suplementos proteicos
- Otros

_____

¿Cuál es la principal fuente de agua para las abejas?

- Pozos
- Acequias
- Estanques
- Ríos
- Otro

_____

¿Recibe asesoramiento técnico para el manejo de las colmenas y enfermedades?

- Si
- No

SANIDAD Y MANEJO DE ENFERMEDADES

¿Qué enfermedades afectan frecuentemente a sus colmenas?

- Varroa
- Loque americana
- Loque europea
- Nosemosis
- Otro

_____

¿Qué tratamientos utiliza para controlar estas enfermedades?

- Ácido oxálico
- Antibióticos
- Tratamientos naturales
- Otro

_____

EQUPOS DE ENVASADO

¿Qué tipo de equipo utiliza para la cosecha de la miel?

- Extractores manuales
- Extractores automáticos
- Otro

_____

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

¿Cómo comercializa sus productos apícolas?

- Mercado local
- Distribuidores
- Venta directo al consumidor
- Otro

_____

¿Cuál es el costo por cada kilogramo de miel?

_____

ENTORNO AGRÍCOLA Y CULTIVOS CERCANOS

¿Se dedica exclusivamente a la producción apícola o tal vez tiene algún producto agrícola?

- Si
- No

Indique los productos

_____

¿Cuáles son las especies vegetativas cercanas a sus colmenas?

_____

¿Qué cultivos están presentes en los terrenos vecinos o cercanos?

_____

¿Qué productos fitosanitarios (insecticidas, fungicidas, etc) suelen utilizar sus cultivos o en los cultivos cercanos?

_____

¿Existen actividades agrícolas cercanas que pueden influir en la producción apícola?

- Si
- No

¿Cuáles?

- Pasturas
- Frutales
- Hortalizas
- Otro

Otro

_____

En su experiencia, ¿ha visto que la producción de miel se ve afectada por fumigaciones o uso de pesticidas?

- Si
- No

ANEXO B. ENCUESTAS REALIZADAS A LOS AGRICULTORES DE LAS DISTINTAS LOCALIDADES

CARACTERISTICAS DE LA FINCA O TERRENO

Tipo de propiedad:

- Propia
- Arrendada
- Otro

_____

Tamaño total (m2)

_____

Área cultivada (m2)

_____

SISTEMA DE PRODUCCION Y PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

¿Qué tipo de sistema de producción utiliza predominantemente?

- Convencional
- Agroecológico
- Mixto
- Otro

Otro

_____

Especifique los tipos de cultivos que realiza

_____

¿Qué labores culturales realiza en sus cultivos?

- Preparación de suelos
- Siembra directa
- Fertilización
- Control de malezas
- Control de plagas y enfermedades
- Cosecha
- Postcosecha

- Otro

_____

USO DE INSUMOS AGRÍCOLAS

¿Utiliza fertilizantes en sus cultivos?

- Si
- No

¿Qué tipos de fertilizantes utiliza?

- Químicos
- Orgánicos
- Ambos

¿Utiliza pesticidas en sus cultivos?

- Si
- No

¿Qué tipos de pesticidas utiliza?

- Insecticidas
- Pesticidas
- Herbicidas
- Otro

_____

¿Conoce si los pesticidas que utiliza contienen neonicotinoides? (Envases de sello rojo y amarillo)

- Si
- No
- No estoy seguro

¿Está al tanto que ciertos pesticidas pueden afectar negativamente a las abejas y otros polinizadores?

- Si
- No

¿Ha observado una disminución en la población de abejas en su finca o terreno en los últimos años?

- Si
- No

¿Ha recibido capacitaciones o información sobre prácticas agrícolas que protejan a las abejas y otros polinizadores?

- Si
- No

¿Implementa alguna práctica para proteger a alas abejas en su finca? Ejemplo: uso reducido de pesticidas, horarios de aplicación, conservación de hábitats.

- Si
- No

ANEXO C. FOTOGRAFÍAS TOMADAS DENTRO DEL ESTUDIO



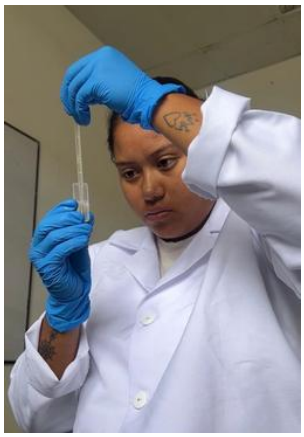
Color Ámbar de la miel



Color Ámbar oscuro



Toma de Ph de la miel



Disolución para colorimetría



Encuesta hacia agricultores



Recolección muestras