



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Estudio palinológico y fisicoquímico
en mieles producidas por abejas
Apis mellifera en el piedemonte
llanero del Departamento del Meta**

Sandra Johanna Castañeda Carrillo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias
Bogotá, Colombia
2025

Estudio palinológico y fisicoquímico en mieles producidas por abejas *Apis mellifera* en el piedemonte llanero del Departamento del Meta

Sandra Johanna Castañeda Carrillo

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director (a):

Ph.D., Consuelo Diaz-Moreno

Codirector (a):

Doctor Jesús Orlando Rangel Churio

Línea de Investigación:

Calidad de los alimentos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

Bogotá, Colombia

2025

Dedicatoria

*A papito Dios y la Virgencita, por permitirme
llegar a la meta.*

*A mi esposo, mi hijo, Bella, por el apoyo
incondicional y cada granito de amor.*

*A mis padres, hermanos, amiga del cora por
su apoyo, su confianza y su amor.*

*“A veces visita la confusión, pero no falta la
motivación de querer lograrlo...” (Karol G,
2025)*

Agradecimientos

Agradezco con todo el corazón a papito Dios y la Virgen María por las bendiciones concedidas a mi familia, por concederme retomar y completar este meta.

A mi esposo Hugo H. Ballesteros Ch. por su apoyo, amor, comprensión, ánimo y estar siempre a mi lado y compartir sueños.

A mi hijo Santiago Ballesteros C. por ser un niño maravilloso, por sus besos, abrazos, palabras llenas de energía y haber iniciado conmigo hace algún tiempo este proceso.

A Bellita, la muñeca de la casa, por ser la compañía en noches y madrugadas, por todo su amor y recargue de energía.

A mis padres Carmen Rosa y Pedro Castañeda, hermanos John Fredy y Yannet, amiga del cora Ana Milena Ortega, por ser incondicionales, por su amor y apoyo en cada desplazamiento a Bogotá, por brindarme fortaleza y estar siempre a mi lado; por mis sobrinos Andres Felipe y Juliana, parte maravillosa de mi vida.

A Edna Bernal por su apoyo incondicional en este proceso, por todas las recargas emocionales brindadas y por ser una gran amiga.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Consejo Superior Universitario, Facultad de Ciencias Agrarias y por permitirme retornar mis estudios y concluirlos.

A la doctora Amanda Consuelo Díaz por su apoyo en la dirección de mi tesis y todos sus aportes en mi formación profesional.

En especial al doctor Orlando Rangel Churio por su apoyo, paciencia y compromiso, por compartir de manera sencilla y amplia su conocimiento, logrando transmitir su aprendizaje que me fortaleció a nivel académico y personal.

A Agrosavia por el tiempo laboral concedido para realizar mis estudios.

Agradezco a los siguientes apicultores y entidades: Mayra Villalobos del Centro de Investigación La Libertad de Agrosavia (Apiarios Represa y Cauchos), Hugo Ballesteros (Apiario Cachón), Manuel Ostos (Apiario Ostos), Héctor Fabio Huertas (Apiario Huertas, Sena El Hachón) y Fabio Robles (Apiario Robles) que confiaron en este trabajo y en mi para realizar la caracterización de sus mieles.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA, especialmente Carol Cortés y Cristina Lizarazo por el apoyo brindado en las aclaraciones de laboratorio, igualmente a Alejandra Gonzales, Jazmín García, Carlos Rodríguez y Martha Esguerra, por su apoyo y disposición en las actividades académicas y las realizadas en este laboratorio.

A los profesores que me acompañaron en este proceso de aprendizaje, los doctores Carlos Alberto Fuenmayor Bobadilla y Héctor Suarez Mahecha por su alto compromiso académico, por las herramientas brindadas y el conocimiento compartido que brindo herramientas invaluableles en mi vida profesional.

Especialmente a Mauricio Fierro, Fernanda Camargo, Yenny Mosquera y Jenny Cáceres por su apoyo en las actividades desarrolladas en campo y laboratorio, por ser una luz cálida en los días oscuros y lluviosos, por disfrutar al máximo en campo conmigo, de cada caída, de cada resbalada, de las cosas que nos sorprendían y en general de lo que aprendimos juntos y el aporte que ellos tuvieron en este trabajo.

A Sixta Cambindo y Alejandro Cuellar por su sonrisa, apoyo incondicional, su ayuda en el mantenimiento del material y lo recursivos en la solución de inquietudes que se generaron en el transcurso de este trabajo.

Resumen

Estudio palinológico y fisicoquímico en mieles producidas por abejas *Apis mellifera* en el piedemonte llanero del Departamento del Meta

En 26 muestras de miel de abejas y cinco de propóleo cosechadas en seis apiarios (*Robles, Ostos, Represa, Cauchos, Cachón y Huertas*) ubicados en Piedemonte llanero, municipio de Villavicencio (Meta, Colombia), se realizaron análisis palinológicos y fisicoquímicos. En el componente palinológico, se identificaron 159 tipos polínicos en miel y 27 en propóleos, en 36 familias de las cuales el mayor número de especies pertenecen Melastomataceae, Fabaceae, Myrtaceae y Arecaceae. En miel 45 palinomorfos se encontraron en la mayoría de las muestras y fueron calificados como de “amplia distribución”. Se diferenciaron dos grupos, un dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* (14 muestras y 25 palinomorfos) y otro por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* (12 muestras y 41 palinomorfos). Los contenidos de polen (composición) variaron según el año de cosecha, en 2022 en tres muestras de miel, pertenecientes al grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul*, se encontraron siete palinomorfos únicos y fueron importantes *Mimosa púdica* y *Eucalyptus pellita*. No se encontró representación del grupo dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava*. En 2023, en siete muestras de miel (representación de los dos grupos) se identificaron dieciocho palinomorfos únicos y fueron importantes *Mimosa púdica*, *Eucalyptus pellita* y *Syzygium jambos*. En 2024, en dieciséis muestras pertenecientes (representación de los dos grupos), se identificaron cincuenta y cinco palinomorfos únicos y los dominantes fueron *Mimosa púdica*, *Mimosa albida*, *Elaeis guineensis* y *Alchornea sp.* Se calificó la muestra ML13 del grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* (con polen dominante de *Mimosa púdica* frecuencia relativa del 49,8%) como monofloral y las restantes 25 muestras fueron multiflorales.

En los propóleos se reconocieron 27 tipos polínicos de “amplia representación”. En el grupo dominado por *Elaeis oleifera* - *Psidium guajava* se identificaron 23 palinomorfos, y 10 palinomorfos en *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul*. De las especies de amplia distribución se destacan *Emilia sonchifolia*, *Mimosa púdica*, *Eucalyptus pellita*, *Euphorbia milii*, *Mimosa trianae* y *Syzygium jambos*. En el propóleo se encontraron exclusivamente los granos de polen de las especies *Browallia americana*, *Brunfelsia pauciflora*, *Geophila repens*, *Oxalis barrelieri* y *Pavonia sepium*.

En cuanto a las características fisicoquímicas, en general los valores promedio fueron humedad 19,69%, actividad de agua 0,612, sólidos solubles totales 78,92°Bx, pH 4,32, acidez libre 33,83meq/Kg, acidez láctónica 5,65meq/Kg, acidez total 39,38meq/Kg, HMF 59,56mg/Kg, actividad diastasa 13,78DN, cenizas 0,177%, conductividad eléctrica 0,669 mS/cm, color pfund 56,51mm, contenido fenoles totales 22,66 mgCAE/100g, contenido flavonoides totales 2,69 mgQE/100g, capacidad antioxidante TEAC 135,49 µlmol TE/100g y DPPH 58,73 µlmol TE/100g. Los valores promedio para minerales fueron potasio 160,93 mg/100g, calcio 16,87mg/100g, magnesio 6,67 mg/100g, fósforo 5,91 mg/100g, sodio 4,12 mg/100g, manganeso 0,38mg/100g, hierro 0,25 mg/100g y zinc 0,18 mg/100g; los análisis para los metales pesados Cadmio y Plomo arrojaron resultados negativos (ausentes). En ocho muestras de miel se detectó la presencia de polifenoles ácido p-hidroxibenzoico, ácido p-cumárico, luteolina, quercetina, ácido cafeico, epicatequina, naringenina y teobromina.

A nivel de grupo, según la composición palinológica, en *Elaeis oleifera* - *Psidium guajava* predominan valores bajos para cenizas, minerales fósforo, sodio, hierro, zinc y fenoles totales; valores altos en acidez láctónica, acidez total y en minerales magnesio. En el grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* predominan valores bajos en acidez libre, acidez láctónica, acidez total, actividad diastasa, en minerales potasio, fósforo, sodio, hierro, manganeso y zinc, mientras que, en conductividad eléctrica, fenoles y flavonoides totales los valores fueron altos.

Los valores encontrados en el análisis de humedad, conductividad eléctrica, acidez libre, actividad diastasa e hidroximetilfurfural cumplieron con lo indicado en la normatividad Norma Técnica Colombiana 1273:2023 y Codex Alimentarius Norma para la miel CXS 12-1981

adoptada en 1981, revisada en 1987 y 2001, enmendada en 2019 y 2022. Las mieles del Piedemonte llanero se caracterizan por su diversidad polínica y selectividad floral definida, tiene un perfil fisicoquímico con valores altos de acidez libre, acidez total, actividad diastasa, conductividad eléctrica, contenido de fenoles totales, cantidades diferenciales en los minerales potasio, magnesio, sodio y manganeso; presentan tono diferencial de color Pfund que va de ámbar extra claro a ámbar claro y una capacidad antioxidante alta por el método TEAC en comparación a otros estudios en el país que respalda su potencial funcional y valor comercial en el contexto apícola del departamento del Meta.

Palabras clave: (Miel, palinología, fisicoquímico, *Apis mellifera*, Piedemonte llanero)

Abstract

Palynological and Physicochemical Study of Honeys Produced by *Apis mellifera* Bees in the Piedmont Region of the Meta Department

Palynological and physicochemical analyses were performed on 26 honey samples and five propolis samples collected from six apiaries (Robles, Ostos, Represa, Cauchos, Cachón, and Huertas) located in the foothill region of the eastern flatlands, municipality of Villavicencio (Meta, Colombia). In the palynological component, 159 pollen types were identified in honey and 27 in propolis, spanning 36 botanical families. The families with the highest species representation were Melastomataceae, Fabaceae, Myrtaceae, and Arecaceae. Forty-five palynomorphs were found in the majority of honey samples and were classified as “widely distributed.” Two main groups were distinguished: one dominated by *Elaeis oleífera* – *Psidium guajava* (14 samples and 25 palynomorphs), and another by *Plumeria rubra* – *Verbena officinalis-azul* (12 samples and 41 palynomorphs).

Pollen content (composition) varied according to the harvest year. In 2022, three honey samples belonging to the *Plumeria rubra* – *Verbena officinalis-azul* group contained seven unique palynomorphs, with *Mimosa pudica* and *Eucalyptus pellita* being significant. No representation of the *Elaeis oleífera* – *Psidium guajava* group was found. In 2023, seven honey samples (representing both groups) contained eighteen unique palynomorphs, with *Mimosa pudica*, *Eucalyptus pellita*, and *Syzygium jambos* as important contributors. In 2024, sixteen samples (representing both groups) contained fifty-five unique palynomorphs, with *Mimosa pudica*, *Mimosa albida*, *Elaeis guineensis*, and *Alchornea* sp. being dominant.

Sample ML13 from the *Plumeria rubra* – *Verbena officinalis-azul* group (with *Mimosa pudica* pollen at a relative frequency of 49.8%) was classified as monofloral, while the remaining 25 samples were multifloral. In propolis, 27 widely represented pollen types were recognized. In the *Elaeis oleífera* – *Psidium guajava* group, 23 palynomorphs were identified, while the *Plumeria rubra* – *Verbena officinalis-azul* group contained 10 palynomorphs. Among the widely distributed species, *Emilia sonchifolia*, *Mimosa pudica*,

Eucalyptus pellita, *Euphorbia milii*, *Mimosa trianae*, and *Syzygium jambos* stood out. Pollen grains from *Browallia americana*, *Brunfelsia pauciflora*, *Geophila repens*, *Oxalis barrelieri*, and *Pavonia sepium* were found exclusively in propolis.

Regarding physicochemical characteristics, the average values were as follows: moisture 19.69%, water activity 0.612, total soluble solids 78.92°Bx, pH 4.32, free acidity 33.83 meq/kg, lactic acidity 5.65 meq/kg, total acidity 39.38 meq/kg, HMF (hydroxymethylfurfural) 59.56 mg/kg, diastase activity 13.78 DN, ash content 0.177%, electrical conductivity 0.669 mS/cm, Pfund color 56.51 mm, total phenolic content 22.66 mg GAE/100g, total flavonoid content 2.69 mg QE/100g, antioxidant capacity (TEAC) 135.49 μ mol TE/100g, and DPPH 58.73 μ mol TE/100g. The mean mineral contents were Potassium (160.93 mg/100g), Calcium (16.87 mg/100g), Magnesium (6.67 mg/100g), Phosphorus (5.91 mg/100g), Sodium (4.12 mg/100g), Manganese (0.38 mg/100g), Iron (0.25 mg/100g), and Zinc (0.18 mg/100g). Analyses for the heavy metals Cadmium and Lead yielded negative (absent) results. In eight honey samples, the presence of polyphenols such as p-hydroxybenzoic acid, p-coumaric acid, luteolin, quercetin, caffeic acid, epicatechin, naringenin, and theobromine was detected.

At the group level, according to palynological composition, the *Elaeis oleífera* – *Psidium guajava* group exhibited lower values for ash, minerals (Phosphorus, Sodium, Iron, Zinc), and total phenols, but higher values for lactic acidity, total acidity, and Magnesium. The *Plumeria rubra* – *Verbena officinalis*-azul group showed lower values for free acidity, lactic acidity, total acidity, diastase activity, and minerals (Potassium, Phosphorus, Sodium, Iron, Manganese, and Zinc), while electrical conductivity, total phenols, and total flavonols presented higher values.

The values obtained for moisture, electrical conductivity, free acidity, diastase activity, and hydroxymethylfurfural complied with the requirements established by the Colombian Technical Standard 1273:2023 and the Codex Alimentarius Standard for Honey CXS 12-1981 (adopted in 1981, revised in 1987 and 2001, amended in 2019 and 2022).

The honey samples from the foothills in the eastern Colombian flatlands are characterized by their diverse pollen spectrum and defined floral selectivity. They display a physicochemical profile with high values for free acidity, total acidity, diastase activity,

electrical conductivity, total phenolic content, and differential amounts of the minerals Potassium, Magnesium, Sodium, and Manganese. They present a distinctive Pfund color tone ranging from extra light amber to light amber, and a high antioxidant capacity measured by the TEAC method compared to other studies in the country. This supports their functional potential and commercial value within the beekeeping sector of Meta department.

Keywords: (Honey, palynology, physicochemical, *Apis mellifera*, Llanero piedmont)

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIX
Lista de tablas	XXI
Lista de Símbolos y abreviaturas	XXIV
Introducción	27
1. Marco conceptual y antecedentes	29
1.1 Producción de miel de abejas en Colombia	29
1.1.1 Contenido polínico de la miel de abejas	30
1.1.1.1 Origen floral de la miel y flora con potencial apícola en Colombia	31
1.2 Composición química de la miel de abejas de <i>Apis mellífera</i>	33
1.2.1 Origen y composición del néctar	33
1.2.2 Azúcares	34
1.2.3 Minerales	35
1.2.4 Aminoácidos	35
1.2.5 Acidez y pH	36
1.2.6 Propiedades físicas y sensoriales	36
1.3 Análisis fisicoquímicos de la miel de abejas	36
1.3.1 Humedad	36
1.3.2 Actividad de Agua	37
1.3.3 pH y acidez	37
1.3.4 Cenizas	37
1.3.5 Conductividad eléctrica	37
1.3.6 Contenido mineral	38
1.3.7 Hidroximetilfurfural	39
1.3.8 Enzimas	39
1.3.9 Color	40
1.3.10 Pigmentos	40
1.3.11 Compuestos fenólicos	40
1.3.12 Flavonoides	41

1.3.13	Determinación de compuestos fenólicos y flavonoides por UHPLC-ESI-ORBITRAP-MS.....	44
1.4	Evaluación de la Autenticidad.....	45
1.5	Sostenibilidad y producción apícola.....	46
1.6	Seguridad y control de calidad.....	46
1.7	Características geográficas, geológica y climáticas del Piedemonte Llanero Colombiano de la región de la Orinoquia.....	47
1.8	Bibliografía.....	54
2.	Análisis Palinológico de mieles y propóleos.....	69
2.1	Resumen.....	69
2.2	Presentación.....	70
2.2.1	Localización de los apiarios.....	70
2.3	Metodología.....	71
2.3.1	Toma y procesamiento de las muestras para colección botánica de referencia	72
2.3.1.1	Colección de referencia.....	72
2.3.2	Análisis estadísticos.....	74
2.4	Resultados.....	74
2.4.1	Composición palinológica de las muestras de miel.....	74
2.4.1.1	Oferta de recursos florísticos en la localidad de estudio.....	75
2.4.1.2	Variación en los contenidos de polen por año de cosecha.....	83
2.4.1.3	Comparación de los espectros polínicos en muestras de miel durante los años de colecta.....	95
2.4.1.4	Síntesis.....	96
2.4.2	Caracterización de las mieles según los valores de dominancia (densidad relativa %)......	99
2.4.3	Análisis en muestras de propóleo.....	99
2.4.3.1	Oferta de recursos florísticos en la localidad de estudio.....	100
2.4.4	Caracterización de los propóleos según los valores de dominancia (densidad relativa %)......	105
2.4.5	Diversidad polínica en las mieles.....	106
2.4.6	Granos de polen en las muestras de miel.....	107
2.5	Discusión.....	109
2.6	Bibliografía.....	114
3.	Caracterización fisicoquímica de muestras de miel de <i>Apis mellifera</i> del Piedemonte llanero.....	121
3.1	Resumen.....	121
3.2	Introducción.....	122
3.3	Metodología.....	122
3.3.1	Humedad.....	124
3.3.2	Actividad de agua (Aw).....	124
3.3.3	Sólidos solubles totales (Grados Brix).....	125
3.3.4	pH – acidez libre – láctica y total.....	125
3.3.5	Hidroximetilfurfural (HMF).....	125
3.3.6	Actividad diastasa.....	126
3.3.7	Cenizas.....	128
3.3.8	Minerales y metales pesados.....	128

3.3.9	Conductividad eléctrica.....	129
3.3.10	Color Pfund.....	129
3.3.11	Contenido de fenoles totales.....	130
3.3.12	Determinación de compuestos fenólicos por cromatografía líquida de ultra-alta resolución con detector de masas Orbitrap UHPLC-ESI-ORBITRAP-HRMS.....	131
3.3.13	Contenido de flavonoides totales.....	132
3.3.14	Capacidad antioxidante TEAC.....	134
3.3.15	Capacidad antioxidante DPPH.....	135
3.3.16	Análisis Estadísticos.....	137
3.4	Resultados.....	137
3.4.1	Humedad.....	137
3.4.2	Actividad de agua (Aw).....	139
3.4.3	Sólidos solubles totales (Grados Brix).....	140
3.4.4	pH, acidez libre, acidez láctica y acidez total.....	142
3.4.5	Hidroximetilfurfural (HMF).....	147
3.4.6	Actividad diastasa.....	148
3.4.7	Cenizas.....	149
3.4.8	Minerales y metales pesados.....	151
3.4.9	Conductividad eléctrica.....	152
3.4.10	Color Pfund.....	153
3.4.11	Contenido de fenoles totales.....	154
3.4.12	Determinación de compuestos fenólicos por cromatografía líquida de ultra-alta resolución con detector de masas Orbitrap UHPLC-ESI-ORBITRAP-MS.....	156
3.4.13	Contenido de flavonoides totales.....	156
3.4.14	Capacidad Antioxidante – Método TEAC.....	157
3.4.15	Capacidad Antioxidante – Método DPPH.....	159
3.4.16	Análisis de exploración de datos por PCA.....	160
3.5	Discusión de resultados.....	163
3.5.1	Humedad.....	163
3.5.2	Actividad de agua (Aw).....	163
3.5.3	Sólidos solubles totales (Grados Brix).....	164
3.5.4	pH, acidez libre, acidez láctica y acidez total.....	165
3.5.5	Hidroximetilfurfural (HMF).....	168
3.5.6	Actividad diastasa.....	169
3.5.7	Cenizas.....	170
3.5.8	Minerales y metales pesados.....	171
3.5.9	Conductividad eléctrica.....	174
3.5.10	Color Pfund.....	175
3.5.11	Contenido de fenoles totales.....	176
3.5.12	Determinación de compuestos fenólicos por cromatografía líquida de ultra-alta resolución con detector de masas Orbitrap UHPLC-ESI-ORBITRAP-MS.....	177
3.5.13	Contenido de flavonoides totales.....	178
3.5.14	Capacidad Antioxidante – Método TEAC.....	179
3.5.15	Capacidad Antioxidante – Método DPPH.....	180
3.6	Bibliografía.....	181
4.	Conclusiones.....	191
4.1.1	Análisis palinológico de las mieles y de los propóleos.....	191
4.1.2	Análisis fisicoquímicos.....	192
4.1.3	Síntesis final.....	203

5. Anexo.....	205
A. Anexo: Tipos polínicos identificados muestras de miel.....	207
B. Anexo: Tipos polínicos identificados en las muestras de propóleo.....	208
 C. Anexo: Tabla Chataway – Índice de refracción y contenido de agua con temperatura de 20°C.....	209
D. Anexo: Contenido mineral de las muestras de miel evaluadas (mg/100g).....	211
E. Anexo: Cromatogramas Polifenoles miel – Servicio UIS.....	212
F. Anexo: Presentaciones y publicaciones.....	215

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Subregiones Orinoquia Colombiana (Niño-L 2020).....	48
Figura 1-2: Distribución de grandes formaciones.....	51
Figura 1-3: Alianzas o formaciones en la Orinoquia Colombiana.....	52
Figura 2-1: Ubicación de los apiarios en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta. 71	71
Figura 2-2: Segregación según composición palinológica de las muestras de miel en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta.....	75
Figura 2-3: Densidad relativa de los palinomorfos de amplia representación.....	79
Figura 2-4: Densidad relativa de los palinomorfos identificados del grupo dominado por <i>Elaeis oleífera</i> - <i>Psidium guajava</i>	80
Figura 2-5: Densidad relativa de los palinomorfos del grupo dominado por <i>Plumería rubra</i> - <i>Verbena officinalis-azul</i>	83
Figura 2-6: Composición palinológica de las muestras de propóleo en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta.....	100
Figura 2-7: Densidad relativa de las especies de amplia representación.....	103
Figura 2-8: Densidad relativa de especies identificadas del grupo dominado por <i>Elaeis oleífera</i> - <i>Psidium guajava</i>	104
Figura 2-9: Densidad relativa de especies identificadas del grupo dominado por <i>Plumería rubra</i> - <i>Verbena officinalis-azul</i>	104
Figura 2-10: Densidad relativa de especies identificadas entre los dos grupos.....	104
Figura 2-11: Número de especies, riqueza y equitatividad en las muestras de miel..	107
Figura 2-12: Granos de polen identificados en las muestras de miel.....	108
Figura 3-1: Humedad de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	138

Figura 3-2:	Actividad de agua de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	140
Figura 3-3:	Sólidos solubles totales de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	142
Figura 3-4:	pH de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	143
Figura 3-5:	Acidez libre de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	144
Figura 3-6:	Acidez láctica de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	145
Figura 3-7:	Acidez total de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	146
Figura 3-8:	Hidroximetilfurfural de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	148
Figura 3-9:	Actividad diastasa de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	149
Figura 3-10:	Cenizas de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	150
Figura 3-11:	Minerales de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero (valores en mg/100g).	151
Figura 3-12:	Conductividad eléctrica de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero.	153
Figura 3-13:	Color Pfund de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	154
Figura 3-14:	Fenoles totales de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	155
Figura 3-15:	Contenido de flavonoides totales de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	157
Figura 3-16:	Capacidad Antioxidante – Método TEAC de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	158
Figura 3-17:	Capacidad Antioxidante – Método DPPH de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	160
Figura 3-18:	Agrupaciones obtenidas para los análisis fisicoquímicos de las muestras de miel del Piedemonte Llanero del departamento del Meta.	162

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Composición fisicoquímica y compuestos bioactivos de la miel de abejas en Colombia.	43
Tabla 1-2: Composición fisicoquímica y compuestos bioactivos de la miel de abejas en algunos países de América del Sur y Central.	44
Tabla 1-3: Compuestos fenólicos y flavonoides de la miel de abejas.	45
Tabla 1-4: Formación de asociaciones o tipos de vegetación	52
Tabla 2-1: Identificación de las muestras de miel colectadas, fecha y ubicación geográfica de los apiarios.....	72
Tabla 2-2: Identificación de la muestra de propóleo colectado por apiario y fecha.	72
Tabla 2-3: Frecuencia relativa de las especies botánicas de amplia representación (valores expresados en %).	77
Tabla 2-4: Densidad relativa de palinomorfos del grupo dominado por <i>Elaeis oleífera</i> - <i>Psidium guajava</i> (valores expresados en %).	80
Tabla 2-5: Densidad relativa de los palinomorfos del grupo dominado por <i>Plumería rubra</i> - <i>Verbena officinalis-azul</i> (valores expresados en %).	82
Tabla 2-6: Densidad relativa de los palinomorfos en miel colectadas en el año 2022 (valores expresados en %).	84
Tabla 2-7: Densidad relativa de los palinomorfos en mieles colectadas en el año 2023 (valores expresados en %).	87
Tabla 2-8: Densidad relativa de los palinomorfos en mieles colectadas en el año 2024 (valores expresados en %).	91
Tabla 2-9: Palinomorfos encontrados en las muestras de miel (2022 – 2024).	96
Tabla 2-10: Familias y especies identificadas.....	97
Tabla 2-11: Densidad relativa de los palinomorfos en muestras de propóleo.	102

Tabla 2-12:	Especies agrupadas de acuerdo con su distribución o dominancia en la miel y propóleo.....	105
Tabla 3-1:	Metodologías de análisis fisicoquímicos para miel de abejas <i>Apis mellifera</i>	123
Tabla 3-2:	Valores de referencia de la NTC1273:2023 y Codex Alimentarius.	124
Tabla 3-3:	Intervalos de tiempo para la medición de la absorbancia en cada muestra....	127
Tabla 3-4:	Color de la miel en escala Pfund.....	129
Tabla 3-5:	Polifenoles en las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.	156
Tabla 3-6:	Eigenvalores y varianza explicada para las variables fisicoquímicas de las muestras de miel del Piedemonte Llanero del departamento del Meta.	162
Tabla 3-7:	Humedad de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (%).	163
Tabla 3-8:	Actividad de agua de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta.	164
Tabla 3-9:	Sólidos solubles totales de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero (°Brix) del departamento del Meta.	165
Tabla 3-10:	pH de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta.	166
Tabla 3-11:	Acidez libre de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (meq/Kg).	166
Tabla 3-12:	Acidez láctica de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (meq/Kg).	167
Tabla 3-13:	Acidez total de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (meq/Kg).	168
Tabla 3-14:	Hidroximetilfurfural de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg/Kg).	169
Tabla 3-15:	Actividad diastasa de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (DN).	170
Tabla 3-16:	Cenizas de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (%).	170

Tabla 3-17: Contenido mineral y metales pesados en las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg/100g o ppm).....	172
Tabla 3-18: Conductividad eléctrica de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mS/cm).....	174
Tabla 3-19: Color Pfund de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mm).	175
Tabla 3-20: Fenoles totales de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg CAE/100g muestras del Piedemonte llanero, mg GAE/100g demás trabajos).....	176
Tabla 3-21: Fenoles totales de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg CAE/100g muestras del Piedemonte llanero, mg GAE/100g).	178
Tabla 3-22: Flavonoides totales de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg QE/100g).....	179
Tabla 3-23: Capacidad Antioxidante – Método TEAC de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta ($\mu\text{mol TE}/100\text{g}$).	180
Tabla 3-24: Capacidad Antioxidante – Método DPPH de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta ($\mu\text{mol TE}/100\text{g}$).	181
Tabla 4-1: Clasificación por origen palinológico y temporal de los análisis fisicoquímicos en muestras de miel.	193
Tabla 4-2: Tendencias encontradas entre los resultados palinológicos y fisicoquímicos en las muestras de miel.....	204

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolo	Término
<i>cm</i>	<i>Centímetro</i>
<i>g</i>	<i>Gramo</i>
<i>lg</i>	Logaritmo decimal
<i>kg</i>	Kilogramo
<i>mg</i>	Miligramo
<i>mL</i>	Mililitro
<i>L</i>	Litro
<i>M</i>	Molar
Meq	Miliequivalente
Mg	Miligramos
mS	MiliSiemens
°C	Celsius
pH	Potencial de hidrogeno
μ	Micro

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>AGROSAVIA</i>	<i>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria</i>
<i>FAO</i>	<i>Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura</i>
<i>MADR</i>	<i>Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural</i>
<i>ICP-OES</i>	<i>Espectrometría de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado</i>
<i>ICP-MS</i>	<i>Espectrometría de emisión masas acoplado inductivamente</i>
<i>HMF</i>	<i>Hidroximetilfurfural</i>
<i>HPLC</i>	<i>Cromatografía líquida de alta resolución</i>
<i>IGAC</i>	<i>Instituto Agustín Codazzi</i>
<i>FAR</i>	<i>Suelo franco-arcilloso</i>
<i>FA</i>	<i>Suelo franco-arenoso</i>
<i>Minambiente</i>	<i>Ministerio del Ambiente</i>
<i>PalDat</i>	<i>Base de datos Palinología</i>
<i>Aw</i>	Actividad de agua
<i>CE</i>	Conductividad eléctrica
<i>IHC</i>	Comisión internacional de la miel
<i>ANOVA</i>	Análisis de la varianza

Abreviatura	Término
<i>CA</i>	<i>Conductividad eléctrica</i>
<i>ICTA</i>	<i>Instituto nacional de ciencia y tecnología de alimento</i>
<i>IDEAM</i>	<i>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</i>
<i>m.s.n.m</i>	<i>Metros sobre el nivel del mar</i>
<i>ND</i>	<i>Número de diastasa</i>
<i>ET</i>	<i>Equivalente Trolox</i>
<i>NTC</i>	<i>Norma técnica colombiana</i>
<i>PCA</i>	<i>Análisis de componentes principales</i>

Introducción

La miel es una sustancia natural producida por las abejas obreras a partir del néctar de las flores y otras secreciones extra florales. Este néctar, o secreciones, es recolectado, transportado, transformado y combinado con enzimas en el saco melario de estos insectos. Dentro de la colmena, las abejas regurgitan el contenido y lo transfieren de una a otra antes de depositarlo en los panales, donde ocurre una deshidratación progresiva y su posterior maduración. Finalmente, las abejas colocan un opérculo, una capa fina de cera, sobre los panales, lo que indica que la miel está lista para ser cosechada (FAO 1981; Nates-G *et al.*, 2013; Saad, 2021; Zammit *et al.*, 2023).

Entre las secreciones extra florales se encuentra el mielato que corresponde al exceso de líquido azucarado excretado por insectos fitófagos del orden Hemíptera tras la ingestión de savia, esta sustancia contiene melecitosa, lo que resulta en una mayor concentración de este carbohidrato en este tipo de miel.

Ranneh-Y *et al.*, (2021) y Pena-D *et al.*, (2022) indican que la miel es una mezcla compleja de nutrientes y componentes que varían en concentración dependiendo de varios factores tales como las condiciones geográficas, el origen botánico, el tipo de suelo, la época del año, las condiciones ambientales, las prácticas de manejo - almacenamiento, y el tipo de abeja. Esta diversidad resulta en una variedad de colores, viscosidades, sabores y otras propiedades que influyen en sus características organolépticas y bioactivas, los cuales se consideran un indicador de calidad y autenticidad. Estas características diferenciales añaden valor al producto a nivel mundial (Escuredo-O *et al.*, 2012; Yang-Y *et al.*, 2012; Machado-A *et al.*, 2017; Kuballa-T *et al.*, 2018; Zhang-J *et al.*, 2020; Leoni-V *et al.*, 2021; Téllez-G *et al.*, 2021); actualmente las mieles diferenciadas se caracterizan por tener cualidades botánicas, fisicoquímicas, sensoriales y bioactivas (Alnaqdy-A *et al.*, 2005; Nates-G *et al.*, 2013; Kuldasheva-F *et al.*, 2022).

Diversas investigaciones han evaluado las características palinológicas y fisicoquímicas de las mieles, estableciendo la relación entre la actividad de abejas y la floración disponible en cada época del año. Esto permite un mayor aprovechamiento de este recurso y la elaboración de calendarios florales, una herramienta fundamental para la planificación de actividades por parte de los apicultores (Zandamela, 2008; Nates-G *et al.*, 2013).

1. Marco conceptual y antecedentes

1.1 Producción de miel de abejas en Colombia

Según datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2021), en Colombia, durante el año 2021, se registraron 140.335 colmenas distribuidas en 4.677 apiarios, con un promedio de 30 colmenas por apiario; El rendimiento promedio fue de 29 kilogramos de miel por colmena año, lo que equivale a una producción de 4.650 toneladas de miel de abejas. Lo anterior permite evidenciar el crecimiento del 3,49% en el sector apícola nacional entre 2020 y 2021.

El incremento en la producción de miel se da en los departamentos como Meta, Antioquia, Sucre, Córdoba, Huila, Bolívar, Valle del Cauca, Cauca, Boyacá, Cundinamarca, Santander, Tolima, Vichada, Magdalena, Cesar, Atlántico, Casanare, Risaralda, Caldas, Norte de Santander, Quindío, Putumayo, Nariño, Arauca, La Guajira, Vaupés y San Andrés Isla destacándose (MADR, 2021).

En el departamento del Meta, la consolidación de la base de datos de productores apícolas iniciada en 2018 ha permitido el seguimiento de las cifras de producción. Se registro producción de 300 toneladas en 2018, 520 toneladas en 2020 y 540 toneladas en 2022 (Diaz-R *et al.*, 2022). En 2021, se consolidó que hay de 447 apicultores con 12.728 colmenas en 25 de los 29 municipios del departamento, y una producción total de 513 toneladas de miel.

Estos datos sugieren que el departamento del Meta posee un potencial significativo en la producción de miel a nivel nacional, posicionándose entre los tres principales productores (Diaz-R *et al.*, 2022). El departamento del Meta se consideran seis subregiones Rio Meta, Bajo Ariari- Sur, Alto Ariari- Centro, Ariari, La Macarena y Capital Cordillera, siendo la última que incluye los municipios de Villavicencio, San Juanito, Calvario, Restrepo y Cumaral, donde se concentran 58 apicultores y 981 colmenas, con una producción de 28.989 kilogramos de miel en 2021 (Diaz-R *et al.*, 2022).

1.1.1 Contenido polínico de la miel de abejas

Durante la búsqueda del alimento (néctar y polen), las abejas visitan las flores. En este proceso de pecoreo, algunos granos de polen se adhieren a su cuerpo y permanecen inmersos en el néctar recolectado. Estos granos son transportados a la colmena y posteriormente, pueden encontrarse en la miel. En este sentido, el estudio de estos granos de polen es conocido como melisopalinología, una herramienta metodológica fundamental para determinar el origen botánico de las muestras. Estas caracterizaciones son determinantes en la diferenciación de las mieles, por sus características fisicoquímicas y sensoriales que están directamente relacionadas con el polen en la miel. En este contexto, la melisopalinología no solo contribuye al control de calidad de la miel, sino que también proporciona información sobre el tipo de plantas visitadas por las abejas y su origen geográfico (Montoya-P *et al.*, 2014; Velásquez-C *et al.*, 2016).

El análisis melisopalinológico adquiere una relevancia significativa para determinar la autenticidad de la miel y detectar posibles adulteraciones o la alimentación de las abejas con sustancias azucaradas, prácticas que resultan en una menor concentración de granos de polen (Velásquez-C *et al.*, 2016; Khan-K *et al.*, 2024). Además de su aplicación en el análisis de miel, algunos autores sugieren que el propóleo puede emplearse como herramienta de diagnóstico para identificar el polen presente en la colmena, lo cual facilita el estudio de las interacciones planta-insecto mediante la comparación con los palinomorfos encontrados en la miel (Cardellach, 2019), permitiendo la cuantificación de la biodiversidad a través del índice de Shannon, el cual refleja la heterogeneidad de una comunidad en función de las especies presentes y su abundancia relativa (Laura, 2006; Marín, 2020).

Las abejas exhiben preferencia por la recolección de polen de ciertas especies vegetales, las cuales al presentarse en proporciones iguales o superiores al 10%, son considerados como "recursos alimenticios importantes" (Cortopassi-M *et al.*, 1988). Las abejas visitan y recolectan polen de una amplia diversidad de plantas, algunas pueden presentar bajas concentraciones de polen y ser consideradas como "fuentes alternativas de alimento". La poliléctia la capacidad para recolectar polen de una amplia diversidad de especies de

distintos grupos taxonómicos, esto indica que no están limitadas a una única especie de planta, sino que pueden aprovechar múltiples fuentes de polen (Cortopassi-M *et al.*, 1988).

En Colombia, a partir de del año 2000, se incrementaron los estudios sobre el origen floral de las mieles, lo cual ha permitido la identificación de flora con potencial apícola en diversas regiones geográficas (Montoya-P *et al.*, 2014; Velásquez-C *et al.*, 2016).

1.1.1.1 Origen floral de la miel y flora con potencial apícola en Colombia

Bogotá-G *et al.*, (2001), analizaron cuarenta y ocho muestras de miel producidas por *Apis mellifera*, provenientes de apiarios de los municipios de Cogua, Tabio y Zipaquirá en el departamento de Cundinamarca; Se identificaron 167 palinomorfos los cuales se agruparon en 69 familias; Las mieles se diferenciaron en uniflorales y multiflorales.

Insuasty-E *et al.*, (2013), en mieles de Nariño identificaron veintiún familias botánicas, siendo la más frecuente Asteraceae (15,63%), seguida de Fabaceae y Solanaceae (9,38%), y posteriormente Myrtaceae, Mimosaceae y Rosaceae (6,25%). Las mieles se clasificaron como poli florales.

Nates-G *et al.*, (2013), diferenciaron seis grupos de mieles de *Apis mellifera* según su origen geográfico. El estudio concluyó que los apicultores deben colaborar como núcleo productivo para garantizar y aumentar la producción de las mieles diferenciadas, mediante el establecimiento de calendarios florales y de cosecha de miel, así como los seguimientos detallados de los lugares de producción.

Valencia-L *et al.*, (2014), en el cerro “El Volador” de Medellín, Antioquia, caracterizaron palinológicamente mieles de 30 colmenas.

En Nariño, Potosí *et al.*, (2015) identificaron flora apícola representativa y preferencias de pecoreo de la abeja *Apis mellifera*.

En diferentes regiones de Antioquia, Velásquez-C *et al.*, (2016) colecto dieciocho muestras de miel para analizar la abundancia relativa de palinomorfos; Identificaron cien tipos

polínicos provenientes de hierbas, arbustos y árboles. Las mieles provenientes del Suroeste fueron unifloral y las del oriente fueron multiflorales.

Insuasty-E *et al.*, (2017), en Nariño analizaron muestras de miel de abejas *Apis mellifera* y las clasificaron como polifloral.

Salamanca-G (2017b) sobre mieles monoflorales de encenillo (*Weinmannia tomentosa Don*) en Sotaquirá, Boyacá, encontró un 75% de especie, con rendimientos de e 25 a 30 kilogramos de miel en colmena.

En Magdalena, Tejada-G *et al.*, (2019), estudiaron la flora apícola asociada a plantaciones orgánicas de palma de aceite (*Elaeis guineensis*).

Galezo-A *et al.*, (2020), estimaron la diversidad melisopalinológica de *Apis mellifera* y *Melipona ebúrnea* en San Carlos, Antioquia, estableciendo la coocurrencia entre algunas familias taxonómicas; sin embargo, la diversidad fue superior en *Apis mellifera*.

Marín, (2020), caracterizo palinológicamente la miel de *Apis mellifera* y *Melipona ebúrnea Friese* en bosques tropicales de Antioquia y determinó que puede haber superposición entre las especies, pero no competencia por el néctar.

Cadena, (2021), en Norte de Santander, relacionó épocas de floración de vegetación leñosa y herbácea con humedad y azúcares totales en miel de *Apis mellifera*. Estableció una posible relación entre humedad, azúcares totales y flora.

Muñoz, (2022), estudio el origen botánico y geográfico de *Apis mellifera* en Cauca. Identifico 110 recursos florales en 19 familias y *Psidium guajava* fue un recurso disponible en las tres áreas.

Castellanos-R *et al.*, (2023), realizaron estudios melisopalinológicos en mieles de Santander. Encontraron cinco muestras sin polen (posiblemente adulteradas) y cinco con polen.

1.2 Composición química de la miel de abejas de *Apis mellifera*

La miel es una sustancia biológica compleja producida por diversas especies de abejas (*Apis mellifera* y nativas), y ha sido utilizada como alimento, endulzante y recurso medicinal durante más de 6,000 años. Este producto no solo es valioso por su dulzura natural, sino también por el papel de las abejas en la polinización de cultivos, factor clave en la producción de alimentos (Ball, 2007; Bogdanov-S *et al.*, 2008). La composición química de la miel está influenciada principalmente por factores ambientales. Las variaciones climáticas, afectan la diversidad y disponibilidad de fuentes florales, lo que afecta el contenido de aminoácidos, azúcares, antioxidantes, humedad y metabolitos secundarios presentes en el néctar recolectado por las abejas (Donkersley-P *et al.*, 2017). Esta parte del documento de revisión se centra en las propiedades químicas, factores de variación, sostenibilidad y métodos de análisis de la miel.

1.2.1 Origen y composición del néctar

El néctar, precursor de la miel, es una solución acuosa rica en azúcares, aminoácidos, minerales y vitaminas. Su composición depende en gran medida de la flora local y de las condiciones ambientales de la zona de producción (Ball, 2007; Machado-A *et al.*, 2017). Por ejemplo, el néctar de familias como *Lamiaceae* contiene altos niveles de sacarosa, mientras que en *Brassicaceae* predominan la glucosa y la fructosa. Esta variabilidad inicial influye directamente en las características finales de la miel (Tafere, 2021).

La transformación del néctar en miel es un proceso químico y físico complejo. Las abejas recolectan el néctar, lo almacenan en el buche melario donde se adicionan enzimas que descomponen azúcares complejos en azúcares simples, principalmente glucosa y fructosa (Ball, 2007; Mohammed-A *et al.*, 2022). Además, el agua es eliminada mediante evaporación activa dentro de la colmena, reduciendo el contenido de humedad al 20% o menos. Este proceso no solo garantiza la estabilidad del producto, sino que también previene el crecimiento de microorganismos (Bogdanov-S *et al.*, 2008).

Su composición incluye principalmente carbohidratos (entre un 60-85 %) y agua (12-23 %), junto con pequeñas cantidades de ácidos orgánicos, minerales, vitaminas, enzimas,

proteínas, aminoácidos, compuestos volátiles y otros componentes bioactivos como fenoles y flavonoides (Machado-A *et al.*, 2017).

1.2.2 Azúcares

La miel está compuesta principalmente de fructosa (38%) y glucosa (31%), seguidas de pequeñas cantidades de sacarosa y disacáridos como maltosa e isomaltosa. Los azúcares en la miel representan aproximadamente entre el 80 y 85% de su peso seco (Kolayli-S *et al.*, 2012). Estos azúcares no solo aportan dulzura y energía, sino que también influyen en propiedades fisicoquímicas como la viscosidad, la cristalización y la capacidad higroscópica (Cavia-M *et al.*, 2002).

Tipos de azúcares en la miel

- **Monosacáridos**

Los monosacáridos más comunes son la fructosa y la glucosa. La fructosa, el principal componente, constituye aproximadamente el 38-40% de la miel y es responsable de su dulzura superior debido al mayor poder edulcorante (Rizkalla, 2010). La glucosa representa alrededor del 31%, es crucial para el proceso de cristalización. Una alta proporción de glucosa tiende a acelerar la cristalización de la miel, mientras que niveles altos de fructosa, retrasan este fenómeno (Tosi-E *et al.*, 2004).

- **Disacáridos y Oligosacáridos**

La sacarosa normalmente representa menos del 5% de la composición, es un indicador de calidad; un contenido elevado puede sugerir adulteración o procesamiento inadecuado. Otros disacáridos como maltosa e isomaltosa están presentes en cantidades menores (Kolayli-S *et al.*, 2012). Los oligosacáridos, como melecitosa y maltotriosa, se encuentran principalmente en mieles de mielada y son marcadores útiles para distinguirlas de las mieles florales (Diez-M *et al.*, 2004). Oligosacáridos únicos, como la erlosa y el trehalosa, pueden ser indicadores útiles de autenticidad (Weston-R *et al.*, 1999).

- **Relación Fructosa-Glucosa (F: G)**

Se utiliza comúnmente para clasificar mieles según su origen botánico y para predecir su tendencia a cristalizar, valores superiores a 1.3 indican mieles con menor propensión a la cristalización, mientras que valores inferiores a 1.1 son típicos de mieles que cristalizan rápidamente (Mendes-E *et al.*, 1998; Anklam, 1998).

- **Propiedades y funciones de los azúcares**

Energéticas: proveen una fuente rápida de energía debido a su fácil digestión.

Higroscópicas: los azúcares de la miel atraen agua, lo que contribuye a su estabilidad microbiana y a prevenir el deterioro.

- **Factores que influyen en la composición de azúcares**

Origen botánico: las plantas determinan la proporción de fructosa y glucosa. Por ejemplo, la miel de acacia (*Acacia sp.*) es rica en fructosa, mientras que la miel de girasol (*Helianthus annuus*) contiene más glucosa.

Procesamiento y almacenamiento: Las altas temperaturas y el almacenamiento prolongado pueden alterar la estructura de los azúcares, formando compuestos secundarios como HMF (Hidroximetilfurfural).

1.2.3 Minerales

El contenido mineral de la miel representa aproximadamente el 0,1 al 0,2% de su peso total (Fredes-C *et al.*, 2006; Conti-M *et al.*, 2007; Bilandžić-N *et al.*, 2012; Formicki-G *et al.*, 2013). Aunque esta cantidad parece baja, los minerales desempeñan un papel crucial en la salud humana, son esenciales para múltiples funciones biológicas, incluyendo el metabolismo celular, la formación de huesos y dientes, y el mantenimiento del equilibrio electrolítico.

El contenido mineral de la miel depende de factores como el origen botánico, condiciones geográficas y climáticas, composición del suelo, altitud, los cuales afectan los minerales disponibles para las plantas, y por ende los presentes en la miel; Adicionalmente los métodos de procesamiento: la filtración, el calentamiento y el almacenamiento de la miel pueden alterar su contenido mineral (Machado-A *et al.*, 2017; Tafere, 2021; Barreiros-J *et al.*, 2024).

1.2.4 Aminoácidos

Presentes en pequeñas cantidades, la prolina desempeña un papel importante en la composición de la miel. Además, los aminoácidos no solo contribuyen al perfil nutricional, sino también a las propiedades organolépticas de la miel (Bogdanov-S *et al.*, 2008; Mohammed-A *et al.*, 2022).

1.2.5 Acidez y pH

El ácido glucónico, derivado de la acción de la glucosa oxidasa, es el ácido predominante en la miel. Este componente contribuye a su pH promedio de 3.9, lo que refuerza su estabilidad antimicrobiana y prolonga su vida útil (Missio da Silva *et al.*, 2015; De-Melo-A *et al.*, 2017).

1.2.6 Propiedades físicas y sensoriales

La viscosidad es alta, su densidad (1.4 g/mL) y tendencia a cristalizar debido a su naturaleza sobresaturada en azúcares. Las mieles con mayor contenido de glucosa cristalizan más rápido, mientras que las ricas en fructosa permanecen líquidas por más tiempo (Ball, 2007; Mohammed-A *et al.*, 2022). El color y el aroma varían ampliamente, desde mieles claras y suaves hasta mieles oscuras y de sabor más intenso, influenciadas por compuestos volátiles y ácidos (Missio da Silva-P *et al.*, 2015).

1.3 Análisis fisicoquímicos de la miel de abejas

Se realizan para verificar su calidad, autenticidad y determinar su origen botánico y geográfico. Entre los parámetros a evaluar se encuentran:

1.3.1 Humedad

Es un parámetro crucial para su calidad y conservación, ya que influye en su estabilidad y posibilidad de fermentación. Normalmente, la humedad en la miel varía entre el 13% y el 25%, con un promedio cercano al 17%. Las mieles con un contenido de humedad superior al 18% tienen mayor riesgo de fermentación durante el almacenamiento, mientras que aquellas con menos del 15% tienden a cristalizarse rápidamente. La legislación estableció un límite máximo del 21% de humedad en la miel. El método estándar para determinar la humedad es la reflectometría, que mide el índice de refracción de la muestra y lo convierte en porcentaje de agua mediante la tabla de Chataway, este método es simple, reproducible y puede realizarse con un refractómetro Abbé o digital (Pascual-A *et al.*, 2018; Almeida-L *et al.*, 2020).

1.3.2 Actividad de agua

Es un parámetro crítico para su estabilidad y calidad, ya que influye en su susceptibilidad al crecimiento microbiano y la fermentación. Se determina utilizando un medidor de actividad de agua, el cual mide la presión parcial del vapor de agua en equilibrio con la muestra de miel a una temperatura determinada. Los valores de actividad de agua en la miel suelen estar por debajo de 0,6, lo que impide el crecimiento de la mayoría de los microorganismos, salvo algunas levaduras osmófilas. La medición precisa de este parámetro es importante para asegurar la conservación y almacenamiento adecuado del producto (Almeida-L *et al.*, 2020).

1.3.3 pH y acidez

Influyen en su estabilidad y resistencia al crecimiento microbiano. El pH de la miel se mide directamente en una solución acuosa utilizando un medidor de pH, con valores entre 3.2 y 4.5. La acidez de la miel se debe a la presencia de ácidos orgánicos en equilibrio con sus lactonas y algunos iones inorgánicos.

La acidez total es la suma de la acidez libre y lactónica, determinada mediante titulación con NaOH. Se pueden emplear diferentes métodos, como la titulación hasta pH 8.3 o la titulación al punto de equivalencia, esta última más precisa, pero con mayor variabilidad interlaboratorial. La acidez es un indicador importante en la frescura y autenticidad de la miel (Pascual-A *et al.*, 2018).

1.3.4 Cenizas

El contenido de cenizas (producto inorgánico), puede alcanzar un máximo de 0,6% en mieles derivadas de fuentes florales, mientras que en mieles de mielada y sus mezclas este valor puede elevarse hasta un 1%, es por lo que este aspecto está condicionado por factores climáticos, tipo de suelo y composición química relacionada con el origen floral. Los minerales predominantes son potasio, sodio, calcio y manganeso (Zandamela, 2008; Velásquez-C *et al.*, 2016; De-Melo-A *et al.*, 2017; Pineda-E *et al.*, 2019).

1.3.5 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se utiliza como parámetro para determinar tanto su contenido mineral como su origen botánico (Pascual-A *et al.*, 2018). Este análisis mide la capacidad de un material para conducir corriente eléctrica, estando estrechamente relacionado con

el origen botánico de la miel, así como el contenido de minerales, iones inorgánicos, ácidos orgánicos, proteínas y otros componentes como azúcares, polioles y granos de polen que actúan como electrolitos. Guarda una correlación directa con el contenido de cenizas y la alcalinidad de la miel (Ulloa, 2022). A mayor presencia de cenizas, acidez, iones orgánicos y proteínas, mayor será su conductividad eléctrica; en la miel de mielada se reportan conductividades bajas (inferior a 0,8 mS/cm), mientras que en la miel floral se registra una conductividad más alta (superior a 0,8 mS/cm), (Bogdanov-S *et al.*, 2000).

De acuerdo con Bogdanov-S *et al.*, (2002), la determinación de la conductividad eléctrica de la miel se realiza en una solución al 20% en peso de miel disuelta en agua a 20°C, siendo este porcentaje el contenido de la materia seca de esta matriz; los resultados se expresan en miliSiemens por centímetro (mS/cm).

1.3.6 Contenido mineral

Se encuentra directamente relacionado con el origen geográfico y del ambiente en el que se desarrolla el recurso floral (Porrini-C *et al.*, 2003); representa entre el 0,1 al 0,2% de su peso total para mieles de origen floral (Fredes-C *et al.*, 2006; Conti-M *et al.*, 2007; Bilandžić-N *et al.*, 2012; Formicki-G *et al.*, 2013) y alrededor del 1% en mieles de mielada (Đogo-M *et al.*, 2020).

Los minerales se pueden dividir en tres grupos: los macroelementos potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe), fósforo (P), sodio (Na) y manganeso (Mn), microelementos o minerales trazas como yodo (I), aluminio (Al), zinc (Zn), litio (Li), cobalto (Co), níquel (Ni), cromo (Cr), selenio (Se), silicio (Si), boro (B), plata (Ag), bario (Ba), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y metales pesados, conformado principalmente por plomo (Pb) y cadmio (Cd) (Madejczyk-M *et al.*, 2008; Zandamela, 2008; Alqarni-A *et al.*, 2014).

Uno de los minerales presentes en mayor cantidad en la miel es el potasio que es un elemento primordial para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Jovetić-M *et al.*, 2017; De Melo-A *et al.*, 2017); lo siguen el calcio, el magnesio, el sodio, el azufre y fósforo (Solayman-M *et al.*, 2016). Los metales pesados se emiten continuamente en el medio ambiente por causas naturales y antropogénicas, siendo diferentes los niveles encontrados según la ubicación urbana, agrícola y/o rural (Porrini-C *et al.*, 2003; Montiel-J *et al.*, 2020);

la industria y el tráfico se considera la principal fuente de contaminación ambiental por parte del hombre (Bogdanov, 2006) origen principal de estos compuestos que no se degradan y permanecen.

En la miel, el contacto con agua, aire, suelo y plantas contaminadas pueden ser factores de presentación de este tipo de metales (Porrini-C *et al.*, 2003; Bogdanov, 2006; Pisani-A *et al.*, 2008; Zhelyazkova, 2012; Andrade-C *et al.*, 2014) y se ha reportado que la contaminación por alguno de los metales pesados puede deberse a una inadecuada manipulación durante el beneficio y el almacenamiento del producto.

En los últimos años ha venido incrementando el uso de técnicas como espectrometría de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES) y la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) que permiten la determinación de metales pesados y oligoelementos en la miel debido a su linealidad de amplio rango, sensibilidad superior y alta eficiencia (Fernández-J *et al.*, 2005).

1.3.7 Hidroximetilfurfural

El hidroximetilfurfural (HMF) es un aldehído cíclico que se forma a temperatura ambiente por deshidratación de la fructosa en medio ácido, este proceso se acelera con el calentamiento o el almacenamiento de la miel a elevadas temperaturas y es un indicativo de la frescura, además de estar asociada a la fuente floral (Zandamela, 2008; Campo-O *et al.*, 2022); la cuantificación de HMF es utilizado para identificar si las mieles han sido adulteradas al ser adicionadas con azúcares invertidos (Velásquez-C *et al.*, 2016).

1.3.8 Enzimas

La miel contiene varias enzimas activas que son adicionadas por las abejas al néctar colectado, a través de las glándulas melarías; la invertasa transforma la sacarosa en glucosa y fructosa, quedando una pequeña cantidad de sacarosa presente en la etapa final de la maduración de la miel, mientras que la enzima amilasa convierte la amilosa en glucosa (Ball, 2007; Álvarez-J *et al.*, 2013; Solares, 2014).

La glucosa oxidasa y la diastasa son las principales enzimas de la miel; la primera es uno de los metabolizadores de carbohidratos, descompone la glucosa en ácido glucónico y peróxido de hidrógeno, es aportada por las glándulas faríngeas de la abeja (Popek, 2002;

Ball, 2007), mientras que la diastasa desdobra el almidón en dextrinas y maltosas, siendo un indicador de frescura y calidad de la miel; otras enzimas importantes es la invertasa que descompone la sacarosa en glucosa y fructuosa (Kwakman-P *et al.*, 2011).

1.3.9 Color

La medición del color se puede realizar mediante el sistema CIEL*a*b* o la escala Pfund debido a que es una representación del color bastante cercana a la percibida por el ojo humano; esta medida es comparable a la clasificación de la miel basada en evaluación visual de catadores profesionales (Scholz-M *et al.*, 2020).

El color de la miel es un factor para la aceptación y toma de decisión para que el consumidor la adquiera; por otra parte, el color está determinado por pigmentos carotenoides, xantofilas y flavonoides que se encuentran en el polen y néctar colectados por las abejas, permitiendo que se puedan tener tonalidades desde el blanco hasta el ámbar oscuro (Ciappini-M *et al.*, 2013). Se analizó mediante espectrofotometría o comparadores ópticos, clave para la clasificación sensorial (De-Melo-A *et al.*, 2017).

1.3.10 Pigmentos

El color de la miel es dado por carotenoides, xantofilas y pigmentos de flavonoides presentes en el néctar y el polen colectado por las abejas (Perez-E *et al.*, 2012). Los carotenoides son responsables del tono claro de la miel, sin embargo, en aquellas mieles oscuras algunos autores indican que puede deberse a la ceniza y la relación entre aminoácidos y azúcares (Alqarni-A *et al.*, 2016).

1.3.11 Compuestos fenólicos

Son el resultado del metabolismo secundario de las plantas (Pena-D *et al.*, 2022). Los compuestos fenólicos se agrupan en flavonoides (flavonoles, flavonas, flavonoles, flavanonas, antocianidinas, chalconas e isoflavonas) y no flavonoides (ácidos fenólicos, ácidos cinámicos y ácidos benzoicos) (Cianciosi-D *et al.*, 2018; Royo-V *et al.*, 2022).

La miel puede contener ácidos carboxílicos aromáticos y aril-alifáticos, principalmente derivados del ácido benzoico y cinámico, que contribuyen a sus propiedades sensoriales; entre los ácidos fenólicos presentes en la miel se encuentran los ácidos 4-hidroxibenzoico,

protocatecuico, gálico, vanílico y siríngico, otros ácidos presentes son fenilacético, mandélico y homogentísico; dentro del grupo de los ácidos cinámicos se incluyen cinámico, p-cumárico, cafeico y ferúlico (Alvarez, 2017).

La cantidad de estos compuestos puede variar entre 46,0 a 753,0 $\mu\text{g/g}$ y se encuentran relacionados con la época del año de cosecha (Kaškonienė-V *et al.*, 2009).

La presencia de compuestos fenólicos en la miel se encuentra relacionados con la actividad antimicrobiana y tiene un efecto estimulante en la multiplicación de microorganismos probióticos; las mieles que son más ricas en estos compuestos presentan un tono más oscuro y suelen tener mayor actividad antimicrobiana (Gašić-U *et al.*, 2014; Seraglio-S *et al.*, 2019; Kędzierska-M *et al.*, 2021; Kačániová-M *et al.*, 2022).

1.3.12 Flavonoides

Los flavonoides contribuyen a la capacidad antioxidante de la miel (Laaroussi-H *et al.*, 2020) por ello se considera un alimento funcional, y se relaciona como marcadores del origen floral y de calidad. Un ejemplo es la hesperetina y la quercetina, flavonoides que se encuentran en la miel de cítricos y girasol; la pinocembrina, pinobanksina y crisina son flavonoides característicos que se encuentran en el propóleo y la mayoría de las muestras de miel europeas (Hadjmohammadi-M *et al.*, 2009).

Entre los flavonoides mencionados figuran luteolin, kampferol, narangenina, pinocembrina, ácido cafeico, ácido gálico, ácido vanílico y ácido p-hydroxibenzoico, entre otros (Biesaga-M *et al.*, 2009; Kec̄keš-S *et al.*, 2013; Shen-S *et al.*, 2018; Leyva-F *et al.*, 2019; Royo-V *et al.*, 2022).

La determinación de flavonoides se puede realizar por el método de tricloruro de aluminio, esta metodología fue descrita por (Álvarez-J *et al.*, 2010; Idrobo, 2019).

Tabla 1-1: Composición fisicoquímica y compuestos bioactivos de la miel de abejas en Colombia.

Autor	Ospina, A. (2014)	Ortega et al. (2016)	Velasquez et al. (2016)		Salamanca et al. (2017)	Castro, L. (2018)	Julio et al. (2018)	Idrobro L. (2019)	Acosta, D. (2021)	Ortega et al. (2021)	Niño, A. (2023)
Ubicación geográfica	Antioquia	Casanare	Antioquia - suroeste	Antioquia - oriente	Boyaca	Vichada	Sucre	Cauca	Zonas calidas Colombia	Cauca	Casanare
Humedad (%)	18,05±1,05	Min. 16,1; Max. 16,7				Min. 17,73±0,40; Max. 21,88±0,40	20,91	Min.17,53; Max. 21	18,52±1,31		18
Grados Brix (°Bx)										Min. 76,7±0,2 y 80,7±0,8	
pH	3,721±0,103	Min. 4,98; Max. 5,07	Min. 3,42; Max. 4,47	Min. 3,66; Max. 3,99	3,87±0,04	Min. 3,4; Max. 4,6		Min. 3,68±0,01; Max. 4,51±0,01	4,13±0,48	Min. 3,68±0,23; Max. 5,05±0,38	Min. 3,7; Max.4,8
Acidez libre (meq/Kg)			28,9	42,3	29,7±1,30	Min. 30,19±0,92 Max. 46,57±0,62	Min. 29,2; Max.83,9	Min. 28,3±0,183; Max. 40,805±1,437	Min.14,3; Max. 72,86	Min. 25,38± 5,86; Max. 58,17±13,58	Min. 23,4; Máx. 55,8
Acidez lactónica (meq/Kg)		Min. 14; Max. 15			2,20±0,15	Min. 3,05±1,68; Max. 9,22±2,92		Min. 27,4±0,18; Max. 38,6±1,41			
Acidez total (meq/Kg)	42,60±2,86				31,8±1,40			Min. 55,80±0,21; Max.79,41±2,89			
HMF (mg/Kg)		Min. 60,48; Max. 74,30	41	32	44,7	Min. 7,4±0,4; Max. 93,2±5,2	Min. 3,12; Max. 51,20		34,73±51		Min. 0; Max. 9,2
Diastasa (ND)		Min. 3,14; Max. 3,27				no detectada a 8,25±0,38					
Cenizas (%)		Min. 0,81; Max. 0,82	27	0,25		Min. 0,07±0,05; Máx.0,14±0,10	Min. 0,189; Max. 0,798	Min.0,538±0,006; Máx. 0,658±0,034	Min. 0,04; Max. 0,53	Min. 0,12±0,04; Máximo 0,27±0,02	Min. 0,05; Max.1,51
CE mS/cm		Min. 8,08; Max. 8,19				Min. 0,49±96,70; Max. 0,65±106,93	Min. 0,39; Max. 1,23	Min. 0,25±0,00; Max. 0,60±0,00	0,51±0,24	Min. 0,61±0,02; Max. 0,80±0,04	
Aw	Min. 0,597; Max. 0,652	Min. 0,49±96,70; Max. 0,65±106,93	0,56	0,58	Min. 0,607; Max. 0,612						
Fosforo (mg/100g)						21,98±134,71					
Potasio (mg/100g)										Min. 2,06±1,33; Max. 6,81±1,37	
Calcio (mg/100g)						11,98±3,45				Min. 3,04±4,55; Max. 10,11±5,89	
Magnesio (mg/100g)						2,133±7,22					
Sodio (mg/100g)						7,33±4,08				Min. 0,872±0,62; Max. 14,21±94,28	
Hierro (mg/100g)						0,48±0,28				Min.0,11±0,14; Max. 0,58±0,37	
Manganeso (mg/100g)										Min. 0,04±0,12; Max. 0,24±0,73	
Zinc (mg/100g)						0,37±2,03				Min. 0,15±0,38; Max. 0,45±3,28	
Cadmio (mg/Kg)											
Plomo (mg/Kg)											
Pfund (mm)		Min. 90,54; Max. 93,88			Min. 68; Max. 70		Min. 64; Max. 150		Min. 19; Max. 150	Min. 69,43±1,55; Max. 93,55±16,97	
CFT (mg eq. ácido cafeico/100g)						Min. 459,7±178,9; Max. 712,2±167,2					
Cflav (mg quercetina/100g)					129,4±1,20						
TEAC radical ABTS (mmol Trolox/Kg)						Min. 0,18±0,03; Max.1,46±0,3					
ABTS - IC50 (mg/mL)						Min. 0,077±0,00; Max. 230,20±5,43					
DPPH - IC50 (mg/mL)						Min. 0,007±0,00; Max. 197,40±1,44					

Tabla 1-2: Composición fisicoquímica y compuestos bioactivos de la miel de abejas en algunos países de América del Sur y Central.

Autor	Álvarez et al. (2010)	MohTar et al. (2011)	Royo et al. (2022)	Brugnerotto et al. (2023)	Cracco et al. (2022)
Ubicación geográfica	Cuba	Venezuela	Brasil	Brasil	Uruguay
Humedad (%)	Min.17,4±0,9; Max. 20,3±0,6	Min. 15,4; Max. 28,7	Min. 17,5; Máx. 19,5	Min. 18,4±0,0; Max. 19,4±0,0	
Grados Brix (°Bx)					
pH	Min. 3,9±0,2; Max. 4,9±0,2	Min. 2,9; Max. 3,74			
Acidez libre (meq/Kg)	Min. 16,8±4,6; Max. 27,7±6,7	Min. 19,7±0,29; Max. 69,2±0,58	Min.16 Max. 32,01	Min18,4±0,3; Max. 23,3±0,3	
Acidez lactónica (meq/Kg)					
Acidez total (meq/Kg)					
HMF (mg/Kg)	Min. 3,3±0,6; Max.15,9±7,4		2,47	Min. 2,4±0,2; Max. 4,4±0,3	
Diastasa (ND)	Min.13,4±4,9; Max. 33,4±3,5 DN.	8,57		Min. 33,0±1,1; Max. 33,7±2,0	
Cenizas (%)	Min. 0,18±0,01; Máx. 0,31±0,02				
CE mS/cm	Min. 0,2±0,11; Max. 0,6±0,1	Min. 89,7±0,45; Max. 401,0±0,38		0,8±0,0	
Aw				0,6±0,0	
Potasio (mg/100g)				Min. 210±0,1; Max. 230±0,1	Min. 129,2±731; Max. 336,5±655
Calcio (mg/100g)				Min. 6,48±2,7; Max. 7,01±2,9	Min. 12,5±32,9; Max. 28,64±99,8
Magnesio (mg/100g)				Min. 2,42±1,2; Max. 3,04±1,9	Min. 2,7±4; Max. 13,5±13
Sodio (mg/100g)				Min. 2,14±0,8; Max. 2,44±0,8	Min. 6,4±43; Max. 17,1±57
Hierro (mg/100g)				0,478±2,82	
Manganeso (mg/100g)		Min.0,011±0,01; Max. 1,16±0,01		Min. 0,66±0,8; Max. 0,75±0,4	
Zinc (mg/100g)		Min.0,012±0,01; Max. 0,117±0,01		0,366±2,03	
Cadmio (mg/Kg)			No detectado		Min. 0,0024±0,001; Max. 0,0130±0,001
Plomo (mg/Kg)			No detectado		Min. 0,0076±0,010; Max. 0,0163±0,010
Pfund (mm)	Min.12,2; Max. 88,9		Min. 35; Max. 114		
TEAC radical ABTS (mmol Trolox/Kg)	Min. 0,001035; Max. 0,002942				
DPPH - IC50 (mg/mL)			Min. 51,48±1,48; Max. 150,71±2,56		

1.3.13 Determinación de compuestos fenólicos y flavonoides por UHPLC-ESI-ORBITRAP-MS

La metodología UHPLC-ESI-ORBITRAP-MS tiene una amplia aplicación en diversos alimentos para el análisis de compuestos fenólicos y flavonoides (Senyuba-H *et al.*, 2015).

Chernetsova *et al.*, (2012), concluyeron que el uso del método DART-Orbitrap-MS permite una identificación precisa y eficiente de flavonoides y otros compuestos fenólicos en propóleos, lo que facilita el análisis de su composición química y potenciales beneficios para la salud.

En la tabla 1-3 se presenta una revisión de literatura de los compuestos fenólicos y flavonoides identificados en miel de abejas obtenida en Brasil y Colombia (departamento del Cauca).

Tabla 1-3: Compuestos fenólicos y flavonoides de la miel de abejas.

Autor	Ubicación geográfica	Resultados
Brugnerotto-P et al., (2023)	Brasil	Ácido benzoico Min. 104±11,0; Max. 140.1±18,3 µg /100g Ácido cafeico Min. 44,4±1,0; Max. 47,6±2,3 µg /100g Crisina min. 11,7±1,4; Max. 25,9±1,3 µg /100g Ácido p-cumarico Min. 25,1±3,6; Max. 59,4±1,8 µg /100g Ácido 3,4 dihidroxibenzoico Min. 9±0,3; Max. 29,6±1 µg /100g Ácido ferúlico Min. 91,1±1,7; Max. 122,1±2,3 µg /100g Ácido gálico Min. 9,3±0,5; Max. 15,3±0,7 µg /100g Kaempferol Min. 5,5±0,6; Max. 57,2±2 µg /100g Naringenina Min. 9,9±0,1; Max. 27,7±0,4 µg /100g Quercetina Min. 3,8±0,2; Max. 30,6±0,8 µg /100g Rutin Min. 2,8±0,4; Max. 13,9±1,2 µg /100g Cinamaldehido Min. 13,6±0,1; Max. 20,7±0,1 ug/100 Ácido siringico Min. 168,1±3,3; Max. 319,1±3,4 ug/100g Ácido benzoico Min. 104±11,0; Max. 140.1±18,3 ug/100g
Idrobro, (2019)	Cauca	Por análisis de espectrometría de masas se obtuvieron los siguientes grupos: En todas las 6 muestras – ácido gálico, ácido cafeico, ácido p-cumarico, ácido vanílico Presente en 5 muestras – ácido p-hydrobenzoico, ácido ferúlico, apigenina Presente en 4 muestras – Luteolina, kamferol y apigenina Presente en 1 muestra - Ácido protocatecuico y quercetina

1.4 Evaluación de la Autenticidad

El estudio de Khan-K *et al.*, (2024) destaca diferencias significativas en la composición química de mieles provenientes de diversas regiones, lo que sugiere que la flora local y las condiciones climáticas tienen un impacto directo en la proporción de monosacáridos y minerales; es por ello la proporción de azúcares afecta propiedades clave como la cristalización y el sabor.

Los métodos avanzados como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y el análisis melisopolinológico permiten no solo evaluar la autenticidad de la miel, sino también detectar adulteraciones y garantizar su calidad. Sin embargo, existe una necesidad creciente de investigaciones que integren la evaluación química con las aplicaciones

terapéuticas, dado el potencial medicinal que ofrecen ciertos compuestos presentes en la miel, como los ácidos fenólicos y flavonoides.

La miel ha sido utilizada tradicionalmente por sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias. Compuestos como el peróxido de hidrógeno y el ácido glucónico desempeñan un papel crucial en su eficacia contra infecciones bacterianas y en la cicatrización de heridas (Bogdanov-S *et al.*, 2008; Zammit-G *et al.*, 2023). Además, la miel es utilizada en el tratamiento de problemas gastrointestinales y como suplemento nutricional (Missio da Silva-P *et al.*, 2015).

1.5 Sostenibilidad y producción apícola

La producción de miel enfrenta retos significativos debido al declive de las poblaciones de abejas, provocado por factores como el síndrome de colapso de colonias, el uso de pesticidas. La apicultura sostenible se ha convertido en una prioridad, promoviendo prácticas que favorezcan la salud de las abejas y el mantenimiento de la biodiversidad.

La conservación de hábitats y la reducción de químicos tóxicos son fundamentales para garantizar la continuidad de la producción (Missio da Silva *et al.*, 2015; Mohammed-A *et al.*, 2022). La implementación de prácticas sostenibles puede contribuir significativamente a garantizar la continuidad de este recurso invaluable.

1.6 Seguridad y control de calidad

Aunque la miel es segura para la mayoría de los consumidores, puede contener esporas de bacterias como *Clostridium botulinum*, peligrosas para niños menores de un año. Además, ciertas mieles provenientes de plantas tóxicas pueden contener compuestos perjudiciales. Los controles de calidad, como pruebas de pureza y verificación del origen floral, son esenciales para garantizar un producto seguro y de alta calidad (Pascual-A *et al.*, 2018).

1.7 Características geográficas, geológica y climáticas del Piedemonte Llanero Colombiano de la región de la Orinoquia

También conocida como Llanos Orientales, se extiende desde el piedemonte de la cordillera Oriental hasta el río Orinoco, y desde el río Guaviare hasta los ríos Arauca y Meta, marcando los límites con Venezuela (Rangel-J *et al.*, 2022). Beard (1955) la define como una formación de sabana caracterizada por un estrato dominante de plantas xeromórficas, acompañado en algunos casos por arbustos, árboles o plantas aisladas. Estudios posteriores han demostrado que la región presenta un mosaico de vegetación que incluye palmares, bosques húmedos y secos, pastizales extensos con vegetación acuática, formando un complejo patrón florístico y ecológico (Rangel-J *et al.*, 2014; Minorta-C *et al.*, 2019; Rangel-J *et al.*, 2021).

Desde un enfoque fisiográfico, se han identificado cuatro unidades principales en la Orinoquia: piedemonte, la llanura aluvial, la altillanura y la serranía de la Macarena (Rangel-J *et al.*, 1995; Rangel-J *et al.*, 2014; Niño, 2018).

Precipitación promedio anual oscila entre 600,8 y 4663,7 mm, con valores más bajos en el sector nororiental (Arauca-Vichada) y altos en piedemonte (Rangel-J *et al.*, 1995). El régimen de distribución de las lluvias es en su mayoría unimodal-biestacional, temporada de lluvias ocurre entre abril y octubre, concentrando entre 50,7% y 88,5% de la precipitación total. La precipitación es abundante en el piedemonte, seguida por la altillanura y la llanura aluvial, con un patrón que se extiende de Nororiente a Suroccidente concentrándose en la cordillera Oriental (Rangel-J *et al.*, 1995; Rangel-J *et al.*, 2014; Minorta-C *et al.*, 2019). Temperatura promedio de 27° C, y las variaciones entre los extremos caracterizan un régimen isotérmico.

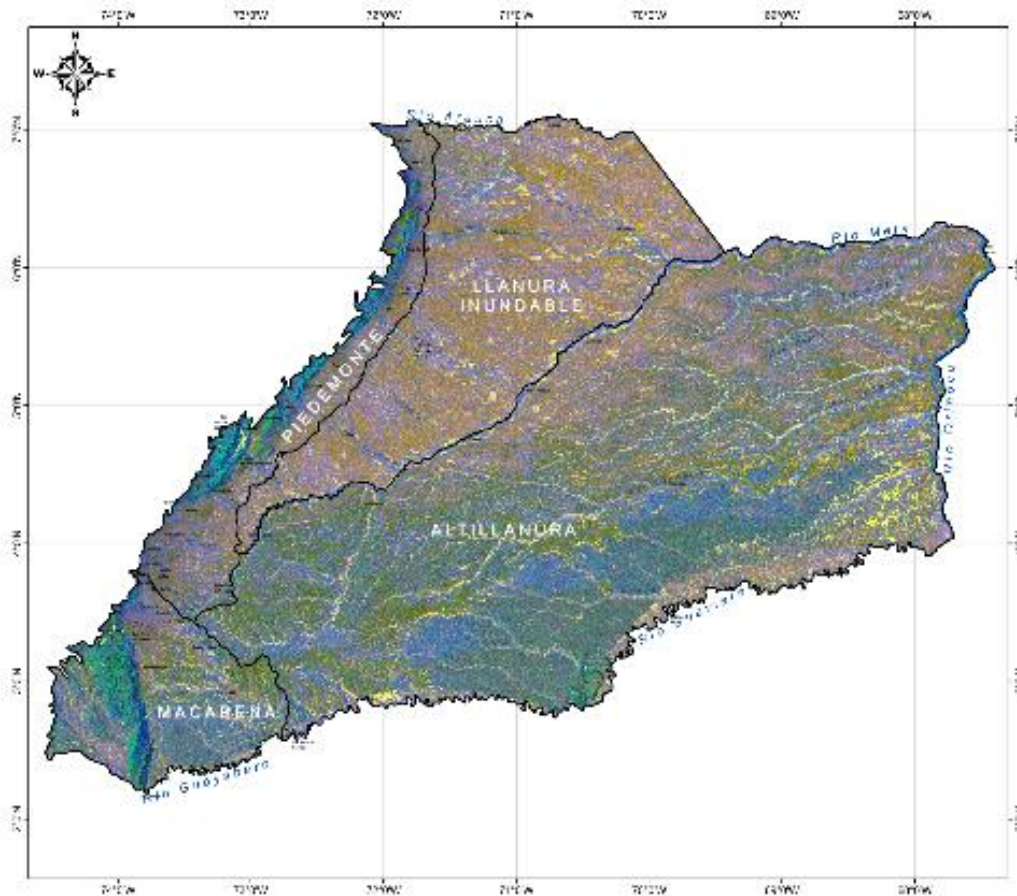
La cordillera oriental de Colombia comenzó su deformación en el Paleoceno, con procesos de flexura tectónica en el Eo-Oligoceno y Mioceno, atribuidos a la carga proveniente de la Cordillera Central. En el Oeste del río Meta, predominan abanicos aluviales, llanuras de desborde y sectores eólicos, mientras que al este del río Meta predominan altillanuras

planas y disectadas, junto con zonas aluviales y formaciones eólicas (Cortés, 1985; Rippstein *et al.*, 2001).

Orinoquia Colombiana presenta diversas formaciones vegetales, incluyendo palmares, bosques altos y bajos, matorrales, pastizales, rosetales y herbazales.

A continuación, se describen las características biofísicas de cada subregión (Figura 1-1):

Figura 1-1: Subregiones Orinoquia Colombiana (Niño-L 2020).



Atillanura: Se ha desarrollado por la acumulación de materiales erosionados de la cordillera oriental, con depósitos que ha conformado terrenos ondulados, planicies de inundación y valles sedimentarios (Rangel-J *et al.*, 2014; Jaramillo-A *et al.*, 2014). El clima va desde muy húmedo hasta moderadamente húmedo, con precipitaciones anuales entre 1564 y 3100 mm. La temperatura medio oscila entre 26,6 y 30,7° C con suelos predominantemente ácidos, bajos en bases y ricos en aluminio. Los principales tipos de

suelo incluyen inceptisoles, oxisoles, entisoles, ultisoles y spodosoles, con un contenido variable de carbono orgánico, fósforo y nitrógeno (Minorta-C *et al.*, 2019).

Llanura aluvial: Se divide en tres zonas principales: la parte septentrional, que se extiende entre los ríos Tua y Guacavía; la parte central, que abarca desde los ríos Guacavía y Guayuriba hasta el río Metica; la parte meridional, que comprende las terrazas entre los ríos Guayuriba y Güejar.

Según Jaramillo *et al.*, (2014) se identifican tres unidades geomorfológicas:

1. Llanuras de inundación actuales caracterizadas por canales angostos y meandros abandonados.
2. Llanura inundable de desborde, con presencia de esteros, bancos y bajíos.
3. Complejo de canales, en zonas de antiguos cauces fluviales.

En la estratigrafía regional, bloque Tame es la zona de mayor elevación, con lomeríos bajos, planicies colinadas y terrazas aluviales altas. Bloque Saravena se distingue por su valle profundo y deprimido, con marcada disección y degradación. Zona de cizalla del río Casanare, próxima al piedemonte llanero, sufre una erosión intensa debido al socavamiento fluvial. Finalmente, Zona de cizalla del río Cravo norte presenta un valle amplio y profundo, resultado de fallas paralelas.

Bloque Arauca, presenta un terreno suavizado con poca inclinación. Llanura eólica heredada está cubierta por una capa de limos y arena fina, resultado de los sedimentos transportados por el viento durante el Pleistoceno superior. Su principal rasgo geomorfológico son los médanos. Textura del suelo, predominan las clases franco-arenosas, franco-limosa y franco-arcillosa. Los suelos más comunes incluyen inceptisoles, oxisoles y entisoles (Minorta-C *et al.*, 2019).

Precipitación es unimodal-biestacional, con montos anuales que varían entre 1425 mm y 3000 mm, alcanzando su mínimo en San Salvador, Hato corozal, Casanare.

Piedemonte: franja estrecha al pie de la Cordillera Oriental, donde los ríos han depositado material aluvial. En el sur entre los ríos Tua y Guacavía, estos depósitos forman mesas-terrazas similares a las terrazas aluviales. En piedemonte de San Martín, predomina

material parental de aluviones, con suelos de textura franca, franca-arcillosa y franca-arenosa (Rangel-J *et al.*, 2014).

Los suelos presentan valores de pH bajos, desde extremadamente ácidos (3,5) hasta medianamente ácidos (6,0), con algunas excepciones de alcalinidad. Los niveles de calcio, magnesio y potasio varían de bajos a altos, con concentraciones elevadas en algunas zonas del Meta. La capacidad de intercambio catiónica es generalmente baja, al igual que el contenido de carbono orgánico, aunque en algunos sitios del Meta es alto. El contenido de aluminio es elevado en la mayoría de los registros, superando el 60%, lo que lo hace tóxico para la agricultura (IGAC, 1978). Los Inceptisoles son los suelos dominantes, aunque también hay presencia de entisoles.

La precipitación anual va entre 1.627 y 4.664 mm, con un promedio de 2.762 mm. El régimen de lluvias es unimodal-biestacional, concentrando el 80,3% de la precipitación entre abril y octubre, mayo es el mes más lluvioso (405,3 mm) y enero el más seco (40,7 mm).

Serranía de la Macarena: Es un macizo ubicado al este de la cordillera oriental, de la cual se encuentra separada por 40 km en su extremo norte. Sus flancos están cubiertos por sedimentos cretácicos y terciarios depositados en la paleocuena axial de la cordillera Oriental; la parte basal se extiende entre 340 y 550 m, se compone por fluvio-coluviones que alcanzan los costados occidentales de la Serranía.

El macizo, con orientación Norte-Sur, tiene una longitud de 130 km, un ancho promedio de 28 km y una altura media de 1.590 m. Su formación es consecuencia del arrastre tectónico de un bloque de la cordillera oriental, con fallas reconocidas en el norte (Algeciras - La Uribe), conectadas con la falla del río Meta. Este proceso provocó el levantamiento y exhumación de basamentos precámbricos, cámbricos, paleozoico, cretácicos y terciarios, dando origen a la serranía actual (Jaramillo *et al.*, 2014).

Tiene una superficie de 6.292,8 km², aunque su extensión como unidad paisajística es de 12.864 km². Los drenajes tienen una dirección Noroeste-Suroeste, discurriendo sobre formaciones terciarias recientes. Hay dos zonas definidas: un bloque alargado de 67 km

o alianzas y en 15 grandes formaciones u ordenes que finalmente se reunieron en seis clases o superformaciones.

En la figura 1-3 se muestra la distribución de los órdenes o grandes formaciones y en la figura 1-4 la de las alianzas o formaciones (Rangel-J *et al.*, 2022).

Figura 1-3: Alianzas o formaciones en la Orinoquia Colombiana.

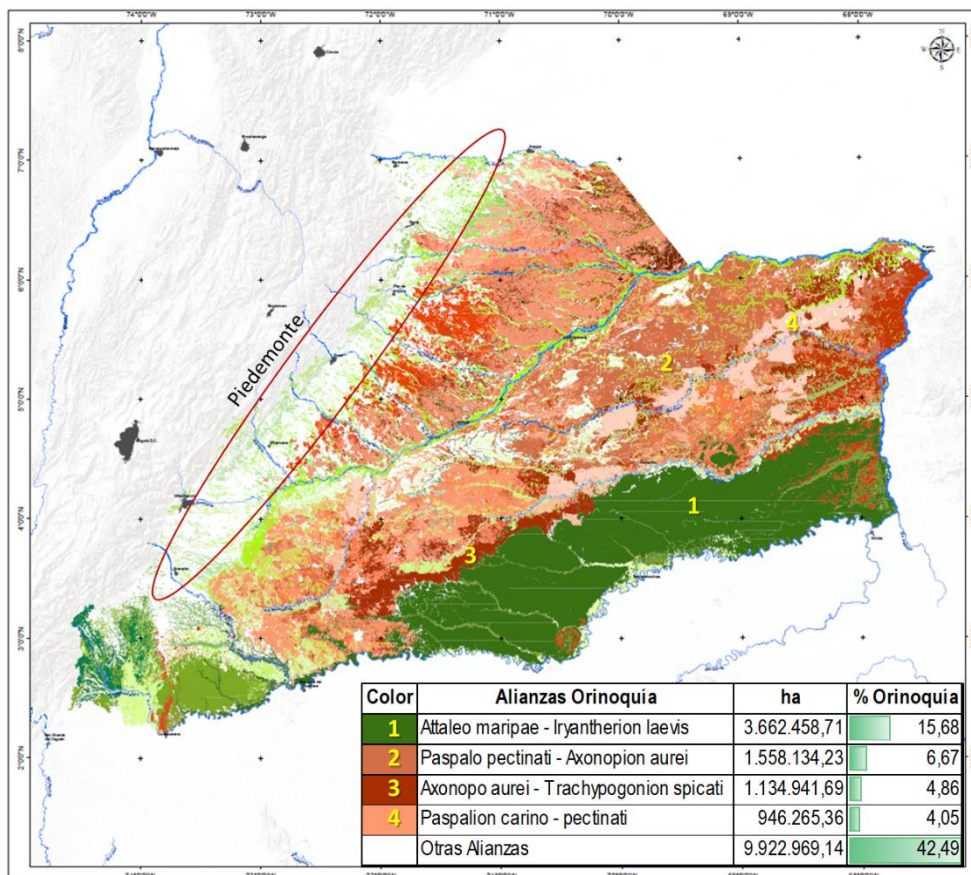


Tabla 1-4: Formación de asociaciones o tipos de vegetación

	Puntos de muestreo	Superformaciones o clases	Grandes formaciones u órdenes	Formaciones o alianzas	Asociaciones o tipos de vegetación
Orinoquia	541	6	15	49	170
Total Colombia	3934	72	118	283	947

Las consideraciones anteriores y el marco de referencia sobre la miel de *Apis mellifera*, sirvió para elaborar la propuesta de investigación de la tesis.

La presente investigación se enfoca en la identificación del origen botánico (palinomorfos), la composición fisicoquímica y capacidad antioxidante de las mieles producidas por colmenas de abejas *Apis mellifera* ubicadas en el municipio de Villavicencio del Departamento del Meta, región Piedemonte Llanero, durante el último trimestre del año 2022, durante el 2023 y el primer trimestre del año 2024. Asimismo, busca establecer la relación entre la composición de la miel y su origen botánico.

Adicionalmente, se promueve la “Mejora de la productividad y la competitividad del sector apícola” y el “Manejo de recursos naturales y medio ambiente” en el marco de la firma del acuerdo de competitividad del comité apícola del departamento del Meta. En consecuencia, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el origen botánico, composición fisicoquímica, capacidad antioxidante de las mieles producidas por abejas *Apis mellifera* recolectadas en el Piedemonte Llanero del departamento del Meta?, por lo que se plantearon el siguiente objetivo general y específicos:

Objetivo general

Evaluar el origen botánico, perfil fisicoquímico y bioactivo de mieles producidas por abejas *Apis mellifera* en el Piedemonte Llanero del Departamento del Meta

Objetivos específicos

- Identificar el origen botánico de las mieles producidas por abejas *Apis mellifera* en el Piedemonte Llanero.
- Analizar parámetros fisicoquímicos de mieles producidas por abejas *Apis mellifera*.
- Relacionar los componentes biológicos – geográficos y los análisis fisicoquímicos de las mieles colectadas en el Piedemonte Llanero

El trabajo se estructuró en cuatro capítulos:

El primer capítulo presenta el marco conceptual y antecedentes relativos al contenido polínico de miel, su calidad, composición química y actividad antioxidante. Se adicionan

consideraciones sobre las características geográficas, geológicas y climáticas del Piedemonte Llanero Colombiano.

El segundo capítulo, se menciona la metodología empleada para el desarrollo de los análisis palinológicos de las mieles y propóleos. Se presentan los resultados del análisis palinológico de la miel, y se describen dos grupos diferenciados con base en la composición. Se realiza un análisis de diversidad y riqueza biológica de los palinomorfos identificados en la miel.

El tercer capítulo aborda metodología usada para el análisis fisicoquímico de muestras de miel y presenta los resultados obtenidos para cada uno de los análisis relacionados con la calidad, la composición y la actividad antioxidante. Además, se presentan las relaciones identificadas entre estos parámetros.

El cuarto capítulo, presenta las conclusiones de los capítulos anteriores donde se abordan las relaciones identificadas entre el origen botánico de las mieles recolectadas (análisis palinológico) y el perfil fisicoquímico.

Los resultados de este trabajo fueron divulgados en eventos académicos científicos Expomalokas académico 2023 – 2024 y XXI Congreso Nacional Encuentro Colombiano de Apicultores (Anexo F).

1.8 Bibliografía

- Acosta-D. 2021. Caracterización y diferenciación de mieles de Colombia mediante aplicación de herramientas instrumentales sensoriales y propiedades fisicoquímicas. [Tesis Maestría] [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias Pág.1-139
- Alqarni-A, Owayss-A, Mahmoud-A, Hannan-M. 2014. Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*. 18(5):618–625. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>
- Alqarni-A, Owayss-A, Mahmoud-A. 2016. Physicochemical characteristics, total phenols, and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry*. 9(1):114–120. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.11.013>

- Alnaqdy-A, Al-Jabri-A, Al Mahrooqi-Z, Nzeako-B, Nsanze-H. 2005. Inhibition effect of honey on the adherence of Salmonella to intestinal epithelial cells in vitro. *International Journal of Food Microbiology*. 103(3):347–51. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.042>
- Alvarez-J, Tulipani-S, Díaz-D, Estevez-Y, Romandini-S, Giampieri-F, Damiani-E, Astolfi-P, Bompadre-S, Battino-M. 2010. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology*. 48(8–9): 2490–2499. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.021>
- Alvarez-J, Giampieri-F, Battino-M. 2013. Honey as a Source of Dietary Antioxidants: Structures, Bioavailability and Evidence of Protective Effects Against Human Chronic Diseases. *Current Medicinal Chemistry*. 20:621–628
- Alvarez-J. 2017. Bee products Chemical and Biological Properties Springer Capitulo 1 apartado 3 Facultad de Ciencias de la Salud Universidad de las Américas Quito Ecuador Pág. 1 – 301
- Almeida-L, Barth-O, Dietemann-V, Eyer-M, Da Silva-A, Martel-A, Marcazzan-G, Marchese-C, Mucignat-C, Pascual-A, Reybroeck-W, Sancho-M, Gasparotto-J. 2020. Review Article Standard methods for Apis mellifera honey research. *Journal of Apicultural Research*. 59(3):1–62. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1738135>
- Andrade-C, Anjos-V, Felsner-M, Torres-Y, Quinaia-S. 2014. Direct determination of Cd, Pb and Cr in honey by sampling electrothermal atomic absorption spectrometry. *Food Chem*. 146:166-173.
- Anklam-E. 1998. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*. 63(4):549-562
- Ball-D. 2007. The Chemical Composition of Honey. *Journal Chem Educ*. 84(10):1643–1646
- Barreiros-J, Cepeda-A, Franco-C, Nebot-C, Vázquez-B. 2024. Analysis of minerals in honey and their nutritional implications. *Journal of Food Composition and Analysis*. (136):1-10.
- Beard-J. 1955. The classification of Tropical American vegetation-type. *Ecology* 36(1):89 - 100
- Biesaga-M, Pyrzynska-K. 2009. Liquid chromatography/tandem mass spectrometry studies of the phenolic compounds in honey. *J. Chromatogr.* (1216):6620–6626.

- Bogdanov-S, Vit-P, Lüllmann-C, Martin-Peter, Von der Ohe-Werner, Russmann-Harald, Vorwohl-G, Persano-L, Sabatini-G, Marcazzan-L, Piro-R, Flamini-C, Morlot-M, Lhéritier-J, Borneck-R, Marioleas-P, Tsigouri- A, Kerkvliet-J, Ortiz-A, Ivanov-T, Mossel-B, Cortopassi-L, Gelli-D. 2000. Calidad de la miel de abejas y estándares de control: Revisión realizada por la comisión internacional de la miel. Revista Facultad de Farmacia (Merida-Venezuela). (39):26-36.
- Bogdanov-S. 2002. Harmonized Methods of International Honey Commission IHC responsible for the methods: Introduction and general comments on the methods. International Honey Commission. 1–62.
- Bogdanov-S. 2006. Contaminants of bee products. *Apidologie* (37):1-18.
- Bogdanov-S, Tomislav-J, Sieber-R, Gallmann-P. 2008. Honey for Nutrition and Health: A Review. *Journal of the American College of Nutrition*. 27(6):677-689.
- Bogotá-G, Rangel-J, Jiménez-L. 2001. Análisis palinológico de mieles de tres localidades de la sabana de Bogotá. *Revista Caldasia Botánica Palinología* 23(2):455-465.
- Bilandzic-N, Đokic-M, Sedak-M, Varenina-I, Kolanovic-B, Koncurata-A, Šimic-B, Rudan-N. 2012. Content of five trace elements in different honey types from Koprivnica-Krizevci Country. *Slov. Vet. Res.* 49(4):167-175.
- Brugnerotto-P, Tischer-S, Dortzbach-D, Rita-C, Nunes-D, Schulz-M, Barcellos-R., Pasini-C, Valdemiro-L, Fett-R, Oliveira-A. 2023. *European Food Research and Technology*. (249):295-306.
- Cadena-Z. 2021. Relación de la vegetación y análisis de calidad (humedad y azúcares totales) de la miel producida por *Apis mellifera* L. (Apidae) en el sur del municipio de Toledo, Norte de Santander, Colombia. [Tesis pregrado] [Santander]: Universidad de Pamplona. Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Biología. Pág.1–99.
- Campo-O, Hincapié-G. 2022. Factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas: Revisión Sistemática de Literatura. *Revista Mutis*. 13(1):1–28. <https://doi.org/10.21789/22561498.1851>
- Cardellach-P. 2019. Análisis espora-polinico de la Miel y el propóleo, y su relación con el entorno [Tesis Doctoral]. [España]: Universidad Autónoma de Barcelona - UAB. Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental – ICTA. Pág.1-363.
- Castellanos-R, Pineda-B, Téllez-A. 2023. Melisopalinología en mieles de origen apícola comercializada en Bucaramanga Santander. *Intrópica*. 18(2): 239 – 246
- Castro-L. 2018. Evaluación de la composición, calidad y generación de valor de miel de abejas originaria de zonas forestales en la altillanura del Departamento del Vichada

- [Tesis maestría]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Facultad de Ciencias Agrarias. Pág.1-128.
- Cavia-M, Fernández-M, Gómez-E, Montes-M, Huidobro-J, Sancho-M. 2002. Evolution of fructose and glucose in honey over one year: influence of induced granulation. *Food Chemistry*. 78(2):157-161
- Cracco-P, Cabrera-C, Cadenazzi-M, Galletta-G, Moreni-A, Santos-E, Zaccari-F. 2022. Caracterización de mieles de diferentes regiones de Uruguay, marcadores de origen. *Agrociencia Uruguay*. 22(1):1-16.
- Ciaccioli-D, Forbes-T, Afrin-S, Gasparrini-M, Reboredo-P, Manna-P, Zhang-J-J, Lamas-L, Flórez-S, Toyos-P, Quiles-J, Giampieri-F, Battino-M. 2018. Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. *Molecules*. 23(9)1–20. <https://doi.org/10.3390/molecules23092322>
- Ciappini-M, Gatti-M, Vito-M. 2013. El Color como indicador del contenido de flavonoides en miel. *Revista de Ciencia y Tecnología* 19:59-63
- CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical & Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena – Cormacarena. 2018. Plan regional integral de cambio climático para la Orinoquia: departamento del Meta. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Conti-M, Stripeikis-J, Campanella-L, Cucina-D, Tudino-M. 2007. Characterization of Italian honeys (Marche Region) based on their mineral content and some typical quality parameters. *Chemistry Central Journal*. Pág.1-14
- Correa-D, Gutiérrez-A, Moreno-J, Castañeda-S, Molina-A, López-F, Camargo-H, Zuluaga-J, Campos-J, Ostos-M. 2023. Modelo productivo para el cultivo de yopo (*Mimosa trianae* Benth) en el departamento del Meta. Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria Agrosavia. Pág.1-139. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7406863>
- Cortés-L. 1985. Las tierras de la Orinoquia, capacidad de uso actual y futuro. [Tesis maestría]. [Bogotá]: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Sede Bogotá. Pág.97.
- Cortopassi-M, Ramalho-M. 1988. Pollen harvest by Africanized *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* in Sao Paulo. Botanical and ecological views. *Apidologie*. 19(1)1- 24.

- Chernetsova-E, Bromirski-M, Scheibner-O, Morlock-G. 2012. DART-Orbitrap MS: a novel mass spectrometric approach for the identification of phenolic compounds in propolis. *Anal. Bioanal. Chem.* (403):2859-2867.
- De-Melo-A, De Almeida-M, Sancho-M, Pascual-M. 2017. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: a review. *Journal of Apicultural Research* (57):5–37. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017>
- Diaz-R, Zárate-J. 2022. Diagnóstico de la Cadena Apícola del Departamento del Meta Orientado a la formalización del comité Departamental de la Cadena Productiva de las Abejas y la Apicultura. Secretaria de Agricultura del Departamento del Meta Pág. 1-75.
- Diez-M, Rés-C, Terrab-A. 2004. Physicochemical parameters and pollen analysis of Moroccan honeydew honeys. *International Journal of Food Science and Technology.* (39);167–176
- Đogo-M, Krstić-M, Lolić-A, Ražić-S. 2020. Comparative study of the chemical composition and biological potential of honey from different regions of Serbia. *Microchemical Journal.* (152):1-9 <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104420>
- Donkersley-P, Rhodes-G, Pickup-R, Jones-K, Power-E, Wright-G, Wilson-K. 2017. Nutritional composition of honeybee food stores vary with floral composition. *Oecología.* (185):749-761.
- Escuredo-O, Silva-L, Valentão-P, Seijo-M, Andrade-P. 2012. Assessing *Rubus* honey value: Pollen and phenolic compounds content and antibacterial capacity. *Food Chemistry*, 130(3):671–678. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.107>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) and WHO (World Health Organization). 1981 *Codex Alimentarius. Standard for Honey CODEX STAN 12. International Food Standards.*
- Fernández-J, Perez-M, Bello-M, Callejón-J, Jimenez-A. 2005. Mineral content and botanical origin of Spanish honeys. *Talanta.* (65):686–691
- Formicki-G, Gren-A, Stawarz-R, Zysk-B, Gal-A. 2013. Metal content in honey, propolis, wax, and bee pollen and implications for metal pollution monitoring. *Pol. J. Environ. Stud.* 22(1)99–106
- Fredes-C, Montenegro-G. 2006. Heavy metals and other trace elements contents in Chilean honey. *Ciencia e Investigación Agraria.* 33(1):50-58.

- Galezo-Z, Giraldo-C, Castañeda-I, Quijano-M. 2020. Estimación de la diversidad melisopalinológica de *Apis mellifera* y *Melipona ebúrnea* en el municipio de San Carlos (Antioquia). *Revista Universidad Católica de Oriente*. 31(46):146–166.
- Gašić-U, Kečkeš-S, Dabić-D, Trifković-J, Milojković-D, Natić-M., Tešić-Z. 2014. Phenolic profile and antioxidant activity of Serbian polyfloral honeys. *Food Chem.* (145):599–607.
- Hadjmohammadi-M, Nazari-S, Kamel-K. 2009. Determination of flavonoid markers in honey with SPE and LC using experimental design. *Chromatographia*, 69(11–12):1291–1297. <https://doi.org/10.1365/s10337-009-1073-4>
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1978. Estudio general de suelos de los municipios de Cabuyaro, Fuente de Oro, Puerto López, San Carlos de Guaroa y la Inspección de Barranca de Upia, departamento del Meta. Santafé de Bogotá, Colombia.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento del Meta. Pág.1-56.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2017. Atlas climatológico de Colombia 1981-2010. <http://www.ideam.gov.co/AtlasWeb/index>.
- Idrobo-L. 2019. Determinación cualitativa de compuestos con actividad antioxidante en muestras comerciales de miel propolizada [Título Pregrado]. [Cauca]: Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, exactas y de la educación. Departamento de Química. Pág.1-161.
- Insuasty-E, Criollo-D, Córdoba-J. 2013. Análisis melisopalinológico de la miel obtenida en el apiario de la granja experimental Botana. *Revista investigación pecuaria*. 2(2):49 - 57
- Insuasty-E, Martínez-J, Jurado-H. 2017. Determinación melisopalinológica de miel de abejas *Apis mellifera* producida con flora de clima frío, principalmente *Trifolium repens* L. *Veterinaria y Zootecnia*. 11(1)1-9. ISSN 2011-5415
- Jaramillo-A, Rangel-J. 2014. Los sistemas fluviales de la Orinoquia Colombiana (Llanura de inundación y Altillanura). Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales Pág: 71-99.
- Jovetić-M, Trifković-J, Stanković-D. 2017. Mineral content as a tool for the assessment of honey authenticity. *J AOAC* (100):862–870.

- Julio-C, De Jesús-A. 2018. Caracterización de la composición y calidad fisicoquímica de Miel de abejas (*Apis mellifera*) comercializada en la ciudad de Sincelejo Sucre. [Tesis pregrado]. [Sincelejo]: Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Pág.1–69
- Kačániová-M, Borotová-P, Galovičová-L, Kunová-S, Štefániková-J, Kowalczewski-P, Šedík-P. 2022. Antimicrobial and Antioxidant Activity of Different Honey Samples from Beekeepers and Commercial Producers. *Antibiotics*. (11):1163.
- Kaškonienė-V, Maruska-A, Kornysova-O, Charczun-N, Ligor-M, Buszewski-B. 2009. Quantitative and qualitative determination of phenolic compounds in honey. *Chemine Technologija*. 3(52):74-80. ISSN 1392-1231.
- Khan-K, Malik-K, Ahmad-M, Raja-N, Nazish-M, Kamal-A, Albasher-G, Ahmed-S, Tahir-M. 2024. Exploring the nutritional composition and quality parameters of natural honey from diverse melliferous flora. *Nature portafolio Scientific Reports*. (14): 31626.
- Kec̆keš-S, Gašić-U, Veličković-T, Milojković-D, Natic-M, Tešić-Z. 2013. The determination of phenolic profiles of Serbian unifloral honeys using ultra-high-performance liquid chromatography/high resolution accurate mass spectrometry. *Food Chem*. (138)32-40.
- Kędzierska-M, Stryjecka-M, Teter-A, Skąlecki-P, Domaradzki-P, Florek-M. 2021. Relationships between the Content of Phenolic Compounds and the Antioxidant Activity of Polish Honey Varieties as a Tool for Botanical Discrimination. *Molecules MDPI* (26):1-12.
- Kolayli-S, Boukraâ-L, Şahin-H, Abdellah-. 2012. *Dietary Sugars: Chemistry, Analysis, Function and Effects*. Ed. V. R. Preedy, The Royal Society of Chemistry. Pág. 3-15
- Kwakman-P, De Boer-L, Ruyter-C, Creemers-T, Helsper-J, Vandenbroucke-C, Zaat-S, Velde-A. 2011. Medical-grade honey enriched with antimicrobial peptides has enhanced activity against antibiotic-resistant pathogens. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 30(2):251–257. <https://doi.org/10.1007/s10096-010-1077-x>
- Kuballa-T, Brunner-T, Thongpanchang-T, Walch-S, Lachenmeier-D. 2018. Application of NMR for authentication of honey, beer, and spices. *Food Science*. (19):57–62. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.007>
- Kuldasheva-F, Madartov-B, Nurmurodova-N, Eshdavlatov-O. 2022. Study of organoleptic, physical, and chemical indicators of honey in Toshkent region. *Agro Inform*. 1(3):43–51.

- Laaroussi-H, Bouddine-T, Bakour-M, Ousaaïd-D, Lyoussi-B. 2020. Physicochemical Properties, Mineral Content, Antioxidant Activities, and Microbiological Quality of *Bupleurum spinosum* Gouan Honey from the Middle Atlas in Morocco. *Journal of Food Quality*. 2020(1-12). <https://doi.org/10.1155/2020/7609454>
- Laura-P. 2006. Biodiversidad: interferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia* 31(8):583–590.
- Leyva-F, Lozano-J, Borrás-I, Cadiz-M, Mahmoodi-E. 2019 Potential antimicrobial activity of honey phenolic compounds against Gram positive and Gram negative bacteria. *LWT Food Science and Technology*. (101):236–245
- Leoni-V, Giupponi-L, Pavlovic-R, Gianoncelli-C, Cecati-F, Ranzato-E, Martinotti-S, Pedrali-D, Giorgi-A, Panseri-S. 2021. Multidisciplinary analysis of Italian Alpine wildflower honey reveals criticalities, diversity, and value. *Scientific Reports*. 11(1):1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98876-y>
- Machado-A, De Almeida-L, Sancho-M, Pascual-A. 2017. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*. (57):5-37. doi: 10.1080/00218839.2017.1338444.
- Madejczyk-M, Baralkiewicz-D. 2008. Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and F-AAS/AES. *Analytica Chimica Acta Science Direct* (617)11-17 <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.01.038>
- Marín-D. 2020. Caracterización palinológica de la miel de las especies *Apis mellifera* L. y *Melipona ebúrnea* Friese establecidas en Bosques Tropicales de Antioquia. [Tesis pregrado]. [Antioquia]: Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Instituto de Biología. Pág.1-50
- Mendes-E, Brojo-E, Ferreira-IMPLVO, Ferreira-MA. 1998. Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydr. Polym.* (37):219.
- MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Cadena Pecuaria. 2021. Cadena productiva de las Abejas y de la Apicultura en Colombia. Cadena Productiva de Las Abejas y de La Apicultura En Colombia, Pág.1–12.
- Minambiente 2022 – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/colombia-ya-cuenta-con-su-primer-mapa-de-vegetacion-natural/>.
- Minorta-C, Rangel-J, Aymard-G, Castro-F. 2019. La vegetación en el territorio de las selvas transicionales de Cumaribo, Vichada (Colombia): composición florística y principales

- aspectos estructurales. En: J.O. Rangel-Ch., M.G. Andrade-C., C. Jarro-F. & G. Santos-C. (eds). Colombia Diversidad Biótica XIX. Selvas transicionales de Cumaribo (Vichada – Colombia): 165-222. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bogotá D.C
- Minorta-V. 2020. La vegetación de la Orinoquia Colombiana: Riqueza, diversidad y conservación [Tesis doctorado]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Facultad de Ciencias Naturales. Instituto de Ciencias Naturales.
- Missio da Silva-P, Gauche-C, Valdemiro-L, Oliveira-A, Fett-R. 2015. Honey: Chemical composition, stability, and authenticity. *Food Chemistry*. (196):309-323.
- Mohammed-A, Abu-Sraa, Alshareef-M, Al-Farhan-B, Ghramh-H, Al-Shehri-B, Bajaber-M, Khan-K, Alrooqi-M, Modawe-G. 2022. Review Biochemical Reactions and Their Biological Contributions in Honey. *Molecules*. (27):4719. <https://doi.org/10.3390/molecules27154719>
- Mohtar-L, Hernández-N, Maidana-J, Leal-I, Yegres-F. 2011. Evaluación de la calidad de las mieles expedidas en Coro, estado de Falcón, Venezuela. *Multiciencias*.11(3):225-234
- Montiel-J, Marmolejo-Y, Castellanos-I, Pérez-F, Prieto-F, Gaitán-J, Fonseca-M. 2020. Niveles de cadmio, cromo y plomo en abejas (*Apis mellifera*) y sus productos en Hidalgo, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 7(1)57-68. ISSN 2324-2501
- Montoya-P, León-D, Nates G. 2014. Catálogo de polen en mieles de *Apis mellifera* provenientes de zonas cafeteras en la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Revista Académica Colombiana Ciencia*. 28(149):364–384.
- Muñoz-E. 2022. Determinación de origen botánico y geográfico mediante estudios polínicos de mieles colectadas por *Apis mellifera* Linneo en el Departamento del Cauca en Colombia. *Rev. Asoc. Col. Cienc.* (34):105–121.
- Nates-G. 2011. Genética del comportamiento: Abejas como modelo. *Acta Biol. Colom.* 16(3):213-230.
- Nates-G, Montoya-P, Chamorro-F, Ramírez-N, Giraldo-C, Obregón-D. 2013. Origen Geográfico y Botánico de mieles de *Apis mellifera* (Apidae) en cuatro departamentos de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 18(3):427–438.
- Niño-L. 2018. Aproximación geográfica de las condiciones de amenaza sobre la vegetación: zonificación multicriterio de tres áreas den declaratoria de protección, localizadas en la Orinoquia Colombiana. [Tesis maestría]. [Bogotá]: Universidad

- Nacional de Colombia Sede Bogotá. Facultad de Ciencias Humanas. Departamento de Geografía.
- Niño-A. 2023. Evaluación y desarrollo de estrategias de mejoramiento de la calidad de mieles de abeja de unidades productivas del Departamento del Casanare. [Tesis maestría]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Ortega-R, Chito-D, Suárez-C. 2016. Physicochemical characteristics of commercial eucalyptus honeys from Southwest Casanare. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 17(1):73-80
- Ortega-R, Morales-C, Chito-D. 2021. Evaluación de características fisicoquímicas, compuestos fenólicos, contenido de minerales y color de mieles comerciales del Cauca Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2):1-19. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1894
- Ospina-A. 2014. Evaluación de las características de la miel de abejas proveniente del suroeste antioqueño y de las condiciones necesarias para su liofilización. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías. Facultad de ingeniería agroindustrial Medellín Pág.1-93
- Pascual-A, Osés-S, Fernández-M., Sancho-T. 2018. Methods of analysis of honey. *Journal of Apicultural Research*. 57:(1):38-74, DOI: 10.1080/00218839.2017.1411178
- Pena-D, Almeida-C, Santos- M, Fonseca-P, Menezes-E, De Melo-A, Brandão-M, De Oliveira-D, De Souza-L, Silva-C, Royo-V. 2022. Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Minas Gerais Brazil. *PLoS ONE*. 17(1):1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262038>
- Pérez-E, Vit-P, Rivas-E, Sciortino-R, Sosa-A, Tejada-D, Rodríguez-A. 2012. Antioxidant activity of four-color fractions of bee pollen from Mérida, Venezuela. *Archivo Latinoamericano de Nutrición*, 62(4):1–7.
- Pineda-E, Castellanos-A, Téllez-F. 2019. Determinantes fisicoquímicos de la Calidad de la miel: una revisión bibliográfica. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. Pontificia Universidad Javeriana. 13(83):1-15
- Pisani-A, Protano-G, Riccobono-F. 2008 Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County Italia. *Food Chem.* (107)1553-1560.
- Popek-S. 2002. A procedure to identify a honey type. *Food Chemistry*. 79(3):401–406.

- Porrini-C, Sabatini-A, Girotti-S, Ghini-S, Medrzycki-P, Grillenzoni-F, Bortolotti-L, Gattavecchia-E, Celli-G. 2003. Honeybees and bee products monitor environmental contamination. *Apiacta* (38):63-70.
- Potosí-C, Yépez-J. 2015. Identificación de la flora apícola representativa y característica de algunas variables etológicas durante el pecoreo de la abeja *Apis mellifera*, en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño. [Tesis pregrado]. [Nariño]: Universidad de Nariño. Facultad de Zootecnia. Pág.1–130
- Rangel-J, Aguilar-M, Sánchez-H, Lewy-C, Aguilar-M, Castillo-A. 1995. Región de la Orinoquia. Colombia Diversidad Biótica I. Pág. 239-254. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá
- Rangel-J, Minorta-C. 2014 Los tipos de vegetación de la Orinoquia Colombiana. En: J.O. Rangel-Ch. (ed.). Colombia Diversidad Biótica XIV. La región de la Orinoquia de Colombia. Pág: 533- 612. Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá D.C.
- Rangel-J. 2015. La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 39(51):176. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.136>
- Rangel-J. 2021. Vegetation and flowering plants on the Gorgona island (Guapí, Cauca), Chocó biogeographical of Colombia. *International Journal of Geobotanical Research*. 10:75-90
- Rangel-J, Celis-L, Concha-A. 2021. Suelos en el territorio de las selvas transicionales del Cumaribo, Vichada (Colombia): Aspectos físicos y químicos con base en revisión bibliográfica. *Col. Div. Biótica XIX*. Pág:77-100.
- Rangel-J, Suárez-C. 2022. Memoria técnica del mapa de la vegetación natural de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales – MADS, Ideam, Instituto Alexander Von Humboldt, Instituto Sinchi, Instituto de investigaciones aplicadas del Pacífico. Bogotá D.C. Pág: 1-300
- Rangel-J, Minorta-V, Avella-E, Cantillo-M, Hernández-A, Cortés-D, Prieto-A, Ramirez-G, Ramos-Y, Valois-H, Cárdenas-D, Castaño-N. 2022. Síntesis (protocolo) de la vegetación en las regiones naturales de Colombia: 17-290. En: Rangel-Ch., J.O & C.A. Suárez-M. Memoria técnica del mapa de la vegetación natural de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales – MADS, Ideam, Instituto Alexander Von Humboldt.

- Ranneh-Y, Akim-A, Hamid-H, Khazaai-H, Fadel-A, Zakaria-Z, Albuja-M, Bakar-M. 2021. Review Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies* 21(1):21–30. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03170-5>
- Rincón-A, Bueno-G, Alvarez de León M, Pardo-O, Perez-O, Caicedo S. 2010. Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos, Colombia. Editorial Produmedios. Pág:3-252 ISBN 978-958-740-033-5
- Rippstein-G, Escobar-G, Motta-F. 2001. Agroecología y biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. CIAT. CIRAD. 303 pp. Cali, Colombia
- Rizkalla-S. 2010. Review Health implications of fructose consumption: A review of recent data. *Nutrition & Metabolism*. (7):1-17.
- Royo-V, De Oliveira-D, Veloso-P, Sacramento-V, Olimpio-E, De Souza-L, Pires-N, Martins-C, Santiago-M, Alves-T, Acácio-T, De Melo-A, Brandao-M, Meneses-E. 2022. Physicochemical profile, antioxidant, and antimicrobial activities of honey produced in Minas Gerais Brazil. *Antibiotics*. (11)1-29. <https://doi.org/10.3390/>
- Saad-A. 2021. Review The antibacterial activities of honey. *Saudi Journal of Biological Science* (28)2188-2196
- Salamanca-G, Osorio-M, Reyes-L. 2017b. Propiedades fisicoquímicas de mieles monoflorales de encenillo de la zona altoandina en Boyacá, Colombia. *Quim. Nova*. 40(8)854–864. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170084>
- Senyuva-H, Gökmen-V, Sarikaya-E. 2015. Future perspective in OrbitrapTM high resolution mass spectrometry in food analysis: a review. *Food Aditivos & Contaminants Parte A* 32(10) 1568–1606 <http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2015.1057240>
- Seraglio-S, Silva-B, Bergamo-G, Brugnerotto-P, Valdemiro-L, Fett-R, Oliveira-A. 2019. Review an overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. *Food Research International*. (119)44–46.
- Scholz-M, Quinhone-A, Delamuta-B, Nakamura-J, Baudraz-M, Reis-M, Kato-T, Pedrão-M, Diaz-F, Dos Santos-D, Kitzberger-C, Bianchini, F. 2020. Indication of the geographical origin of honey using its physicochemical characteristics and multivariate analysis. *Journal of Food Science and Technology*. 57(5)1896–1903. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04225-3>

- Shen-S, Wang-J, Zhuo-Q, Chen-X, Liu-T, Zhang-J-S. 2018. Quantitative and Discriminative Evaluation of Contents of Phenolic and Flavonoid and Antioxidant Competence for Chinese honeys from different botanical origins. *Molecules*. (23):1110.
- Solares-C. 2014. Estudio comparativo de los niveles de sacarosa y azúcares reductores (glucosa + fructosa) [Tesis pregrado]. [Guatemala]: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Pág:1-42.
- Solayman-M, Islam-M, Paul-S. 2016. Physicochemical properties, minerals, trace elements and heavy metals in honey of different origins: a comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 15(1):219–233.
- Tafere-D. 2021. Chemical composition and uses of Honey: A Review. *Journal of Food Science and Nutrition Research*. (4):194-201.
- Tejada-G, González-S, Miranda-K, Palmera-K, Carbonó-E, Sepúlveda-P. 2019 Flora con potencial apícola asociada a plantaciones orgánicas de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en el departamento del Magdalena. *Revista Palmas Bogotá* 40(4)13–28.
- Téllez-G, Iregui-D, Yara-F, Figueroa-J. 2021. Herramientas para la gestión integral en empresas apícolas colombianas Editorial Universidad Nacional de Colombia. Pág:1-94 ISBN: 978-958-794-638-3 (digital)
- Tosi-E, Re-E, Lucero-H, Bulacio-L. 2004. Effect of honey high-temperature short-time heating on parameters related to quality crystallization phenomena and fungal inhibition. *LWT – Food Science and Technology*. 37(6):669-678.
- Trujillo-W, Ramos-L. 2024. Composición y estructura florística en bosques de los Andes y del piedemonte de la Orinoquia Colombiana. *Biota Colombia*. Pág: 1-20.
- Ulloa-F. 2022. Metodologías para la determinación de parámetros fisicoquímicos y de calidad en miel. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago – Chile. Pág. 1-20. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68794> (Consultado diciembre de 2024)
- Valencia-L, Velásquez-C. 2014 Caracterización palinológica de mieles del apiario del laboratorio de investigaciones melitológicas y apícolas de la Universidad Nacional de Medellín. *Revista Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín*. (3)19-40.
- Velásquez-C, Gil-J, Urrego-J, Durango-D, Castañeda-I. 2016. Análisis palinológico y fisicoquímico de miel de abejas (*Apis mellifera L.*) procedente del oriente y suroeste de Antioquia Colombia. *Revista de La Facultad de Ciencias*. 5(2)65–87. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v5n2.60541>

- Weston-R, Brocklebank-L. 1999. The oligosaccharide composition of some New Zealand honey. *Food Chemistry*. 64(1):33-37.
- Yang-Y, Battesti-M, Djabou-N, Muselli-A, Paolini-J, Tomi-P, Costa-J. 2012. Melissopalynological origin determination and volatile composition analysis of Corsican “chestnut grove” honeys. *Food Chemistry*.132(4)2144–2154. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.075>
- Zandamela-E. 2008. Caracterización fisicoquímica y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique [Tesis de Maestría]. [España]: Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de ciencias animal de los alimentos. Facultad de Veterinaria. Pág.1-290
- Zammit-G, Blundell-R. 2023. A review on the phytochemical composition and health applications of honey. *Heliyon* 9(2)2–10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12507>
- Zhang-J, Chen-H, Fan-C, Gao-S, Zhang-J-Z, Bo-L. 2020. Classification of the botanical and geographical origins of Chinese honey based on ¹H NMR profile with chemometrics. *Food Research International*. (137)1–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109714>
- Zhelyazkova-I. 2012 Honeybees – bioindicators for environmental quality. *Bulg J. Agric Sci*. 18(3)435-442.

2. Análisis palinológico de mieles y propóleos

2.1 Resumen

Se evaluaron 26 muestras de miel de abejas y 5 de propóleo cosechados en seis apiarios ubicados en el Piedemonte llanero en el municipio de Villavicencio. En las mieles se encontraron 159 tipos polínicos, de los cuales 7% se identificó a nivel especie, 37% a género, 26% a familia y 30% permanecieron como morfotipos. En los propóleos, se identificaron 27 tipos polínicos, de los cuales el 59% a nivel de especie, 8% a género, 17% a familia y 16% permanecieron como morfotipos. Se diferenciaron dos grupos de mieles según la composición palinológica y la dominancia; en el grupo dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* (catorce muestras) con veinticinco palinomorfos; en el segundo grupo, dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* (doce muestras) se encontraron 41 palinomorfos. Los palinomorfos que presentaron una baja presencia en las muestras de miel se calificaron “poco frecuentes”. En los propóleos (cinco muestras) se encontraron veintisiete palinomorfos de la categoría “amplia distribución”, en el grupo dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* se encontraron diez palinomorfos y en el grupo dominado por *Plumería rubra* y *Verbena officinalis-azul*, veintitrés. En las 26 mieles se encontró una miel monofloral y las restantes veinticinco multiflorales. Según el índice de Shannon y Pielou, el valor más bajo en riqueza fue dieciséis palinomorfos y máximo veintiséis, mientras que la diversidad polínica fluctuó de modera a alta, con una distribución de bastante o bien equitativa de los granos de polen.

2.2 Presentación

El análisis palinológico de mieles en Colombia cuenta con investigaciones básicas-pioneras como las de Fonnegra (1989) y Girón (1995). Entre las contribuciones recientes cabe mencionar las de Bogotá-G *et al.*, (2001) sobre las mieles de varios sitios de la sabana de Bogotá, Insuasty-E *et al.*, (2013) y (2017) en mieles del departamento de Nariño, Nates-G *et al.*, (2013) en mieles provenientes de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Santander y Magdalena.

Valencia-L *et al.*, (2014), Velásquez-C *et al.*, (2016) y Galezo-A *et al.*, (2020) en el departamento de Antioquia. Salamanca-G (2017b) en el departamento de Boyacá en el municipio de Sotaquirá. Cadena (2021), el departamento de Norte de Santander. Muñoz (2022) en el departamento del Cauca y Castellanos-R *et al.*, (2023), en el departamento de Santander.

En el análisis de polen en muestras de propóleo figuran contribuciones de Ángel (2012), quien evaluó la actividad genotóxica de propóleos recolectados en diferentes apiarios en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá en Colombia, Salamanca-G *et al.*, (2019) realizó análisis polínico del propóleo rojo de la zona insular de San Andrés en Colombia.

En este capítulo se aborda la caracterización de las mieles y propóleos de diferentes apiarios localizados en el Piedemonte llanero en el municipio de Villavicencio realizada desde el último trimestre del 2022, durante el 2023 y el primer trimestre del 2024.

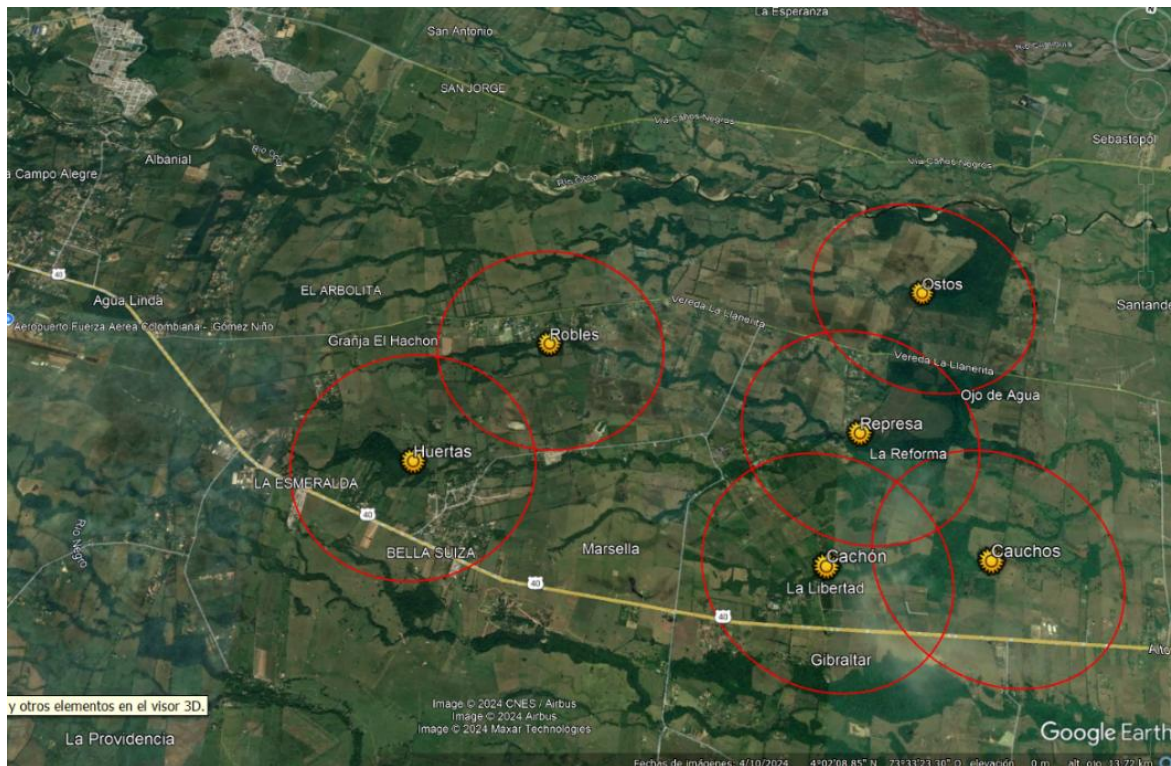
2.2.1 Localización de los apiarios

Los apiarios se encuentran ubicados en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta entre el kilómetro 11 y 17 de la vía que conduce al municipio de Puerto López (figura 3) y dado el área de acción en la zona de pecoreo de las abejas se tiene un área del estudio de 5.000 hectáreas aproximadamente.

En cuanto al recurso hídrico, el apiario el Cachón no cuenta con cuerpos de agua cercanos, mientras que los apiarios Represa, Cauchos y Ostos se encuentran a una distancia

aproximada de 100 metros del caño La Libertad; el apiario Huertas se encuentra a 150 metros de distancia del caño Quenane.

Figura 2-1: Ubicación de los apiarios en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta.



2.3 Metodología

Se analizaron veintiséis muestras de miel (tabla 2-1) y cinco muestras de propóleo (tabla 2-2) obtenidas de colmenas de abejas *Apis mellifera* ubicadas en seis apiarios. Las muestras se recolectaron desde octubre a diciembre de 2022, enero a diciembre de 2023 y de enero a abril de 2024. Todas las muestras fueron registradas para su ingreso en la unidad de laboratorio de Agrosavia, Centro de Investigación La Libertad.

Tabla 2-1: Identificación de las muestras de miel colectadas, fecha y ubicación geográfica de los apiarios.

Apiario	Ubicación	Muestra	Fecha de colecta	Temporada de cosecha
Cachón (n=2)	4° 3'43.45"N 73°27'45.97"O	ML1	14/10/2022	Transición invierno a verano
		ML10	13/12/2022	Verano
Cauchos (n=8)	4° 3'56.48"N 73°26'42.19"O	ML6	27/02/2023	Verano
		ML7	15/01/2023	Verano
		ML11	23/01/2024	Verano
		ML15	21/03/2024	Transición verano a invierno
		ML21	21/03/2024	Transición verano a invierno
		ML24	1/04/2024	Invierno
		ML25	1/04/2024	Invierno
		ML26	1/04/2024	Invierno
Represa (n=9)	4° 4'43.26"N 73°27'34.84"O	ML5	27/02/2023	Verano
		ML8	13/04/2023	Invierno
		ML9	6/12/2022	Verano
		ML12	23/01/2024	Verano
		ML13	23/01/2024	Verano
		ML14	14/02/2024	Verano
		ML16	14/02/2024	Verano
		ML22	1/04/2024	Invierno
		ML23	1/04/2024	Invierno
Ostos (n=2)	4° 5'55.95"N 73°27'10.03"O	ML2	28/02/2023	Verano
		ML17	3/02/2024	Verano
Huertas (n=2)	4° 4'0.04"N 73°30'34.49"O	ML4	28/02/2023	Verano
		ML20	12/03/2024	Transición verano a invierno
Robles (n=3)	4° 5'3.47"N 73°29'47.81"O	ML3	28/02/2023	Verano
		ML18	6/03/2024	Transición verano a invierno
		ML19	6/03/2024	Transición verano a invierno

Tabla 2-2: Identificación de la muestra de propóleo colectado por apiario y fecha.

Apiario	Muestra	Fecha de colecta	Temporada de cosecha
Cachón	MP1	5/12/2022	Verano
Ostos	MP2	24/02/2023	Verano
Robles	MP3	7/03/2023	Transición verano a invierno
Huertas	MP4	17/03/2023	Transición verano a invierno
Represa	MP5	22/03/2023	Transición verano a invierno

2.3.1 Toma y procesamiento de las muestras para colección botánica de referencia

2.3.1.1 Colección de referencia

Se colectaron muestras de flores que crecen en los alrededores de los apiarios. Se tuvo en cuenta la información suministrada por los encargados de los apiarios sobre especies más visitadas por las abejas. Las flores colectadas se colocaron en tubos eppendorf de 2mL (dos replicas) con alcohol al 70%.

Una vez en el laboratorio de Entomología del Centro de Investigación La Libertad de AGROSAVIA el contenido de los tubos eppendorf fue macerado; el procedimiento se realizó con la propuesta del Laboratorio de Palinología del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia que sigue parcialmente las recomendaciones de Erdtman (1986).

Este método consiste en adicionar hidróxido de potasio al 10% a la muestra, centrifugar y descartar el sobrenadante, enseguida se adiciona ácido acético glacial, se calienta la muestra y se centrifuga, se lava con agua destilada. Posteriormente se centrifuga nuevamente con alcohol al 70%, se descarta el sobrenadante, al remanente se le adicionó gota de glicerina y se lleva a un horno a secar a 40°C.

Después se coloca alícuota en una lámina portaobjeto a la cual se le añade gelatina glicerinada, se calienta suavemente, se coloca la lámina cubreobjeto y se sella con parafina; las láminas se rotulan con la información geográfica de procedencia de las muestras.

Una vez preparadas las veintiséis muestras de miel de abejas y los cinco propóleos, se realizó el conteo e identificación. Se contaron hasta 400 granos de polen en cada lámina. Se utilizó el microscopio Axio Lab A1 de la marca Zeiss con cámara AxioCam ERc 5s.

Para la identificación de los granos de polen, se consultaron catálogos palinológicos disponibles (Da Silva-C *et al.*, 2020; Figueroa-V *et al.*, 2020; Mosquera-H *et al.*, 2019; García-Y *et al.*, 2011; Velandia-M *et al.*, 2012; entre otros), palinotecas digitales reconocidas como PalDat y se realizaron comparaciones con la palinoteca del laboratorio de palinología del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Se utilizó la colección de referencia de las muestras florales tomadas directamente, durante las visitas periódicas a lo largo del tiempo del estudio.

Luego de realizar los conteos de granos de polen en las láminas, se elaboró un base general con la información de frecuencia de los palinomorfos. Con esta base de datos se discriminaron dos grupos de mieles de acuerdo con su composición y dominancia de palinomorfos, así mismo se analizó la composición de las mieles según el año de colecta. Este mismo procedimiento se realizó para las muestras de propóleo.

Se estimó el índice de Shannon con el cual se midió la diversidad y la riqueza de tipos de polen, y el índice de equidad o equitatividad de Pielou que permite medir que tan equitativamente están distribuidos los tipos de polen en las muestras de miel evaluadas. También se clasificaron las mieles de acuerdo con lo indicado por Fonnegra (1989) y Sáenz de Rivas (1978), quienes consideran como polen dominante (D) a aquellos tipos polínicos con un porcentaje mayor al 45% de la muestra (miel monofloral), polen acompañante o secundario (S) si se encuentra entre el 16 al 45% de la muestra (miel multifloral), polen de aislado importante (IA) si se encuentra entre 3 al 15%, polen aislado (A) entre 1 al 3% y polen presente menor al 1%.

2.3.2 Análisis estadísticos

Para el registro y organización de la presencia de los granos observados de cada morfotipo se utilizó el programa Microsoft Excel 365. Las frecuencias se analizaron mediante estadística descriptiva y en gráficos de barras fueron representadas. A través del paquete estadístico RStudio versión 4.3.1. se estableció el índice de Shannon (diversidad y riqueza) e índice de Pielou (equitatividad).

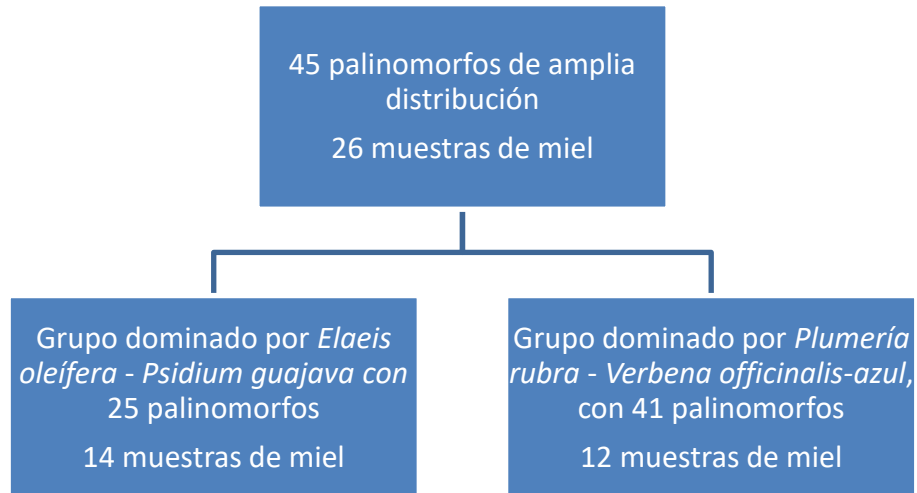
2.4 Resultados

2.4.1 Composición palinológica de las muestras de miel

Se reconocieron 159 tipos polínicos diferentes de las mieles colectadas en el piedemonte Llanero del departamento del Meta, de los cuales 7% se identificó a nivel de especie, 37% a nivel de género, 26% a nivel de familia y 30% permanecieron como morfotipos.

Con esta información (Figura 2-2), 45 palinomorfos que se clasificaron de “amplia distribución”. Con base en la composición y en la dominancia se discriminaron dos grupos, uno dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* (catorce de las muestras), contó con veinticinco palinomorfos; el otro grupo, dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul*, (doce las muestras) conformado por 41 palinomorfos. Los palinomorfos que presentaron una baja presencia en las muestras de miel se denominaron como “poco frecuentes”. Con base en esta segregación se presentan los resultados.

Figura 2-2: Segregación según composición palinológica de las muestras de miel en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta.



2.4.1.1 Oferta de recursos florísticos en la localidad de estudio

En la tabla 2-3 se observa la variación en el número de palinomorfos en las muestras de miel.

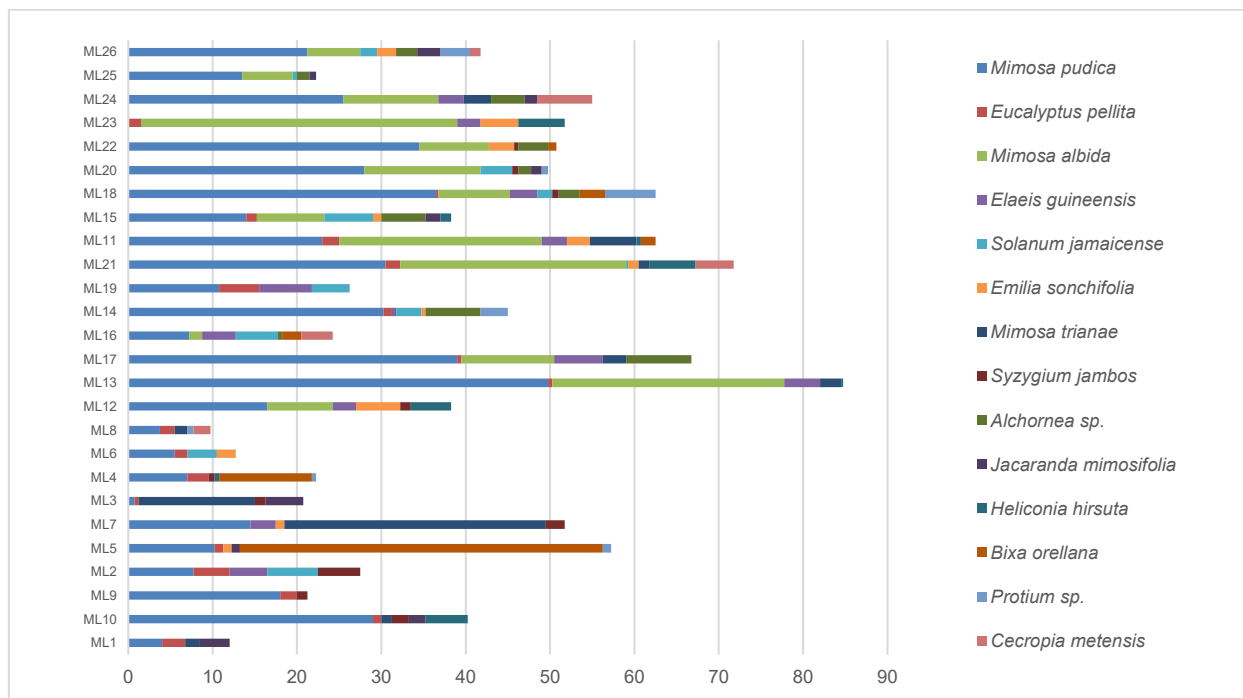
De las 45 palinomorfos de amplia representación son importantes por los valores de densidad relativa las siguientes (figura 2-3):

- *Mimosa púdica* en veinticinco muestras con una densidad relativa que varía entre 0,8% y 49,8%, promedio de 19,2%.
- *Eucalyptus pellita* en dieciocho muestras con una densidad relativa que varía entre 0,3% y 4,8%, promedio de 1,7%.
- *Mimosa albida* en catorce muestras con una densidad relativa que varía entre 1,5 y 37,5%, promedio de 14,1%.
- *Elaeis guineensis* en doce muestras con una densidad relativa que varía entre 0,5% y 6,3%, promedio de 3,6%.
- *Solanum jamaicense* en once muestras con una densidad relativa que varía entre 0,3% y 6,0%, promedio de 3,3%.
- *Emilia sonchifolia* en once muestras con una densidad relativa que varía 0,5% y 5,3%, promedio de 2,3%.
- *Mimosa trianae* en diez muestras con una densidad relativa que varía 1,3% y 31,0%, promedio de 6,5%.
- *Syzygium jambos* en diez muestras con una densidad relativa que varía 0,5% y 5,0%, promedio de 1,6%.
- *Alchornea sp.* en diez muestras con una densidad relativa que varía 0,5% y 7,8%, promedio de 3,6%.
- *Jacaranda mimosifolia* en nueve muestras con una densidad relativa que varía 0,8% y 4,5%, promedio de 2,1%.
- *Heliconia hirsuta* en ocho muestras con una densidad relativa que varía 0,3% y 5,5%, promedio de 2,9%.
- *Bixa orellana* en seis muestras con una densidad relativa que varía 1,0% y 43,0%, promedio de 10,4%.
- *Protium sp.* en siete muestras con una densidad relativa que varía 0,5% y 6,0%, promedio de 2,3%.
- *Cecropia metensis* en cinco muestras con una densidad relativa que varía 1,3% y 6,5%, promedio de 3,6%.

En las 26 muestras de mieles analizadas el promedio de palinomorfos fue 21 con una mínima de 16 en la muestra ML19 (Apiario Robles) y máximo 26 en las muestras ML8

(Apiario Represa), ML12 (Apiario Represa), ML14 (Apiario Represa) y ML15 (Apiario Cauchos).

Figura 2-3: Densidad relativa de los palinomorfos de amplia representación.



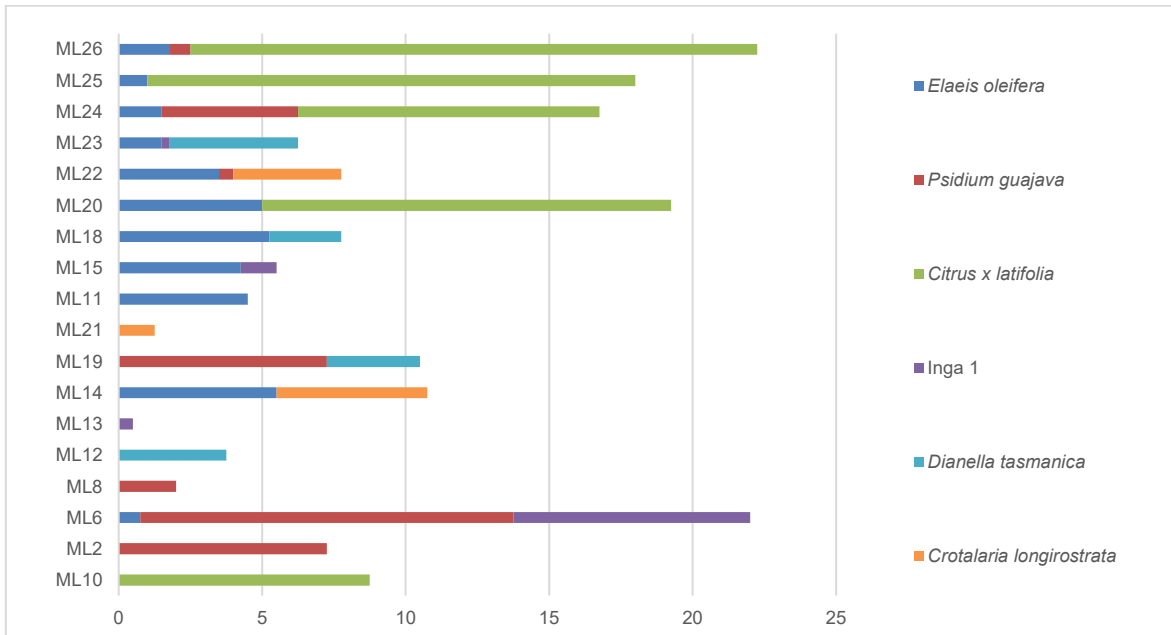
Grupo de mieles dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* - En este grupo son importantes los siguientes palinomorfos (Tabla 2-4 y Figura 2-4):

- *Elaeis oleífera* en once muestras con una densidad relativa que varía entre 0,8% y 5,5%, promedio de 3,1%.
- *Psidium guajava* en seis muestras con una densidad relativa que varía entre 0,5% y 13,0%, promedio de 4,7%.
- *Citrus x latifolia* en cuatro muestras de miel cosechadas en los meses de marzo y abril del año 2024 y corresponde con la floración del cultivo de cítricos en la región. La densidad relativa varío entre 10,5% y 19,8%, promedio de 15,4%.
- *Inga 1* en cuatro muestras con una densidad relativa que varía entre 0,3% y 8,3%, promedio de 2,6%.
- *Dianella tasmanica* en cuatro muestras de miel con una densidad relativa que varía entre 2,5% y 4,5%, promedio de 3,5%.
- *Crotalaria longirostrata* en tres muestras de miel con una densidad relativa que varía entre 1,3% y 5,3%, promedio de 3,4%.

Tabla 2-4: Densidad relativa de palinomorfos del grupo dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* (valores expresados en %).

Especies	ML6	ML14	ML8	ML19	ML21	ML11	ML15	ML18	ML20	ML22	ML23	ML24	ML25	ML26
<i>Elaeis oleífera</i>	0,8	5,5				4,5	4,3	5,3	5,0	3,5	1,5	1,5	1,0	1,8
Morfotipo 33		0,8	0,8	4,3	2,0		6,5		1,3				0,3	
<i>Psidium guajava</i>	13,0		2,0	7,3						0,5		4,8		0,8
Morfotipo 25	0,5					1,8		1,3				1,5		
<i>Citrus x latifolia</i>									14,3			10,5	17,0	19,8
Morfotipo 20	3,0	2,5									2,0			4,8
Morfotipo 32			9,8	18,3									13,5	4,0
Morfotipo 28						7,0	5,0		2,3					
<i>Inga 1</i>	8,3						1,3				0,3			
Morfotipo 27									3,0				11,0	2,0
Morfotipo 63									1,5			1,8	18,0	
<i>Dianella tasmanica</i>				3,3				2,5			4,5			
Morfotipo 42						3,5	2,5					3,0		
<i>Crotalaria longirostrata</i>		5,3			1,3					3,8				
Morfotipo 65				13,0				1,3	6,5					
Morfotipo 67					0,3				0,3				0,5	
Melastomataceae 18					0,3					0,5	1,8			
Morfotipo 48		3,5						1,3						1,3
<i>Eucalyptus 3</i>							0,5	1,3				2,8		
Melastomataceae 14											4,5		3,5	
<i>Eucalyptus 2</i>			0,3		0,5									
Melastomataceae 12										9,8	6,0			
Morfotipo 23	3,3							2,8						
<i>Torenia crustacea</i>					2,8						0,3			
Labiatae 3											0,3			1,3

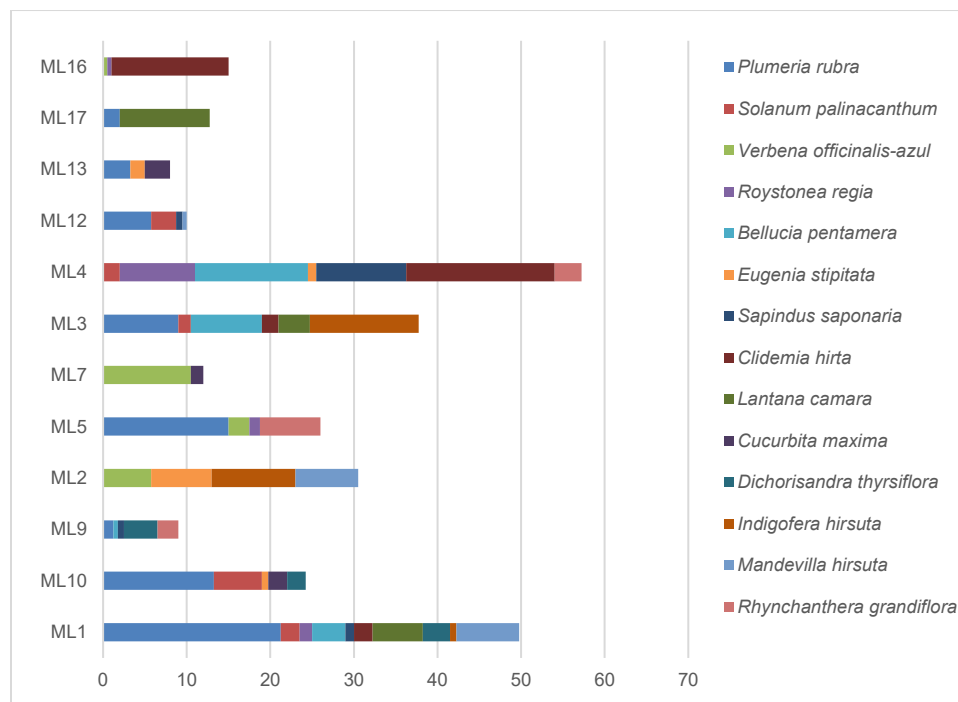
Figura 2-4: Densidad relativa de los palinomorfos identificados del grupo dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava*.



Grupo de mieles dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* - En este grupo son importantes los siguientes palinomorfos (Tabla 2-5 y Figura 2-5):

- *Plumería rubra* en ocho muestras con una densidad relativa que varía entre 1,3% y 21,3%, promedio de 8,8%.
- *Solanum palinacanthum* en cinco muestras con una densidad relativa que varió entre 1,5% y 5,8%, promedio de 2,9%.
- *Verbena officinalis-azul* en cuatro muestras con una densidad relativa que varió entre 0,5% y 10,5%, promedio de 4,8%.
- *Roystonea regia* en cuatro muestras con una densidad relativa que varió entre 0,5% y 9,0%, promedio de 3,1%.
- *Bellucia pentámera* en cuatro muestras con una densidad relativa que varió entre 0,5% y 13,5%, promedio de 6,6%.
- *Eugenia stipitata* en cuatro muestras con una densidad relativa que varió entre 0,8% y 7,3%, promedio de 2,7%.
- *Sapindus saponaria* en cuatro muestras con una densidad relativa que varió entre 0,8% y 10,8%, promedio de 3,3%.
- *Clidemia hirta* en cuatro muestras con una densidad relativa que varió entre 2,0% y 17,8%, promedio de 9,0%.
- *Lantana cámara* en tres muestras con una densidad relativa que varió entre 3,8% y 10,8% promedio de 6,8%.
- *Cucúrbita máxima* en tres muestras con una densidad relativa que varió entre 1,5% y 3,0% promedio de 2,3%.
- *Dichorisandra thyrsoflora* en tres muestras con una densidad relativa que varió entre 2,3% y 4% promedio de 3,2%.
- *Indigofera hirsuta* en tres muestras con una densidad relativa que varió entre 0,8% y 13% promedio de 7,9%.
- *Mandevilla hirsuta* en tres muestras con una densidad relativa que varió entre 0,5% y 7,5% promedio de 5,2%.
- *Rhynchanthera grandiflora* en tres muestras con una densidad relativa que varió entre 2,5% y 7,3% promedio de 4,3%.

Figura 2-5: Densidad relativa de los palinomorfos del grupo dominado por *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis-azul*.



2.4.1.2 Variación en los contenidos de polen por año de cosecha

Año 2022

De las especies de amplia representación (45), presentaron valores importantes (Tabla 2-6):

- *Mimosa púdica* en las tres muestras con una frecuencia relativa mínima de 4,0%, una máxima de 29% y un promedio de 17,0%.
- *Eucalyptus pellita* en las tres muestras con una frecuencia relativa que varió entre un mínimo de 1%, un máximo de 2,8% y un promedio de 1,9%.

Especies de la familia Melastomataceae y *Catharanthus roseus* presente en una muestra con una frecuencia relativa de 13,50%, se consideran como un “recurso alimenticio importante”.

Grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul*, fueron importantes las siguientes especies (Tabla 2-6):

- *Plumería rubra* en las tres muestras con una frecuencia relativa que varió entre un mínimo de 1,3%, un máximo de 21,3% y un promedio de 11,9%.
- *Dichorisandra thyrsoflora* en las tres muestras con una frecuencia relativa mínima de 2,3%, una máxima de 4,0% y un promedio de 3,2%.
- *Solanum palinacanthum* en las dos muestras con una frecuencia relativa mínima de 2,3%, una máxima de 5,8% y un promedio de 4,0%.
- *Bellucia pentámera* en las dos muestras con una frecuencia relativa mínima de 0,5%, una máxima de 4,0% y un promedio de 2,3%.
- *Sapindus saponaria* en las dos muestras con una frecuencia relativa mínima de 0,8%, una máxima de 1,0% y un promedio de 0,9%.

Del grupo de mieles dominadas por *Elaeis oleífera* – *Psidium guajava* no se encontró representación en las muestras del año 2022.

Tabla 2-6: Densidad relativa de los palinomorfos en miel colectadas en el año 2022 (valores expresados en %).

	ML1	ML10	ML9
Especies de amplia representación			
<i>Mimosa púdica</i>	4,0	29,0	18,0
<i>Eucalyptus pellita</i>	2,8	1,0	2,0
<i>Mimosa trianae</i>	1,8	1,3	
<i>Syzygium jambos</i>		2,0	1,3
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	3,5	2,0	
<i>Melastomataceae 9</i>		11,0	4,0
<i>Melastomataceae 5</i>		5,5	11,5
<i>Morfotipo 2</i>	5,0		
<i>Heliconia hirsuta</i>		5,0	
<i>Morfotipo 5</i>	0,8		
<i>Catharanthus roseus</i>	13,5		
<i>Morfotipo 4</i>	3,0		
<i>Morfotipo 41</i>		0,8	
<i>Euphorbia milii</i>		2,3	
Grupo dominado por <i>Plumería rubra</i> y <i>Verbena officinalis-azul</i>			
<i>Plumería rubra</i>	21,3	13,3	1,3
<i>Dichorisandra thyrsoflora</i>	3,3	2,3	4,0
<i>Solanum palinacanthum</i>	2,3	5,8	
<i>Bellucia pentámera</i>	4,0		0,5
<i>Sapindus saponaria</i>	1,0		0,8

Tabla 2-6: (Continuación) Densidad relativa de los palinomorfos en miel colectadas en el año 2022 (valores expresados en %).

	ML1	ML10	ML9
<i>Labiatae 1</i>	6,0	0,8	
<i>Melastomataceae 2</i>	3,0		4,3
<i>Arecaceae</i>		1,8	0,3
<i>Morfotipo 74</i>			0,3
<i>Lantana cámara</i>	6,0		
<i>Roystonea regia</i>	1,5		
<i>Eugenia stipitata</i>		0,8	
<i>Cucurbita máxima</i>		2,3	
<i>Indigofera hirsuta</i>	0,8		
<i>Clidemia hirta</i>	2,3		
<i>Mandevilla hirsuta</i>	7,5		
<i>Melastomataceae 1</i>	3,5		
<i>Arecaceae 2</i>	2,5		
<i>Rhynchanthera grandiflora</i>			2,5
<i>Melastomataceae 11</i>			12,5
Especies de amplia representación			
<i>Genipa americana</i>			0,5
<i>Samanea samán</i>		0,5	
<i>Rubiaceae</i>		2,8	
<i>Eucalyptus 1</i>			2,0
<i>Morfotipo 38</i>			1,3
<i>Citrus x latifolia</i>		8,8	
<i>Melastomataceae 12</i>			4,8
<i>Anthurium andraeanum</i>	1,0		
<i>Melastomataceae 10</i>			25,0
<i>Clidemia sp.</i>			0,3
<i>Tabebuia rosea</i>			1,8
<i>Melastomataceae 13</i>			1,5
<i>Melastomataceae 23</i>		0,3	
<i>Cissus Erosa</i>		1,3	
Número de especies presentes	23	22	22
Promedio de especies		22	
Promedio grupo dominado por <i>Plumería rubra</i> y <i>Verbena officinalis-azul</i>		22	
Número de especies no representadas en 2022		111	

Con relación al contenido total de palinomorfos que se encontraron en las mieles durante todo el periodo de muestreo (2022 a 2024) (Tabla 2-3) 111 palinomorfos no se encontraron en el año 2022, entre las especies documentadas figuran 38.

Especies ausentes en las muestras de 2022: *Acacia sp.*, *Acalypha sp.*, *Acmella brachyglosa*, *Alchornea sp.*, *Arecaceae 1*, *Asteraceae*, *Asystacia nitida*, *Bixa orellana*, *Bromeliaceae*, *Brownea grandiceps*, *Carica papaya*, *Cecropia metensis*, *Commelina benghalensis*, *Crotalaria longirostrata*, *Cuphea hyssopifolia*, *Cyperaceae*, *Desmodium maquenque heterocarpom*, *Dianella tasmanica*, *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*, *Emilia sonchifolia*, *Eryngium foetidum*, *Eucalyptus 2*, *Eucalyptus 3*, *Eucalyptus camaldulensis*,

Eucalyptus globulus, Fabaceae , Híbrido interespecífico OxG, *Inga* 1, *Inga* sp, *Ixora coccinea*, Labiatae 2, Labiatae 3, Loranthaceae, Melastomataceae 14, Melastomataceae 15, Melastomataceae 16, Melastomataceae 17, Melastomataceae 18, Melastomataceae 19, Melastomataceae 20, Melastomataceae 21, Melastomataceae 22, Melastomataceae 3, Melastomataceae 4, Melastomataceae 6, Melastomataceae 7, Melastomataceae 8, *Mimosa albida*, *Mimosa quadrivalvis*, Mimosáceae 1, Mimosáceae 2, Mimosáceae 3, *Momordica charantia*, Morfotipo 12, Morfotipo 14, Morfotipo 17, Morfotipo 19, Morfotipo 20, Morfotipo 22, Morfotipo 23, Morfotipo 25, Morfotipo 26, Morfotipo 27, Morfotipo 28, Morfotipo 29, Morfotipo 31, Morfotipo 32, Morfotipo 33, Morfotipo 34, Morfotipo 36, Morfotipo 42, Morfotipo 45, Morfotipo 46, Morfotipo 47, Morfotipo 48, Morfotipo 50, Morfotipo 52, Morfotipo 56, Morfotipo 57, Morfotipo 59, Morfotipo 6, Morfotipo 61, Morfotipo 62, Morfotipo 63, Morfotipo 64, Morfotipo 65, Morfotipo 66, Morfotipo 67, Morfotipo 68, Morfotipo 69, Morfotipo 7, Morfotipo 71, Morfotipo 72, Morfotipo 73, Morfotipo 8, Morfotipo 9, Myrtaceae, *Neomarica northiana*, *Oxalis corniculata*, *Pourouma cecropiifolia*, *Protium* sp., *Psidium guajava*, *Richardia scraba*, *Salvia* sp, *Solanum jamaicensis*, *Spermacoce capitata*, *Thitonia diversifolia*, *Torenina crustacea*, *Trimezia martinicensis* y *Verbena officinalis-azul*.

Año 2023

Entre los palinomorfos de amplia representación que se encontraron en las muestras, son importantes los siguientes (Tabla 2-7):

- *Mimosa púdica* en la totalidad de las muestras (siete muestras de miel) con una densidad relativa de 0,8% y 14,5%, promedio de 7,1%.
- *Eucalyptus pellita* en seis de las siete muestras con una densidad relativa que varió entre 0,5% y 4,3%, promedio de 1,9%.
- *Syzygium jambos* en cuatro muestras con una densidad relativa que varió entre 0,8% y 5,0%, promedio de 2,3%.

En el grupo de mieles dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul*, destacan las siguientes especies (Tabla 2-7):

- *Verbena officinalis-azul* en tres muestras con una densidad relativa que varió entre 2,5% y 10,5%, promedio de 6,3%.

- *Indigofera hirsuta* en tres muestras con una densidad mínima de 1,5% y 13,0%, promedio de 8,2%.
- *Plumeria rubra* en dos muestras con una densidad relativa que varió entre 9,0% y 15,0%, promedio de 12,0%.

Tabla 2-7: Densidad relativa de los palinomorfos en mieles colectadas en el año 2023 (valores expresados en %).

	ML2	ML5	ML7	ML3	ML4	ML6	ML8
Especies de amplia representación							
<i>Mimosa púdica</i>	7,8	10,3	14,5	0,8	7,0	5,5	3,8
<i>Eucalyptus pellita</i>	4,3	1,0		0,5	2,5	1,5	1,8
<i>Syzygium jambos</i>	5,0		2,3	1,3	0,8		
<i>Emilia sonchifolia</i>		1,0	1,0			2,3	
<i>Mimosa trianae</i>			31,0	13,8			1,5
Morfotipo 2			0,5			12,0	12,0
<i>Protium sp.</i>		1,0			0,5		0,8
<i>Elaeis guineensis</i>	4,5		3,0				
<i>Solanum jamaicense</i>	6,0					3,5	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>		1,0		4,5			
Morfotipo 5						4,5	1,3
Melastomataceae 5				3,0		5,8	
<i>Bixa orellana</i>		43,0			11,0		
Melastomataceae 8						10,0	4,8
Melastomataceae 4	3,8					2,3	
<i>Heliconia hirsuta</i>					0,5		
Melastomataceae 9							3,0
Bromeliacea		0,8					
<i>Cecropia metensis</i>							2,0
<i>Catharanthus roseus</i>							20,0
<i>Salvia sp</i>			0,5				
Morfotipo 7	3,8						
Morfotipo 9	3,8						
<i>Desmodium maquenque heterocarpon</i>				10,8			
Morfotipo 12				1,0			
Melastomataceae 6					5,5		
Labiatae 2					0,5		
Melastomataceae 21						3,3	
Morfotipo 22						1,0	
Morfotipo 26			2,3				
Morfotipo 31							0,5
Morfotipo 36							1,3
Representados en los dos grupos							
<i>Psidium guajava</i>	7,3					13,0	2,0
<i>Lantana cámara</i>				3,8		15,0	18,5
Morfotipo 17					1,0	2,5	5,8
Grupo dominado por <i>Elaeis oleífera</i> - <i>Psidium guajava</i>							
<i>Elaeis oleífera</i>						0,8	
Morfotipo 25						0,5	
<i>Inga 1</i>						8,3	
Morfotipo 23						3,3	
Morfotipo 20						3,0	2,5
<i>Momordica charantia</i>						0,8	
Mimosaceae 2						1,5	

Se encontraron 23 especies, con relación al contenido total de palinomorfos en las mieles (Tabla 2-3), 71 palinomorfos no se encontraron en este año 2023.

Especies ausentes en las muestras de 2023: *Acacia sp.*, *Acmella brachyglosa*, *Alchornea sp.*, *Anthurium andreanum*, *Arecaceae*, *Arecaceae 1*, *Asteraceae*, *Brownea grandiceps*, *Cissus erosa*, *Citrus latifolia*, *Clidemia sp.*, *Commelina benghalensis*, *Crotalaria longirostrata*, *Cyperaceae*, *Dianella tasmanica*, *Dichorisandra thyrsoiflora*, *Eucalyptus 3*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Euphorbia milli*, *Genipa americana*, *Hibrido interespecifico OxG*, *Inga sp.*, *Labiatae 3*, *Loranthaceae*, *Melastomataceae 10*, *Melastomataceae 11*, *Melastomataceae 12*, *Melastomataceae 13*, *Melastomataceae 14*, *Melastomataceae 15*, *Melastomataceae 16*, *Melastomataceae 17*, *Melastomataceae 18*, *Melastomataceae 19*, *Melastomataceae 20*, *Melastomataceae 21*, *Melastomataceae 23*, *Mimosa albida*, *Mimosa quadrivalvis*, *Mimosáceae 3*, *Morfotipo 38*, *Morfotipo 4*, *Morfotipo 41*, *Morfotipo 42*, *Morfotipo 45*, *Morfotipo 46*, *Morfotipo 47*, *Morfotipo 48*, *Morfotipo 50*, *Morfotipo 52*, *Morfotipo 56*, *Morfotipo 57*, *Morfotipo 59*, *Morfotipo 61*, *Morfotipo 62*, *Morfotipo 63*, *Morfotipo 64*, *Morfotipo 65*, *Morfotipo 66*, *Morfotipo 67*, *Morfotipo 68*, *Morfotipo 69*, *Morfotipo 71*, *Morfotipo 72*, *Morfotipo 73*, *Neomarica northiana*, *Pourouma cecropiifolia*, *Richardia scraba*, *Spermacoce capitata*, *Tabebuia rosea* y *Torenina crustacea*.

Año 2024

De las especies de amplia representación destacaron las siguientes (tabla 2-8):

- *Mimosa púdica* en quince muestras con una densidad relativa entre 7,3% y 49,8%, promedio de 25,4%.
- *Mimosa albida* en catorce muestras con una densidad relativa entre 1,5% y 37,5%, promedio de 14,1%.
- *Elaeis guineensis* en diez muestras con una densidad relativa entre 0,5% y 6,3%, promedio de 3,6%.
- *Alchornea sp.* en diez muestras con una densidad relativa entre 0,5% y 7,8%, promedio de 3,6%.

A diferencia de las cosechas realizadas en los años 2022 y 2023 se encontró mayores frecuencias relativas para las especies *Mimosa púdica* y *Mimosa albida*.

En el grupo de mieles con *Elaeis oleifera* - *Psidium guajava* se destacan las siguientes especies (Tabla 2-8):

- *Elaeis oleifera* en diez muestras con una densidad relativa entre 1,0% y 5,5%, promedio de 3,4%.
- *Psidium guajava* en cuatro muestras con una densidad relativa entre 0,5% y 7,3%, promedio de 3,3%.
- *Citrus x latifolia* en cuatro muestras con una densidad relativa entre 10,5% y 19,8%, promedio de 15,4%.

En el grupo de mieles dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul, destacan las siguientes especies (tabla 2-8):

- *Plumería rubra* en tres muestras con una densidad relativa entre 2,0% y 5,8%, promedio de 3,7%.
- *Roystonea regia*, en tres muestras con una densidad relativa entre 0,5% y 1,8%, promedio de 1,1%.
- *Eugenia stipitata* en tres muestras con una densidad relativa entre 1,3% y 1,8%, promedio de 1,6%.
- *Cucúrbita máxima* en tres muestras con una densidad relativa entre 0,5% y 3%, promedio de 1,3%.

Se encontraron 127 especies y con relación al contenido total de palinomorfos en las mieles (Tabla 2-3), 32 palinomorfos estaban ausentes.

Especies no representadas en 2024: *Acalypha sp.*, *Anthurium andreanum*, *Carica papaya*, *Cissus erosa*, *Clidemia sp.*, *Cuphea hyssopifolia*, *Eryngium foetidum*, *Eucalyptus 1*, *Eucalyptus globulus*, *Fabaceae*, *Labiatae 1*, *Melastomataceae 1*, *Melastomataceae 10*, *Melastomataceae 13*, *Melastomataceae 2*, *Melastomataceae 22*, *Melastomataceae 23*, *Melastomataceae 3*, *Melastomataceae 4*, *Mimosaceae 1*, *Momordica charantia*, *Morfotipo 14*, *Morfotipo 17*, *Morfotipo 29*, *Morfotipo 6*, *Myrtaceae*, *Rhynchanthera grandiflora*, *Rubiaceae*, *Samanea saman*, *Tabebuia rosea*, *Thitonia diversifolia* y *Trimezia martinicensis*.

Tabla 2-8: (Continuación) Densidad relativa de los palinomorfos en mieles colectadas en el año 2024 (valores expresados en %).

	ML12	ML13	ML17	ML16	ML14	ML19	ML21	ML11	ML15	ML18	ML20	ML22	ML23	ML24	ML25	ML26
Morfotipo 26						3,0										
Morfotipo 31											0,5					
Morfotipo 36													4,5			
Morfotipo 41							2,3									
<i>Euphorbia milii</i>						4,8										
Representados en los dos grupos																
<i>Crotalaria longirostrata</i>					5,3		1,3					3,8				
Morfotipo 48					3,5					1,3						1,3
<i>Oxalis corniculata</i>				12,0	10,8	3,8					1,5					
Melastomataceae 14	2,5												4,5		3,5	
<i>Verbena officinalis-azul</i>				0,5			0,8	2,5								
<i>Dichorisandra thyrsiflora</i>						2,3				0,5						
<i>Lantana cámara</i>			10,8							2,8						
<i>Sapindus saponaria</i>	0,8							1,5								
<i>Clidemia hirta</i>				14,0										2,0		
<i>Mandevilla hirsuta</i>	0,5															11,5
Melastomataceae 7			1,0							4,3						
<i>Asystasia nitida</i>		0,8						6,8								
Arecaceae	5,0											1,5				
Morfotipo 34			3,3													3,0
<i>Eucalyptus 2</i>			3,0				0,5									
Melastomataceae 11	5,3					4,5										
<i>Genipa americana</i>		0,8													1,8	
<i>Inga sp.</i>			0,5													
Grupo dominado por <i>Elaeis oleifera</i> - <i>Psidium guajava</i>																
<i>Elaeis oleifera</i>					5,5		4,5	4,3	5,3	5,0	3,5	1,5	1,5	1,0	1,8	
Morfotipo 33					0,8	4,3	2,0		6,5		1,3				0,3	
<i>Psidium guajava</i>						7,3						0,5		4,8		0,8
<i>Citrus x latifolia</i>											14,3			10,5	17,0	19,8
Morfotipo 25				11,3				1,8		1,3				1,5		
Morfotipo 28	11,5							7,0	5,0			2,3				
Morfotipo 63			3,0								1,5			1,8	18,0	
<i>Dianella tasmanica</i>	3,8					3,3				2,5			4,5			
Morfotipo 32						18,3									13,5	4,0
Morfotipo 27											3,0				11,0	2,0
Morfotipo 42								3,5	2,5					3,0		
<i>Eucalyptus 3</i>									0,5	1,3					2,8	
Morfotipo 65						13,0				1,3	6,5					
Morfotipo 67							0,3				0,3				0,5	
Melastomataceae 18							0,3					0,5	1,8			
<i>Inga 1</i>		0,5							1,3				0,3			

Tabla 2-8: (Continuación) Densidad relativa de los palinomorfos en mieles colectadas en el año 2024 (valores expresados en %).

	ML12	ML13	ML17	ML16	ML14	ML19	ML21	ML11	ML15	ML18	ML20	ML22	ML23	ML24	ML25	ML26
Grupo dominado por <i>Elaeis oleifera</i> - <i>Psidium guajava</i>																
<i>Morfotipo 20</i>				3,8									2,0			4,8
<i>Melastomataceae 12</i>												9,8	6,0			
<i>Torenia crustácea</i>							2,8						0,3			
<i>Labiatae 3</i>													0,3			1,3
<i>Bellucia pentámera</i>									2,0		3,3					
<i>Morfotipo 23</i>										2,8						
<i>Arecaceae 1</i>								0,8								
<i>Cyperaceae</i>								1,8								
<i>Loranthaceae</i>									0,3							
<i>Hibrido interespecifico OxG</i>									1,8							
<i>Richardia scabra</i>										1,0						
<i>Morfotipo 64</i>										1,5						
<i>Morfotipo 66</i>						3,5										
<i>Brownea grandiceps</i>							8,0									
<i>Acacia sp.</i>							1,3									
<i>Melastomataceae 19</i>												3,0				
<i>Morfotipo 68</i>												3,3				
<i>Morfotipo 69</i>													15,0			
<i>Melastomataceae 20</i>													2,5			
<i>Commelina benghalensis</i>														2,8		
<i>Morfotipo 71</i>														1,0		
<i>Morfotipo 21</i>															4,5	
<i>Neomarica northiana</i>															1,0	
<i>Morfotipo 72</i>																0,8
<i>Morfotipo 73</i>																1,8
<i>Morfotipo 19</i>									0,5							
Grupo dominado por <i>Plumeria rubra</i> - <i>Verbena officinalis-azul</i>																
<i>Morfotipo 74</i>	1,3	1,3		2,3	0,8						1,5					
<i>Plumeria rubra</i>	5,8	3,3	2,0												2,0	
<i>Morfotipo 47</i>		0,5	0,3		1,0											
<i>Mimosaceae 2</i>	1,5			1,5												
<i>Roystonea regia</i>				0,5	1,0					1,8						
<i>Eugenia stipitata</i>		1,8											1,3			1,8
<i>Cucurbita máxima</i>		3,0			0,5								0,5			
<i>Mimosaceae 3</i>				1,3	3,3				2,3							
<i>Solanum palinacanthum</i>	3,0							1,0								
<i>Arecaceae 2</i>	5,3															
<i>Ixora coccinea</i>		0,8														
<i>Morfotipo 56</i>				4,3												
<i>Morfotipo 57</i>				0,8												
<i>Melastomataceae 16</i>				3,3												

Tabla 2-8: (Continuación) Densidad relativa de los palinomorfos en mieles colectadas en el año 2024 (valores expresados en %).

	ML12	ML13	ML17	ML16	ML14	ML19	ML21	ML11	ML15	ML18	ML20	ML22	ML23	ML24	ML25	ML26
Grupo dominado por <i>Plumeria rubra</i> - <i>Verbena officinalis</i>-azul																
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>				1,5												
<i>Acmeila brachyglossa</i>	1,8															
<i>Spermacoce capitata</i>		0,5														
<i>Melastomataceae 17</i>			1,5													
<i>Indigofera hirsuta</i>					3,0											
<i>Morfotipo 8</i>					2,5											
<i>Morfotipo 38</i>					3,5											
<i>Melastomataceae 15</i>					4,5											
<i>Morfotipo 50</i>					1,0											
<i>Morfotipo 52</i>					2,0											
Número de especies presentes	25	18	20	26	25	16	23	22	25	23	24	19	21	21	20	24
Promedio de especies						22										
Promedio Grupo dominado por <i>Plumeria rubra</i> - <i>Verbena officinalis</i>-azul						23										
Promedio Grupo dominado por <i>Elaeis oleífera</i> - <i>Psidium guajava</i>						21										
Número de especies no representadas en 2024 (en los dos grupos)						31										

2.4.1.3 Comparación de los espectros polínicos en muestras de miel durante los años de colecta

De los 159 palinomorfos que contenían las muestras de mieles, veinticuatro estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio (años 2022, 2023 y 2024).

Las especies de importancia nectarífera son *Mimosa trianae* (Correa-D et al., 2023; Giraldo-A et al., 2023) y *Eucalyptus pellita* (Montoya-B et al., 2017; Zenteno-F et al., 2022). Las especies importantes para la recolección de polen son *Roystonea regia*, *Jacaranda mimosifolia* (Quintero-R et al 2021), *Heliconia hirsuta* (Da silva-C et al., 2020), *Syzygium jambos* (Méndez, 2006) y *Mimosa púdica* (Méndez, 2006; Alfaro-R et al., 2010). Las especies de carácter mixto incluyen *Plumeria rubra* (Alfaro-R et al., 2010), *Catharanthus roseus*, *Cucurbita máxima* (Mera-L et al., 2011), *Bellucia pentamera*, *Clidemia hirta* (Da silva-C et al., 2020), *Eugenia stipitata* (Ariza-A et al., 2010) y *Lantana cámara* (Quintero-R et al 2021) (Tabla 2-9).

Las especies que ofrecen mayor diversidad de fuentes de alimento a las abejas son *Samanea samán*, *Eucalyptus*, *Dichorisandra thyrsoiflora* y *Citrus x latifolia* (Tabla 2-9).

En la tabla 2-9 se registran los palinomorfos únicos para cada año de estudio en las muestras de miel colectadas; algunos se consideran como raros y otras presentan un aporte importante de néctar y/o polen como es el caso de *Tabebuia rosea* (Cantero-J et al., 2019), *Momordica charantia* (Cantero-J et al., 2019), *Eucalyptus globulus* (Cantero-J et al., 2019), *Inga* (Cantero-J et al., 2019), *Mimosa quadrivalvis* (Cantero-J et al., 2019), *Mimosa albida* (Amalfy-A et al., 2023) y *Eucalyptus camaldulensis* (Vivas-N et al., 2008).

Se identificaron siete palinomorfos únicos para el año 2022, en tres muestras de miel colectadas, dieciocho palinomorfos únicos para el año 2023 con siete muestras y 55 palinomorfos únicos para el año 2024 con dieciséis muestras colectadas. Hay una relación directamente proporcional entre el número de palinomorfos únicos encontrados en cada uno de los años respecto al número de muestras de miel obtenidos (R^2 0,9974).

Tabla 2-9: Palinomorfos encontrados en las muestras de miel (2022 – 2024).

<p>Registrados en los 3 años (2022, 2023 y 2024): 24 palinomorfos</p> <p>Apocynaceae <i>Mandevilla hirsuta</i>, <i>Plumeria rubra</i>, <i>Catharanthus roseus</i>; Arecaceae <i>Roystonea regia</i>, 1 sin identificar; Bignoniaceae <i>Jacaranda mimosifolia</i>; Curcubitaceae <i>Cucúrbita máxima</i>; Fabaceae <i>Mimosa púdica</i>, <i>Mimosa trianae</i>, <i>Indigofera hirsuta</i>; Fagaceae Morfotipo 74; Heliconiaceae <i>Heliconia hirsuta</i>; Melastomataceae <i>Bellucia pentámera</i>, <i>Clidemia hirta</i>, <i>Melastomataceae</i> 9, <i>Melastomataceae</i> 5; Myrtaceae <i>Syzygium jambos</i>, <i>Eugenia stipitata</i>, <i>Eucalyptus pellita</i>; Sapindaceae <i>Sapindus saponaria</i>; Solanaceae <i>Solanum palinacanthum</i>; Verbenaceae <i>Lantana cámara</i>; Sin identificar Morfotipo 2, Morfotipo 5.</p>
<p>Comunes en los registros de 2022 y 2023: 7 palinomorfos</p> <p>Fabaceae <i>Samanea saman</i>; Labiatae <i>Labiatae</i> 1; Melastomataceae <i>Melastomataceae</i> 2, <i>Rhynchanthera grandiflora</i>, <i>Melastomataceae</i> 1; Myrtaceae <i>Eucalyptus</i> 1; Rubiaceae <i>Rubiaceae</i>.</p>
<p>Comunes en los registros de 2022 y 2024: 10 palinomorfos</p> <p>Arecaceae <i>Arecaceae</i>; Commelinaceae <i>Dichorisandra thyrsoiflora</i>; Euphorbiaceae <i>Euphorbia milii</i>; Melastomataceae <i>Melastomataceae</i> 11, <i>Melastomataceae</i> 12; Rubiaceae <i>Genipa americana</i>, <i>Citrus x latifolia</i>; Sin identificar Morfotipo 41, Morfotipo 38, Morfotipo 4.</p>
<p>Comunes en los registros de 2023 y 2024: 39 palinomorfos</p> <p>Acanthaceae <i>Asystasia nitida</i>; Arecaceae <i>Elaeis oleifera</i>, <i>Elaeis guineensis</i>; Asteraceae <i>Emilia sonchifolia</i>; Bixaceae <i>Bixa orellana</i>; Bromeliaceae <i>Bromeliaceae</i>; Burseraceae <i>Protium sp.</i>; Fabaceae <i>Labiatae</i> 2, <i>Inga</i> 1, <i>Desmodium maquenque heterocarpom</i>; Lamiaceae <i>Salvia sp.</i>; Melastomataceae <i>Melastomataceae</i> 6, <i>Melastomataceae</i> 7, <i>Melastomataceae</i> 8; Mimosaceae <i>Mimosaceae</i> 2; Myrtaceae <i>Eucalyptus</i> 2, <i>Psidium guajava</i>; Oxalidaceae <i>Oxalis corniculata</i>; Rubiaceae <i>Ixora coccinea</i>; Solanaceae <i>Solanum jamaicense</i>; Urticaceae <i>Cecropia metensis</i>; Verbenaceae <i>Verbena officinalis-azul</i>; Sin identificar Morfotipo 31, Morfotipo 19, Morfotipo 22, Morfotipo 8, Morfotipo 23, Morfotipo 26, Morfotipo 7, Morfotipo 9, Morfotipo 36, Morfotipo 34, Morfotipo 12, Morfotipo 20, Morfotipo 33, Morfotipo 25, Morfotipo 27, Morfotipo 28, Morfotipo 32.</p>
<p>Registrados únicamente en el año 2022: 7 palinomorfos</p> <p>Arecaceae <i>Anthurium andraeanum</i>; Bignoniaceae <i>Tabebuia rosea</i>; Melastomataceae <i>Clidemia sp.</i>, <i>Melastomataceae</i> 23, <i>Melastomataceae</i> 13, <i>Melastomataceae</i> 10; Vitaceae <i>Cissus erosa</i>.</p>
<p>Registrados únicamente en el año 2023: 18 palinomorfos</p> <p>Apiaceae <i>Eryngium foetidum</i>; Asteraceae <i>Thitonia diversifolia</i>; Caricaceae <i>Carica papaya</i>; Curcubitaceae <i>Momordica charantia</i>; Euphorbiaceae <i>Acalypha sp.</i>; Fabaceae <i>Fabaceae</i>; Iridaceae <i>Trimezia martinicensis</i>; Lythraceae <i>Cuphea hyssopifolia</i>; Melastomataceae <i>Melastomataceae</i> 3, <i>Melastomataceae</i> 22, <i>Melastomataceae</i> 4; Mimosaceae <i>Mimosaceae</i> 1; Myrtaceae <i>Eucalyptus globulus</i>; Sin identificar Morfotipo 14, Morfotipo 6, Morfotipo 17, Morfotipo 29.</p>
<p>Registrados únicamente en el año 2024: 54 palinomorfos</p> <p>Arecaceae <i>Arecaceae</i> 1, <i>Hibrido interespecifico OxG</i>; Asteraceae <i>Acmella brachyglossa</i>, <i>Asteraceae</i>; Commelinaceae <i>Commelina benghalensis</i>; Cyperaceae <i>Cyperaceae</i>; Euphorbiaceae <i>Alchornea sp.</i>; Fabaceae <i>Inga</i>, <i>Acacia sp.</i>, <i>Mimosa quadrivalvis</i>, <i>Brownea grandiceps</i>, <i>Crotalaria longirostrata</i>, <i>Mimosa albida</i>; Iridaceae <i>Neomarica northiana</i>; Labiatae <i>Labiatae</i> 3; Lamiaceae Morfotipo 45; Linderniaceae <i>Torenia crustacea</i>; Loranthaceae <i>Loranthaceae</i>; Melastomataceae <i>Melastomataceae</i> 17, <i>Melastomataceae</i> 18, <i>Melastomataceae</i> 20, <i>Melastomataceae</i> 19, <i>Melastomataceae</i> 16, <i>Melastomataceae</i> 15, <i>Melastomataceae</i> 21, <i>Melastomataceae</i> 14; Mimosaceae <i>Mimosaceae</i> 3; Myrtaceae <i>Eucalyptus camaldulensis</i>, <i>Eucalyptus</i> 3; Rubiaceae <i>Richardia scabra</i>, <i>Spermacoce capitata</i>; Urticaceae <i>Pourouma cecropiifolia</i>; Sin identificar Morfotipo 42, Morfotipo 45, Morfotipo 46, Morfotipo 47, Morfotipo 48, Morfotipo 50, Morfotipo 52, Morfotipo 56, Morfotipo 57, Morfotipo 59, Morfotipo 61, Morfotipo 62, Morfotipo 63, Morfotipo 64, Morfotipo 65, Morfotipo 66, Morfotipo 67, Morfotipo 68, Morfotipo 69, Morfotipo 71, Morfotipo 72, Morfotipo 73; Xanthorrhoeaceae <i>Dianella tasmanica</i></p>

2.4.1.4 Síntesis

Los análisis polínicos de las mieles colectadas en el Piedemonte Llanero del departamento del Meta durante el tiempo del estudio permitieron establecer 159 tipos polínicos de las que se identificaron 110 especies agrupadas en 36 familias, de las cuales el mayor número de

especies fueron Melastomataceae, Fabaceae, Myrtaceae y Arecaceae; 49 palinomorfos permanecieron como indeterminados (tabla 2-10).

Tabla 2-10: Familias y especies identificadas.

Acanthaceae <i>Asystasia nitida</i>	Fabaceae <i>Acacia sp., Brownea grandiceps, Crotalaria longirostrata, Desmodium maquenque heterocarpom, Fabaceae, Indigofera hirsuta, Inga 1, Inga sp., Mimosa albida, Mimosa pudica, Mimosa quadrivalvis, Mimosa trianae, Samanea saman</i>	Melastomataceae 3, Melastomataceae 4, Melastomataceae 5, Melastomataceae 6, Melastomataceae 7, Melastomataceae 8, Melastomataceae 9
Apiaceae <i>Eryngium foetidum</i>	Fagaceae Morfortipo 74	Mimosaceae Mimosaceae 1, Mimosaceae 2, Mimosaceae 3
Apocynaceae <i>Catharanthus roseus, Mandevilla hirsuta, Plumeria rubra</i>	Heliconiaceae <i>Heliconia hirsuta</i>	Myrtaceae <i>Eucalyptus pellita, Eucalyptus camaldulensis, Eucalyptus globulus, Eugenia stipitata, Myrtaceae, Psidium guajava, Syzygium jambos, Eucalyptus 1, Eucalyptus 2, Eucalyptus 3</i>
Arecaceae <i>Anthurium andraeanum, Arecaceae, Arecaceae 1, Arecaceae 2, Elaeis guineensis, Elaeis oleifera, Híbrido interespecífico OxG, Roystonea regia</i>	Iridaceae <i>Neomarica northiana, Trimezia martinicensis</i>	Oxalidaceae <i>Oxalis corniculata</i>
Asteraceae <i>Acmella brachyglossa, Asteraceae, Emilia sonchifolia, Thitonia diversifolia</i>	Labiatae Labiatae 1, Labiatae 2, Labiatae 3	Rubiaceae <i>Genipa americana, Ixora coccinea, Richardia scabra, Rubiaceae, Spermacoce capitata</i>
Bignoniaceae <i>Jacaranda mimosifolia, Tabebuia rosea</i>	Lamiaceae Morfortipo 45, <i>Salvia sp</i>	Rutaceae <i>Citrus x latifolia</i>
Bixaceae <i>Bixa orellana</i>	Linderniaceae <i>Torenia crustácea</i>	Sapindaceae <i>Sapindus saponaria</i>
Bromeliaceae Bromeliaceae	Loranthaceae Loranthaceae	Solanaceae <i>Solanum jamaicense, Solanum palinacanthum</i>
Burseraceae <i>Protium sp.</i>	Lythraceae <i>Cuphea hyssopifolia</i>	Urticaceae <i>Cecropia metensis, Pourouma cecropiifolia</i>
Caricaceae <i>Carica papaya</i>	Melastomataceae <i>Bellucia pentamera, Clidemia hirta, Clidemia sp, Rhynchanthera grandiflora, Melastomataceae 1, Melastomataceae 10, Melastomataceae 11, Melastomataceae 12, Melastomataceae 13, Melastomataceae 14, Melastomataceae 15, Melastomataceae 16, Melastomataceae 17, Melastomataceae 18, Melastomataceae 19, Melastomataceae 2, Melastomataceae 20, Melastomataceae 21, Melastomataceae 22, Melastomataceae 23,</i>	Verbenaceae <i>Lantana camara, Verbena officinalis-azul</i>
Commelinaceae <i>Commelina benghalensis, Dichorisandra thyrsoiflora</i>		Vitaceae <i>Cissus erosa</i>
Curcubitaceae <i>Cucurbita maxima, Momordica charantia</i>		Xanthorrhoeaceae <i>Dianella tasmanica</i>
Cyperaceae Cyperaceae		
Euphorbiaceae <i>Acalypha sp., Alchornea sp., Euphorbia mili</i>		

2.4.2 Caracterización de las mieles según los valores de dominancia (densidad relativa %)

De las veintiséis muestras de miel analizadas, la muestra ML13 presento polen dominante (D) de *Mimosa púdica* con una frecuencia relativa del 49,8%; por lo que se podría considerar como una miel monofloral.

El polen secundario (S) se presentó en veinte de las veintiséis muestras de miel incluye las siguientes especies: *Mimosa albida*, *Citrus x latifolia*, *Catharanthus roseus*, *Bixa orellana*, *Clidemia hirta*, *Plumería rubra*, *Lantana cámara* y *Mimosa trianae*.

Del polen aislado importante (IA) resaltan las siguientes especies: *Elaeis guineensis*, *Solanum jamaicense*, *Alchornea sp.*, *Elaeis oleifera*, *Oxalis corniculata*, *Heliconia hirsuta*, *Psidium guajava* y *Bellucia pentámera*.

Para el polen aislado (A) resaltan las siguientes especies: *Eucalytus pellita*, *Syzygium jambos*, *Emilia sonchifolia*, *Jacaranda mimosifolia*, *Solanum palinacanthum*, *Roystonea regia*, *Eugenia stipitata*, *Cucurbita máxima*, *Sapindus saponaria*, *Verbena officinalis-azul*, *Protium sp* y *Salvia sp*.

De acuerdo con lo encontrado en cuanto a frecuencia de morfotipos de polen se puede concluir que las muestras son de tipo multifloral (Anexo A).

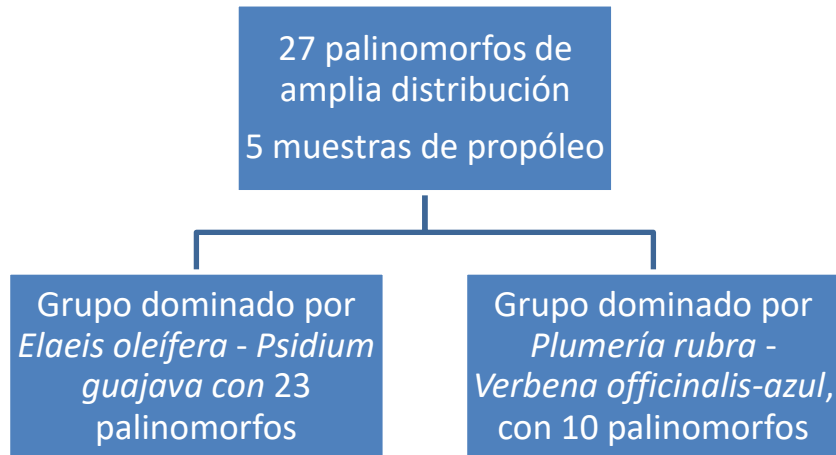
2.4.3 Análisis en muestras de propóleo

Se reconocieron 75 tipos polínicos diferentes en los propóleos colectados en el Piedemonte Llanero del departamento del Meta, de los cuales 59% se identificó a nivel de especie, 8% a nivel de género, 17% a nivel de familia y 16% permanecieron como morfotipos.

Del grupo de especies de amplia distribución caracterizado en las muestras de miel, en el propóleo se encontró 27 especies.

En el grupo dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* se encontraron veintitrés palinomorfos, en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* se encontraron diez palinomorfos.

Figura 2-6: Composición palinológica de las muestras de propóleo en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta.



2.4.3.1 Oferta de recursos florísticos en la localidad de estudio

De las veintisiete especies de amplia distribución se destacan (Tabla 2-11 y figura 2-7):

- *Emilia sonchifolia* en las cinco muestras con una frecuencia relativa mínima de 0,5%, una máxima de 6,3% y un promedio de 3,7%.
- *Mimosa púdica* en las cinco muestras con una frecuencia relativa que varió entre un mínimo de 10,5%, un máximo de 36,5% y un promedio de 22,9%.
- *Eucalyptus pellita* en cuatro muestras con una frecuencia relativa mínima de 2,5%, una máxima de 4,8% y un promedio de 3,5%.
- *Euphorbia milii* en cuatro muestras con una frecuencia relativa mínima de 1,5%, una máxima de 7,3% y un promedio de 4,3%.
- *Mimosa trianae* en cuatro muestras con una frecuencia relativa que varió entre un mínimo de 4,3%, un máximo de 8,8% y un promedio de 5,9%.
- *Syzygium jambos* en cuatro muestras con una frecuencia relativa mínima de 0,8%, una máxima de 6,5% y un promedio de 3,4%.

Todas las especies identificadas en estas muestras de propóleo también fueron identificadas en las muestras de miel.

Grupo de *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava*, se destacan las especies (Tabla 2-11 y figura 2-8):

- *Eucalyptus* en dos muestras con una densidad relativa entre 0,5% y 3,0%, promedio de 1,8%.
- *Torenia crustácea* en una muestra con una densidad relativa de 0,3% y *Dianella tasmanica* con una densidad relativa de 3.3%.

Grupo de propóleos dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul, destacan las siguientes especies (Tabla 2-11 y figura 2-9):

- *Roystonea regia* en cuatro de las muestras con una densidad relativa entre 0,3% y 2,8%, promedio de 1,4%.
- *Eryngium foetidum* en cuatro de las muestras con una densidad relativa entre 1,3% y 10,0%, promedio de 4,1%.
- *Cucúrbita máxima* en tres de las muestras con una densidad relativa entre 0,3% y 3,0%, promedio de 1,3%.
- *Eucalyptus globulus* en tres de las muestras con una densidad relativa entre 1,0% y 2,0%, promedio de 1,6%.
- *Plumería rubra* en tres de las muestras con una densidad relativa entre 2,0% y 5,3%, promedio de 3,2%.

Entre las especies presentes en los dos grupos están *Lantana cámara*, *Asystacia nítida*, *Genipa americana* y *Sapindus saponaria* (tabla 2-11 y figura 2-10).

El polen de las especies *Browallia americana*, *Brunfelsia pauciflora*, *Geophila repens*, *Oxalis barrelieri* y *Pavonia sepium* solamente se encontraron en el propóleo.

Tabla 2-11: Densidad relativa de los palinomorfos en muestras de propóleo.

	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
Especies de amplia distribución					
<i>Emilia sonchifolia</i>	0,5	2,8	3,0	6,3	5,8
<i>Mimosa púdica</i>	34,8	16,5	36,5	10,5	16,3
<i>Eucalyptus pellita</i>	4,8	3,0	2,5		3,8
<i>Euphorbia milii</i>		6,3	7,3	2,0	1,5
<i>Mimosa trianae</i>	5,8	4,3	4,8	8,8	
<i>Syzygium jambos</i>	1,3		0,8	5,3	6,5
<i>Bixa orellana</i>		5,5	2,0	3,8	
<i>Elaeis guineensis</i>	6,5	9	1,0		
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	0,8	1,5	1,3		
<i>Heliconia hirsuta</i>		0,3		1,3	
Morfotipo 36	6,5	1,8			
Morfotipo 9				0,5	2,0
<i>Catharanthus roseus</i>			1,0		
<i>Desmodium maquenque heterocarpon</i>				0,8	
Melastomataceae 4		8,3			
Melastomataceae 5				2,3	
Melastomataceae 8					5,3
<i>Mimosa quadrivalvis</i>			0,3		
Bromeliaceae	4,3				
Morfotipo 22					13,3
Morfotipo 26				1,5	
Morfotipo 31					4,5
Morfotipo 41		1,3			
Morfotipo 5			2,3		
Morfotipo 62				2,3	
<i>Pourouma cecropiifolia</i>	2,0				
<i>Salvia sp</i>		1,0			
Especies en los dos grupos					
Melastomataceae 7	8,8	12,5		0,8	
Melastomataceae 14		1,3	1,5		
<i>Lantana cámara</i>		1,3	1,5		
<i>Asystasia nitida</i>				8,0	2,5
<i>Genipa americana</i>	1,3			6,8	
<i>Sapindus saponaria</i>				0,5	0,5
<i>Crotalaria longirostrata</i>			2,0		
<i>Dichorisandra thyrsiflora</i>					5,0
<i>Mandevilla hirsuta</i>				1,3	
<i>Verbena officinalis-azul</i>				4,0	
Especies del Grupo dominado por <i>Elaeis oleífera</i> - <i>Psidium guajava</i>					
<i>Eucalyptus</i>	3,0		0,5		
Morfotipo 44			3,5	2,8	
<i>Torenia crustácea</i>			0,3		
<i>Dianella tasmanica</i>				3,3	
Melastomataceae 18				1,8	
Morfotipo 25			1,3		
Melastomataceae 20				5,0	
Morfotipo 43					4,3
Morfotipo 68		2,0			
<i>Richardia scabra</i>				0,5	

Tabla 2-11: (Continuación) Densidad relativa de los palinomorfos en muestras de propóleo.

	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
Especies del Grupo dominado por <i>Plumeria rubra</i> - <i>Verbena officinalis</i>-azul					
<i>Roystonea regia</i>	0,8	0,3	1,8	2,8	
<i>Eryngium foetidum</i>		3,0	1,3	2,3	10
<i>Cucúrbita máxima</i>		0,8	0,3	3,0	
<i>Eucalyptus globulus</i>		2,0	1,8	1,0	
Melastomataceae 2		1,3	1,0	3,5	
Morfotipo 78	0,3	1,0	1,8		
<i>Plumeria rubra</i>		2,0	2,3		5,3
<i>Bellucia pentámera</i>		5,0	2,3		
<i>Cuphea hyssopifolia</i>	4,0			2,0	
Loranthaceae	0,8		6,8		
<i>Cissus erosa</i>		2,0			4,5
<i>Indigofera hirsuta</i>	1,8				
<i>Ixora coccinea</i>		0,3			
Melastomataceae 1			2,5		
Morfotipo 17	7,8				
Arecaceae					7,0
Rubiaceae		1,3			
<i>Rhynchanthera grandiflora</i>		0,5			
<i>Samanea saman</i>	0,5				
<i>Solanum palinacanthum</i>		0,8			
Melastomataceae 13				0,8	
Morfotipo 11			5,5		
<i>Thitonia diversifolia</i>	0,3				
Registros únicos					
<i>Browallia americana</i>				5,3	
<i>Brunfelsia pauciflora</i>					2,3
<i>Geophila repens</i>		0,3			
<i>Oxalis barrelieri</i>	4,0				
<i>Pavonia sepium</i>		1,5			

Figura 2-7: Densidad relativa de las especies de amplia representación.

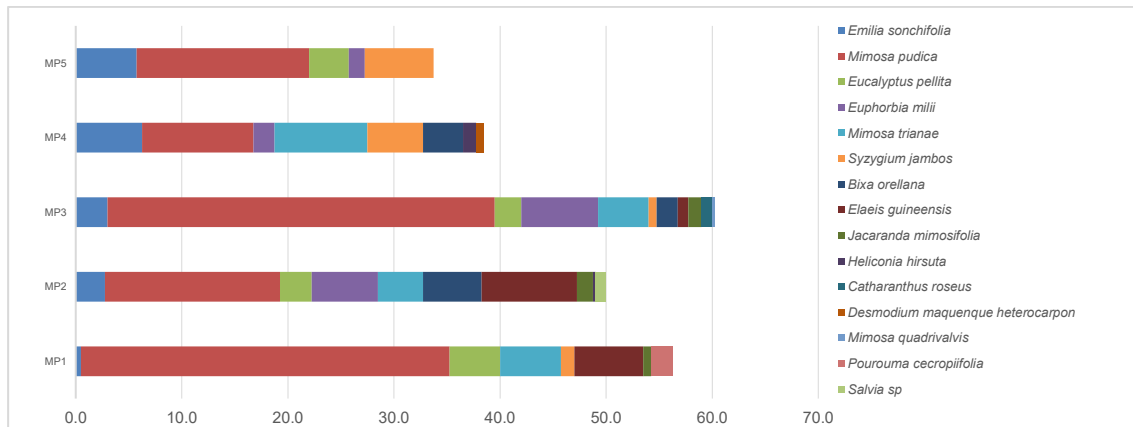


Figura 2-8: Densidad relativa de especies identificadas del grupo dominado por *Elaeis oleifera* - *Psidium guajava*.

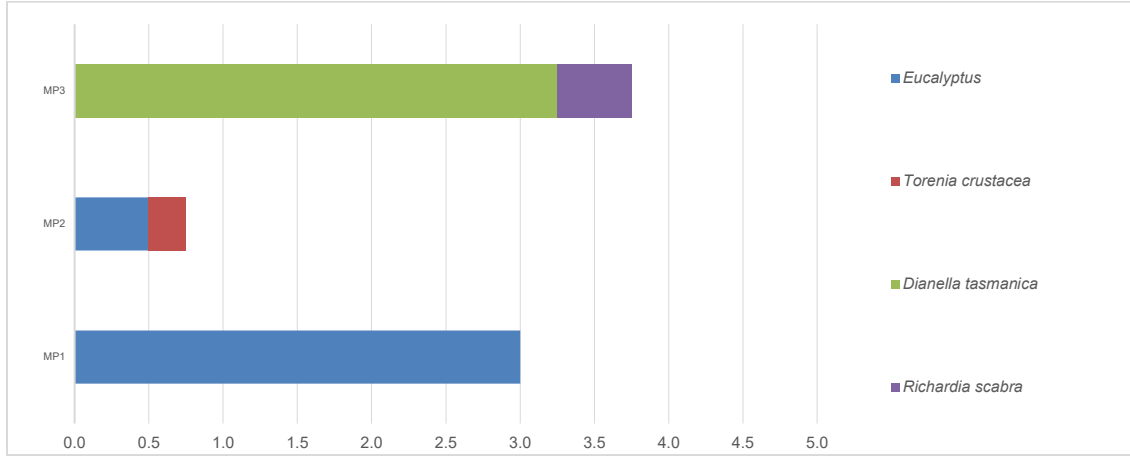


Figura 2-9: Densidad relativa de especies identificadas del grupo dominado por *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis*-azul.

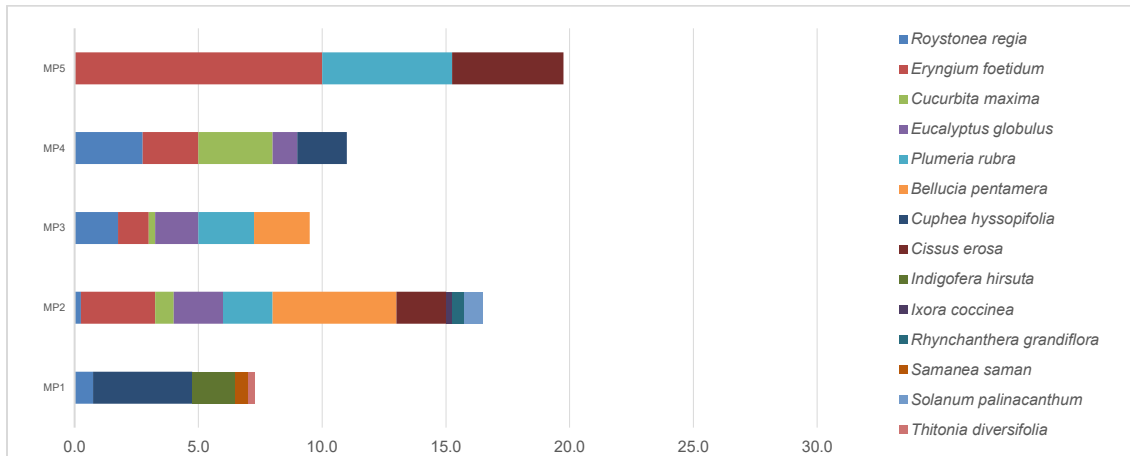
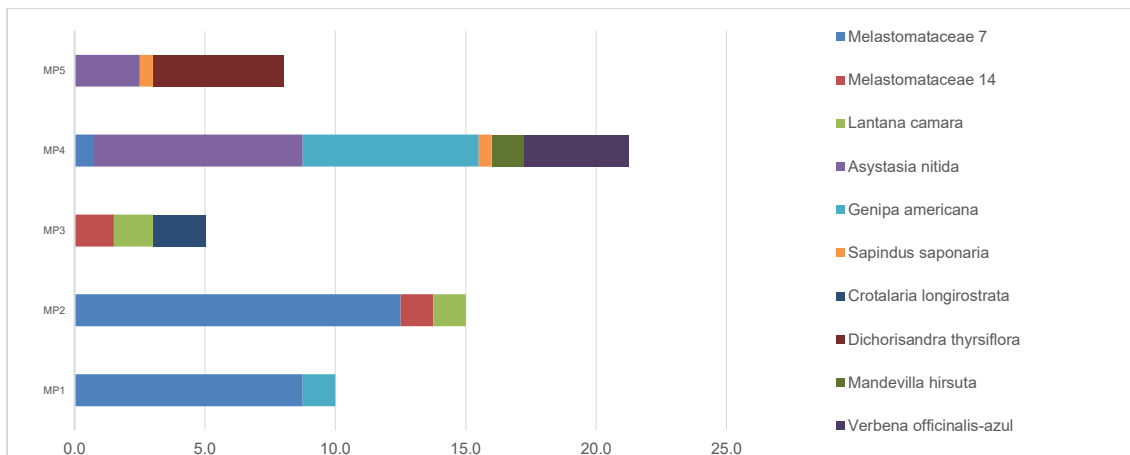


Figura 2-10: Densidad relativa de especies identificadas entre los dos grupos.



Aunque en la miel se identifica un mayor número de tipos polínicos en comparación con el propóleo, al analizar los resultados se observa que las proporciones de especies de amplia distribución y las dominantes son similares en ambos casos (tabla 2-12).

Tabla 2-12: Especies agrupadas de acuerdo con su distribución o dominancia en la miel y propóleo.

	Mieles (n=26)		Propóleo (n=5)	
	<i>Elaeis oleífera</i> - <i>Psidium guajava</i>	<i>Plumería rubra</i> - <i>Verbena</i> <i>officinalis</i>	<i>Elaeis oleífera</i> - <i>Psidium guajava</i>	<i>Plumería rubra</i> - <i>Verbena</i> <i>officinalis</i>
Amplia distribución	45		27	
Características	23	42	12	31
Raras (Presencia muy baja)	25	43	-	-
Total	93	130	39	58
Total general	159		75 (5 solamente propóleo)	

2.4.4 Caracterización de los propóleos según los valores de dominancia (densidad relativa %)

De las cinco muestras de propóleo analizadas no se identificó polen dominante (D), mientras que el polen secundario (S) se presentó en las cinco muestras, resaltando las siguientes especies (Anexo B):

- *Mimosa púdica* que se encontró en todas las muestras,
- las especies *Syzygium jambos*, *Elaeis guineensis*, *Mimosa trianae*, *Emilia sonchifolia*, *Euphorbia milii* y Melastomataceae (Melastomataceae 7) en dos de las muestras.

El polen importante aislado (IA) se presentó en las cinco muestras y se resaltan las siguientes especies:

- *Eucalyptus pellita* que se encontró en todas las muestras;

- las especies *Jacaranda mimosifolia*, *Eucalyptus globulus*, *Eryngium foetidum*, *Roystonea regia* y Melastomataceae (Melastomataceae 2) en tres de las muestras.
- En dos de las muestras se encontró *Euphorbia milii*, *Mimosa trianae*, *Lantana cámara*, *Cissus erosa*, *Cucúrbita máxima*, *Bixa orellana*, *Cuphea hyssopifolia*, *Plumeria rubra*, *Emilia sonchifolia*, *Bellucia pentámera*, *Syzygium jambos* y Melastomataceae (Melastomataceae 14).

El polen aislado (A) se presentó en las cinco muestras y se resaltan las siguientes especies:

- *Sapindus saponaria* que se encontró en dos las muestras;
- las especies *Rhynchanthera grandiflora*, *Cucúrbita máxima*, *Roystonea regia*, *Emilia sonchifolia*, *Mimosa quadrivalvis*, *Geophila repens*, *Richardia scabra*, *Heliconia hirsuta*, *Samanea saman*, *Ixora coccinea*, *Torenia crustacea* y *Thitonia diversifolia* en una de las muestras.

2.4.5 Diversidad polínica en las mieles

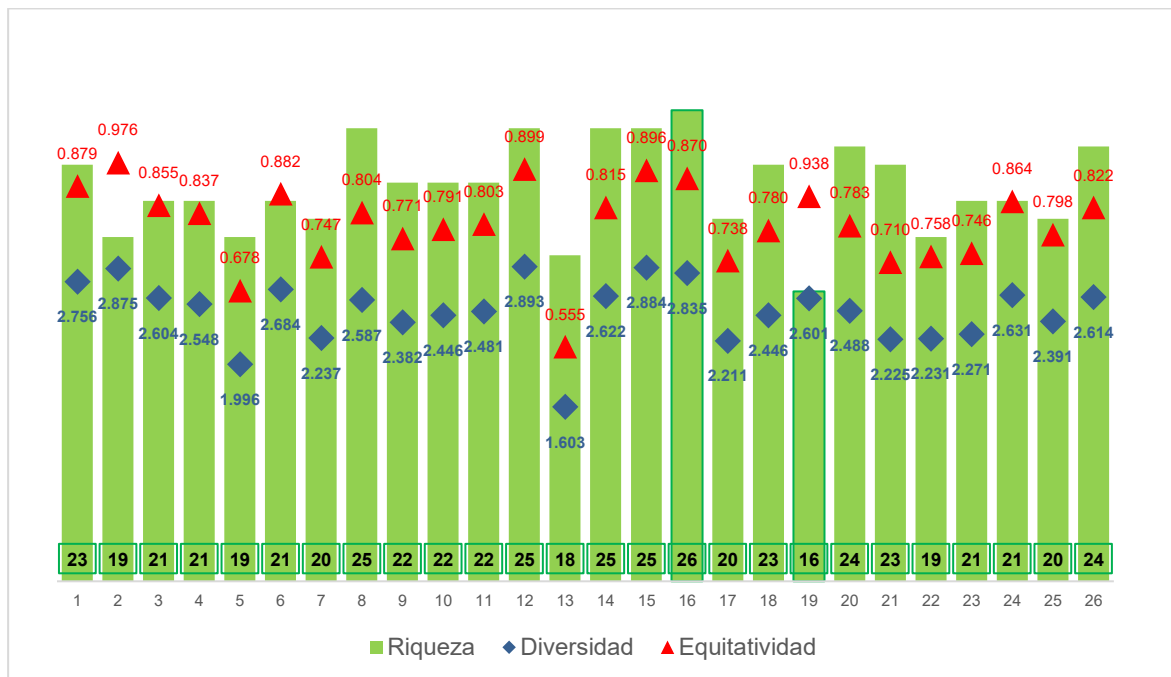
En la figura 2-11 se presentan los indicadores de diversidad botánica de las mieles, medida por el índice de Shannon que contempla la riqueza (en barras) representada por el número de diferentes tipos de palinomorfos presentes en cada muestra y la diversidad (en rombos azules); además de la equitatividad de Pielou (en triángulos rojos) que evalúa cómo están distribuidas las especies en cada muestra.

La muestra ML19, con dieciséis diferentes tipos de palinomorfos, presentó la menor riqueza, mientras que la muestra ML16, con veintiséis tipos diferentes de granos, presentó la mayor cantidad de palinomorfos, una diversidad de 2,601 y equitatividad de 0,938.

El menor valor de equitatividad lo presentó la muestra ML13 con un valor de 0,555 e indica una probable dominancia de alguna especie botánica (miel monofloral); mientras que la muestra ML2 presentó el valor más alto con 0,976 e indica una distribución uniforme de las especies.

Respecto a la diversidad, la muestra ML13 presentó el valor más bajo con 1,603 e indica menos especies presentes con una distribución más desigual entre estas; mientras que la muestra ML12 presentó el valor más alto con 2,893 e indica más especies presentes con una distribución más equilibrada.

Figura 2-11: Número de especies, riqueza y equitatividad en las muestras de miel.



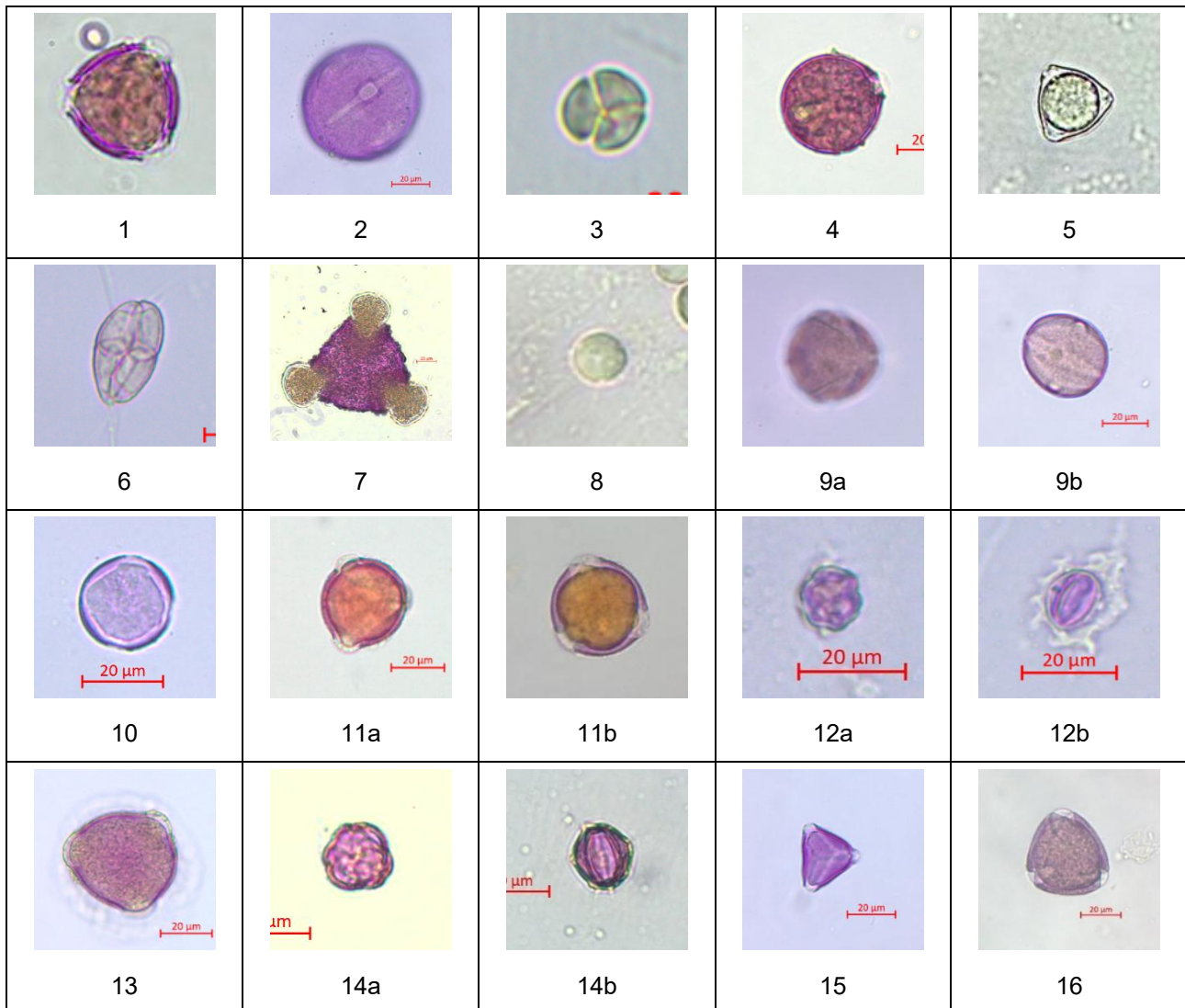
En general las muestras de miel presentaron una diversidad entre alta, moderada alta y moderada con distribución entre bastante y bien equitativa de polen.

2.4.6 Granos de polen en las muestras de miel

En la figura 2-12, aparecen los registros fotográficos de granos de polen: *Plumería rubra* (imagen 1 vista polar), *Catharanthus roseus* (imagen 2 vista ecuatorial), *Mimosa púdica* (imagen 3 vista ecuatorial), *Lantana cámara* (imagen 4 vista ecuatorial), *Psidium guajava* (imagen 5 vista), *Mimosa trianae* (imagen 6 vista ecuatorial), *Verbena officinalis-azul*

(imagen 7 vista polar), *Mimosa albida* (imagen 8 vista polar), *Citrus x latifolia* (imagen 9a vista polar, imagen 9b vista ecuatorial), *Mandevilla hirsuta* (imagen 10 vista polar), *Bixa orellana* (imagen 11a vista polar, imagen 11b vista ecuatorial), *Clidemia hirta* (imagen 12a vista polar, imagen 12b vista ecuatorial), *Indigofera hirsuta* (imagen 13a vista polar), *Bellucia pentámera* (imagen 14a vista polar, imagen 14b vista ecuatorial), *Sapindus saponaria* (imagen 15 vista polar), *Desmodium maquenque heterocarpon* (imagen 16 vista polar).

Figura 2-12: Granos de polen identificados en las muestras de miel.



2.5 Discusión

En las veintiséis muestras de mieles de los apiarios Cachón, Cauchos, Represa, Ostos, Huertas y Robles del Piedemonte llanero se diferenció un grupo de especies de amplia distribución en las que figura *Mimosa trianae* y *Eucalyptus pellita*. Otras especies de *Mimosa* (Fabaceae - Leguminosaceae), *Mimosa púdica*, *Mimosa albida* y *Mimosa quadrivalvis* se establecen en áreas que fueron mecanizadas para la siembra de cultivos, lo que asegura su crecimiento. *Desmodium maquenque heterocarpon* cobra importancia por su uso en la alimentación del ganado y como fuente de néctar - polen de insectos. *Jacaranda mimosifolia* planta ornamental incluida en siembras de compensación forestal en áreas aledañas a cuatro de los apiarios trabajados. *Bixa orellana* arbusto que se ubica cerca a los apiarios. Dos especies promisorias con potencial económico y múltiples usos *Cecropia metensis* y *Pourouma cecropiifolia*.

Lo que podría indicar que las abejas *Apis mellifera*, aunque recolectan néctar y/o polen de una amplia variedad de fuentes florales (159 especies) se centraron en un número reducido de recursos quizás por su abundancia.

La caracterización palinológica permitió segregar dos grupos de mieles según su contenido, en el grupo dominado por *Elaeis oleifera* - *Psidium guajava*, se encontraron presentes menos especies (veinticinco) y durante el 2024 se tuvo la mayor frecuencia de polen de diferentes especies las muestras de miel.

Entre las particularidades en el contenido polínico de este grupo, cabe mencionar la presencia de granos de polen de *Citrus x latifolia* coincide con las fechas de floración de los cultivos de cítricos en la región de los llanos orientales, como igualmente lo menciona Mateus-C *et al.*, (2010); Otras especies, *Torenia crustácea* es importante por el potencial en producción de compuestos activos para las industrias farmacéuticas (Baro *et al.*, 2022).

En el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul, se encontraron presente más (cuarenta y uno) durante el 2022 y en 2023 se tuvo la mayor frecuencia de polen de diferentes especies presentes en las muestras de miel.

Entre las particularidades en el contenido polínico de este grupo cabe mencionar la presencia de *Verbena officinalis*-azul, *Indigofera hirsuta*, *Plumería rubra*, *Bellucia pentámera*, *Clidemia hirta*, *Sapindus saponaria* que son consideradas como “recurso alimenticio importante” (más de un 10% de densidad relativa) Cortopassi-M *et al.*, (1988). *Plumería rubra* es una especie de importancia como fuente de néctar y polen (Arce-H, *et al.*, 2001).

Para el contenido polínico según el año de cosecha se identificaron 159 palinomorfos en las muestras de mieles.

- Año 2022

En este año se obtuvieron tres muestras de miel y se identificaron siete palinomorfos únicos.

- Año 2023

En este año se obtuvieron siete muestras de miel y se identificaron dieciocho palinomorfos únicos.

- Año 2024

En este año se obtuvieron dieciséis muestras de miel y se identificaron cincuenta y cinco palinomorfos únicos.

Especies cuyo polen se encontró solamente en un año de cosecha pueden constituir un aporte importante de néctar y polen como *Tabebuia rosea*, *Momordica charantia*, *Eucalyptus globulus*, *Inga*, *Mimosa quadrivalvis* y *Eucalyptus camaldulensis* (Castellanos-P *et al.*, 2012; Ramírez-A *et al.* 2016).

De acuerdo con lo indicado por Fonnegra, de las veintiséis muestras se encontró una miel monofloral y veinticinco mieles multiflores; La miel monofloral presento polen de *Mimosa púdica* con una densidad relativa del 49,8%. Resultados similares fueron mencionados por Girón (1995) en mieles del departamento de Antioquia.

Mieles multiflorales con predominancia de especies *Mimosa* (*Fabaceae*) como *Mimosa púdica* y *Mimosa albida* y otras especies no determinadas de *Mimosa* fueron mencionados por reportados por Corral (1984) en el departamento de Antioquia, por Nates-G *et al.*, (2013) en el Bajo Chicamocha, en la Sierra Nevada de Santa Marta y para la región Comunera, por Valencia-L *et al.*, (2014) en el Cerro El Volador (Antioquia), y Vivas-N *et al.*, (2008) en Popayán.

Dentro de las especies proveedores de polen *Mimosa trianae*, ubicada en las especies de amplia representación, presente en diez muestras de miel es una especie nativa de importancia económica en la Orinoquia Colombiana; esta especie se encuentra adaptada a las condiciones de acidez de los suelos de la Orinoquia (Sánchez *et al.*, 2015), presente en algunos sistemas silvopastoriles y su madera es utilizada como leña como insumo en la preparación del plato típico conocido como “mamona” (Ortega, 2015; Calle-Z *et al.*, 2020), por ello se considera un “recurso alimenticio importante” para las abejas de la especie *Apis mellifera*, y en especial para la producción de miel en esta región.

Mimosa púdica es una especie común en los potreros, orillas de las carreteras o senderos (Rincón-A *et al.*, 2010; Cardona-J *et al.*, 2023) y su polen ha sido encontrado en muestras de miel de Argentina (Faricelli-M *et al.*, 2004), en el estado de Oaxaca en México (Ramírez-E *et al.*, 2011), en el estado de Bahía en Brasil (Carmello-A *et al.*, 2000), en Ecuador (Vásquez-J *et al.*, 2020) y Méndez (2006) en Honduras. Silveira-C *et al.*, (2022) en muestras colectadas en el estado de Bahía en Brasil califico a *Mimosa púdica* como polen de menor importancia, polen secundario y trazas de polen;

Mimosa albida es una especie que presenta periodos de floración largos y fructificación cortos a lo largo de todo el año, es considerada una maleza, y reporta crecimiento en bosques de galería, en potreros crece como matorrales espinosos, se ubica también en la orilla de los ríos por el tipo de suelo arenoso, su polen se ha encontrado en las mieles y se considera una especie proveedora del mismo, siendo este género de importancia apícola (Lewis-G *et al.*, 1981; Espina-D *et al.*, 1983; Grether, 1997; Castellanos-P *et al.*, 2012); en

el presente estudio se identificó esta especie en catorce de las muestras, siendo catalogado el polen como “secundario” (cuatro de ellas), “importante aislado” (nueve de ellas) y “aislado” (una de ellas).

Una de las familias con mayor representación de granos de polen en las muestras de miel de este estudio fue la Melastomataceae y de esta, las especies no identificadas y catalogadas como Melastomataceae 10 y Melastomataceae 11 se pueden considerar como “recurso alimenticio importante” de acuerdo con lo indicado por Cortopassi-M *et al.*, (1988), Mendoza-H *et al.*, (2006) y Arriaga-E *et al.*, (2016) que indicaron que las especies pertenecientes a esta familia son mayoritariamente entomófilas, brindan una fuente importante de néctar y polen para algunas especies de abejas.

Bixa orellana identificada en seis de las muestras de miel, se clasificó como polen “secundario”, “importante aislado” y “aislado”; esta planta contiene bixina, pigmento vegetal principal del achiote, que en los últimos años ha incrementado su comercio por ser una alternativa ante los efectos carcinógenos y alergénicos ocasionados por pigmentos químicos sintéticos (Leal-F *et al.*, 2010).

Lantana cámara fue identificada en seis de las muestras de miel, su polen fue clasificado como “secundario”, “importante aislado” o “aislado”; Gupta-K *et al.*, (2023) en la India, relaciona la visita de *Apis mellifera* a esta especie botánica en temporadas de baja disponibilidad de otras fuentes florales con incrementos en la mortalidad de abejas por el aumento en la presencia del compuesto Lantadeno en la miel.

Sapindus saponaria fue incluida en el grupo de polen entre “importante aislado” y “aislado”; Arce-H, *et al.*, (2001) indicaron que esta especie es una fuente importante de néctar y polen para la abeja *Apis mellifera*.

Torenia crustácea se incluyó en el grupo de polen “aislado”; Es una hierba medicinal usada para el tratamiento de diferentes enfermedades, entre ellas la diabetes en países como India, Indonesia y Malasia.

Los granos de polen de *Psidium guajava* (Myrtaceae) se encontraron en siete muestras y se le catalogo como polen “importante aislado” y “aislado” que indica una baja densidad, Méndez (2006) en Honduras, Córdoba-C *et al.*, (2013) en el estado de Tabasco en México, Vásquez-J *et al.*, (2020) en Ecuador y Muñoz (2022) en el departamento del Cauca en Colombia, mencionaron que es una especie que aporta néctar y polen en altos porcentajes (Arce-H, *et al.*, 2001; Vivas-N *et al.*, 2008). Esta especie en la zona de estudio crece de forma dispersa y su fruto es bastante apetecido por especies silvestres, similar a lo encontrado en el sudeste de Sao Paulo por Cortopassi-M *et al.*, (1988).

Polen de *Syzygium jambos* con porcentajes altos en muestras de miel fue mencionado por Méndez (2006) en Honduras y Vásquez-J *et al.*, (2020) en Ecuador; en el presente estudio se identificó esta especie en muestras de miel, siendo catalogado su polen como “importante aislado” y “aislado”.

Propóleo

En las cinco muestras de propóleos se identificó *Mimosa púdica*; dicha especie fue catalogada como “secundario” y reafirma que esta especie es importante en la apicultura de Colombia.

Especies que se encontraron en la miel y en propóleo

Eucalipto pellita, fue catalogada como “importante aislado” y “aislado”; *Elaeis guineensis* se identificó en catorce de las muestras de la miel y fue catalogado entre “importante aislado” y “aislado”; en el propóleo se encontró en tres de las muestras y se catalogó entre “secundario” e “importante aislado”. *Emilia sonchifolia* se identificó en once de las muestras de la miel y fue catalogado entre “importante aislado” y “aislado”; en el propóleo se encontró en cinco de las muestras y se catalogó entre “secundario”, “importante aislado” y “aislado”. *Mimosa trianae* se encontró en diez de las muestras de miel y fue catalogado entre “secundario”, “importante aislado” y “aislado” y en cuatro muestras de propóleo y se catalogó entre “secundario” e “importante aislado”.

En las muestras del propóleo se identificaron siete especies exclusivas: *Browallia americana*, *Brunfelsia pauciflora*, *Cyathea sp.*, *Geophila repens*, *Oxalis barrelieri* y morfotipo 78.

El índice de diversidad en las muestras de miel de este estudio presentó un máximo de 2,893 y un mínimo de 1,603 (2,483 en promedio), que indica una diversidad de moderada a alta.

Castellanos-P *et al.* (2012) en muestras de miel de Tabasco en México y registraron valores promedio de 2,60, 2,50, 2,20 y 2,20, y concluyen que las abejas presentan pecoreo poliléctico.

2.6 Bibliografía

- Alfaro-R, González-J, Ortiz-J, Viera-F, Burgos-A, Hernández-E, Ramírez-E. 2010. Caracterización Palinológica de las mieles de la península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. Mérida, Yucatán. México. Pág:1-157.
- Alvarado-J, Delgado-R. 1985. Flora apícola en Uxpanapa. *Biótica*, 10 (3):257-274. Veracruz, México.
- Amalfy-A, Vidal-D, Bados-H. 2023. Guía para la identificación de la oferta floral apícola del macizo colombiano. Departamento del Cauca. Popayán. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Centro agropecuario Regional Cauca. Pág.1-28
- Angel-A. 2012. Evaluación de la actividad genotóxica de propóleos recolectados en diferentes apiarios de Cundinamarca y Boyacá (Colombia) [Tesis de maestría] [Colombia]: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Medicina, Departamento de Toxicología.
- Arce-H, Sánchez-L, Slaa-J, Sánchez- P, Ortiz-A, Van-J, Sommeijer-M. 2001. Árboles melíferos nativos de Mesoamérica. 1ra edición Heredia, Costa Rica. Pág:1-210.
- Ariza-A, Casas-A, Gutierréz-J, Ramirez-A, Pereira-A, Cardenas-C, Escobar-C, Alzate-C, Criollo-D, Arias-D, Rivas-E, Varón-E, Rivera-E, Lozano-F, Ortiz-F, Velasquez-J, García-J, Rojas-J, Botina-J, Zuluaga-J, Zapata-J, Gómez-J, Mayha-I, Forero-L, Morales-M, Cipagauta-M, Pedraza-O, Aguirre-R, Rojas-S, Quijano-S, Osorio-V,

- Erazo-Y. 2010. Especies Promisorias de la Amazonia Conservación, manejo y utilización del Germoplasma. CORPOICA CI Macagual. Produmedios. Pág: 1-300.
- Arriaga-E, Martínez-A, Ramírez-N, Martínez-E. 2016. Análisis palinológico de mieles y cargas de polen en *Apis mellifera* (*Apidae*) de la región Centro y Norte del estado de Guerrero, México. *Botanical Sciences*. 94(1):141-156. DOI: 10.17129/botsci.217
- Baro-T, Das-S. 2022. In vitro propagation and plant regeneration of *Torenia crustaceae* (L.) Charm. & Schltdl; an important ethnic medicinal plant. *Plant Science Today*. 9(2):30-35. ISSN 2348-1900. <https://doi.org/10.14719/pst.1708>.
- Bogotá-G, Rangel-J, Jiménez-L. 2001. Análisis palinológico de mieles de tres localidades de la sabana de Bogotá. *Revista Caldasia Botánica Palinología* 23(2):455-465.
- Cadena-Z. 2021. Relación de la vegetación y análisis de calidad (humedad y azúcares totales) de la miel producida por *Apis mellifera* L. (*Apidae*) en el sur del municipio de Toledo, Norte de Santander, Colombia. [Tesis pregrado] [Santander]: Universidad de Pamplona. Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Biología. Pág.1–99.
- Calle-Z, Murgueitio-E. 2020. Árboles nativos para predios ganaderos. Especies focales del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. CIPAV, Cali Colombia.
- Cantero-J, Núñez-C, Bernardello-G, Amuchástegui-A, Mulko-J, Brandolín-P, Palchetti-M, Iparraguirre-J, Virginil-N, Espinar-L. 2019. Las plantas de interés económico en Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto. UniRio Editora. Pág.1-937.
- Cardona-J, Villanueva-E. 2023. Guía fotográfica para la flora de la cuenca del río Yucao. Puerto López, Meta, Colombia. Caranpaima Nature Pothography. Versión 1. Pág.1-223
- Carmello-A, Lopes-C, Marchini-L, Fernández-C. 2000. Espectro polínico de amostras de mel de *Apis mellifera* L., colectadas na Bahia. *Brigantina Campinas*. (59):1-6.
- Castellanos-P, Ramírez-A, Zaldívar-C. 2012. Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellifera* L. (*Himenóptera: Apidae*) en el estado de Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 28(1): 13 – 36. ISSN 0065-1737.
- Castellanos-R, Pineda-B, Téllez-A. 2023. Melisopalínología en mieles de origen apícola comercializada en Bucaramanga Santander. *Intropica*. 18(2): 239 – 246.

- Córdova-C, Ramírez-E, Hernandez-E, Zaldivar-J. 2013. Botanical characterization of honey (*Apis mellifera*) from four regions of the state of Tabasco, Mexico by means of Melissopalynological techniques. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 29(1):163–178.
- Corral-B. 1984. Análisis Palinológico en muestras de miel de abejas de algunas regiones de Antioquia. *Actualidades Biológicas*. 13(49):56-66.
- Correa-D, Gutiérrez-A, Moreno-J, Castañeda-S, Molina-A, López-F, Camargo-H, Zuluaga-J, Campos-J, Ostos-M. 2023. Modelo productivo para el cultivo de yopo (*Mimosa trianae* Benth) en el departamento del Meta. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia)*. Pág.1-139. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7406863>
- Cortopassi-M, Ramalho-M. 1988. Pollen harvest by Africanized *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* in Sao Paulo. Botanical and ecological views. *Apidologie*. 19(1):1- 24.
- Da Silva-C, Nunes-J, Nicolosi-M, Girardi-S. 2020. Atlas of pollen and plants used by bees. *Consultoría inteligente en servicios ecosistémicos*. Primera edición. Pág. 1-260.
- Espina-D, Ordetx-G. 1983. Tropical bee plants. Editorial Tecnológica de Costa Rica Pág.406. ISBN (Hardback): 978-84-89400-22-1
- Faricelli-M, Kraus-A, Bianco-C. 2004. Analisis palinológico de las especies melitófilas de la Familia Fabaceae del centro de la Argentina. Parte I. *Revista FAVE Ciencias Agrarias* 3(1-2):13-23.
- Figuerola-V, Araujo-D, Galán-H, Ruiz-P, Piccirillo-G. 2020. Morfología del polen de especies poliníferas en los municipios de Mara y Maracaibo del estado de Zulia, Venezuela. *Revista Científica Agroecosistemas*. 8(3):61-69.
- Fonnegra-R. 1989. Introducción a la palinología. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Biología. Medellín. Pág. 1-75
- Galezo-Z, Giraldo-C, Castañeda-I, Quijano-M. 2020. Estimación de la diversidad melisopalínológica de *Apis mellifera* y *Melipona ebúrnea* en el municipio de San Carlos (Antioquia). *Revista Universidad Católica de Oriente*. 31(46):146–166.
- García-Y, Rangel-J, Fernández-D. 2011. Flora palinológica de la vegetación acuática de pantano y de la llanura aluvial de los humedales de los departamentos de Córdoba y Cesar (Caribe Colombiano). *Caldasia*. 33(2):573-618.

- Giraldo-A, Calle-Z. 2023. Fenología y fecundidad del yopo plú (*Mimosa trianae*, Fabaceae) y su relación con variables ambientales en tres localidades de dos regiones de Colombia: Piedemonte Orinocense y Valle del Cauca. *Caldasia*. 45(2):310-322.
- Girón-M. 1995. Análisis palinológico de la miel y la carga de polen colectada por *Apis mellifera* en el suroeste de Antioquía, Colombia. *Bol. Mus. Ent. Universidad del Valle* 3(2)35–54.
- Grether-R. 1997. Revisión taxonómica del género *Mimosa* (Leguminosae) en Mesoamérica. [Tesis Doctorado]. [México]: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Pág.1-367.
- Gupta-K, Ahmad-G, Kour-R, Kamlesh-B. 2023. Excessive nectar intake from *Lantana camara* L. punish honeybee, *Apis mellifera* during the dearth period. *Indian Journal of Entomology (Special Issue)* (85): 17 – 20. Doi: 10.55446/IJE.2023.1153
- Insuasty-E, Criollo-D, Córdoba-J. 2013. Análisis melisopalinológico de la miel obtenida en el apiario de la granja experimental Botana. *Revista investigación pecuaria*. 2(2):49 - 57.
- Insuasty-E, Martínez-J, Jurado-H. 2017. Determinación melisopalinológica de miel de abejas *Apis mellifera* producida con flora de clima frío, principalmente *Trifolium repens* L. *Veterinaria y Zootecnia*. 11(1)1-9.
- Leal-F, Michelangeli-C. 2010. Acerca de la historia, taxonomía, botánica y usos de *Bixa orellana* L. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* 28(1):78-86.
- Lewis-G, Elias-S. 1981. Tribu Mioseae pp. 1981. pp. 155-168. In: Polhill, R. M. and Raven, P. H. (Eds.). *Advances in Legume Systematics. Part 1*. Royal Botanic Gardens Kew, England
- Mateus-C, Pulido-C, Gutierrez-A, Orduz-R. 2010. Evaluación económica de la producción de cítricos cultivados en el Piedemonte del Departamento del Meta durante 12 años. *Orinoquia*. 14(1): 16 – 26.
- Méndez-K. 2006. Análisis melisopalinológico de mieles de cinco departamentos de Honduras. [Tesis pregrado]. [Honduras]: Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Pág.1-92.

-
- Mendoza-H, Ramírez-B. 2006. Guía ilustrada de géneros Melastomataceae y Memecylaceae de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Universidad del Cauca. Departamento de Biología. Bogotá, Colombia. Pág.1-288.
- Mera-L, Bye-R, Villanueva-C, Luna-A. 2011. Documento de diagnóstico de las especies cultivadas de Cucúrbita L. Universidad Autónoma de México. Instituto de Biología. Pág. 1-40.
- Montoya-B, Baca-A, Bonilla-B- 2017. Flora melífera y su oferta de recursos en cinco veredas del municipio de Piendamó – Cauca. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial. (1):20-28.
- Mosquera-H, Mesa-N, Varón-M, Ocampo-M, Beltrán-D, Bonilla-A, Ramírez-A, Gonzáles-K, Paniagua-A, Suarez-N, Penagos-J, Arizmendi-L. 2019. Morfología del Polinario Polen y Esporas. Universidad del Tolima. Primera edición. Pág. 1-114.
- Muñoz-E. 2022. Determinación de origen botánico y geográfico mediante estudios polínicos de mieles colectadas por *Apis mellifera* Linneo en el Departamento del Cauca en Colombia. Rev. Asoc. Col. Cienc. (34):105–121.
- Nates-G, Montoya-P, Chamorro-F, Ramírez-N, Giraldo-C, Obregón-D. 2013. Origen Geográfico y Botánico de mieles de *Apis mellifera* (Apidae) en cuatro departamentos de Colombia. Acta Biológica Colombiana. 18(3):427–438.
- Ortega-E. 2015. Usos tradicionales de las plantas de la Orinoquia colombiana. UG-Ciencia 21:16-28.
- Quintero-R, De la Cruz-L, Gonzalez-D, Solís-J, Santana-J, Reyes-J. 2021. Espectro de polen corbicular de *Apis mellifera* en muestras de Huejotitán, Jalisco. Revista Mex. Cienci. Pecu. México. 12(2):621-632.
- Ramírez-E, Navarro-L, Díaz-E. 2011. Botanical characterization of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. Grana. Pág.40–54.
- Ramírez-A, Martínez-B, Ramírez-M, Martínez-H. 2016. Análisis palinológico de mieles y cargas de polen de *Apis mellifera* (Apidae) de la región centro y norte del estado de guerrero, México. Botanical Science. 94(1): 141 – 156. DOI: 10.17129/botsci.217
- Rincón-A, Bueno-G, Alvarez de León M, Pardo-O, Perez-O, Caicedo S. 2010. Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos, Colombia. Editorial Produmedios. Pág:3-252 ISBN 978-958-740-033-5

- Sáenz de Rivas-C. 1978. Polen y esporas: Introducción a la palinología y vocabulario palinológico. Madrid. Pág:1-219.
- Salamanca-G, Osorio-M, Reyes-L. 2017b. Propiedades fisicoquímicas de mieles monoflorales de encenillo de la zona altoandina en Boyacá, Colombia. Quim. Nova. 40(8)854–864. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170084>
- Salamanca-G, Osorio-M. 2019. Análisis polínico del propóleo rojo de la zona insular de San Andrés, Colombia. Revista Académica Colomb. Cienci, Ex. Fis. Nat. 43(169): 689 – 698.
- Sánchez-V, Del real-G, Plazas-C, Pérez-G. 2015. Factibilidad económica de la asociación maíz-pasto en el establecimiento de un sistema silvopastoril en el piedemonte llanero de Colombia. Pastos y Forrajes 38(1): 73-79.
- Silveira-C, Lopez-B, Silva-T, Gomez-A, Da Silva-G, De Arruda-R, Maciel-E. 2022. Ecosystems Botanical sources and heavy metals contents of honey produced by *Apis mellifera* in an ecotone region of the state of Bahia Brazil. Anais. da Academia Brasileira de Ciências. Pág.1–13.
- Valencia-L, Velásquez-C. 2014 Caracterización palinológica de mieles del apiario del laboratorio de investigaciones melitológicas y apícolas de la Universidad Nacional de Medellín. Revista Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. (3)19-40.
- Vásquez-J, Araya-C. 2020. Caracterización palinológica de las mieles de abejas melíferas (*Apis mellifera*) de doce municipios del departamento de la Libertad. [Tesis pregrado]. [Ciudad universitaria]: Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Zootecnia. Pág.1-76.
- Velandia-M, Restrepo-S, Cubillos-P, Aponte-A, Silva-L. 2012. Catálogo fotográfico de especies de flora apícola en los departamentos del Cauca, Huila y Bolivar. Instituto de investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt. Bogotá.D.C. Colombia
- Velásquez-C, Gil-J, Urrego-J, Durango-D, Castañeda-I. 2016. Análisis palinológico y fisicoquímico de miel de abejas (*Apis mellifera* L.) procedente del oriente y suroeste de Antioquia Colombia. Revista de La Facultad de Ciencias. 5(2)65–87. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v5n2.60541>

- Vivas-N, Maca-J, Pardo-M. 2008. Caracterización cualitativa del polen recolectado por *Apis mellifera* en tres apiarios del municipio de Popayán. Facultad de Ciencias Agrarias. 6 (2)94-98.
- Alfaro-R, Ortiz-J, Gonzáles-J. 2010. Biodiversidad y desarrollo humano de Yucatán. Plantas melíferas: melisopalinología. Capítulo 2. México. Pág:346-348. ISBN 978-607-7823-05-6.
- Zenteno-F, Villalba-D, Beck-S. 2022. Guía de plantas forrajeras y melíferas de los bosques y matorrales de subandino del sur de Bolivia, abarcando las cuencas de Azero, Guadalquivir y los lugares de trashumancia ganadería de la cuenta media de Bermejo. Estado Plurinacional de Bolivia Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Cooperación alemana GIZ. La Paz. Bolivia. Pág: 1-278.

3. Caracterización fisicoquímica de muestras de miel de *Apis mellifera* del Piedemonte llanero

3.1 Resumen

Se realizó una caracterización fisicoquímica a 26 mieles provenientes de seis apiarios del Piedemonte llanero del departamento del Meta en el municipio de Villavicencio. Se realizaron pruebas de composición y calidad de las muestras, obteniendo un valor promedio y su correspondiente desviación estándar para cada parámetro: humedad $19,69 \pm 0,59\%$, actividad de agua $0,612 \pm 0,010$, sólidos solubles totales $78,92 \pm 0,58^{\circ}\text{Bx}$, pH $4,32 \pm 0,25$, acidez libre $33,83 \pm 8,04$ meq/Kg, acidez láctica $5,55 \pm 1,99$ meq/Kg, acidez total $39,38 \pm 7,85$ meq/Kg, HMF $59,56 \pm 9,66$ mg/Kg, actividad diastasa $13,78 \pm 5,89$ DN, cenizas $0,18 \pm 0,05\%$, conductividad eléctrica $0,669 \pm 0,172$ mS/cm, color pfund $56,51 \pm 14,53$ mm, contenido fenoles totales $22,66 \pm 6,21$ mg CAE/100g, flavonoides totales $2,69 \pm 1,19$ mg QE/100g, y capacidad antioxidante TEAC $135,49 \pm 39,92$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ y DPPH $58,73 \pm 7,61$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$. Los valores encontrados en el análisis de humedad, conductividad eléctrica, acidez libre, actividad diastasa e hidroximetilfurfural cumplieron con lo indicado en la normatividad Norma Técnica Colombiana 1273:2023 y Codex Alimentarius Norma para la miel CXS 12-1981 adoptada en 1981, revisada en 1987 y 2001, enmendada en 2019 y 2022. En cuanto al contenido mineral se obtuvieron los siguientes promedios y desviación estándar para los minerales analizados, potasio $160,93 \pm 65,17$, fósforo $5,91 \pm 1,48$, calcio $16,87 \pm 4,27$, magnesio $6,67 \pm 2,00$, sodio $4,12 \pm 2,62$, hierro $0,25 \pm 0,11$, manganeso $0,38 \pm 0,21$, zinc $0,17 \pm 0,06$, y para metales pesados se analizaron cadmio y plomo, reportándose ausente. Se realizó análisis de polifenoles en 8 muestras de miel por UHPLC-ESI-ORBITRAP-MS, y como resultado se reportaron los siguientes compuestos y promedios de ácido cafeico $0,100$ mg/kg, teobromina $0,800$ mg/kg, epicatequina $0,700$ mg/kg, naringenina $0,200$ mg/kg, quercetina $0,133 \pm 0,058$ mg/kg, luteína $0,100 \pm 0,000$ mg/kg, ácido p-hidroxibenzoico $1,514 \pm 0,884$ mg/kg y ácido

p-cumárico $0,163 \pm 0,074$ mg/kg. Las mieles de Piedemonte se caracterizan por presentar valores altos de acidez libre, total, actividad diastasa, conductividad eléctrica, fenoles totales y cantidades diferenciales en potasio, magnesio, sodio y manganeso.

Palabras clave: fisicoquímicos, autenticidad, minerales, polifenoles, Piedemonte llanero del Meta

3.2 Introducción

La miel de *Apis mellifera* es un producto natural altamente valorado por sus propiedades y beneficios. Por ello, es fundamental verificar su calidad y autenticidad mediante análisis melisopalínológico y análisis fisicoquímicos (Pascual-A *et al.*, 2018). En las mieles del Piedemonte Llanero del Departamento del Meta resulta importante evaluar parámetros fisicoquímicos, ya que las condiciones ambientales, geográficas y una elevada biodiversidad – especialmente en lo que respecta a la flora melífera -, confiere a la miel características únicas, que influyen en sus atributos sensoriales. En este capítulo se evaluaron parámetros fisicoquímicos relacionados con composición y calidad.

3.3 Metodología

Se analizaron veintiséis (26) muestras de miel de *Apis mellifera* obtenidos en seis apiarios en el municipio de Villavicencio, en la región del Piedemonte Llanero, Departamento del Meta (Tabla 2-1).

Las muestras se recolectaron entre el último trimestre del año 2022, durante 2023 y primer trimestre del año 2024. Todas las muestras fueron registradas en la unidad de laboratorio de Agrosavia Centro de Investigación La Libertad. En la tabla 3-1 se exponen las metodologías empleadas para los análisis fisicoquímicos, los cuales se realizaron por triplicado para cada muestra de miel.

Tabla 3-1: Metodologías de análisis fisicoquímicos para miel de abejas *Apis mellifera*.

Análisis	Técnica de análisis	Equipo	Referencia
Humedad	Reflectometría	Hanna Instruments HI96800	969.38 AOAC 2019
Grados Brix	Reflectometría	Hanna Instruments HI96800	969.38 AOAC 2019
Actividad de agua (A_w)	Actividad de agua	Analizador de actividad de agua – Novasina	Método Aqualab o (Acquarone, 2004; Gimferrer, 2012)
pH y acidez libre	Potenciometría	Seven compact pH/Ion Mettler Toledo	962.19.38 AOAC 2019
Hidroximetilfurfural	Espectrofotometría	Genesys IOS UV-VIS Thermo Scientific	980.23 AOAC 2019
Actividad Diastasa	Espectrofotometría	Genesys IOS UV-VIS Thermo Scientific	958.09 AOAC 2019
Cenizas	Gravimetría	Mufla	920.181 AOAC 2019
Minerales y metales pesados	Digestión ácida ICP-OES ICP-MS	Optical Emission Spectrometer Avio™ 500 Perkin Elmer 7850 ICP-MS ICP Mass Spectrometer Agilent Technologies	Almeida-L <i>et al.</i> , 2020
Conductividad eléctrica	Conductividad eléctrica	EC DiST®3 Hanna Instruments	IHC 2009 (Bogdanov, 2009)
Color Pfund	Colorimetría	HI 96785 Fotómetro	Medida directa en escala Pfund para colorímetro HANNA Instruments USA
Contenido de fenoles totales	Espectrofotometría	Genesys IOS UV-VIS Thermo Scientific	Folin Ciocalteu modificado por Silici-S <i>et al.</i> , 2010
Contenido de flavonoides totales	Espectrofotometría	Genesys IOS UV-VIS Thermo Scientific	Meda-A <i>et al.</i> , 2005
Actividad antioxidante – TEAC	Espectrofotometría	Genesys IOS UV-VIS Thermo Scientific	Huang-D <i>et al.</i> , 2005
Actividad antioxidante – Radical DPPH	Espectrofotometría	Genesys IOS UV-VIS Thermo Scientific	Brand-W <i>et al.</i> , 1995
Análisis cromatográfico de compuestos fenólicos en miel de abejas	Cromatografía líquida	Cromatógrafo líquido de ultra alta eficiencia, con bomba binaria de gradiente, inyector WPS 300TRS, unidad termostada para la columna con una interfaz LC-MS electro nebulización con espectrómetro de masa de detección de corrientes de iones Orbitrap UHPLC-ESI-ORBITRAP-MS. Thermo Scientific	Método interno UIS CM-PTSE-37

Los valores mínimos o máximos de los parámetros fisicoquímicos tienen un valor de referencia en Colombia, en la Norma Técnica Colombiana NTC1273:2023 y a nivel internacional Codex Alimentarius Norma para la miel CXS 12-1981 adoptada en 1981,

revisada en 1987 y 2001, enmendada en 2019 y 2022, para los análisis fisicoquímicos en miel de *Apis mellifera* (Tabla 3-2).

Tabla 3-2: Valores de referencia de la NTC1273:2023 y Codex Alimentarius.

Análisis fisicoquímico	NTC1273:2023		Codex Alimentarius
	Valor mínimo	Valor máximo	
Contenido de humedad (%)	*	20%	Máximo 20%
Contenido de sustancias minerales – cenizas (%)		0,6	
Conductividad eléctrica (mS/cm)		0,8	Máximo 0,8
Acidez libre (meq de ácido/1000g)		50	Máximo 50
Actividad diastasa (escala de Schade)	3		No menos de 3
Contenido de HMF (mg/Kg), para miel de origen declarado procedente de regiones tropicales		80	Máximo 80

3.3.1 Humedad

En la medición de humedad en miel utiliza la relación entre el índice de refracción y el contenido de agua. Se emplea un refractómetro Abbé o digital, previamente calibrado con agua destilada, y se realiza la lectura de la muestra homogenizada y sin presencia de cristales a 20°C. Posteriormente, se compara el índice de refracción obtenido con tabla Chataway y de acuerdo con la temperatura de medición de la muestra se realizaron los ajustes por temperatura, teniendo en cuenta que se agrega o se sustrae 0,00023 °C para determinar el porcentaje de humedad. Este método, aunque no mide el contenido de agua real, es ampliamente utilizado por su simplicidad y reproducibilidad, con un coeficiente de variación inter laboratorial entre 1.0% y 2.5% (Bogdanov, 2009) (Anexo C).

3.3.2 Actividad de agua (A_w)

La actividad de agua de la miel se determina por la técnica del punto de rocío del espejo frío, resultado que se expresa en escala de 0 a 1 y se puede correlacionar con el análisis de humedad (Cavia, 2002). Este parámetro aporta información sobre la vida útil y

estabilidad del producto (Acquaronee, 2004; Abramovic-H *et al.*, 2008; Pineda-E *et al.*, 2019).

3.3.3 Sólidos solubles totales (Grados Brix)

Los sólidos solubles totales se miden por refractometría, utilizando un refractómetro Abbé o digital a 20°C. Luego, se coloca agua destilada sobre el prisma del refractómetro y se realiza la medición para calibrar el equipo, a continuación, se seca, limpia y coloca la muestra, se realiza la lectura y en pantalla se lee el resultado como °Brix. Este método es ampliamente utilizado por su rapidez, precisión y facilidad de aplicación en el análisis de la calidad de la miel (Bogdanov, 2009).

3.3.4 pH – acidez libre – lactónica y total

Para estos análisis la miel fue pesada y diluida, se mide el pH inicialmente; enseguida se tituló con hidróxido de sodio hasta valor de pH 8,5, se realiza una adición de hidróxido de sodio concentrado y luego un retroceso con ácido clorhídrico a pH 8,3; Se realiza el mismo procedimiento con el blanco (agua exenta de dióxido de carbono), con la información de los mililitros gastados se calculó la acidez libre, acidez lactónica y total, los resultados se reportan en meq/Kg (Bogdanov, 2009).

3.3.5 Hidroximetilfurfural (HMF)

Para el método citado por la IHC para el análisis de HMF (Bogdanov, 2009), se pesan 5 gramos de miel y se disuelven en 25 mL de agua luego se afora a 50 mL, a continuación, se adiciona 0,5 mL de solución Carrez I y 0,5 mL de Carrez II. En seguida, se filtra la solución y los primeros 10 mL se desechan; del filtrado restante se toman alícuotas de 5 mL y se adicionan en dos tubos, al primer tubo se adicionan 5 mL de agua destilada (solución ensayo), en el segundo tubo se adiciona 5 mL de bisulfito de sodio al 0,2% (solución referencia); enseguida se realiza una medición espectrofotométrica UV-VIS en

las longitudes de onda 284nm y 236nm; se compara la absorbancia de las muestras con una solución blanco para establecer la cantidad presente de este compuesto. Los resultados se reportan en mg/Kg.

3.3.6 Actividad diastasa

Este análisis mide la velocidad a la cual la enzima diastasa, presente en la miel, hidroliza 0,01 g de almidón hasta punto final; para ello se mezcla la miel con una solución estándar de almidón que es hidrolizado por la enzima, el almidón no hidrolizado forma un complejo azul oscuro con el anión triyoduro que se mide en el espectrofotómetro a 660nm (Simal, 1985; Bogdanov, 2009).

La disminución de la absorbancia de la solución es proporcional a la cantidad de almidón hidrolizado, por ello se realiza una gráfica de la absorbancia de 0,235nm contra el tiempo; los resultados se reportan en escala Schade DN o el tiempo Tx (Simal, 1985; Bogdanov, 2009).

De acuerdo con el fundamento anterior se deben preparar previamente al desarrollo del análisis las siguientes soluciones y se lleva a cabo el siguiente procedimiento para realizar la medición.

Preparación soluciones

- Solución patrón de yodo: Iodo y yoduro de potasio disueltos y aforados a 1000 mL. Almacenamiento: 1 año (Diaz, 2009; Almeida-M *et al.*, 2020).
- Solución de yodo 0,02N: A partir del patrón de yodo; estabilización: 24 horas (Diaz, 2009; Almeida-M *et al.*, 2020).
- Solución amortiguadora de acetato (1,59 M) pH 5,13: Acetato de sodio de sodio trihidratado y ácido acético ajustado a pH y volumen (Diaz, 2009; Almeida-M *et al.*, 2020).
- Solución de yodo 0,0007 N: se disuelve yoduro de potasio y se adiciona solución patrón de yodo se afora a 500 mL. Tiempo previo de preparación 24 horas (Diaz, 2009; Almeida-M *et al.*, 2020).

- Cloruro de sodio 0,5M: Se diluyo cloruro de sodio en agua hervida, se afora a 500 mL (Diaz, 2009; Almeida-M *et al.*, 2020).
- Solución almidón de papa: Se disuelve al almidón en agua caliente se agita hasta su dilución y se atempera a 40°C, se prepara previo antes del análisis (Diaz, 2009; Almeida-M *et al.*, 2020).

Preparación soluciones previas al ensayo

- **Solución A1:** Se normaliza el almidón para ajustar la absorbancia entre 0,745–0,770.
- **Solución de miel:** pesar 10 g de miel diluirlos en 30 mL de agua, mezclar con cloruro de sodio y aforar.
- **Soluciones blanco:**
A2: tomar agua destilada y adicionar yodo 0,0007 N.
A3: Tomar muestra de miel y diluir en agua, mezclar y realizar medición a 660 nm para corregir absorbancia (Diaz, 2009; Almeida-M *et al.*, 2020).

Determinación de la actividad diastasa

- Preparar solución A2 tomando agua destilada y yodo 0,0007 N.
- Calentar por separado 10 mL de muestra de miel y 5 mL de almidón colocándolo en baño maría 40 °C durante 15 min.
- Mezclarlos y mantener en baño maría a 40 °C durante 5 minutos más.
- Tomar alícuota de 0,5 mL, añadir a solución A2 y medir absorbancia a 660 nm (Diaz, 2009; Almeida-M *et al.*, 2020).
- Realizar entre 5 y 6 lecturas adicionales a intervalos según el valor inicial de absorbancia:

Tabla 3-3: Intervalos de tiempo para la medición de la absorbancia en cada muestra.

A los 5 minutos	Primera medición
Si la absorbancia es mayor a 0,658	10 minutos o mas
Si la absorbancia se encuentra entre 0,658 y 0,523	De 5 a 10 minutos
Si la absorbancia se encuentra entre 0,523 y 0,456	De 2 a 5 minutos

La diastasa es calculada como número diastasa (DN) previa determinación del tx (tiempo de reacción) en que la mezcla alcanza la absorbancia 0,235 por hora de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$DN = 300/tx$$

A los valores de absorbancia de las soluciones de prueba se les resta la absorbancia del blanco y los resultados de la sustracción se grafican contra los correspondientes tiempos de reacción, siendo la regresión lineal la tendencia de los puntos medidos en el rango de absorbancia de 0,155 a 0,560 y se interpola la absorbancia de 0,235 para determinar el tiempo tx (Bogdanov, 2009; Diaz, 2009).

3.3.7 Cenizas

El método empleado para este análisis es gravimétrico. Para ello se pesa la muestra de miel en un crisol, estos crisoles previamente fueron pesados, luego las muestras se precalcinan poco a poco en plancha de calentamiento en cabina extractora de gases, evitando pérdidas por salpicadura, hasta cuando deje de liberar humo; a continuación, las muestras se pasan a desecador y se llevan a mufla, allí se calcinan a 600°C hasta mantener un peso constante, el resultado se expresa en porcentaje (Velásquez-D *et al.*, 2019).

3.3.8 Minerales y metales pesados

La metodología usada fue la indicada por Almeida-M *et al.* (2020), validada e implementada en el laboratorio de química analítica de Agrosavia en el Centro de Investigación Tibaitatá (Colombia).

Las muestras se prepararon pesando 1 gramo de miel en recipiente PTFE y se disolvió con 10mL de ácido nítrico concentrado, luego fueron digeridas en un horno de microondas, en sistema cerrado, por lo que la descomposición de la muestra no tuvo contacto con el entorno externo reduciendo el riesgo de contaminación (Madejczyk-M *et al.*, 2008). Fueron cuantificados los minerales Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn y P por espectroscopio de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES); mientras que el análisis de los metales pesados Cd y Pb se realizó por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) (Suarez, 2009).

3.3.9 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se mide por el método citado por IHC (International Honey Commission) en el análisis (Bogdanov, 2009), se pesan 12 gramos de muestra y se diluyen en 30 ml de agua desionizada, y se aforan a 50 mL, se homogeniza y se dispensa un beaker de 50 mL, enseguida se realiza la medición con el conductímetro HANNA tomando la medida a 20°C de ser más alta o baja se realiza corrección, los resultados se reportan en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Bogdanov, 2009).

3.3.10 Color Pfund

Se analiza el color en escala Pfund, con ayuda de un fotómetro Hanna que mide la transmitancia de la luz a través de la miel, se calibra usando glicerol, permitiendo tener lecturas precisas y repetibles. Se toma una muestra de miel líquida y homogenizada libre de impurezas y de burbujas, se ubica en la celda plástica la cual se lleva al puerto de lectura del equipo, se coloca la tapa evitando la entrada de luz y realiza la medición, el resultado de la medición se observa en la pantalla reportado en mm Pfund. (Delmoro-J *et al.*, 2010).

Este valor se contrasta con la tabla 3-4 y se indica el color que presenta la miel.

Tabla 3-4: Color de la miel en escala Pfund.

Escala de color	Escala (mm)
Blanco agua	0 – 8
Extra-blanco	9 – 17
Blanco	18 – 34
Ámbar extra claro	35 – 48
Ámbar claro	49 – 83
Ámbar	84 – 114
Ámbar oscuro	115 - 140

Fuente: Apablaza-O *et al.*, (2019)

3.3.11 Contenido de fenoles totales

Se realizó utilizando el método Folin-Ciocalteu con lectura espectrofotométrica a 760nm y estándar de ácido cafeico (Silici-S *et al.*, 2010).

El método detecta la concentración de polifenoles por formación de sales de molibdeno que se tornan de color azul, donde el extracto es oxidado por el reactivo de Folin-Ciocalteu, cuantificables por espectrofotometría y neutralizado por la adición de carbonato de sodio (Gamboa, 2014; Idrobo, 2019). De acuerdo con Meyer-G *et al.*, (2018), el método de Folin-Ciocalteu, es una técnica espectrofotométrica, basada en una reacción redox que predice la cantidad de compuestos aromáticos hidroxilados, donde los resultados son expresados como mg de equivalentes de ácido gálico (AGE) (como estándar) /100g de muestra, sin embargo, se pueden utilizar otro estándar como la catequina o los ácidos tánico, clorogénico, cafeico, vanílico y ferúlico.

De acuerdo con el fundamento anterior se deben preparar previamente al desarrollo del análisis las siguientes soluciones y se lleva a cabo el siguiente procedimiento para realizar la medición.

Preparación de soluciones

- Solución de carbonato de sodio: Se deben pesar 7,5 g y disolverlo en agua destilada, aforar a 100 mL; Dejar reposar durante 10 min antes de su uso.
- Solución de reactivo Folin-Ciocalteu 0,2 N el cual se utilizará en todas las reacciones (Diaz, 2009).

Preparación de la muestra

- Pesar y disolver 5 g de miel de abejas en 10 mL de agua destilada
- Homogenizar y aforar a 50 mL con agua destilada, filtrar y conservar en frasco ámbar almacenando en frío (Diaz, 2009).

Preparación del blanco

- En un tubo de vidrio tapa rosca se colocaron 0,5 mL de metanol y 2,5 mL de solución 0,2 N de Folin-Ciocalteu; se homogeniza y da vortex (Diaz, 2009).

- **Solución patrón de ácido cafeico (200 µg/mL):** Pesar 0,0270 g de ácido cafeico diluir en metanol y aforar a 100 mL. Luego de ello preparar diluciones a 5, 10, 20, 40 y 80 µg/mL. Preparadas las soluciones a diferentes concentraciones se tomarán 500 µg de cada una que se colocaron en tubos de ensayo con tapa; a cada tubo se le adicionó 2,5 mL de la solución de Folin-Ciocalteu y se homogenizó con vortex (Diaz, 2009).

Reacción e incubación

- La solución de muestra, blanco y patrones se dejarán reposar durante 5 minutos y pasado este tiempo se adicionarán 2 mL de solución de carbonato de sodio, se tapa hace vortex para homogenizar, se lleva a incubación en oscuridad durante 2 horas a temperatura ambiente (Diaz, 2009).

Lectura espectrofotométrica

- Se colocaron en celda de cuarzo 1,6 mL de las soluciones y se realizó lectura de absorbancia a 760 nm; se realizó la curva de calibración usando cada punto del ácido cafeico como estándar haciendo lectura a 760 nm y teniendo en cuenta los valores obtenidos de la ecuación lineal (Diaz, 2009). Realizar lectura por triplicado.

3.3.12 Determinación de compuestos fenólicos por cromatografía líquida de ultra-alta resolución con detector de masas Orbitrap UHPLC-ESI-ORBITRAP-HRMS

Se usó cromatógrafo líquido de ultra-alta eficiencia (UHPLC), Dionex Ultimate 3000 (Thermo Scientific, equipado con una bomba binaria de gradiente (HP G3400RS), un inyector automático de muestras (WPS 300TRS) y una unidad termostada para la columna (TCC 3000), con una interfaz del LC-MS electro nebulización (ESI). El espectrómetro de masas fue de alta resolución con un sistema de detección de corrientes de iones Orbitrap, operado en modo positivo con un voltaje de capilar de 3,5kV. Para la fase móvil se usó: (A) ácido fórmico al 0.1% v/v y formiato de amonio 5 mM (agua) y (B) ácido fórmico al 0.1% v/v y formiato de amonio 5 mM (metanol). La condición inicial de gradiente fue de 100% A, cambiando linealmente hasta 100% B (8 min); se mantuvo durante cuatro minutos. Retornó

a las condiciones iniciales en un minuto; el tiempo total de corrida fue de trece minutos, con siete minutos para post-corrida. La identificación de los compuestos se realizó usando el modo de adquisición full scan y la extracción de corrientes iónicas (EIC) correspondientes a las moléculas protonadas $[M+H]^+$ de compuestos de interés, ppm <1, revisión de las relaciones isotópicas y patrones de fragmentación. La cuantificación de los analitos de interés se basó en curvas de calibración empleando los materiales de referencia certificados.

La determinación de compuestos fenólicos por UHPLC-ESI-ORBITRAP-HRMS se realizó para ocho de las muestras de miel, el criterio de selección fue los resultados obtenidos en el análisis de fenoles totales, donde se seleccionaron las muestras que presentaron los valores altos, así mismo se tuvo en cuenta el costo por muestra, las muestras fueron evaluadas como servicio en la Universidad Industrial de Santander; a continuación, se relaciona las muestras evaluadas:

Muestra	Apiario	Fecha de colecta
ML1	Cachón	14/10/2022
ML4	Huertas	28/02/2023
ML5	Represa	27/02/2023
ML7	Cauchos	15/01/2023
ML9	Represa	6/12/2022
ML15	Cauchos	21/03/2024
ML16	Represa	14/02/2024
ML20	Huertas	12/03/2024

3.3.13 Contenido de flavonoides totales

Se realizó utilizando el método colorimétrico con tricloruro de aluminio, usando como patrón de referencia quercetina, esta metodología fue descrita por Vit-P *et al.*, (2008), Álvarez-J *et al.*, (2010a) y Meda-A *et al.*, (2005). Se prepara una solución madre y luego una solución de trabajo de quercetina, con esta última se realiza la curva de calibración.

Enseguida se pesan 5 gramos de muestra de miel que son diluidos, filtrados y aforando a 50 mL. Luego preparan un tubo patrón, uno tubo de muestra y un tubo blanco y se realiza

las lecturas en espectrofotómetro a 415 nm, el contenido total de flavonoides se expresó como mgQE/100g muestra.

De acuerdo con el fundamento anterior se deben preparar previamente al desarrollo del análisis las siguientes soluciones y se lleva a cabo el siguiente procedimiento para realizar la medición.

Preparación de soluciones

- Tricloruro de aluminio (AlCl_3): Pesar 0,1 g y disolver con metanol, aforar a 100 mL (Diaz, 2009).
- Solución concentrada de quercetina (200 $\mu\text{g}/\text{mL}$): Pesar de 0,0204 g y diluir en metanol, aforar a 100 mL. Preparar diluciones en concentración de 2, 4, 6, 8, 12 $\mu\text{g}/\text{mL}$ usando volúmenes proporcionales (Diaz, 2009).

Preparación de la muestra

- Pesar 5g de miel y diluir en agua, homogeneizar y aforar a 50 mL. Filtrar y almacenar en frasco ámbar a temperatura fría (Diaz, 2009).

Preparación del blanco

- Mezclar 1 mL de agua destilada con 9 mL de metanol en tubo de ensayo, homogeneizar con vortex (Diaz, 2009).

Preparación para lectura

- Tubo patrón: tomar 1 mL de quercetina adicionar 1 mL de AlCl_3 y 8 mL de metanol, homogenizar por vortex.
- Tubo muestra: tomar 1 mL de muestra de miel adicionar 1 mL de AlCl_3 y 8 mL de metanol, homogenizar por vortex.
- Tubo para blanco: tomar 1 mL de agua destilada adicionar 9 mL de metanol y homogenizar por vortex (Diaz, 2009).

Lectura espectrofotométrica

- Transferir 1,6 mL de cada solución a celda de cuarzo.
- Realizar lectura a 415 nm.
- Construir curva de calibración con los estándares de quercetina.

- Expresar resultados como mg equivalentes de quercetina (QE)/100 g de miel (Díaz, 2009).
- Realizar tres lecturas por muestra.

3.3.14 Capacidad antioxidante TEAC

Se basa en la capacidad para atrapar radicales libres, usa el radical ABTS - ácido 2,2', azino-bis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico -, éste presenta un cromóforo que le confiere el color azul – verdoso y es producido por la oxidación del reactivo ABTS con persulfato de potasio y utilizando Trolox como estándar en la curva de calibración (Álvarez-J *et al.*, 2010a; Habib-H *et al.*, 2014; Sancho-T *et al.*, 2016).

De acuerdo con el fundamento anterior se deben preparar previamente al desarrollo del análisis las siguientes soluciones y se lleva a cabo el siguiente procedimiento para realizar la medición.

Preparación de soluciones

- ABTS concentrado: Pesar 6,63 mg de persulfato de potasio y diluir en ABTS líquido, enseguida aforar a 10 mL, y dejar reposar 16 h a 4 °C. Solución estable durante 6 meses (Re-R *et al.*, 1999; Álvarez-J *et al.*, 2010a; Álvarez-J *et al.*, 2010b).
- ABTS de trabajo: Mezclar 10 µL de ABTS concentrado con 1 mL de etanol, ajustar absorbancia entre 0,7–0,8. Usar el mismo día (Re-R *et al.*, 1999; Álvarez-J *et al.*, 2010a; Álvarez-J *et al.*, 2010b).
- Solución madre de Trolox (25 mg/10 mL etanol 96%): Preparar el día del ensayo. Diluir a 400, 300, 200, 100, 50 y 25 mM/mL (Re-R *et al.*, 1999; Álvarez-J *et al.*, 2010a; Álvarez-J *et al.*, 2010b).

Preparación del extracto metanólico de miel

- Pesar 2 g de miel y disolver en 5 mL de metanol, homogenizar con plancha de agitación.
- Centrifugar 5 min a 5000 rpm, filtrar y aforar a 10 mL con metanol.
- Almacenar en frasco ámbar a –20 °C, duración de uso 1 semana (Re-R *et al.*, 1999; Álvarez-J *et al.*, 2010a; Álvarez-J *et al.*, 2010b).

Lectura espectrofotométrica

- Preparación del blanco: tomar 1 mL de agua destilada y adicionar 1,5 mL de ABTS de trabajo, homogenizar.
- Muestras: preparar diluciones de extracto de miel (20–100 μ L) adicionar 1,5 mL de ABTS, homogenizar.
- Dejar reaccionar 6 min en oscuridad.
- Leer absorbancia a 734 nm y expresar los resultados como IC₅₀, calculado con el software de AAT Bioquest (Angarita-L *et al.*, 2017).
- Enseguida se realizó el siguiente calculo (Re-R *et al.*, 1999; Álvarez-J *et al.*, 2010a; Álvarez-J *et al.*, 2010b).

$$TEAC \left(\mu\text{mol} \frac{\text{trolox}}{\text{g}} \text{miel} \right) = \frac{\% \text{ inhibición} - \text{muestra} - b}{a} \times \frac{100}{\text{Peso miel gramos}}$$

Donde:

a = Pendiente

b = Intercepto

3.3.15 Capacidad antioxidante DPPH

Se basa en la reducción del radical DPPH (2,2-di(4-tert-octylphenyl)-1-picrylhydrazyl), por el método descrito por Ferreira-I *et al.*, (2009). Las muestras se preparan en metanol, y el cromóforo presentan una coloración púrpura que se desvanece gradualmente al añadir la muestra, se realiza lectura a longitud de onda de 517 nm y se da un periodo de incubación de 30 minutos (Brand-W *et al.*, 1995).

De acuerdo con el fundamento anterior se deben preparar previamente al desarrollo del análisis las siguientes soluciones y se lleva a cabo el siguiente procedimiento para realizar la medición.

Preparación de soluciones

- Solución concentrada DPPH (0,5 mM): Pesar 49 mg de DPPH y diluir en metanol, aforar a 250 mL y dejar reposar 30 min en oscuridad a 4 °C. Solución con tiempo de almacenamiento de 6 meses (Brand-W *et al.*, 1995; Ferreira-I *et al.*, 2009).
- Solución de trabajo DPPH (0,25 mM): Mezclar 50 mL de la solución concentrada con metanol hasta 100 mL el día del análisis (Brand-W *et al.*, 1995; Ferreira-I *et al.*, 2009).
- Solución concentrada de Trolox (25 mg/10 mL etanol 96%): Se debe preparar el mismo día de uso, realizando diluciones a concentraciones de 25, 50, 100, 200, 300 y 400 mM/mL (Brand-W *et al.*, 1995; Ferreira-I *et al.*, 2009).

Preparación del extracto metanólico de miel

- Pesar 2 g de miel y diluir en 5 mL de metanol, homogeneizar por agitación.
- Centrifugar 5 min a 5000 rpm, filtrar y aforar a 10 mL con metanol.
- Almacenar en frasco ámbar a -20 °C se puede almacenar hasta por una semana (Brand-W *et al.*, 1995; Álvarez-J *et al.*, 2010a; Álvarez-J *et al.* 2010b;).

Preparación para lectura espectrofotométrica

- Blanco: tomar 1 mL de metanol y mezclar con 1,5 mL de DPPH 0,25 mM, homogenizar.
- Muestras: Mezclar diferentes volúmenes del extracto (20, 40, 60, 80, 100 µL) con 1,5 mL de DPPH, homogenizar y dejar reaccionar durante 30 minutos en total oscuridad (Brand-W *et al.*, 1995; Ferreira-I *et al.*, 2009).

Lectura y resultados

- Medir absorbancia a 517 nm por triplicado.
- Calcular el IC₅₀ con ayuda del software IC50 Calculator | AAT Bioquest (Angarita-L *et al.*, 2017).
- Expresar resultados como equivalentes de Trolox (E-Trolox) usando la fórmula:

Cap. ant. (ETrolox)(mg)

= Concentración muestra por lectura (mg/ml) x volumen en celda (ml)

3.3.16 Análisis Estadísticos

Para cada uno de los análisis fisicoquímicos se expresaron valores promedio con su respectiva desviación estándar, se realizó una comparación gráfica entre los resultados de cada una de las muestras con un rango mínimo y máximo en tablas que tienen la totalidad de las muestras. Para la caracterización de las mieles, una vez obtenidos la matriz de datos anterior, se realizó PCA con el fin de reducir su dimensionalidad, eliminando del análisis aquellas variables que no estuvieran relacionadas. Se mantuvo la mayor cantidad de información posible y así establecieron patrones de comportamiento con aquellas variables que presentaron correlaciones significativas a través de la selección de aquellos componentes principales cuyos eigenvalores fueron mayores y que representaron la mayor variación del conjunto de datos. La información obtenida fue graficada presentando la relación que hay entre las muestras con respecto a las variables seleccionadas (Brereton, 2007). Los análisis fueron realizados a través del paquete estadístico RStudio versión 4.3.1.

3.4 Resultados

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de las veintiséis muestras de miel de *Apis mellifera* cumplieron con los requisitos que define la Norma Técnica Colombiana y Codex Alimentarius para la miel (NTC 1273:2023; Codex Alimentarius norma para la miel CXS 12-1981 adoptada en 1981, revisada en 1987, 2022 enmendada en 2019, 2022, para el análisis de humedad, cenizas, conductividad eléctrica, acidez libre y diastasa. En el caso de HMF 16 muestras de miel cumplen con lo indicado en la reglamentación, las restantes 10 están por encima de lo indicado en la norma.

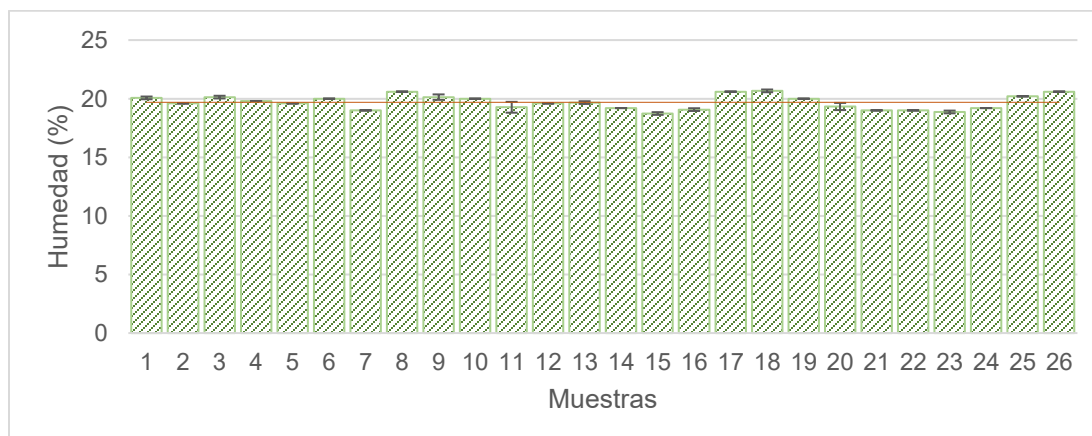
3.4.1 Humedad

Se obtuvo un promedio $19,69 \pm 0,59\%$, con mínimo de 18,73% y un máximo de 20,67%. El parámetro mostró un comportamiento homogéneo entre las distintas muestras analizadas, respaldado por un coeficiente de variación bajo del 3,0%; Asimismo se observó uniformidad en las repeticiones de cada muestra evaluada (figura 3-1).

Las muestras con valores de humedad alta fueron ML8, ML17, ML18 y ML26, cosechadas en las temporadas invierno, verano, transición verano a invierno e invierno, respectivamente; las tres últimas muestras fueron cosechadas en 2024, mientras que la primera en 2023 y provienen de diferentes apiarios (Represa, Ostos, Robles y Cauchos, respectivamente). La muestra ML17, se encuentra ubicada en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras las muestras ML8, ML18 y ML26 se ubica en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*. Las muestras con valores de humedad promedio fueron ML4, ML5, ML12 y ML13 cosechadas en la temporada de verano, las ML4 y ML5 fueron cosechadas en 2023, mientras que ML12 y ML13 en 2024 y provienen de diferentes de dos apiarios, ML4 apiario Huertas y las restantes del apiario Represa. Todas cuatro muestras se ubican en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*.

Los valores de humedad bajos se observaron para las muestras ML7, ML15, ML16, ML21, ML22 y ML23 con temporadas de cosecha en verano (ML7 y ML16), transición de verano a invierno (ML15 y ML21) e invierno (ML22 y ML23); la primera muestra fue cosechada en 2023, mientras que las demás en 2024 y provienen de dos apiarios diferentes Represa (ML16, ML22 y ML23) y Cauchos (ML7, ML15 y ML21). Las muestras ML7 y ML16 se encuentran ubicadas en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras que las muestras la muestra ML15, ML21, ML22 y ML23 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Figura 3-1: Humedad de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.2 Actividad de agua (A_w)

Se obtuvo un promedio $0,612 \pm 0,010$, un valores mínimos y máximos de 0,60 y 0,63 respectivamente. El parámetro mostro una distribución homogénea entre las muestras, respaldada por un coeficiente de variación bajo del 1,7%; así mismo, se evidencio uniformidad en las repeticiones de cada muestra evaluada (figura 3-2).

Valores altos para actividad de agua se encontraron en las muestras ML8, ML10, ML17 y ML18, siendo cosechada la primera muestra en la temporada de invierno, las dos siguientes en verano y la última en la transición verano a invierno; ML8 fue cosechada en 2023, ML10 en 2022, las demás en 2024 y provienen de los apiarios Represa, Cachón, Cauchos y Ostos. ML10 se encuentra ubicada en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras que ML8, ML11 y ML17 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Valores promedio para actividad de agua se encontraron en las muestras ML1, ML2, ML3, ML5, ML6, ML9, ML19, ML20, ML22, ML25 y ML26, siendo cosechada la ML1 en la temporada transición invierno-verano, ML2, ML3, ML5, ML6 y ML9 en la temporada verano, ML19 y ML20 en la transición verano-invierno, ML22, ML25 y ML26 en invierno; Fueron cosechadas ML1 y ML9 en 2022, ML2, ML3, ML5, ML6 en 2023 y ML19, ML20, ML22, ML25 y ML26 en 2024, y provienen de los apiarios Cachón (ML1), Cauchos (ML6, ML25 y ML26), Huertas (ML20), Ostos (ML2), Represa (ML5, ML9 y ML22) y Robles (ML3 y ML19). Las muestras ML1, ML2, ML3 y ML5 se ubican en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras que ML6, ML19, ML20, ML22, ML25 y ML26 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Las muestras con valores bajos son ML7, ML14, ML15, ML21, ML23 y ML24, sin coincidencias entre las temporadas de cosecha que están distribuidas entre verano (las dos primeras), invierno (las dos últimas) y transición de verano a invierno; la primera muestra fue cosechada en 2023, las demás en 2024 y provienen de los apiarios Cauchos

(ML7, ML15, ML21 y ML24) y Represa (ML14 y ML23). La muestra ML7 se encuentra ubicada en el grupo dominado por *Plumeria rubra*-y *Verbena officinalis*, mientras las muestras ML14, ML15, ML21, ML23 y ML24 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Figura 3-2: Actividad de agua de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.3 Sólidos solubles totales (Grados Brix)

Se obtuvo un promedio $78,92 \pm 0,58$ °Brix, con valores mínimos y máximos de 77,53 y 79,87 °Brix respectivamente. Este resultado reflejó una alta homogeneidad entre las muestras analizadas, lo cual se evidenció en un coeficiente de variación bajo del 0,7%. Se observa consistencia en las repeticiones realizadas para cada muestra (figura 3-3).

Se encontraron valores altos para sólidos solubles totales en las muestras ML7, ML14, ML15, ML21, ML22 y ML23, cosechadas las dos primeras en verano, las dos siguientes en transición verano a invierno y las dos últimas en invierno; la primera fue cosechada en 2023, las restantes en 2024 y provienen de los apiarios Represa (ML14, ML22 y ML23) y

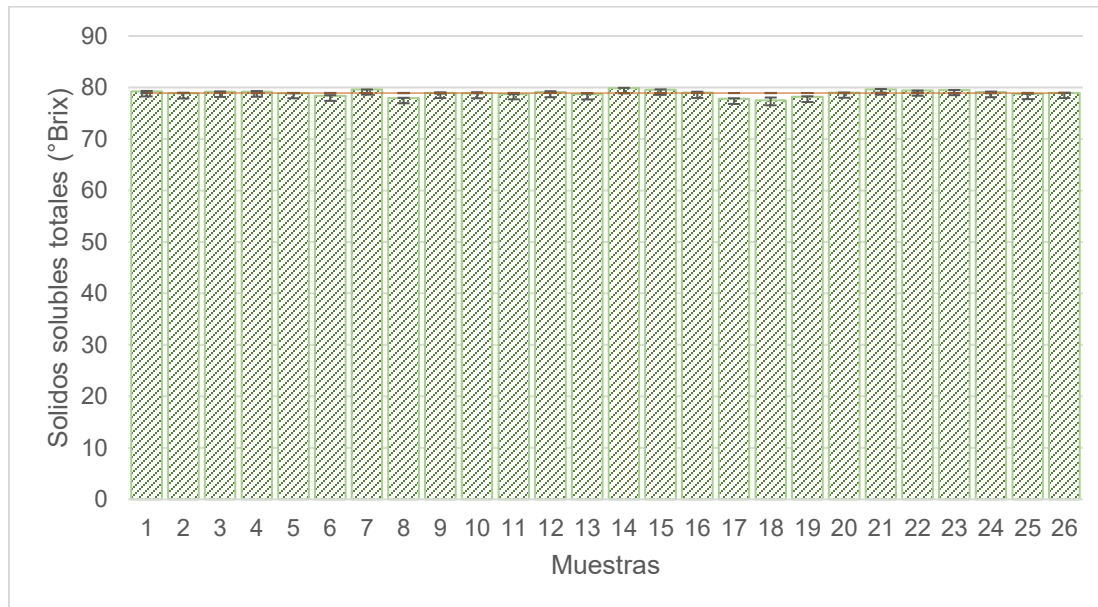
Cauchos (ML7, ML15 y ML21). La muestra ML7 se encuentra ubicada en el grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis*, mientras las muestras ML14, ML15, ML21, ML22 y ML23 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava*.

Se encontraron valores promedio para sólidos solubles totales (°Brix) en las muestras ML1, ML2, ML3, ML5, ML9, ML19, ML20, ML22, ML25 y ML26, cosechadas ML1 y ML9 en 2022, ML2, ML3 y ML5 en 2023 y ML19, ML20, ML22, ML25 y ML26 en 2024. Fueron cosechadas en temporada de invierno las muestras ML22, ML25 y ML26, en temporada de transición invierno-verano ML1, temporada de transición verano-invierno ML19 y ML20 y en temporada de verano ML2, ML3, ML5 y ML9.

Proviene de los apiarios Cachón (ML1), Cauchos (ML25 y ML26), Huertas (ML20), Ostos (ML2), Represa (ML5, ML9 y ML22), y Robles (ML3 y ML19). Se encuentran ubicadas en el grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis* ML1, ML2, ML3, ML5 y ML9, y en el grupo dominado por *Elaeis oleífera - Psidium guajava* ML19, ML20, ML22, ML25 y ML26.

Las muestras con valores bajos fueron la ML8, ML17 y ML18; la primera fue cosechada en la temporada de invierno, la segunda en verano y la última en transición de verano a invierno; ML8 fue cosecha de 2023 y proviene del apiario Represa, las demás en 2024 y proviene de los apiarios Ostos (ML17) y Robles (ML18). La muestra ML17 se encuentra ubicada en el grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis*, mientras que las muestras la muestras ML8 y ML18 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava*.

Figura 3-3: Sólidos solubles totales de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.4 pH, acidez libre, acidez láctica y acidez total

Para pH se obtuvo un promedio $4,32 \pm 0,25$, con un rango comprendido entre 3,87 y 4,84. Este parámetro presentó un comportamiento homogéneo entre las muestras analizadas, lo cual se evidenció en un coeficiente de variación bajo del 5,7%, así como en la consistencia observada en las repeticiones de cada muestra (figura 3-4).

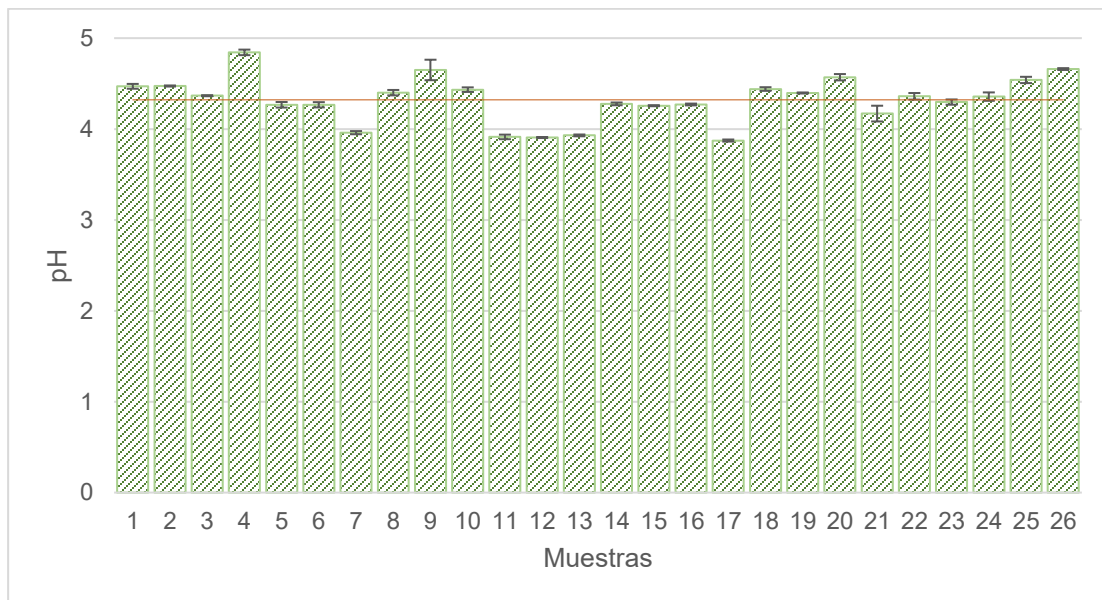
Por otro lado, las muestras con pH más elevado fueron ML4, ML9 y ML26. Las dos primeras fueron colectadas en temporada de verano (ML4 en 2023 y ML9 en 2022) y la tercera en invierno (ML26 en 2024), provenientes de los apiarios Huertas (ML 4), Represa (ML9) y Cauchos (ML26). En cuanto a la flora dominante, ML4 y ML9 también se ubicaron en entornos dominados por *Plumería rubra - Verbena officinalis*, mientras que ML 26 se asoció al grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava*.

Las muestras con pH promedio fueron ML3, ML22, ML23 y ML24. Cosechadas ML3 en 2023, y ML22, ML23 y ML24 en 2024, en temporada de Verano ML3, e invierno la ML22, ML23 y ML24, provenientes de los apiarios Cauchos (ML24), Represa (ML22 y ML23), y Robles (ML3), se ubicaron en entornos dominados por *Plumería rubra - Verbena officinalis*.

azul la muestra ML3 y dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* las muestras ML22, ML23 y ML24.

Se identificaron valores de pH más bajos en las muestras ML7, ML11, ML12, ML13 y ML17, todas cosechas en temporada de verano. La muestra ML7 fue recolectada en 20023 mientras que las demás lo fueron en 2024, y proceden de los apiarios Cauchos (ML7 y ML11), Represa (ML12 y ML13) y Ostos (ML17). En cuanto a su origen floral ML7, ML12, ML13 y ML17 se ubicaron en un entorno dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras que ML11 proviene de un área dominada por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Figura 3-4: pH de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.

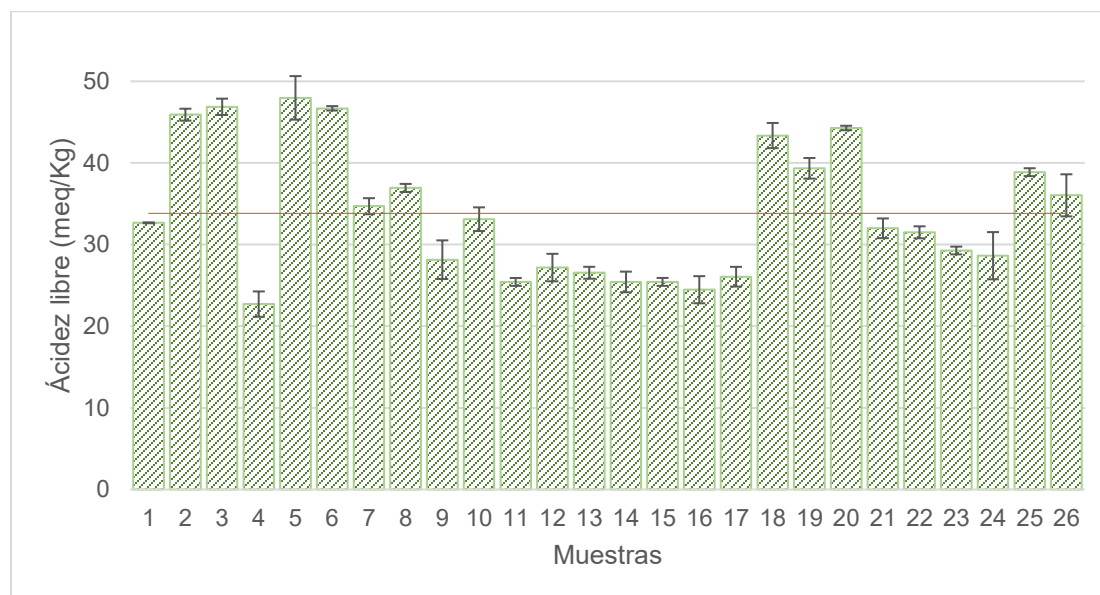


El valor promedio de acidez libre fue de $33,83 \pm 8,04$ meq/Kg, con un mínimo de 22,71 y un máximo de 47,97 meq/Kg. Este parámetro presentó un comportamiento variable entre las muestras analizadas, evidenciado por un coeficiente de variación elevado del 23,8%. Así mismo, se observó un comportamiento variable en las repeticiones internas de las muestras ML9, ML24 y ML26, con coeficientes de 8,4, 10,1 y 7,1% respectivamente (figura 3-5).

Se identificaron niveles altos de acidez libre en las muestras ML2, ML3, ML5, ML6, ML18 y ML20 donde las cuatro primeras fueron cosechadas en la temporada de verano de 2023 y las dos últimas durante la transición verano a invierno; estas provienen de los apiarios Ostos (ML2), Robles (ML3 y ML18), Represa (ML5), Cauchos (ML6) y Huertas (ML20). En cuanto a su origen botánico, ML2, ML3 y ML5, están asociadas al grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras que ML6, ML18 y ML20 proviene de zonas dominadas por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Por otro lado, las muestras con baja acidez libre fueron ML4, ML11, ML12, ML13, ML14, ML15, ML16 y ML17, cosechadas mayoritariamente en temporada de verano, excepto ML15, obtenida durante la transición estacional. ML4 fue colectada en 2023, y las restantes en 2024, provenientes de los apiarios Huertas (ML4), Cauchos (ML11 y ML15), Represa (ML12, ML13, ML14 y ML16) y Ostos (ML17). En términos de flora dominante, ML11, ML14 y ML15 están relacionadas con *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*, mientras ML4, ML12, ML13, ML16 y ML17 se asocian con grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*.

Figura 3-5: Acidez libre de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.

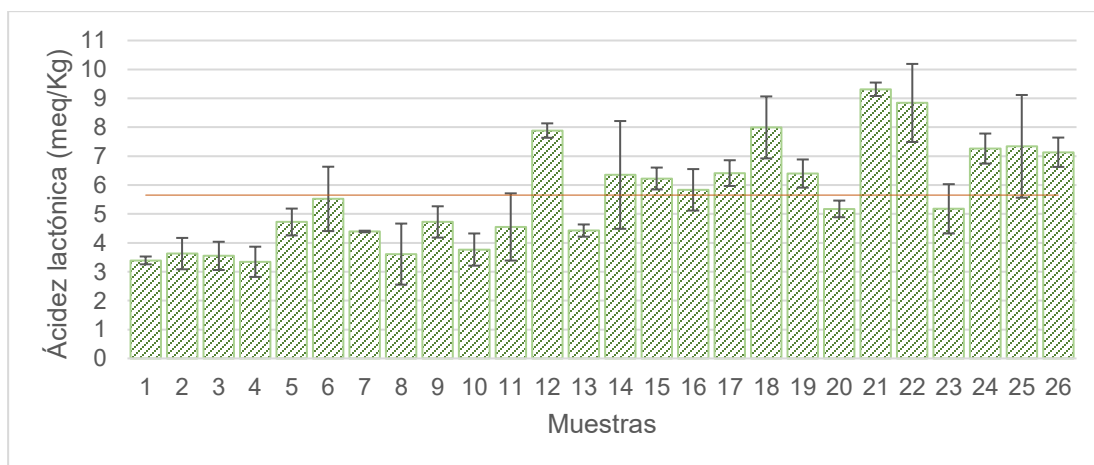


El valor promedio de acidez láctónica fue de $5,55 \pm 1,86$ meq/Kg, con un mínimo de 3,34, y un máximo de 9,31 meq/Kg. Este parámetro presentó una variabilidad significativa entre las muestras, respaldada por un coeficiente de variación elevado de 32,9%; así como la dispersión observada entre las repeticiones de algunas muestras (figura 3-6).

Se registraron valores bajos en las muestras ML1, ML2, ML3, ML4, ML7, ML8, ML10 y ML13. De estas, la ML1 fue colectada durante la transición de invierno, ML 8 en invierno y las restantes en temporada de verano. Las muestras ML1 y ML10 fueron colectadas en 2022, ML13 en 2024 y las demás en 2023. Estas proceden de los apiarios Cachón (ML1 y ML10), Ostos (ML2), Robles (ML3), Huertas (ML4), Cauchos (ML7) y Represa (ML8 y ML13). En cuanto a su origen floral, ML1, ML2, ML3, ML4, ML7, ML10 y ML13 se asociaron con el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras que ML8 proviene de un entorno dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Las muestras ML21 y ML22 presentaron los valores más altos de acidez láctónica. ML 21 fue colectada durante la transición de verano a invierno en el apiario Cauchos, y ML22 en temporada de invierno en el apiario Represa, ambas en 2024; estas dos muestras se encuentran en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

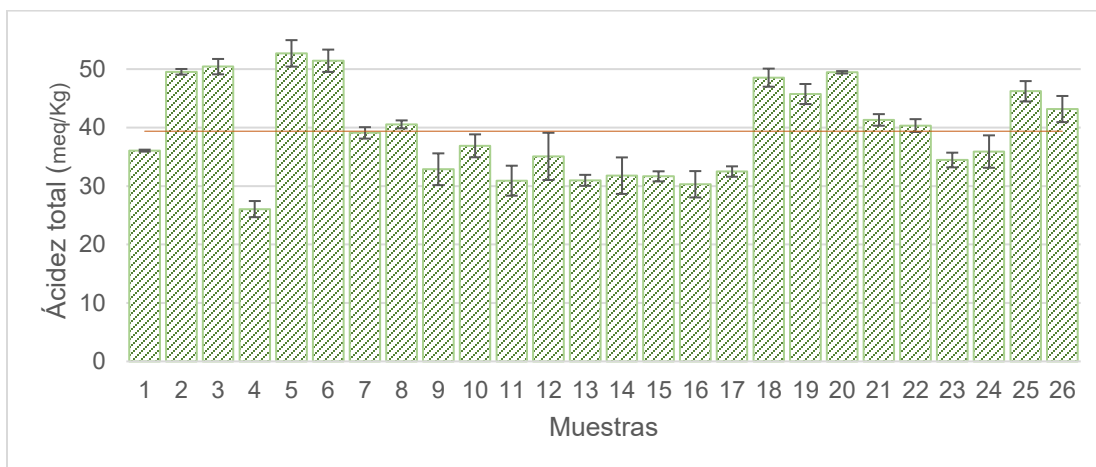
Figura 3-6: Acidez láctónica de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



El valor promedio de acidez total fue de $39,38 \pm 7,85$ meq/Kg, con valores mínimos y máximos de 26,05 y 52,69 meq/Kg respectivamente. Este parámetro mostró una variabilidad moderada entre las muestras, reflejada en un coeficiente de variación entre las muestras de 19,9%; así mismo, se evidenció variabilidad entre las repeticiones de la muestra ML12 (Figura 3-7).

Las muestras ML2, ML3, ML5, ML6, ML18 y ML20 presentaron niveles altos de acidez total. Las cuatro primeras fueron cosechadas en temporada de verano de 2023 y dos restantes en 2024, en los apiarios Ostos (ML2), Robles (ML3 y ML18), Represa (ML5), Cauchos (ML6) y Huertas (ML20). ML2, ML3 y ML5 se relacionan en el grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis*, mientras que ML6, ML18 y ML20 están en el grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava*. Se encontraron valores promedio para acidez total en las muestras ML7 cosechada en 2023, en temporada de verano y proviene del apiario Cauchos y se ubica en el grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis*. Se observaron niveles bajos de acidez total en las muestras ML4, ML11, ML13 y ML16, todas colectadas durante temporada de verano ML4 en 2023, y las demás en 2024. Estas provienen de los apiarios Huertas (ML4), Cauchos (ML11) y Represa (ML13 y ML16). En cuanto a su entorno floral, las muestras ML4, ML13 y ML16 están asociadas al grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis*, mientras que ML11 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava*.

Figura 3-7: Acidez total de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.5 Hidroximetilfurfural (HMF)

Dieciséis muestras de miel (muestras de la ML11 a ML26) presentaron valores inferiores a 80 mg/Kg de acuerdo con lo indicado por la NTC 1273:2023 y Codex Alimentarius Norma para la miel CXS 12-1981 adoptada en 1981, revisada en 1987 y 2001, enmendada en 2019 y 2022. Las muestras evaluadas presentaron un promedio de $59,56 \pm 9,66$ mg/Kg de HMF, con un valor mínimo de 42,08mg/Kg y un máximo de 75,94mg/Kg. Este comportamiento se caracterizó por una homogeneidad general entre las muestras, evidenciado por un coeficiente de variación moderado del 16,2%. Así mismo, se observó consistencia entre las repeticiones de cada muestra (figura 3-8).

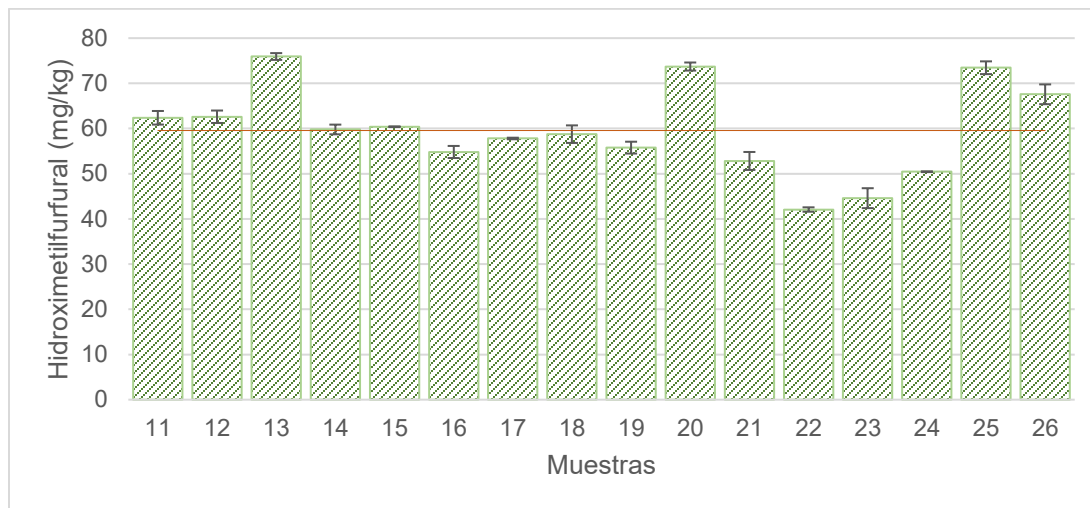
Las muestras ML5, ML6, ML7, ML8 y ML10 presentaron niveles elevados de HMF. ML8 fue colectada en invierno y las demás en temporada de verano; las primeras cuatro cosechadas durante el 2023 y ML10 en 2022. Estas proceden de los apiarios Represa (ML5 y ML8), Cauchos (ML6 y ML7) y Cachón (ML10). Según la flora dominante, ML5, ML7 y ML10 pertenecen al grupo de *Plumería rubra - Verbena officinalis*, mientras que ML6 y ML8 se ubican en el grupo *Elaeis olifera - Psidium guajava*.

Se observaron niveles promedio de HMF en las muestras ML4 y ML8, colectadas durante temporada de verano la ML4 y en invierno la ML8 en 2023. La ML4 provienen del apiario Huertas y el ML8 apiario Represa. En cuanto a su entorno floral, la muestra ML4 está asociada al grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis*, mientras que ML8 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera y Psidium guajava*.

Se identificaron valores bajos de HMF en las muestras ML16, ML19, ML21, ML22, ML23 y ML24, cosechadas en su mayoría durante el invierno de 2024. Solo ML16 fue cosechada en verano y en ML19 y ML21 en la temporada de transición verano-invierno. Estas muestras provienen de los apiarios Represa (ML16, ML22 y ML23), Robles (ML19) y Cauchos (ML21 y ML24). En cuanto al entorno floral, ML16 está asociada al grupo

dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis* mientras que las restantes pertenecen al grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Figura 3-8: Hidroximetilfurfural de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.6 Actividad diastasa

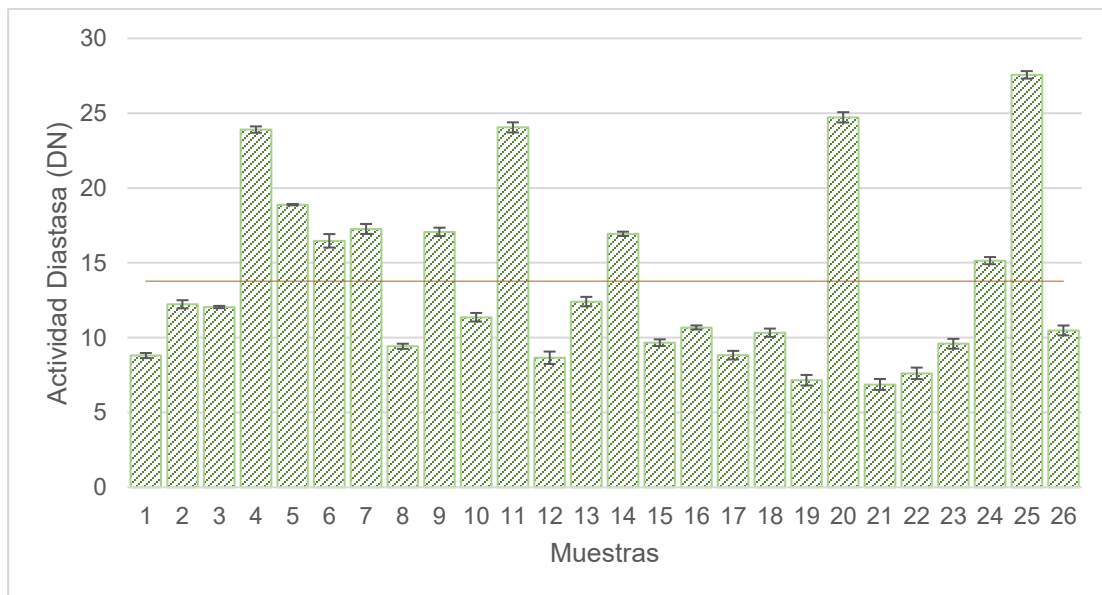
La actividad diastasa mostró un promedio de $13,78 \pm 5,89$ DN, con valor mínimo y máximo de 6,87 y 27,56 DN, respectivamente. El parámetro presentó una variabilidad entre las muestras, reflejada en un coeficiente de variación del 42,8%, mientras que se observó un comportamiento homogéneo entre las repeticiones de cada muestra (Figura 3-9).

Las muestras con valores bajos de actividad diastasa fueron ML1, ML8, ML12, ML15, ML16, ML17, ML18, ML19, ML21, ML22, ML23 y ML26. ML1 fue cosechadas en 2022 durante la temporada de transición invierno-verano, ML8 en temporada de invierno en 2023, y las restantes en 2024 en diferentes temporadas transición verano-invierno (ML15, ML18, ML19 y ML21), verano (ML12, ML16 y ML17) e invierno (ML22, ML23 y ML26). Estas provienen de apiarios Robles (ML18 y ML19), Cauchos (ML15, ML21 y ML26), Represa (ML8, ML12, ML16, ML22 y ML23), Ostos (ML17) y Cachón (ML1). Desde la perspectiva de la flora dominante ML1, ML12, ML16, ML17 están asociadas al grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras ML8, ML15, ML18, ML19,

ML21, ML22, ML23 y ML26 pertenecen al entorno caracterizado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Las muestras con alta actividad diastasa fueron ML4, ML11, ML20 y ML25 cosechadas en temporada de verano (ML4 y ML11), en transición verano-invierno (ML20) e invierno (ML25).; ML4 fue cosechó en 2023 y las demás en 2024, provenientes de los apiarios Huertas (ML4 y ML20) y Cauchos (ML11 y ML25). En cuanto a la vegetación predominante, ML4 se asocia al grupo *Plumería rubra* y *Verbena officinalis*, mientras que ML11, ML20 y ML25 pertenecen al grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Figura 3-9: Actividad diastasa de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.7 Cenizas

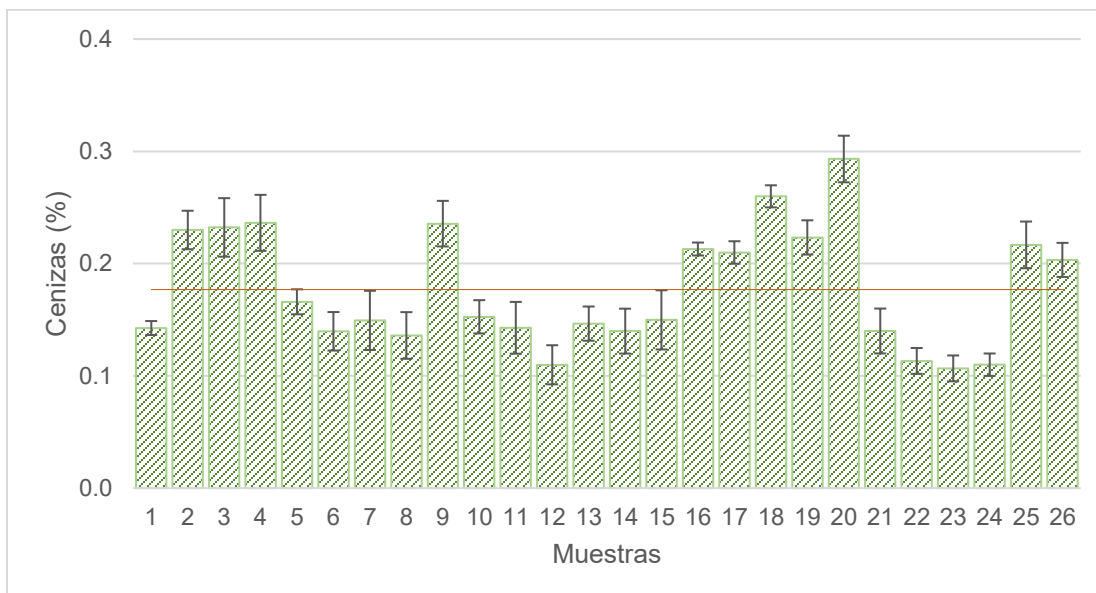
El contenido de cenizas presentó un promedio $0,18 \pm 0,05$ %, un valor mínimo de 0,11 y máximo de 0,29%. Se evidenció un comportamiento variable entre las distintas muestras

reflejando en un coeficiente de variación elevado del 30,5%, mientras que las repeticiones dentro de muestras mostraron una variabilidad moderada (figura 3-10).

Las muestras con bajo contenido de cenizas fueron ML1, ML6, ML8, ML11, ML12, ML14, ML21, ML22, ML23 y ML24. La muestra ML1 fue cosechada durante la temporada de transición invierno verano en 2022; ML6 y ML8 en temporada de verano e invierno de 2023, respectivamente, las demás en 2024 (ML6, ML11, ML12 y ML14) en verano, ML21 en ambas temporadas y ML22 ML23 y ML 24 en invierno. Estas provienen de los apiarios Cachón (ML1), Cauchos (ML6, ML11, ML21 y ML24) y Represa (ML8, ML12, ML14, ML22 y ML23). En cuanto a la flora dominante, ML1 y ML12 se asociaron con el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras que las muestras ML6, ML8, ML12, ML14, ML21, ML22, ML23 y ML24 corresponden al grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Las muestras con valores altos de cenizas fueron ML18 y ML20, cosechadas en temporada de transición verano-invierno en 2024, en los apiarios Robles y Huertas respectivamente, ambas se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

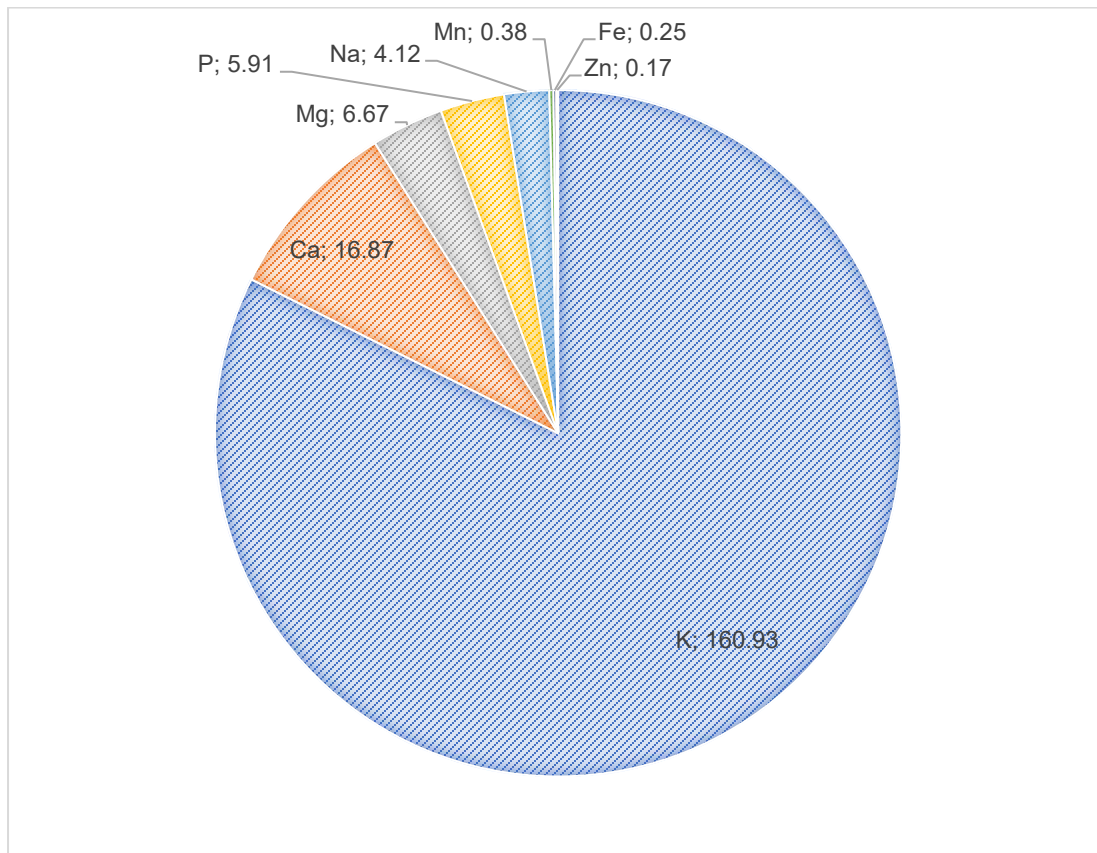
Figura 3-10: Cenizas de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.8 Minerales y metales pesados

Actualmente, no existe una normativa que defina el valor para el análisis de minerales y metales pesados; sin embargo, se encontró de mayor a menor contenido de los minerales Potasio, Calcio, Magnesio, Fósforo, Sodio, Manganeso, Hierro y Zinc (figura 3-11). Los metales pesados Cadmio y Plomo mg/Kg se encuentran ausentes en las muestras de miel evaluadas.

Figura 3-11: Minerales de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero (valores en mg/100g).



En el anexo D se observan el valor promedio y las desviaciones estándar de los minerales evaluados para los en cada una de las muestras de miel.

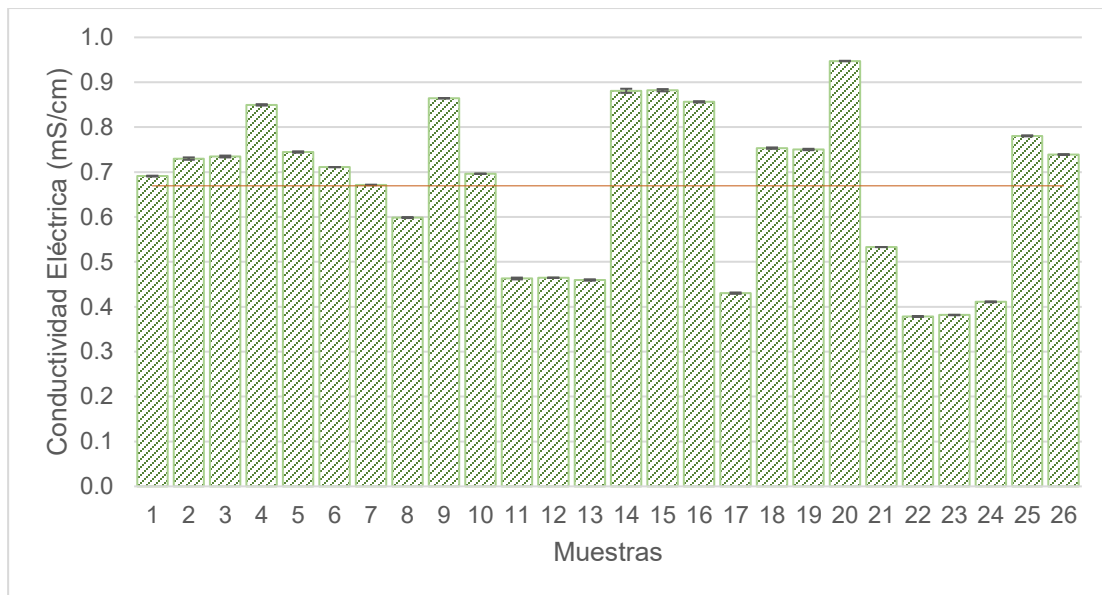
3.4.9 Conductividad eléctrica

Se obtuvo un promedio $0,669 \pm 0,172$ mS/cm, un valor mínimo de 0,378 y un máximo de 0,947 mS/cm correspondiente a la ML20. Este valor al superar 0,9 mS/cm podría indicar un probable origen extra floral; no obstante, este valor está dado por los altos niveles de los minerales fósforo, potasio y magnesio (anexo E) ya que al revisar el resultado del análisis palinológico se evidencia un origen floral de la miel. El parámetro presentó una variabilidad notable entre las con un coeficiente de variación del 25,8%, pero mantuvo una alta uniformidad entre las repeticiones de cada muestra (Figura 3-12).

Las muestras con valores bajos de CE fueron ML11, ML12, ML13, ML17, ML22, ML23 y ML24, todas colectadas en 2024. Las primeras cuatro fueron cosechadas en temporada de verano y las tres restantes en invierno, provenientes de los apiarios Cauchos (ML11 y ML24), Represa (ML12, ML13, ML22 y ML23) y Ostos (ML17). En cuanto a flora dominante, ML11, ML22, ML23 y ML24 se asocian a *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*, mientras que ML13 y ML17 se encuentran en el grupo *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis*.

Las muestras ML4, ML9, ML14, ML15, ML16 y ML20 presentaron valores altos de conductividad eléctrica. Las primeras cuatro fueron cosechadas en verano (ML4 en 2023, ML9 en 2022, ML14 y ML16 en 2024) y ML15 y ML20 durante transición verano-invierno en 2024. Provenientes de los apiarios Huertas (ML4 y ML20), Represa (ML9, ML14 y ML16) y Cauchos (ML15). Respecto al entrono floral, ML4, ML9 y ML16 se ubican en el grupo dominado por *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis*, mientras ML14, ML15 y ML20 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Figura 3-12: Conductividad eléctrica de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.10 Color Pfund

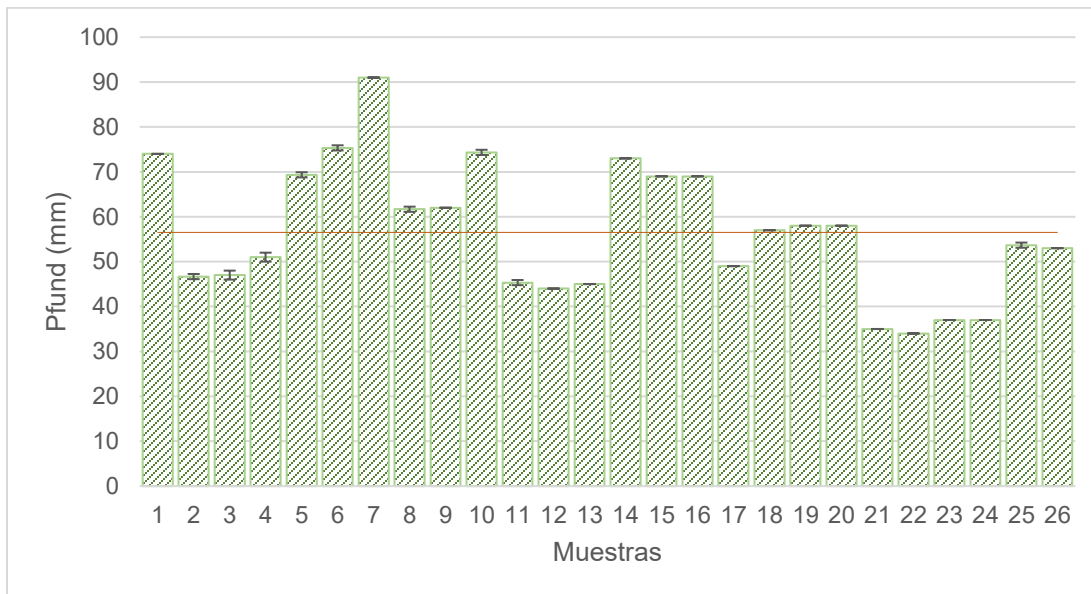
El valor promedio en la escala de color Pfund $56,51 \pm 14,53$ mm, con un mínimo de 34mm y un máximo de 91 mm, lo que corresponde a tonalidades ámbar extra claro, ámbar claro y ámbar. Este parámetro presentó una variabilidad considerable entre las muestras analizadas, reflejado en un coeficiente de variación del 25,7%, mientras que las repeticiones dentro de cada una mostraron alta consistencia (figura 3-13).

La muestra ML7 presentó un valor alto en la escala de color, fue colectada en temporada de verano de 2023 en el apiario Cauchos y se asocia al grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*.

Se encontró valor promedio en color Pfund en la muestra ML18, cosechadas en temporada de transición verano-invierno, proveniente del apiario Robles, encontrándose ubicada en el grupo dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava*.

Las muestras con valores bajos fueron ML11, ML12, ML13, ML21, ML22, ML23 y ML24, todas cosechadas en 2024. ML11, ML12 y ML13 se colectaron en temporada de verano; ML21 en temporada de transición verano-invierno y ML22, ML23 y ML24 en temporada de invierno. Provenientes de los apiarios Represa (ML12, ML13, ML22 y ML23), Cauchos (ML11, ML21 y ML24). En cuanto a la dominancia floral, ML11, ML21, ML22, ML23 y ML24 se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*, mientras que ML11, ML12 y ML13 se asocian al grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*.

Figura 3-13: Color Pfund de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.11 Contenido de fenoles totales

El contenido promedio de fenoles totales fue de $22,66 \pm 6,21$ mg CAE/100g, con valores mínimo y máximo de 10,87 y 37,69 mg CAE/100g, respectivamente. Este parámetro presentó una variabilidad elevada entre las muestras analizadas, reflejada en un coeficiente de variación del 27,4%, mientras que las repeticiones dentro de cada una mostraron un comportamiento homogéneo (Figura 3-14 - tabla 3-14).

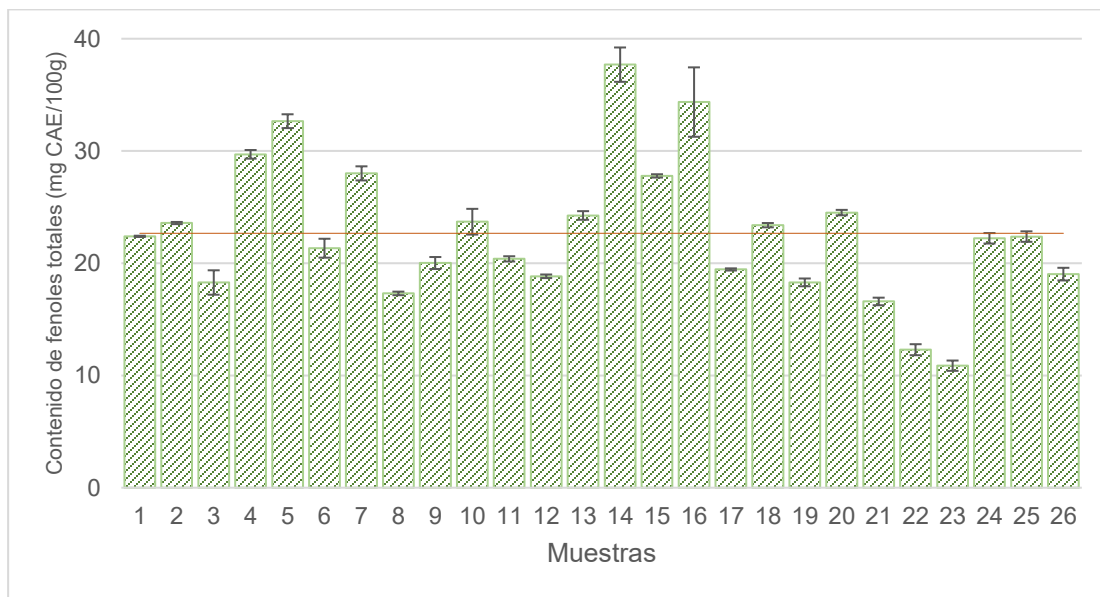
Las muestras ML5, ML14 y ML16, presentaron valores elevados. ML5 fue cosechada en temporada de verano en 2023 y ML14 y ML16 cosechada en temporada de verano 2024, todas provenientes del apiario Represa. En cuanto a su origen floral, ML14 pertenece al

grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*, mientras que ML5 y ML16 se ubicaron en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*.

Se encontró valor promedio en CFT en las muestras ML1 y ML25, fueron cosechadas al primera en 2022 y la segunda en 2024 respectivamente. Cosechada la ML1 en temporada de transición invierno-verano en el 2022 y la ML25 en temporada de invierno en 2024, proveniente de los apiarios Cachón y Cauchos, encontrándose ubicada la primera en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis* y grupo dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava*.

Las muestras ML22 y ML23 registraron los valores más bajos de fenoles totales. Ambas fueron cosechadas en temporada de invierno de 2024 en el apiario Represa y se asociaron al grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Figura 3-14: Fenoles totales de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.12 Determinación de compuestos fenólicos por cromatografía líquida de ultra-alta resolución con detector de masas Orbitrap UHPLC-ESI-ORBITRAP-MS

Fueron comunes en las ocho muestras de miel evaluadas el ácido p-cumarico un promedio de $0,163 \pm 0,074$ mg/Kg y un valor mínimo de 0,800 y un máximo de 3,200 mg/kg; en ocho de las muestras (ML1, ML4, ML5, ML7, ML9, ML15, ML16 y ML20) se encontró ácido p-hidroxibenzoico con un promedio de $1,514 \pm 0,884$ mg/Kg y un valor mínimo de 0,100 y un máximo de 0,300 mg/kg; Quercetina se reportó en tres de las ocho muestras (ML1, ML15 y ML16), mientras que la teobromina, epicatequina, ácido cafeico y naringenina se identificó en una de las muestras (tabla 3-5; Anexo E).

Tabla 3-5: Polifenoles en las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.

Presente	Muestra - Polifenol identificado - Valores (en mg/kg)
En 1 muestra:	ML1 - Teobromina (metilxantina) - 0,800 ML1 - Epicatequina (flavonol) - 0,700 ML5 - Ácido cafeico (ácido hidroxicinámico) - 0,100 ML7 - Naringenina (flavonona) - 0,200
En 3 muestras:	ML1, ML15, ML16 - Quercetina (flavonol) $0,133 \pm 0,058$ de 0,100 a 0,200 ML7, ML15, ML16 - Luteolina (flavona) $0,100 \pm 0,000$ de 0,000 a 0,100
En 7 muestras:	Ausente en ML20 - Ácido p-hidroxibenzoico (ácido fenólico) $1,514 \pm 0,884$ de 0,800 a 3,200
En 8 muestras:	En todas - Ácido p-cumárico (ácido hidroxicinámico) $0,163 \pm 0,074$ de 0,100 a 0,300

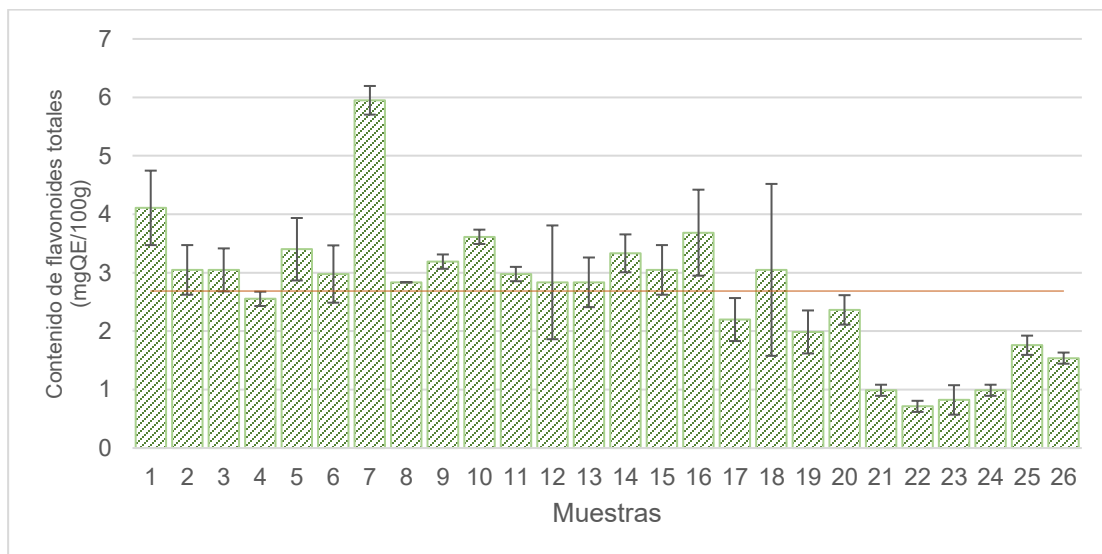
De las 8 muestras analizadas cinco se cosecharon en temporada de verano entre los años 2022 (ML1 y ML9), 2023 (ML4, ML5 y ML7) y 2024 (ML15, ML16 y ML20) de los apiarios Cachón (ML1), Cauchos (ML7 y ML15), Represa (ML5, ML16 y ML9) y Huertas (ML4 y ML20); una muestra se cosecho en la temporada de transición invierno a verano (ML1), dos muestras en temporada de transición verano a invierno (ML15 y ML20) y cinco en verano (ML4, ML5, ML7, ML9 y ML16).

3.4.13 Contenido de flavonoides totales

El contenido promedio de flavonoides totales fue de $2,69 \pm 1,19$ mgQE/100g, con un valor mínimo de 0,71 y un máximo de 5,95 mgQE/100g. Este parámetro presentó una variabilidad elevada entre las muestras, reflejado en un coeficiente de variación del 44,4%,

mientras que las repeticiones mostraron un comportamiento que oscila entre bajo, moderadamente y muy variable, dependiendo de la muestra (Figura 3-15), el contenido de flavonoides totales varía de acuerdo con el origen botánico y geográfico. Las muestras ML21, ML22, ML23, ML24, ML25 y ML26 presentaron valores bajos. La muestra ML21 fue cosechada durante la temporada de transición verano-invierno, mientras que las demás fueron cosechadas en invierno todas en el año 2024. Las muestras ML21 y ML24, ML25 y ML26 provienen del apiario Cauchos, ML22 y ML23 del apiario Represa y se ubican en el grupo dominado por *Elaeis olífera* - *Psidium guajava*. ML7 presentó un valor alto fue cosechada en temporada de verano del 2023 originada en el apiario Cauchos y se ubica en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*.

Figura 3-15: Contenido de flavonoides totales de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.14 Capacidad Antioxidante – Método TEAC

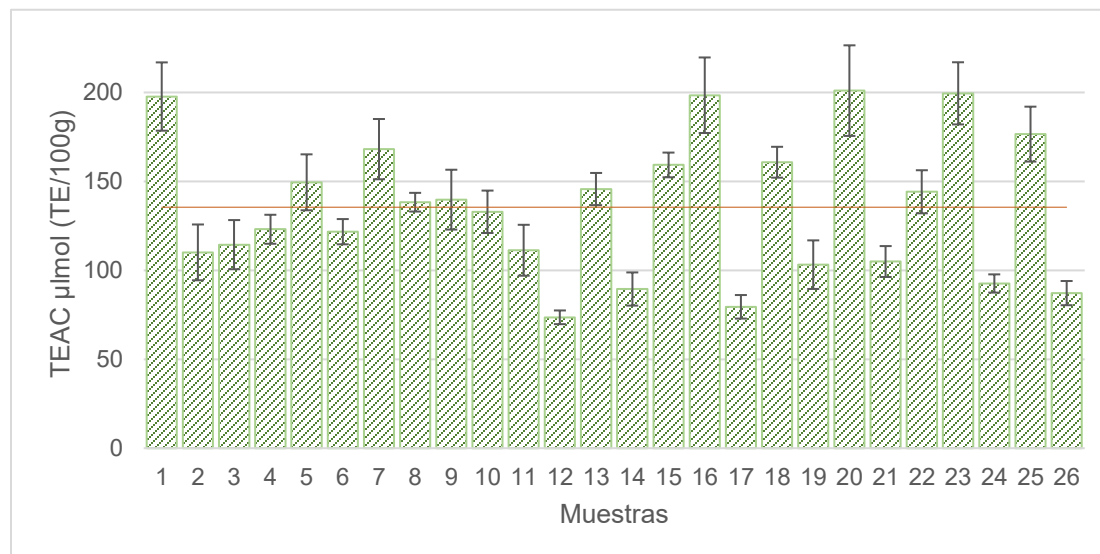
Se obtuvo un promedio $135,49 \pm 39,92$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$, con un valor mínimo de 0,71 y un máximo de 5,95 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$. Este parámetro mostró una variabilidad considerable entre las muestras analizadas, reflejada en un coeficiente de variación del 29,5%, mientras que

las repeticiones dentro de cada muestra presentaron un comportamiento que osciló entre bajo y moderadamente variable (Figura 3-16).

Se observaron valores altos de capacidad antioxidante TEAC en las muestras ML1, ML16, ML20, ML23 y ML25. ML1 fue cosechada en temporada de transición invierno-verano en 2022 del apiario Cachón, ML16 en verano de 2024 en el apiario Represa, ML20 en transición verano-invierno en el apiario Huertas, ML23 y ML25 en invierno de 2024 en los apiarios Represa y Cauchos, respectivamente. Las muestras ML1 y ML16 se encuentran ubicadas en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras que ML20, ML23 y ML24 se corresponden al grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Las muestras ML12, ML14, ML17, ML24 y ML26 mostraron valores bajos en la medición de capacidad antioxidante TEAC. Las tres primeras fueron cosechadas en temporada de verano y las dos últimas en invierno, todas durante el año 2024. Estas provienen de los apiarios Represa (ML12 y ML14), Ostos (ML17) y Cauchos (ML24 y ML26). En cuanto al entorno floral, ML12 y ML17 están asociadas en el grupo dominado por *Plumería rubra* y *Verbena officinalis*, mientras ML14, ML24 y ML26 pertenecen al grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Figura 3-16: Capacidad Antioxidante – Método TEAC de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.15 Capacidad Antioxidante – Método DPPH

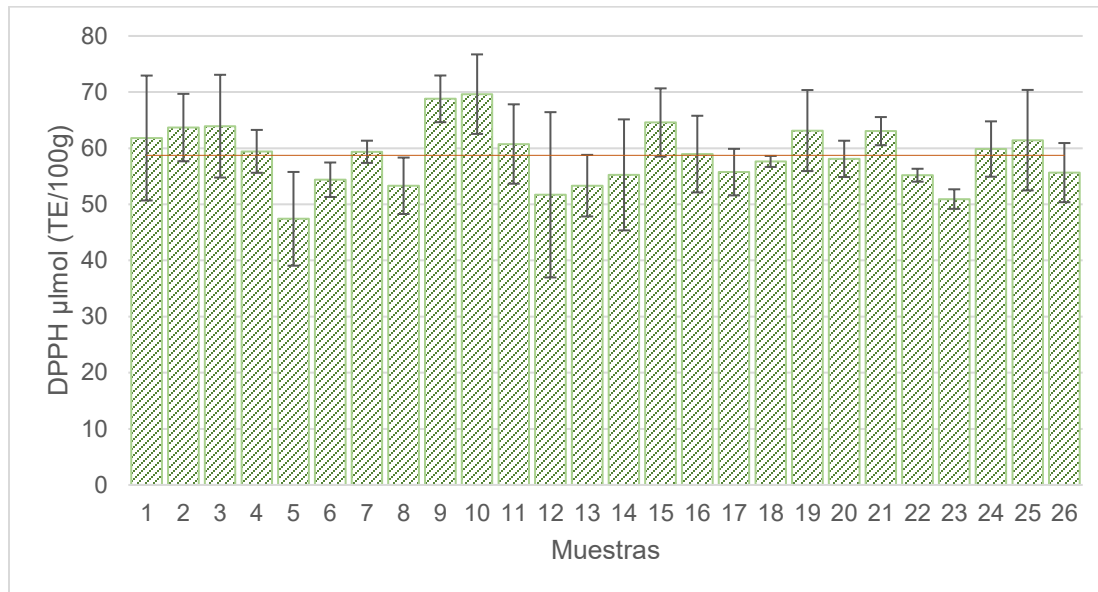
Presento un promedio $58,73 \pm 7,61$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$, un mínimo de 47,42, un máximo de 69,93 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$. Este parámetro mostró un comportamiento homogéneo entre las muestras analizadas, respaldado por un coeficiente de variación moderado del 13,0%. No obstante, se observó una variabilidad entre baja y moderada en las repeticiones de cada muestra (Figura 3-17).

Las muestras ML9 y ML10, presentaron valores elevados de capacidad antioxidante DPPH, fueron cosechadas en temporada de verano de 2022, en los apiarios Represa y Cachón, respectivamente y pertenecen al grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*.

Las muestras ML7 y ML16, presentaron valores promedio de capacidad antioxidante método DPPH, fueron cosechadas en temporada de verano de 2023 y 2024, en los apiarios Cauchos y Represa respectivamente. Se ubican en grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*.

Se registraron valores bajos en las muestras ML5, ML12 y ML23, colectadas en el apiario Represa. ML5 y ML12 fueron cosechadas en temporada de verano en 2023 y 2024 respectivamente, mientras que ML23 se colectó en invierno de 2024. En cuanto al entorno floral, ML5 y ML12 se encuentran en el grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*, mientras que ML23 está asociada a *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

Figura 3-17: Capacidad Antioxidante – Método DPPH de las muestras de miel analizadas en el Piedemonte llanero.



3.4.16 Análisis de exploración de datos por PCA

De los veinticuatro análisis fisicoquímicos realizados en las veintiséis muestras de miel de *Apis mellifera* procedentes del Piedemonte llanero se realizó análisis de componentes principales (PCA) y de acuerdo a el valor que aportan los eigenvalores fueron seleccionados las variables acidez libre, acidez total, actividad diastasa, potasio, fósforo, magnesio, sodio, manganeso, conductividad eléctrica, color Pfund y contenido de fenoles totales; variables que fueron elegidas por su significativa contribución, explicando el 75,06% de la varianza en los ejes principales Dim1 y Dim2, que permiten identificar para las muestras tres grupos con comportamientos homogéneos (Tabla 3-6):

- Compuesto por las muestras ML5, ML6 y ML7 que corresponden a cosechas entre enero y febrero, temporada de verano del 2023 de los apiarios Cauchos y Represa; este grupo se caracteriza por tener un mayor valor de acidez libre, acidez total, fósforo y color Pfund. Las muestras ML5 y ML7 se ubican en el grupo dominado por *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis* y la ML6 en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*.

- Compuesto por las muestras ML14, ML15 y ML16 que corresponden a la cosecha de febrero, temporada de verano del 2024 de los apiarios Cauchos y Represa; este grupo se caracteriza por tener un mayor valor de actividad diastasa, conductividad eléctrica, contenido de fenoles totales, potasio, magnesio, sodio y manganeso. La muestra ML16 se ubica en el grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis*, la ML14 y ML15 en el grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava*.

- Compuesto por las muestras ML11, ML12, ML13, ML17, ML21, ML22, ML23 y ML24 corresponden a las cosechas de enero, febrero, marzo y abril, en cuatro a temporada de verano, tres de invierno y una de transición verano a invierno del 2024 de los apiarios Cauchos, Represa y Ostos; este grupo se caracteriza por tener menores valores de acidez libre, acidez total, actividad diastasa, potasio, fósforo, magnesio, sodio, manganeso, conductividad eléctrica, color Pfund y contenido de fenoles totales. La muestra ML12, ML13 y ML17 se ubica en el grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis*, la ML11, ML21, ML22, ML23 y ML24 en el grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava*.

- Las muestras de miel restantes ML1, ML2, ML3, ML4, ML8, ML9, ML10, ML18, ML19, ML20, ML25 y ML 6, corresponden a las cosechas de octubre y diciembre de 2022 temporada de verano y transición invierno a verano, febrero y abril de 2023 temporada de verano e invierno, y marzo, abril de 2024 temporada de invierno y transición de verano a invierno, de los apiarios Huertas, Robles, Ostos, Cachón, Represa y Cauchos, con un comportamiento heterogéneo. La muestra ML1, ML2, ML3, ML4, ML9 y ML10 se ubican en el grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis*, la ML8, ML18, ML19, ML20, ML25 y ML26 en el grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava*

Tabla 3-6: Eigenvalores y varianza explicada para las variables fisicoquímicas de las muestras de miel del Piedemonte Llanero del departamento del Meta.

	Eigenvalor	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
Dim.1	5,496	49,967	49,967
Dim.2	2,760	25,094	75,060
Dim.3	0,971	8,827	83,887
Dim.4	0,791	7,188	91,075
Dim.5	0,441	4,011	95,086
Dim.6	0,288	2,620	97,705
Dim.7	0,154	1,404	99,109
Dim.8	0,056	0,512	99,620
Dim.9	0,036	0,329	99,949
Dim.10	0,006	0,051	100,000
Dim.11	0,000	0,000	100,000

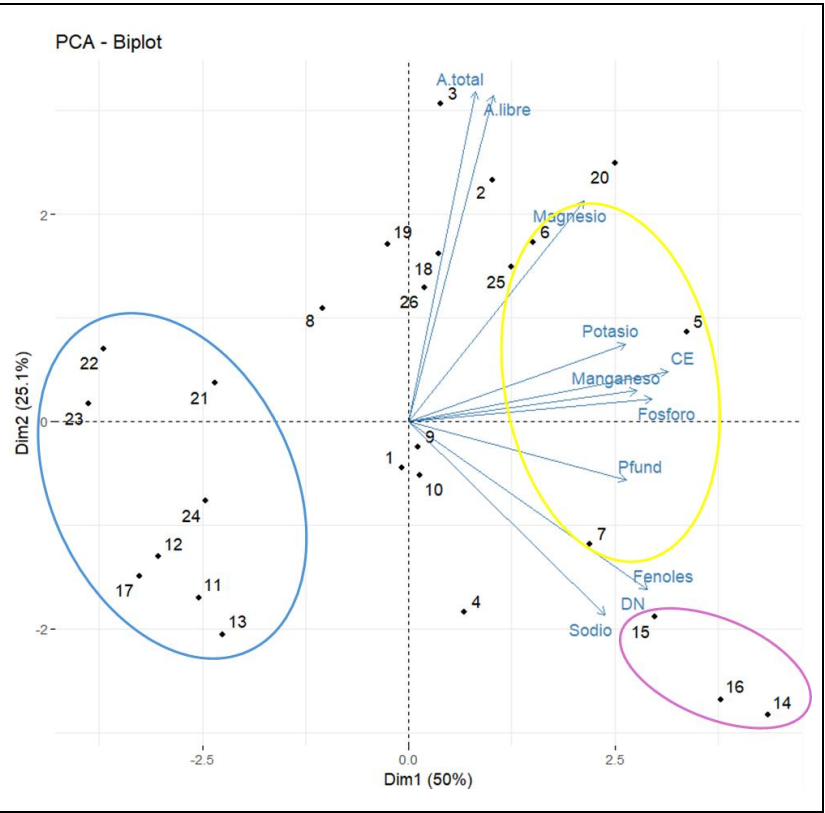
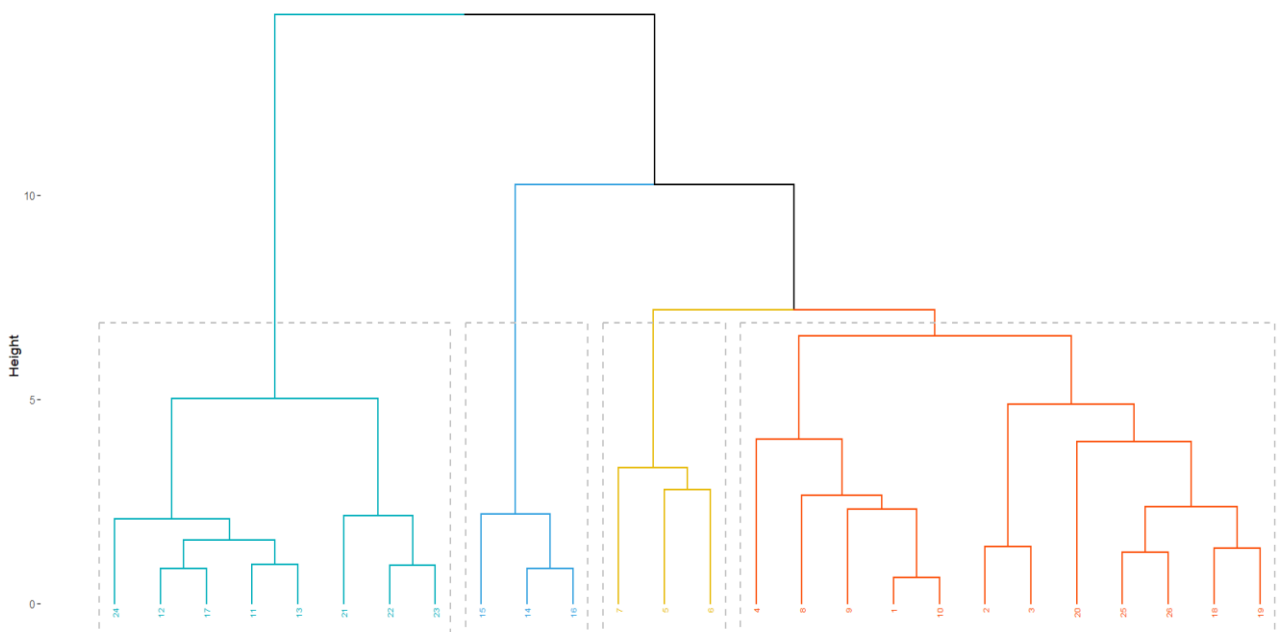


Figura 3-18: Agrupaciones obtenidas para los análisis fisicoquímicos de las muestras de miel del Piedemonte Llanero del departamento del Meta.



3.5 Discusión de resultados

3.5.1 Humedad

Los valores obtenidos en este estudio son comparables a los reportes para mieles del Casanare y Cauca, así como a los resultados registrados en Brasil y Cuba (Tabla 3-7); Esto sugiere que, bajo condiciones tropicales e implementación de buenas prácticas apícolas, especialmente aquellas que aseguran un grado de operculación superior al 75%, posible obtener un producto estable y con una larga de vida útil siempre que se mantenga una humedad máxima del 20% (Vásquez-R, *et al.*, 2021).

Tabla 3-7: Humedad de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (%).

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare – Niño, (2023)	Vichada – Castro, (2018)	Cauca – Idrobo, (2019)	Brasil – Royo-V et al., (2022)	Cuba – Alvarez-J et al., (2010a)
Promedio	19,69 ± 0,59					
Rango	18,7 – 20,7	16,0 – 20,2	16,8 – 21,4	17,5 – 21,0	18,4 – 19,4	17,4 – 20,3

Del total de las muestras de miel analizadas en 2022 el 100% presentaron valores altos, en 2023 el 43% presento valores altos mientras que el 29% presentaron valores entre promedio y bajos para cada uno; en 2024 el 56% de las muestras presento valores bajos, mientras el 31% presento valores altos y el 13% presento valores promedio.

3.5.2 Actividad de agua (A_w)

Los valores obtenidos para las mieles analizadas en el presente estudio resultaron similares a los reportados en mieles de Boyacá, pero superiores a los registrados en el oriente y suroeste Antioqueño. Presentan concordancia con los valores reportados en mieles de Brasil, siendo más altos que mieles de Suiza, pero inferiores a los observados en mieles de Vietnam (Tabla 3-8). La miel, al ser una solución sobresaturada de azúcares con baja actividad de agua, limita significativamente el desarrollo de microorganismos

como bacterias y levaduras, lo que contribuye a la estabilidad de la matriz y una mayor vida útil del producto (Adenekan-M *et al.*, 2010).

Tabla 3-8: Actividad de agua de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta.

Estudio	Promedio	Rango
Piedemonte llanero (Meta)	0,612 ± 0,010	0,595 – 0,632
Antioquia – Oriente Velásquez-C <i>et al.</i> , (2016)		0,54 - 0,60
Antioquia – Suroeste Velásquez-C <i>et al.</i> , (2016)		0,52 – 0,61
Boyacá – Salamanca-G <i>et al.</i> , (2017)		0,607 – 0,612
Brasil – Brugnerotto-P <i>et al.</i> , (2023)		0,6
Suiza - Ruegg-M <i>et al.</i> , (1981)		0,56 y 0,58
Vietnam – Pham-N <i>et al.</i> , (2022)		0,592 – 0,700

Los apiarios Cachón y Ostos, cada uno con dos muestras, presentaron valores entre alto y promedio; el apiario Huertas con dos muestras, presentó valores entre promedio y bajo; el apiario Represa con nueve muestras presentó el 33% de estas en valores altos, promedio y bajos, respectivamente.

Las muestras analizadas en el 2022 el 67% registraron valores promedio y el 33% valores altos; en 2023 el 57% presentó valores promedio, el 29% valores bajos y el 14% valores altos; en 2024 el 38% presentaron valores bajos, el 31% presentaron valores promedio y altos. No se observan tendencias entre los resultados obtenidos en las muestras.

3.5.3 Sólidos solubles totales (Grados Brix)

Los valores obtenidos para las mieles analizadas en el presente estudio resultaron similares a los reportados para mieles evaluadas en Santander (Colombia) y en mieles de colmena en México. En contraste, los valores registrados para mieles comerciales mexicanas y mieles procedentes de Vietnam resultaron superiores (Tabla 3-9). Según Pham-N *et al.*, (2022), los valores de °Brix están influenciados por las condiciones climáticas y geográficas del lugar donde se ubican las colmenas, y pueden presentar ligeras variaciones asociadas a la composición polínica de la miel.

Tabla 3-9: Sólidos solubles totales de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero (°Brix) del departamento del Meta.

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare – Ortega-R et al., (2016)	Santander – Cadena, (2021)	México – Castillo-T et al., (2022) Miel de colmena	Vietnam – Pham-N et al., (2022)	México – Castillo-T et al., (2022) Miel comercial
Promedio	78,92 ± 0,58					
Rango	77,53 – 79,87	76,7 - 80,7	77,3 - 78,6	76,7 - 81,5	73,2 - 84,0	81,1 - 81,4

El apiario Cachón y Ostos cada uno con dos muestras, presentaron valores entre alto y promedio, al igual que el apiario Huertas. El apiario Represa, del que se tomaron nueve muestras distribuidas en los tres años, los resultados muestran que el 33% de las muestras presentaron valores altos, promedio y bajos, respectivamente, mientras que el apiario Cauchos con ocho muestras, el 50% de ellas presentaron valores bajos y entre altos y promedio del 25%, respectivamente.

3.5.4 pH, acidez libre, acidez láctica y acidez total

Los valores obtenidos en este estudio resultaron similares a los reportados para mieles evaluadas en Casanare (2023), Cauca y Antioquia, pero fueron superiores al compararse con las muestras de miel de *Eucalyptus* reportadas en Casanare (2016); Los resultados fueron comparables a los registrados en mieles cubanas (Tabla 3-10).

Diversos autores señalan que el pH de la miel puede oscilar entre 3,4 y 4,8, rango que concuerda con los valores obtenidos en el presente estudio. Se asocian con la presencia de ácidos orgánicos, los no solo contribuyen a inhibir el crecimiento de microorganismos, sino que también aportan características sensoriales al sabor (Moniruzzaman-M et al., 2013; Pascual-A et al., 2018). Las variaciones en el pH suelen estar influenciadas por factores como origen geográfico, origen botánico y las condiciones climáticas (Acquarone-C et al., 2007).

Tabla 3-10: pH de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta.

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare – Niño, (2023)	Cauca – Idrobo, (2019)	Casanare – Ortega-R et al., (2016)	Antioquia – Ospina, (2014)	Cuba – Alvarez-J et al., (2010a)
Promedio	4,32 ± 0,25					
Rango	3,87 – 4,84	3,7 – 4,8	3,7 – 3,9	4,98 – 5,07	3,6 – 3,9	3,9 – 4,9

El apiario Cauchos con ocho muestras y Represa con nueve muestras presentaron valores de pH entre altos, bajos y promedio. El apiario Ostos con dos muestras tuvo valores entre altos y bajos; el Apiario Robles con dos muestras presentó valores entre alto y promedio.

Las muestras analizadas en 2022, el 100% presentó valores altos, en 2023 el 43% presentó valores entre altos y bajos, y valores promedio representados en el 14% de las muestras; en 2024 el 50% presentó valores bajos, un 31% presentó valores altos y un 19% presentó valores promedio.

Los resultados obtenidos para la acidez libre en este estudio fueron similares a los reportados para las mieles producidas en Casanare y Vichada, pero inferiores a los registrados en mieles de Sucre. El valor promedio observado fue menor en que los reportados en los dos estudios del Brasil (Tabla 3-11). Se ha documentado que la acidez libre en la miel tiende a incrementarse con el tiempo de almacenamiento, lo cual puede ser un indicador de pérdida de frescura del producto (Zandamela, 2008); No obstante, otros autores, como Da Silva-M *et al.*, 2016 asocian valores elevados con la presencia de ácidos orgánicos particulares, los cuales dependen del origen botánico y geográfico de la miel.

Tabla 3-11: Acidez libre de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (meq/Kg).

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare – Niño, (2023)	Vichada – Castro, (2018)	Sucre – Julio-C et al., (2018)	Brasil – Royo-V et al., (2022)	Brasil – Brugnerotto-P et al., (2023)
Promedio	32,79 ± 8,04					
Rango	22,71 – 47,97	23,4 – 55,8	30,19 – 46,57	29,2 – 83,9	16 – 32	18,4 – 23,5

Las muestras evaluadas cumplen con lo indicado en la NTC 1273:2023, con un comportamiento similar en varias regiones del país de acuerdo con la revisión de literatura,

mientras que algunas se encuentran sobre el nivel permitido o un poco más alto por la normatividad.

El apiario Cachón con dos muestras presento el 100% de valores bajos, mientras que apiario Robles presento el 100% de valores altos para sus tres muestras; los apiarios Cauchos con ocho muestras, Huertas y Ostos con dos muestras cada uno, presento un 50% de valores altos y 50% de valores bajos; las nueve muestras de apiario Represa presentaron un 78% de valores bajos y 22% de valores altos. Las muestras analizadas en el 2022 el 100% de presento valores bajos, en 2023 el 86% presento valores altos y promedio un 14% para cada una; en 2024 el 69% presento valores bajos y un 31% presento valores altos.

Los valores obtenidos en el presente estudio fueron similares a los reportados para las mieles del departamento del Vichada, pero superiores a los registrados en Casanare y Boyacá (Tabla 3-12). De acuerdo con Mohtar-L *et al.*, (2011), existe una relación directa entre acidez láctónica y pH, en la cual valores bajos de acidez láctónica tienden a asociarse con un pH igualmente reducido.

Tabla 3-12: Acidez láctónica de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (meq/Kg).

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare – Niño, (2023)	Vichada – Castro, (2018)	Boyacá – Salamanca-G et al., (2017)
Promedio	5,65 ± 1,75			
Rango	3,34 – 9,31	2,6 – 3,3	3,05 – 9,22	1,9 – 2,40

El apiario Cachón y Huertas con dos muestras presento el 100% de valores bajos; Ostos con dos muestras presento 50% de valores altos y 50% de valores bajos. Las muestras analizadas en los años 2022 y 2023 presentaron el 100% valores bajos, en 2024 el 75% presento valores altos y un 25% valores bajos. El grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* presento en la temporada de verano 4,55meq/Kg y en transición de

verano a invierno 9,31 meq/kg; para el grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis* en verano el rango estuvo entre 3,34 meq/Kg a 7,88 meq/Kg.

Los valores obtenidos para la acidez total en este estudio fueron similares a los reportados para las mieles del departamento de Casanare, pero resultaron inferiores a los observados en muestras de miel provenientes del Cauca, Sierra Nevada de Santa Marta y Brasil (Tabla 3-13).

Tabla 3-13: Acidez total de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (meq/Kg).

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare – Niño, (2023)	Cauca – Idrobo, (2019)	Sierra Nevada de Santa Marta – Castro, (2015)	Brasil – Royo-V et al., (2022)
Promedio	38,38 ± 7,85				
Rango	26,05 – 52,69	33,5 – 47,7	64,1 – 79,4	35,20 – 67,97	16,00 – 32,01

El apiario Cachón, con dos muestras, presento el 100% de valores bajos, mientras que Robles, con tres muestras, valores altos; Huertas y Ostos, cada uno con dos muestras presentaron el 50%, entre valores altos y bajos. El apiario Cauchos con ocho muestras, presento el 50% valores altos y valores bajos el 38%. Las muestras analizadas en 2022 presentaron 100% valores bajos, en 2023 el 71% presento valores altos y valores bajos un 14%; en 2024 el 56% presento valores bajos y un 44% presento valores altos.

3.5.5 Hidroximetilfurfural (HMF)

Las dieciséis muestras de miel analizadas en 2024 presentaron valores inferiores a 80 mg/Kg, en conformidad con lo establecido por la NTC 1273:2023 y Directiva 2001/110/CE del 2002 del Codex Alimentarius norma para la miel CXS 12-1981, adoptada en 1981, revisada en 1987 y 2022, enmendada en 2019 y 2022. Estos resultados fueron similares a los reportados para mieles evaluadas en Casanare (2016) y Vichada, pero inferiores a los valores registrados en Casanare (2023) y en muestras provenientes de Vietnam (Tabla 3-14). Sin embargo, en el caso de HMF los valores superiores a 80mg/kg pueden tener una influencia dado la temperatura y tiempo de almacenamiento de la miel previo a su análisis.

Tabla 3-14: Hidroximetilfurfural de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg/Kg).

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare – Niño, (2023)	Casanare – Ortega-R et al., (2016)	Vichada – Castro, (2018)	Vietnam – Pham-N et al., (2022)
Promedio	59,56 ± 9,66				
Rango	42,08 – 75,94	5,6 – 14,2	60,5 – 74,3	7,4 – 93,2	12,4 – 58,6

El apiario Cachón con dos muestras presento valores altos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron el 67% valores altos y 33% valores bajos; en 2023 el 43% presento valores altos y el 29% bajos. El grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* presento en la temporada de invierno 42,08mg/Kg y en transición de verano a invierno 73,72mg/kg, mientras que el grupo *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis* en verano el rango estuvo entre 54,81mg/Kg a 75,94mg/Kg.

Las muestras identificadas ML1 a ML10, recibidas durante los años 2022 y 2023 presentaron valores superiores a los 80 mg/kg, probablemente por efecto de las condiciones de almacenamiento previo a la entrega en laboratorio para su análisis; en Costa Rica (Varela-M et al., 2007) reportaron que de 60 muestras de miel evaluadas el 20% de las muestras presentaron valores superiores a 80 mg/Kg.

3.5.6 Actividad diastasa

Los valores obtenidos para la actividad diastasa en el presente estudio fueron inferiores a reportados para mieles provenientes de los departamentos de Cauca y Casanare, pero superiores a los registrados en Vichada. Estos resultados fueron similares a los reportados en análisis de mieles en Costa Rica (Tabla 3-15); con base en lo anterior, se puede afirmar que las mieles analizadas en este estudio corresponden a productos frescos y auténticos.

Según Taylor, (2021), la actividad diastasa se reduce significativamente cuando la miel es sometida a temperaturas elevadas o almacenada por largos periodos, y valores por debajo del umbral mínimo podría indicar sobrecalentamiento o envejecimiento del producto. En

ese sentido Zandamela, (2008) señala que, a temperatura ambiente, la miel puede perder hasta la el 50% de su contenido de diastasa en aproximadamente 17 meses.

Tabla 3-15: Actividad diastasa de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (DN).

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare – Niño, (2023)	Vichada – Castro, (2018)	Cauca – Idrobo, (2019)	Costa Rica – Taylor, (2021)
Promedio	13,78 ± 5,89				
Rango	6,87 – 27,56	13,7 – 90,3	< 4,47	26,4 – 44,1	17,0 ± 4,1 a 30,6 ± 4,4

Los apiarios Cachón, Robles y Ostos, cada uno con dos muestras, presentaron el 100% de valores bajos, mientras que Huertas con dos muestras presento el 100% de valores altos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron el 67% de valores bajos y 33% altos; en 2023 se presentó un 57% valores altos y 43% bajos; en 2024 el 69% presentó valores bajos y 31% altos.

3.5.7 Cenizas

Los valores de cenizas obtenidos en este estudio fueron similares a los reportados para las mieles evaluadas en Cuba, superiores a los registrados en Vichada e inferiores a los obtenidos en Casanare y Sucre (Tabla 3-16). La variación en el contenido de cenizas en la miel se atribuye a factores como la región geográfica, la composición mineral del suelo y el origen botánico, ya que estas condiciones determinan las diferencias en las sales minerales disueltas en el néctar floral. Además, el contenido de cenizas represente una medida directa de los residuos inorgánicos tras la carbonización de la miel. (Vit-P *et al.*, 2008; Espinosa-L *et al.*, 2022).

Tabla 3-16: Cenizas de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (%).

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare – Niño, (2023)	Vichada – Castro, (2018)	Sucre – Julio-C <i>et al.</i> , (2018)	Cuba – Alvarez-J <i>et al.</i> , (2010a)
Promedio	0,18 ± 0,05				
Rango	0,11 – 0,29	0,17 – 0,50	0,07 – 0,14	0,19 – 0,80	0,18 – 0,31

El apiario Cachón con dos muestras presento el 100% de valores bajos, mientras que Huertas, Ostos (con dos muestras cada uno) y Robles (con tres muestras) presentaron el 100% de valores altos; el apiario Cauchos, con ocho muestras, presento el 75% de valores bajos y 25% altos. Las nueve muestras del apiario Represa presentaron el 78% de valores bajos y 22% altos.

Las muestras analizadas en 2022 presentaron el 67% de valores bajos, en 2023 el 57% de valores bajos y 43% altos; en 2024 el 56% presentaron valores bajos y 44% altos. El grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* presento un rango en la temporada de invierno de 0,107% a 0,217%, mientras que el grupo *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis* en verano estuvo entre 0,110% a 0,236%.

3.5.8 Minerales y metales pesados

En este estudio se observaron valores elevados de potasio y fósforo en comparación con estudios previos. En cuanto al calcio los resultados fueron superiores a los reportados en Vichada, Cauca, Arabia Saudí y Polonia; mientras que, para el magnesio, los valores también fueron más altos respecto a Vichada y Polonia. En el caso del sodio, se registraron niveles inferiores a los reportados en general, pero superiores a los observados en Arabia Saudí y Polonia. Los valores de hierro y zinc fueron menores en comparación con los estudios revisados, mientras que el manganeso presentó valores más altos respecto a lo reportados en el Cauca (Tabla 3-17). La variación en la concentración de minerales en la miel se asocia con factores como la región geográfica, la composición mineral de los suelos, el origen botánico y los minerales depositados en las flores a través del aire, lo que genera diferencias en la composición del néctar floral (Da Silva-M *et al.*, 2016; Espinosa-L *et al.*, 2022).

En cuanto a metales pesados, no se detectó presencia de cadmio ni plomo en las muestras analizadas, lo cual concuerda con los resultados reportados para mieles del Cauca (Ortega-R *et al.*, 2021). En contraste, estudios realizados en Arabia Saudí han reportado

concentraciones bajas de estos elementos. En este sentido, el contenido mineral puede considerarse un indicador potencial del origen geográfico y un biomarcador de contaminación por metales tóxicos. Además, el aumento del potasio en las muestras podría estar vinculado al origen botánico de la miel (Aazza-S *et al.*, 2014).

Tabla 3-17: Contenido mineral y metales pesados en las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg/100g o ppm).

	Piedemonte llanero - Meta	Casanare – Niño, (2023)	Vichada – Castro, (2018)	Cauca - Ortega-R <i>et al.</i> , (2021)	Uruguay – Cracco-P <i>et al.</i> , (2022)	Arabia Saudí - Alqarni-A <i>et al.</i> , (2014)	Polonia - Madejczyk -M <i>et al.</i> , (2008)
Potasio	160,93 ± 65,17						
Rango	72,77 – 307,73	13,9 – 222,6	17,02 – 27,1	19,06 – 82,44	0,13 – 0,34	29,86 – 49,14	0,77 – 365,9
Fósforo	5,91 ± 1,48						
Rango	3,90 – 9,15					2,11 – 3,31	
Calcio	16,87 ± 4,27						
Rango	8,65 – 22,02	4,50 – 38,90	9,91 – 16,43	2,45 – 13,17	3,14 – 28,64	6,07 – 9,99	0,35 – 5,37
Magnesio	6,67 ± 2,00						
Rango	2,57 – 10,08	2,60 – 16,00	1,67 – 2,93		2,7 – 13,5	8,07 – 19,63	0,11 – 1,98
Sodio	4,12 ± 2,62						
Rango	1,49 – 10,62	1,95 – 16,00	4,45 – 12,75	0,79 – 28,27	6,4 – 17,1	1,57 – 2,69	0,38 – 8,96
Hierro	0,25 ± 0,11						
Rango	0,08 – 0,50		0,25 – 0,73	0,11 – 6,16		6,72 – 9,81	0,10 – 1,61
Manganeso	0,38 ± 0,21						
Rango	0,12 – 0,76			0,03 – 0,17		0,41 – 0,60	0,21 – 0,74
Zinc	0,17 ± 0,06						
Rango	0,11 – 0,29		0,22 – 0,47	0,12 – 0,85		0,35 – 48,00	0,01 – 0,99
Cadmio	Ausente						
Rango							0,00 – 0,02
Plomo	Ausente						
Rango							0,01 – 0,02

En el anexo D se observan los valores promedio con las desviaciones estándar para los minerales evaluados en cada una de las muestras de miel; a continuación, se discuten los resultados para cada uno de los minerales.

Potasio: Los apiarios Cachón y Huertas, con dos muestras cada uno, presento el 100% de valores bajos, mientras que Robles presento el 67% de valores altos y 33% bajos. El apiario Cauchos, con ocho muestras, presento el 75% de valores bajos y 25% altos. Las nueve muestras de apiario Represa presentaron 56% de valores altos y 44% bajos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron 100% valores bajos, en 2023 el 71% presentaron valores bajos y 29% altos; en 2024 presentaron 50% valores altos y 50% bajos.

Fósforo: Los apiarios Cachón y Huertas presentaron valores bajos, mientras que el apiario Ostos presento el 50% entre valores altos y bajos. Robles (con tres muestras) y Represa (con nueve muestras) presento el 67% de valores bajos y 33% altos; Cauchos con ocho muestras presento el 63% de valores bajos y 38% altos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron 100% valores bajos, en 2023 presentaron 86% valores bajos y 14% valores altos; en 2024 presentaron 56% de valores bajos, 44% valores altos.

Calcio: Los apiarios Huertas, Ostos (con dos muestras cada uno) y Robles (con tres muestras) presentaron un 100% de valores altos; el apiario Cachón, con dos muestras, presento un 50% valores altos y bajos; Cauchos, con 8 muestras, presento el 75% valores bajos y 25% altos; Represa presento el 56% valores altos y 44% bajos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron el 67% valores bajos y 33% altos, en 2023 presentaron 57% valores altos y 43% bajos, en 2024 presentaron 63% valores altos y 38% bajos.

Magnesio: El apiario Huertas presento valores bajos y apiario Ostos valores altos. Cachón, con dos muestras, presento valor alto y bajo. Cauchos con ocho muestras, presento el 75% valores altos y 25% bajos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron 67% valores bajos y 33% altos, en 2023 presentaron 57% valores bajos y 43% altos, en 2024 presentaron 75% valores altos y 25% bajos.

Sodio: El apiario Cachón, Huertas, Ostos (con dos muestras cada uno) y Robles (con tres muestras), presentaron 100% valores bajos; el apiario Cauchos, con 8 muestras, presento 75% valores bajos y 25% altos. Las muestras analizadas en 2022 y 2023 presentaron 100% valores bajos, en 2024 presentaron el 69% de las muestras valores bajos y 31% altos.

Hierro: El apiario Cachón presento el 100% de valores altos; el apiario Huertas, Ostos y Robles presentaron el 100% de valores bajos; Cauchos presento un 50% de valores altos y bajos. El apiario Represa, con 9 muestras, presento el 67% de valores bajos y 33% altos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron 100% valores altos, en 2023 presentaron 57% valores bajos y 43% altos; en 2024 presentaron 81% valores bajos y 19% altos.

Manganeso: Los apiarios Huertas, Ostos y Robles presentaron un 100% de valores bajos; Cachón presento el 50% de valores bajos y altos. El apiario Cauchos presento el 63% de valores altos y 38%, mientras que Represa presento el 67% de valores bajos y 33% altos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron el 67% de valores bajos y 33% altos, en 2023 presentaron 86% valores bajos y en 2024 presentaron el 56% valores bajos y 44% altos.

Zinc: El apiario Ostos presento el 100% de valores altos, mientras que Robles presento el 100% de valores bajos; Huertas y Cachón presentaron el 50% valores bajos y altos. El apiario Cauchos con ocho muestras presento el 75% valores bajos y 25% bajos. Del total de las muestras analizadas en el 2022 el 67% de las muestras presento valores bajos y 33% altos, en 2023 el 57% presento valores bajos y 43% altos, en 2024 presentaron el 75% valores bajos y 25% altos.

3.5.9 Conductividad eléctrica

Los valores obtenidos en este estudio fueron inferiores a los reportados para las mieles del departamento del Sucre y Cauca (2021), similares a los registrados en Vichada, y superiores a lo encontrado en mieles del Cauca 2019 (Tabla 3-18). Esta medición esta influenciada por el contenido de cenizas y acidez de la miel, ya que a mayor presencia de estos componentes se incrementa la conductividad eléctrica (El Sohaimy-S *et al.*, 2015).

Debido a esta relación, la conductividad suele emplearse como herramienta práctica de control de calidad, reemplazando frecuentemente el análisis de contenido de cenizas. Diversos autores señalan que este parámetro se considera un criterio útil para inferir el origen botánico de la miel, al estar estrechamente vinculado con la presencia de iones y ácidos orgánicos (Naman-M *et al.*, 2005; Adenekan *et al.*, 2010; El Sohaimy-S *et al.*, 2015).

Tabla 3-18: Conductividad eléctrica de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mS/cm).

	Piedemonte llanero (Meta)	Vichada – Castro, (2018)	Cauca – Ortega-R <i>et al.</i> , (2021)	Cauca – Idrobo, (2019)	Sucre – Julio-C <i>et al.</i> , (2018)	Cuba – Alvarez-J <i>et al.</i> , (2010a)
Promedio	0,669 ± 0,172					
Rango	0,378 – 0,947	0,489 – 0,650	0,600 – 0,970	0,254 -0,486	0,390 – 1,220	0,100 - 0,600

Los apiarios Cachón, Huertas y Robles presentaron el 100% de valores altos; Ostos presento el 50% entre valores altos y bajos; las nueve muestras de apiario Represa presentaron el 56% de valores bajos y 44% altos; el apiario Cauchos presento 50% de valores altos y 38% bajos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron el 100% de valores altos, mientras que en 2023 el 71% valores bajos y el 14% altos, en 2024 presentaron 50% entre valores bajos y altos.

3.5.10 Color Pfund

Al comparar las tonalidades de miel obtenidas en este estudio con las reportadas en Brasil y Cuba, se observa una similitud general, aunque el rango de color fue menor en comparación con las mieles procedentes de los departamentos de Cauca, Sucre y Zonas cálidas en Colombia (Tabla 3-19).

El color en la miel esta influenciado por diversos factores como el origen floral, contenido de HMF, presencia de minerales, condiciones de almacenamiento y procesos de calentamiento, siendo este responsable de la formación de melanoidinas (Imtara-H *et al.*, 2018; Laaroussi-H *et al.*, 2020; Brugnerotto-P *et al.*, 2023).

El color es un indicador relevante de la presencia de componentes bioactivos, como terpenos, polifenoles y carotenoides (Naab-O *et al.*, 2008). Por lo tanto, su medición puede considerarse un indicador fiable del contenido fenólico total en la miel (Izzati-N *et al.*, 2021).

Tabla 3-19: Color Pfund de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mm).

	Piedemonte llanero (Meta)	Cauca – Ortega-R <i>et al.</i> , (2021)	Sucre – Julio-C <i>et al.</i> , (2018)	Zonas Cálidas Colombia – Acosta, (2021)	Brasil – Royo-V <i>et al.</i> , (2022)	Cuba – Alvarez-J <i>et al.</i> , (2010a)
Promedio	56,51 ± 14,53					
Rango	34 – 91	68,1 – 114,7	35 – 114	19 – 150	35 – 114	12,2 – 88,9

El apiario Cachón presento el 100% de valores altos, mientras que Ostos presento el 100% bajos; Huertas presento el 50% de valores altos y bajos; las nueve muestras de apiario Represa presentaron el 56% valores altos y 44% bajos.

Las muestras analizadas en 2022 presentaron el 100% de valores altos, en 2023 presentaron 57% valores altos y 43% bajos, en 2024 presentaron 63% valores bajos y 31% altos. Las mieles del Piedemonte llanero se caracterizaron por presentar color en escala Pfund mayoritariamente en todas las temporadas de ámbar extra claro a ámbar claro.

3.5.11 Contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales en el presente estudio fue inferior al reportado en los estudios presentados (Tabla 3-20). Los metabolitos presentes en la miel, originados a partir del néctar y del polen, como indicadores de su actividad antioxidante (Gašić-U *et al.*, 2014; Pauliuc-D *et al.*, 2020).

Tabla 3-20: Fenoles totales de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg CAE/100g muestras del Piedemonte llanero, mg GAE/100g demás trabajos).

	Piedemonte llanero (Meta)	Vichada Castro. (2018)	Casanare Ortega-R <i>et al.</i> , (2016)	Cauca Idrobo, (2019)	Argentina Ciappini-M <i>et al.</i> , (2013)	Vietnam Pham-N <i>et al.</i> , (2022)
Promedio	22,66 ± 6,21					
Rango	10,87 – 37,69	15,50 – 87,09	74,51 – 78,84	77,50 – 99,60	40,30 – 193,03	13,81 – 67,14

El apiario Huertas presento valores altos; Ostos presento un 50% valores altos y bajos; Cachón presento un 50% de valores altos; Robles presento el 67% valores bajos y 33% altos; Cauchos presento el 63% valores bajos y 25% altos; Represa presentó el 56% valores bajos y 44% altos; esto indica que no hay una segregación definida.

Las muestras analizadas en 2022 presentaron 33% valores bajos y altos, en 2023 presentaron el 57% valores altos y 43% bajos, en 2024 presentaron 56% valores bajos y 38% altos. Se encontró que el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* presento en la temporada de invierno 10,87 mgCAE/100g y en verano 37,69 CAE/100g;

mientras que para el grupo *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis* en verano el rango estuvo entre 18,25 CAE/100g a 34,36 CAE/100g.

3.5.12 Determinación de compuestos fenólicos por cromatografía líquida de ultra-alta resolución con detector de masas Orbitrap UHPLC-ESI-ORBITRAP-MS

Diversos autores (Álvarez-J *et al.*, 2009; Machado-A *et al.*, 2017) señalan que la presencia y concentración de polifenol en la miel dependen del origen botánico, geográficos y de las condiciones climáticas del lugar donde se ubica el apiario.

Debido a ello, los compuestos bioactivos adquieren relevancia por sus propiedades antioxidantes y beneficios para la salud humana. Así mismo, el uso de este tipo de técnicas analíticas permite identificar las propiedades biológicas asociadas con la composición química y botánica de la miel, facilitando su caracterización integral como matriz. Por otro lado, los ácidos orgánicos también contribuyen a la capacidad antioxidante, al interactuar con metales y potenciar de forma sinérgica la acción de los compuestos fenólicos (Chua-L *et al.*, 2013).

A través del análisis de polifenoles es posible identificar compuestos, que funcionan como marcadores del origen botánico y geográfico de la miel. En este sentido, se han reportado metabolitos como la quercetina asociada a girasol (Tomas-F, *et al.*, 1993), naringenina, luteolina vinculada a lavanda y eucalipto (Andrade-P *et al.*, 1997; Yao-L *et al.*, 2003; Yao-L *et al.*, 2004) entre otros.

En este estudio, las muestras de miel analizaron compuestos fenólicos como quercetina, luteolina, ácido p-hydroxibenzoico y ácido p-cumarico, similares a los identificados en mieles del Cauca, y también presentes en mieles del Brasil, donde además detectaron ácido cafeico y naringenina. Sin embargo, tanto en Cauca como en Brasil se reportó la presencia de otros compuestos adicionales (Tabla 3-21).

Tabla 3-21: Fenoles totales de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg/Kg).

Compuestos	Autores		
	Piedemonte llanero del Meta (mg/kg)	Brasil – Brugnerotto-P et al. (2023) (µg/100g)	Cauca – Idrobro, (2019) *
Ácido 3,4 dihidroxibenzoico		Min. 9,0±0,3; Max. 29,6±1	
Ácido benzoico		Min. 104,0±11,0; Max. 140,1±18,3	
Ácido benzoico		Min. 104±11,0; Max. 140,1±18,3	
Ácido cafeico	0,100; en 1 muestra	Min. 44,4±1,0; Max. 47,6±2,3	En 6 muestras
Ácido ferúlico		Min. 91,1±1,7; Max. 122,1±2,3	En 5 muestras
Ácido gálico		Min. 9,3±0,5; Max. 15,3±0,7	En 6 muestras
Ácido p-cumárico	0,163±0,074; 0,100 – 0,300; en 8 muestras	Min. 25,1±3,6; Max. 59,4±1,8	En 6 muestras
Ácido p-hidroxibenzoico	1,514±0,884; 0,800 – 3,200; en 7 muestras		En 5 muestras
Ácido protocatecuico			En 1 muestra
Ácido siringico		Min. 168,1±3,3; Max. 319,1±3,4	
Ácido vanílico			En 6 muestras
Apigenina			En 4 muestras
Cinamaldehido		Min. 13,6±0,1; Max. 20,7±0,1	
Crisina		Min. 11,7±1,4; Max. 25,9±1,3	
Epicatequina	0,700; en 1 muestra		
Kaempferol		Min. 5,5±0,6; Max. 57,2±2	En 4 muestras
Luteolina	0,100±0,000; 0,000 – 0,100; en 3 muestras		En 4 muestras
Naringenina	0,200; en 1 muestra	Min. 9,9±0,1; Max. 27,7±0,4	
Quercetina	0,133±0,058; 0,100 – 0,200; en 3 muestras	Min. 3,8±0,2; Max. 30,6±0,8	En 1 muestra
Rutin		Min. 2,8±0,4; Max. 13,9±1,2	
Teobromina	0,800; en 1 muestra		

* Por análisis de espectrometría de masas

3.5.13 Contenido de flavonoides totales

Los valores obtenidos en las muestras del presente estudio fueron inferiores a lo reportado en mieles del departamento de Casanare (Colombia), así como a los registrados en mieles de Argentina y Vietnam (Tabla 3-22).

El apiario Cachón presento el 100% valores altos; Huertas presento el 100% valores bajos; Ostos y Cauchos presentaron un 50% entre valores altos y bajos. El apiario Robles presento el 78% valores altos y 22% bajos.

Las muestras analizadas en 2022 presentaron 100% valores altos, en 2023 presentaron 86% valores altos y 14% valores bajos, en 2024 presentaron 56% valores bajos y 44% altos.

Los flavonoides son sustancias de bajo peso molecular con propiedades aromáticas, desempeñan un papel importante en la actividad antioxidante de la miel (Kroyer-G *et al.*, 2001). El valor para el contenido de flavonoides totales varía de acuerdo con el origen botánico y geográfico.

Tabla 3-22: Flavonoides totales de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta (mg QE/100g).

	Piedemonte llanero (Meta)	Casanare Ortega-R <i>et al.</i> , (2016)	Argentina Ciappini-M <i>et al.</i> , (2013)	Vietnam Pham-N <i>et al.</i> , (2022)
Promedio	2,69 ± 1,19			
Rango	0,71 – 5,95	5,71 – 6,18	1,42 – 7,48	9,79 – 75,54

3.5.14 Capacidad Antioxidante – Método TEAC

Los resultados obtenidos en este estudio fueron similares a los registrados en muestras de miel del departamento del Vichada, la Sierra Nevada de Santa Marta y Cuba, pero superiores a los reportados para mieles de Perú (Tabla 3-23).

Según Ferreira-I *et al.*, (2009), la capacidad antioxidante de la miel se atribuye a la presencia de diversas enzimas como la catalasa, glucosa oxidasa, peroxidasa, así como a componentes no enzimáticos, entre ellos el ácido ascórbico, α -tocoferol, carotenoides, aminoácidos, proteínas, ácidos orgánicos, productos de reacción de Maillard y más de 150 compuestos fenólicos incluidos flavonoides, ácidos fenólicos, catequinas.

Tabla 3-23: Capacidad Antioxidante – Método TEAC de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta ($\mu\text{mol TE}/100\text{g}$).

	Piedemonte llanero (Meta)	Sierra Nevada de Santa Marta Castro, (2015)	Vichada Castro, (2018)	Cuba Alvarez-J et al., (2010a)	Perú Muñoz-A et al., (2014)
Promedio	135,49 \pm 39,92				
Rango	73,60 – 201,03	130 – 146	44 – 168	21,5 – 294,5	28,747 – 68,452

En el apiario Ostos las dos muestras presentaron valores bajos, en los restantes apiarios no se detectó una tendencia definida; el apiario Cachón y Huertas, con dos muestras cada uno, presentaron un 50% de valores altos y bajos; las nueve muestras de apiario Represa presentaron un 78% valores altos y 22% bajos; Robles, con dos muestras, presentó el 67% valores bajos. El apiario Represa con nueve muestras presentó un 78% valores altos y 22% bajos.

Las muestras analizadas en 2022 presentaron 67% valores altos y 33% bajos, en 2023 presentaron 57% valores bajos, en 2024 presentaron 50% de las muestras valores bajos y altos.

3.5.15 Capacidad Antioxidante – Método DPPH

Los resultados obtenidos en el presente estudio para la actividad antioxidante evaluada mediante el método DPPH, fueron superiores a los reportados en mieles de Perú y México (Tabla 3-24).

Esta elevada capacidad de eliminación de radicales libres podría atribuirse a la alta concentración de ácido ascórbico, fenoles y flavonoides en las muestras analizadas (Chúa-L et al., 2013). Además, diversos estudios han evidenciado una relación estrecha entre el perfil polínico de la miel y su contenido de compuestos antioxidantes, lo que refuerza la influencia del origen botánico en la calidad funcional del producto (Bakour-M et al., 2019).

Tabla 3-24: Capacidad Antioxidante – Método DPPH de las muestras analizadas en el Piedemonte llanero del departamento del Meta ($\mu\text{mol TE}/100\text{g}$).

	Piedemonte llanero (Meta)	Perú – Muñoz-A et al., (2014)	México – Tapia-E et al., (2017)
Promedio	58,73 \pm 7,61		
Rango	47,42 – 69,93	6,37 – 6,85 μg de vitamina C equivalente (VCEAC)/100g	16,37 – 35,36

El apiario Cachón presento el 100% valores altos; Huertas y Ostos presentaron el 50% entre valores altos y bajos; Robles presento el 67% valores altos y 33% bajos; Cauchos presento el 63% valores altos y 25% bajos; Represa con nueve muestras presentaron el 78% valores bajos y 11% altos. Las muestras analizadas en 2022 presentaron un 100% valores altos, en 2023 presentaron 43% valores altos, bajos y 14% promedio, en 2024 presentaron el 56% valores bajos, 38% altos y 6% promedio.

3.6 Bibliografía

- Aazza-S, Lyoussi-B, Antunes-D, Miguel-M. 2014. Physicochemical characterization and antioxidant activity of 17 commercial Moroccan honeys. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 65(4):449–457.
- Abramovic-H, Jamnik-M, Burkan-L, Kac-M. 2008. Water activity and water content in Slovenian honeys. *Food Control*, 19, 1086–1090. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.11.008>.querc.
- Acosta-D. 2021. Caracterización y diferenciación de mieles de Colombia mediante aplicación de herramientas instrumentales sensoriales y propiedades fisicoquímicas. [Tesis Maestría] [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias Pág.1-139.
- Acquarone-C. 2004. Parámetros fisicoquímicos de mieles, relación entre los mismos y su aplicación potencial para la determinación del origen botánico y/o geográfico de mieles argentinas [Tesis Maestría] [Buenos Aires]: Universidad de Belgrano. Pág.1-56.

- Acquarone-C, Buera-P, Elizalde-B. 2007. Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food Chemistry*. 101(2): 695-703.
- Adenekan-M, Amusa-N, Lawal-A, Okpeze-V. 2010. Full Length Research Paper: Physico-chemical and microbiological properties of honey samples obtained from Ibadan. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*. 2(8):100-104.
- Almeida-M, Barth-O, Dietemann-V, Eyer-M, Da Silva-A, Martel-A, Marcazzan-G, Marchese-C, Mucignat-C, Pascual-A, Reybroeck-W, Sancho-M, Gasparotto-J. 2020. Review Article Standard methods for *Apis mellifera* honey research. *Journal of Apicultural Research*. 59(3):1–62. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1738135>
- Alqarni-A, Owayss-A, Mahmoud-A, Hannan-M. 2014. Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*. 18(5):618–625. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>
- Alvarez-J, Tulipani-S, Romandini-S, Vidal-A, Battino-M. 2009. Methodological aspects about determination of Phenol Compounds and In Vitro evaluation of antioxidant capacity in the honey: A review. *Current Analytical Chemistry*. (5):293-302.
- Álvarez-J, Tulipani-S, Díaz-D, Estevez-Y, Romandini-S, Giampieri-F, Damiani-E, Astolfi-P, Bompadre-S, Battino-M. 2010a. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content, and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology*. 48(8–9): 2490–2499.
- Alvarez-J, Gonzáles-A., Santos-C, Battino-M. 2010b. Antioxidant Characterization of native monofloral Cuban honeys. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, Pág 9817 – 9824.
- Andrade-P, Ferreres-F, Gil-M, Tomás-F. 1997. Determination of phenolic compounds in honeys with different floral origin by capillary zone electrophoresis. *Food Chemistry*. 60(1):79–84. doi:10.1016/S0308-8146 (96)00313-5.
- Angarita-L, Cobos-D. 2017. Estudio cromatográfico por HPLC-UV, cuantificación de fenoles, flavonoides y evaluación de la capacidad antioxidante en miel de abejas. [Título Pregrado]. [Bogotá]: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ciencias y Educación. Proyecto Curricular de la licenciatura en química Bogotá Pág.1–84.
- AOAC. (2019). 920.181 Ash of honey. Official methods of Analysis of AOAC international. Association Official Analytical Chemists.

- AOAC. (2019). 958.09 Diastatic activity of honey. Official methods of Analysis of AOAC international. Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (2019). 962.19.38 Acidity (free, lactone, and total) of honey. Titrimetric method. Official methods of Analysis of AOAC international. Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (2019). 969.38 Moisture in honey. Official methods of Analysis of AOAC international. Association Official Analytical Chemists.
- AOAC. (2019). 980.23 Hydroxymethylfurfural in honey. Official methods of Analysis of AOAC international. Association Official Analytical Chemists.
- Apablaza-O, Basilio-A, Ciappin- M, Fagúndez-G, Gutiérrez-A, Salgado-C. 2019. Guía para la caracterización de mieles de Argentina. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. INTA. Pág:1-28. ISBN 978-978-470999-2-9.
- Bakour-M, Campos-M, Imtara-H, Lyoussi-B. 2019. Antioxidant content and identification of phenolic/flavonoid compounds in the pollen of fourteen plants using HPLC/DAD. Journal of Apicultural Research. 59(1):35-41. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1675336>.
- Bogdanov-S. 2009. Harmonised methods of the International Honey Commission. World Network of Honey Science. 1 – 63.
- Brand-W, Cuverlier-M, Berset-C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm Wiss Technol. (22): 25 – 30.
- Brereton-R. 2007. Applied Chemometrics for Scientists. John Wiley & Sons, USA. Pág:1-379. ISBN:9780470057780.
- Brugnerotto-P, Tischer-S, Dortzbach-D, Rita-C, Nunes-A, Schulz-M, Barcellos-H, Pasini-D, Valdemiro-G, Fett-R, Oliveira-C. 2023. Melissopalinalological, chemical, and phenolic analysis of “canudo de pito” honey: a product from a specific región of Brazil. European Food Research and Technology. (249): 295 – 306.
- Cadena-Z. 2021. Relación de la vegetación y análisis de calidad (humedad y azúcares totales) de la miel producida por *Apis mellifera* L. (Apidae) en el sur del municipio de Toledo, Norte de Santander, Colombia. [Tesis pregrado] [Santander]: Universidad de Pamplona. Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Biología. Pág.1–99.

-
- Castillo-T, García-C, García-J, Aguilar-J, Ramírez, R. 2022. Azúcares y °Brix en miel de *Apis mellifera*, *Melipona beecheii* y miel comercial del mercado local en México. Veterinaria México. (9):1-12. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2022.950>.
- Castro-E. 2015. Evaluación de indicadores para la diferenciación de mieles provenientes de la zona cafetera de la Sierra Nevada de Santa Marta. [Tesis maestría]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos Bogotá. Pág.1–106.
- Castro-L. 2018. Evaluación de la composición, calidad y generación de valor de miel de abejas originaria de zonas forestales en la altillanura del Departamento del Vichada [Tesis maestría]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Facultad de Ciencias Agrarias. Pág-1-128.
- Cavia-M. 2002. Estudio del envejecimiento de mieles de Burgos y Galicia: Influencia de la granulación inducida. [Tesis]. [España]: Universidad de Burgos.
- Chua-L, Rahaman-N, Adnan-N, Eddie-T. 2013. Antioxidant activity of three samples in relation to their Biochemical Components. Journal of Analytical Methods in Chemistry. (2013):1-8.
- Ciappini-M, Stoppani-F, Martinet-R, Alvarez-M. 2013. Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en mieles de tréboles Eucalyptus y alfalfa Revista ciencia y tecnología. 15(19): 45 – 51.
- Codex Alimentarius Directiva 2001/110/CE 2002 del Consejo de 20 de diciembre de 2001, relativa a la miel. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 10/47, 12 de enero de 2002.
- Cracco-P, Cabrera-C, Cadenazzi-M, Galiotta-G, Moreni-A, Santos-E, Zaccari-F. 2022. Caracterización de mieles de diferentes regiones de Uruguay, marcadores de origen. Agrociencia Uruguay. 22(1):1-16.
- Da Silva-M, Gauche-C, Gonzaga-L, Gonzaga-A, Costa-R, Fett-R. 2016. Honey: Chemical composition, stability, and authenticity. Food Chemistry, (196):309. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.05>.
- Delmoro-J, Muñoz-D, Nadal-V, Clementz-A, Pranzetti-V. 2010. El color en los alimentos: Determinación de color en mieles. Invenio, 13(25): 145–152.
- Díaz-A. 2009. Influencia de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad fisicoquímica y biológica de la miel. [Título Doctorado]. [España]: Universidad de

- Zaragoza. Facultad de Veterinaria Departamento de producción animal y ciencia de los alimentos Pág.1–271.
- El Sohaimy-S, Masry-S, Shehata-M. 2015. Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Science*. 60(2):279-287.
- Espinosa-L, Alvarez-M, Gallardo-D. 2022. Contenidos de cenizas y minerales en mieles de abejas poliflorales cubanas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 32(3):35-41.
- Ferreira-I, Aires-E, Barreira-J, Esttevinho-L. 2009. Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*. 114(4):1438-1443.
- Gamboa-M. 2014. Estudio e identificación de características de composición y bioactivas propias de miel de mielato de *Apis mellifera*. [Título Magister en Ciencias]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias, programa interfacultades. Pág. 1-187.
- Gašić-U, Kečkeš-S, Dabić-D, Trifković-J, Milojković-D, Natić-M., Tešić-a-Z. 2014. Phenolic profile and antioxidant activity of Serbian polyfloral honeys. *Food Chem*. (145):599–607.
- Gimferrer-N. 2012. El agua en los alimentos: Eroski Consumer web site. [Revisada en: 20 agosto 2024]. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-ytecnologia/2008/03/26/175613.php>.
- Habib-H, Al Meqbali-F, Kamal-H, Souka-U, Ibrahim W. 2014. Bioactive components, antioxidant, and DNA damage inhibitory activities of honeys from arid regions. *Food Chemistry*. (153):28 –34. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.044>.
- Huang-D, Boxin-O, Prior-L R. 2005. Review The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Agricultural and Food Chemistry*. 53(6): 1841 – 1856. <https://doi.org/10.1021/jf030723c>.
- Idrobo-L. 2019. Determinación cualitativa de compuestos con actividad antioxidante en muestras comerciales de miel propolizada [Título Pregrado]. [Cauca]: Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, exactas y de la educación.
- Imtara-H, Elamine-Y, Lyoussi-B. 2018. Physicochemical characterization and antioxidant activity of Palestinian honey samples. *Food Science and Nutrition*. 6(8):2056-2065.

- Izzati-N, Sarbon-N. 2021. Physicochemical profile, antioxidant activity, and mineral contents of honey from stingless bee and honeybee species. *Journal of Apicultural Research*. 2(62):394-401.
- Julio-C, De Jesús-A. 2018. Caracterización de la composición y calidad fisicoquímica de Miel de abejas (*Apis mellifera*) comercializada en la ciudad de Sincelejo Sucre. [Tesis pregrado]. [Sincelejo]: Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Pág.1–69.
- Kroyer-G, Hegedus-N. 2001. Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as a functional dietary food supplement. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2(3):171–174, 2001.
- Laaroussi-H, Bouddine-T, Bakour-M, Ousaid-D, Lyoussi-B. 2020. Physicochemical properties, mineral content, antioxidant activities, and microbiological quality of *Bupleurum spinosum* Gouan honey from the Middle Atlas in Morocco. *Journal of Food Quality*. Pág:1-12.
- Machado-A, Almeida-L, Sancho-M, Pascual-A. 2017. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57(1):5–37. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>.
- Madejczyk-M, Baralkiewicz-D. 2008. Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and F-AAS/AES. *Analytica Chemical Acta Science Direct* (617):11-17 <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.01.038>.
- Meda-A, Lamien-E, Romito-M, Millogo-J, Nacoulma-G. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid, and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*. (91): 571 – 577.
- Meyer-G, Sarmiento-O, Ramírez-R, Guevara-O. 2018. Estimación del contenido de fenoles totales en aceite esenciales de Caléndula (*Caléndula officinalis*) obtenido mediante OAH. *Revista Ion. Bucaramanga-Colombia*. 31(1):7-12.
- Mohtar-L, Hernández-N, Maidana-J, Leal-I, Yegres-F. 2011. Evaluación de la calidad de mieles expandidas en Coro, estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias*. 11(3): 225 – 234.
- Moniruzzaman-M, Khalil-I, Sulaiman-S, Hua-S. 2013. Physicochemical and antioxidant properties of Malaysian honeys produced by *Apis cerana*, *Apis dorsata*, and *Apis mellifera*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 13(43):1–12.

- Muñoz-A, Ortiz-C, Blanco-T, Castañeda-B, Ruiz-J, Alvarado-A. 2014. Determinación de compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante de mieles peruanas de diferentes orígenes florales. *Rev Soc Quim.* 80 (4):287–297.
- Naab-O, Tamame-M, Caccavari-M. 2008. Palynological and physicochemical characteristics of three unifloral honey types from central Argentina. *Journal of Agricultural Research.* 6(4):566–576.
- Naman-M, Faid-M, Ablouni-A. 2005. Les propriétés microbiologiques et physico-chimique des miels marocains. In *Revue Internationale de l'agriculture et de la Biologie.* (12): 773–776.
- Niño-A. 2023. Evaluación y desarrollo de estrategias de mejoramiento de la calidad de mieles de abeja de unidades productivas del Departamento del Casanare. [Tesis maestría]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Norma Técnica Colombiana NTC. 1273:2023. Miel de Abejas. Pág. 1 – 16.
- Ortega-R, Chito-D, Suárez-C. 2016. Physicochemical characteristics of commercial eucalyptus honeys from Southwest Casanare. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* 17(1):73-80.
- Ortega-R, Morales-C, Chito-D. 2021. Evaluación de características fisicoquímicas, compuestos fenólicos, contenido de minerales y color de mieles comerciales del Cauca Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria,* 22(2):1-19. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1894.
- Ospina-A. 2014. Evaluación de las características de la miel de abejas proveniente el suroeste antioqueño y de las condiciones necesarias para su liofilización. [Tesis pregrado]. [Medellín]: Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías. Facultad de ingeniería agroindustrial. Pág.1-93.
- Pascual-A, Osés-S, Fernández-M, Sancho-T. 2018. Methods of analysis of honey. *Journal of Apicultural Research.* 57(1):38-74.
- Pauliuc-D, Dranca-F, Oroian-M. 2020. Antioxidant activity, total phenolic content, individual phenolics, and physicochemical parameters suitability for Romanian honey authentication. *Food.* 9(306)1-22.

- Pham-N, Nguyen-V, Le-T, Diep-N, Nguyen-N, To-N, Le-Hung-T, Nguyen-V. 2022. Phenolic profiles, antioxidant, antibacterial activities, and nutritional value of Vietnamese honey from different botanical and geographical sources. *Agri Engineering*. (4): 1116 – 1138. <https://doi.org/10.3390/agriengineering4040069>.
- Pineda-E, Castellanos-A, Téllez-F. 2019. Determinantes fisicoquímicos de la Calidad de la miel: una revisión bibliográfica. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. Pontificia Universidad Javeriana. 13(83):1-15. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr16-83.dfc>.
- Re-R, Pellegrini-N, Proteggente-A, Pannala-A, Yang-M, Rice- C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Elsiever Free Radical Biology & Medicine*. Vol. 26 N.9/10 Pág.1231–1237.
- Royo-V, De Oliveira-D, Veloso-P, Sacramento-V, Olímpio-E, De Souza-L, Pires-N, Martins-C, Santiago-M, Alves-T, Acácio-T, De Melo-A, Brandao-M, Meneses-E. 2022. Physicochemical profile, antioxidant, and antimicrobial activities of honey produced in Minas Gerais, Brazil. *Antibiotics*. (11)1-29. <https://doi.org/10.3390/>.
- Ruegg-M, Blanc-B. 1981. Water Activity of Honey and Related Sugar Solutions. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*. 14(1):1-6.
- Salamanca-G, Osorio-M, Reyes-L. 2017. Propiedades fisicoquímicas de mieles monoflorales de encenillo de la zona altoandina en Boyacá, Colombia. *Quim. Nova*. 40(8)854–864. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170084>.
- Sancho-T, Pascual-M, Rodríguez-M, Oses-M, Escriche-I, Periche-A, Fernández-M. 2016. Critical assessment of antioxidant-related parameters of honey. *International Journal of Food Science and Technology*. (51): 30 -36.
- Silici-S, Sagdic-O. 2010. Total phenolic content, antiradical, antioxidant, and antimicrobial activities of *Rhododendron* honeys. *Food Chemistry*, 121(1): 238 – 243. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.078>.
- Simal-J. 1985. Parámetros de calidad de la miel V. Índice de diastasas. *Offmarm*. N.32, 3(11): 705 – 713.
- Suarez-L. 2009. Determinación de aniones y cationes en la miel mediante electroforesis capilar). [Tesis Doctorado]. [España]: Universidad de Santiago de Compostela suroeste antioqueño y de las condiciones necesarias para su liofilización. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías. Facultad de ingeniería agroindustrial Medellín. Pág.1-93.

- Tapia-E, Castañeda-C, Del Pilar-J, Octavio-J, Saúl-J, María-J, Alaníz-L. 2017. Physical-Chemical Characterization, phenolic content, and consumer preferences of *Apis mellifera* honey in Southern Jalisco. *Interciencia*. 42(9):603–609. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33952909009>.
- Taylor-E. 2021. Caracterización por zona y procedencia floral y determinación de la calidad de la miel de *Apis mellifera* comercializada por la empresa Blue Zone. Heredia. Costa Rica. [Tesis maestría] [Costa Rica]: Universidad Nacional de Costa Rica. Centro de investigaciones apícolas Tropicales (CINAT). Pág:1-64.
- Tomas-F, Ferreres-F, Blázquez-M, García-C, Tomas-F. 1993. High-performance liquid chromatography of honey flavonoids. *Journal of Chromatography A*. 634(1):41–46. doi:10.1016/0021-9673(93)80310-5.
- Varela-M, Bolaños-E, Umaña-E, Zamora-G, Echandi-M. 2007. Evaluación de la posible adulteración de mieles de abeja comerciales de origen costarricense al compararlas con mieles artesanales provenientes de apiarios específicos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 57(1):63-69.
- Vásquez-R, Martínez-R, Ortega-N, Maldonado-W. 2021. Conceptos fundamentales de producción apícola. Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria (Agrosavia). Segunda edición. Pág:1-178. ISBN 978-958-740-410-4.
- Velásquez-C, Gil-J, Urrego-J, Durango-D, Castañeda-I. 2016. Análisis palinológico y fisicoquímico de miel de abejas (*Apis mellifera* L.) procedente del oriente y suroeste de Antioquia Colombia. *Revista de La Facultad de Ciencias*. 5(2):65–87. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v5n2.60541>.
- Velásquez-D, Goetschel-L. 2019 Determinación de la calidad fisicoquímica de la miel de abejas comercializada en Quito y comparación con la miel artificial. *Enfoque UTE* 10(2): 52-62.
- Vit-P, Gutiérrez-M, Titera-D, Bednar-M, Rodríguez-A. 2008. Mieles checas categorizadas según su actividad antioxidante. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamérica*. 42(2): 237 - 244.

- Yao-L, Datta-N, Tomás-F, Ferreres-F, Martos-I, Singanusong-R. 2003. Flavonoids, phenolic acids, and abscisic acid in Australian and New Zealand *Leptospermum* honeys. *Food Chemistry*. 81(2):159–168. doi:10.1016/S0308-8146(02)00388-6.
- Yao-L., Jiang-Y, Singanusong-R, D'Arcy-B, Datta-N, Caffin-N, Raymont-K. 2004. Flavonoids in Australian *Melaleuca*, *Guioa*, *Lophostemon*, *Banksia*, and *Helianthus* honeys and their potential for floral authentication. *Food Research International*. 37(2):166–174. doi: 10.1016/j.foodres.2003.11.004.
- Zandamela-E. 2008. Caracterización fisicoquímica y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique [Tesis de Maestría]. [España]: Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de ciencias animal de los alimentos. Facultad de Veterinaria. Pág.1-290.

4. Conclusiones

Con base en los análisis de contenido palinológico en 26 muestras de mieles y cinco de propóleos y la evaluación de 27 parámetros fisicoquímicos de las mieles se elaboró la tabla 4-1, que sirve de referencia para las siguientes consideraciones a manera de conclusiones.

4.1.1 Análisis palinológico de las mieles y de los propóleos

En las 26 muestras de miel se encontraron 45 palinomorfos de amplia distribución. Se diferenciaron dos grupos con base en la composición palinológica, el primero dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* (catorce muestras con veinticinco palinomorfos), el segundo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* (doce muestras con 41 palinomorfos).

Las mieles del grupo dominado por *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava*, pertenecían a los apiarios Cauchos (siete muestras), Robles dos muestras, Represa (4 muestras) y Huertas (una muestra). Las mieles del grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* pertenecían a los apiarios Cachón (dos muestras), Cauchos (una muestra), Ostos (dos muestras), Huertas (una muestra) y Robles (una muestra). Las mieles de los apiarios Cachón y Ostos son exclusiva del grupo de *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul*. Adicionalmente los apiarios con grupos compartidos fueron Huertas con una muestra en *Elaeis oleífera* - *Psidium guajava* y una muestra en *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul*.

Durante el periodo de estudio, cronológicamente se registraron las siguientes condiciones:

- En 2022 las tres muestras de miel de dos apiarios (Represa – Cachón) pertenecieron al grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul*.

- En 2023 se analizaron siete muestras de cuatro apiarios (Cauchos, Represa, Ostos y Robles) cinco de las siete se asignaron al grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis-azul*, mientras que dos (Cauchos y Represa) se asociaron al grupo dominado por *Elaeis oleífera - Psidium guajava*.
- En 2024 se analizaron dieciséis muestras de miel de cinco apiarios (Represa, Cauchos, Robles, Ostos y Huertas); cuatro muestras de los apiarios Represa y Ostos se asociaron al grupo *Plumería rubra - Verbena officinalis-azul* y doce muestras de los apiarios Cauchos, Represa, Robles y Huertas al grupo dominado por *Elaeis oleífera - Psidium guajava*.

En la región del Piedemonte llanero en cuanto al contenido palinológico de las mieles hay un ligero predominio del grupo *Elaeis oleífera - Psidium guajava*, al cual corresponden catorce muestras evaluadas. En los años 2022 y 2023 el contenido palinológico de las mieles se asoció con el grupo *Plumería rubra - Verbena officinalis-azul*; en 2024 domino ampliamente el grupo *Elaeis oleífera - Psidium guajava*.

Para las cinco muestras de propóleo evaluadas se encontraron 75 tipos polínicos. 27 palinomorfos pertenecían al grupo o de amplia distribución de las mieles. En el grupo de mieles dominantes de *Elaeis oleífera* y *Psidium guajava* se diferenciaron veintitrés granos de polen y en las mieles del grupo dominado por *Plumería rubra* y *Verbena officinalis-azul* diez palinomorfos.

4.1.2 Análisis fisicoquímicos

A las 26 muestras de miel se les realizaron veintisiete análisis fisicoquímicos y se detectaron las siguientes condiciones:

En el grupo dominado por *Elaeis oleífera - Psidium guajava*, hay tendencia a presentar valores altos en el pH, la acidez libre, y acidez lactónica, acidez total, la actividad diastasa, el potasio, el calcio y magnesio. En el grupo dominado por *Plumería rubra - Verbena officinalis-azul* hay valores altos en humedad, HMF, color Pfund, contenido de fenoles totales, contenido de flavonoides, TEAC, DPPH, minerales como fosforó y hierro (Tabla 4-1).

Tabla 4-1: Clasificación por origen palinológico y temporal de los análisis fisicoquímicos en muestras de miel.

Fecha de colecta	Temporada de cosecha	Apiario	Muestra	Grupo	Humedad %	AW	SST	pH	Acidez libre	Acidez láctica	A total	HMF	Diastasa	Cenizas	Potasio	Fósforo	Calcio	Magnesio	Sodio	Hierro	Manganeso	Zinc	CE	Pfund	Contenido Fenoles Totales	Contenido Flavonoles	TEAC	DPPH			
1/04/2024	Invierno	Cauchos	ML24	<i>Elaeis oleifera - Psidium guajava</i>	Bajo	Bajo	Bajo	Promedio	Bajo	Alto	Bajo		Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto			
1/04/2024			ML25		Alto	Promedio	Promedio	Alto	Alto	Alto	Alto		Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Promedio	Bajo	Alto	Alto		
1/04/2024			ML26		Alto	Promedio	Promedio	Alto	Alto	Alto	Alto		Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
13/04/2023		Represa	ML8		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Promedio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	
1/04/2024			ML22		Bajo	Promedio	Promedio	Promedio	Bajo	Alto	Alto		Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	
1/04/2024			ML23		Bajo	Bajo	Bajo	Promedio	Bajo	Bajo	Bajo		Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
21/03/2024	Transición verano a invierno	Cauchos	ML15		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	
21/03/2024			ML21		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
12/03/2024		Huertas	ML20		Bajo	Promedio	Promedio	Alto	Alto	Bajo	Alto			Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
6/03/2024			Robles		ML18	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto			Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Promedio	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto
6/03/2024		ML19			Alto	Promedio	Promedio	Alto	Alto	Alto	Alto				Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
27/02/2023		Verano	Cauchos		ML6	Alto	Promedio	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
23/01/2024	ML11				Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto
14/02/2024	Represa		ML14		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo
14/10/2022	Tran. invierno a verano	Cachón	ML1		Alto	Promedio	Promedio	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Promedio	Alto	Alto	Alto	Alto	
13/12/2022			ML10		Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	
15/01/2023	Verano	Cauchos	ML7		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Promedio	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Promedio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Promedio	
27/02/2023			Represa		ML5	Promedio	Promedio	Promedio	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
6/12/2022		ML9		Alto	Promedio	Promedio	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	
23/01/2024		ML12		Promedio	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	
23/01/2024		ML13		Promedio	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
14/02/2024		ML16		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Promedio	
28/02/2023		Ostos		ML2	Bajo	Promedio	Promedio	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
3/02/2024			ML17	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo			Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
28/02/2023		Huertas	ML4	Promedio	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Promedio	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	
28/02/2023				Robles	ML3	Alto	Promedio	Promedio	Promedio	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto

Humedad (%): Once muestras arrojaron valores superiores al promedio (19,69%), con extremos en ML17 (20,6%) del grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* del apiario Ostos y ML18 (20,67%) del grupo dominado por *Elaeis olifera* y *Psidium guajava* del apiario Robles; once muestras presentaron valores inferiores al promedio, con el más bajo en muestra ML7(19,00%) del grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* del apiario Cauchos.

Con relación a la variabilidad de la precipitación-estacionalidad, se encontró que en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*, la humedad varía entre 18,87% (invierno) y 20,67% (transición verano a invierno) con un promedio de 19,62%. En el grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* tuvo una variación de 19% (verano) a 20,6% (transición invierno a verano) con un promedio de 19,77%.

Actividad de agua (AW): Siete muestras arrojaron valores superiores al promedio (0,612) con extremos en la muestra ML17 (0,632) del grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* del apiario Ostos y ocho muestras presentaron valores por debajo del promedio, con extremos en ML14(0,597) y ML23 (0,598) del grupo dominado por *Elaeis olifera* y *Psidium guajava* del apiario Represa, ML21 (0,595) y ML24 (0,596) del grupo dominado por *Elaeis olifera* y *Psidium guajava* del apiario Cauchos.

Con relación a la variabilidad de la precipitación-estacionalidad, para actividad de agua se encontró que en el grupo dominado por *Elaeis olifera* y *Psidium guajava* presento una variación entre 0,597 a 0,617 (verano) y 0,596 a 0,627 (invierno) con un promedio de 0,610; en el grupo de *Plumería rubra* y *Verbena officinalis-azul* tuvo una variación de 0,598 a 0,632 (verano) a 0,611 (transición invierno a verano) con un promedio de 0,615.

Sólidos solubles totales (°Brix): Ocho muestras presentaron valores por encima del promedio (78,92°Brix), con máximo en ML14 (79,87°Brix) del grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* del apiario Represa. En ocho muestras los valores fueron inferiores al promedio, con mínimos en ML18 (77,53°Brix) del grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* del apiario Robles y ML17 (77,8°Brix) del grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* del apiario Ostos.

Según la estacionalidad en el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava*, para el parámetro sólidos solubles totales varía entre 77,53°Brix (transición verano a invierno) y 79,87°Brix (verano) con un promedio de 78,89°Brix. En el grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul la variación se dio entre 77,8°Brix a 79,60°Brix (verano) y un promedio de 78,95°Brix.

pH: Trece muestras presentaron valores superiores al promedio (4,32) con un máximo en la muestra ML4 (4,84) del grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Huertas, once valores bajos con el más bajo en muestra ML17 (3,87) del grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Ostos y cuatro con valor promedio. Según la estacionalidad el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* varío entre 3,91 (verano) a 4,66 (invierno) con un promedio 4,35. El grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul todas las muestras analizadas pertenecían a temporada de verano y variaron entre 3,87 a 4,84 con promedio de 4,29.

Acidez libre (meq/Kg): Once muestras tenían valores por encima del promedio (33,83 meq/Kg) con valor máximo en la muestra ML5 (47,97 meq/Kg) del grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Represa; 15 muestras presentaron valores por debajo del promedio con el mínimo en ML 4 (22,71 meq/Kg) del grupo dominado por *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Huertas. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* varío entre 25,42 meq/Kg a 46,69 meq/Kg en temporada del verano, y tuvo un promedio de 34,52 meq/Kg. El grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul las muestras variaron entre 22,71 meq/Kg a 47,97 meq/Kg en temporada de verano, con un promedio de 33,03 meq/Kg.

Acidez láctica (meq/Kg): Doce muestras arrojaron valores superiores al promedio (5,65 meq/Kg), con extremo en ML21 (9,31 meq/Kg) del grupo dominado por *Elaeis olifera* y *Psidium guajava* del apiario Cauchos, 14 muestras presentaron valores por debajo del promedio, con el mínimo en la muestra ML4 (3,34 meq/Kg) del grupo *Plumería rubra* y *Verbena officinalis*-azul del apiario Huertas. Según la estacionalidad, el grupo dominado

por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 3,61meq/Kg (invierno) a 9,31meq/Kg (transición verano a invierno), con un promedio de 6,49 meq/Kg. En el grupo *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis*-azul once de las muestras analizadas pertenecían a temporada de verano y la variación fue entre 3,34meq/Kg a 7,88meq/Kg con un promedio de 4,67meq/Kg.

Acidez total (meq/Kg): Doce muestras arrojaron valores por encima del promedio (39,38 meq/Kg), con máximo en ML5 (52,69meq/Kg) del grupo de *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis*-azul apiario Represa; 13 muestras presentaron valores por debajo del promedio con el mínimo en ML4 (26,05meq/Kg) del grupo dominado por *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Huertas. Según la estacionalidad, el grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 30,91meq/Kg a 51,43meq/Kg en temporada de verano, con un promedio de 40,82 meq/Kg. En el grupo *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno verano, por ello las ubicadas en temporada verano variaron entre 26,05meq/Kg a 52,69meq/Kg con promedio de 37,70 meq/Kg.

Hidroximetilfurfural (mg/Kg): En dieciséis muestras analizadas, siete presentaron valores por encima del promedio (59,56 mg/Kg) con un máximo en ML13 (75,94 mg/Kg) del grupo *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Represa, siete presentaron valores por debajo del promedio con el valor mínimo en ML22 (42,08mg/Kg) del grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* del apiario Represa. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 42,08mg/Kg (invierno) a 73,72mg/Kg (transición de verano a invierno) con un promedio de 58,48 mg/Kg. En el grupo *Plumeria rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las ubicadas en temporada verano presentaron variación entre 54,81mg/Kg a 75,94meq/Kg con promedio de 62,79 meq/Kg.

Actividad diastasa (DN): Diez muestras arrojaron valores superiores al promedio (13,78 DN) con un máximo en ML25 (27,56 DN) del grupo *Elaeis oleifera* - *Psidium guajava* del apiario Cauchos, 16 muestras presentaron valores por debajo del promedio con el valor mínimo ML21 (6,87 DN) del grupo *Elaeis oleifera* - *Psidium guajava* del apiario Cauchos. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* y *Psidium guajava* vario entre

6,87 D En el grupo *Plumería rubra - Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las ubicadas en temporada verano tuvieron variación entre 8,66 DN a 23,90 DN y promedio de 13,51 DN.

Cenizas (%): Once muestras arrojaron valores superiores al promedio (0,177%), con máximo en ML20 (0,293%) del grupo *Elaeis olifera - Psidium guajava* del apiario Huertas, 15 muestras presentaron valores por debajo del promedio con el mínimo en ML23 (0,107%) del grupo *Elaeis olifera - Psidium guajava* del apiario Represa. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava* vario entre 0,107% (invierno) a 0,293% (transición verano a invierno) con promedio de 0,170%. El grupo de *Plumería rubra - Verbena officinalis*-azul, se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las ubicadas en temporada verano variaron entre 0,110% a 0,236% con promedio 0,185%.

Minerales

- **Potasio (mg/100g):** Diez muestras arrojan valores superiores al promedio (160,93 mg/100g) con máximo en ML20 (307,73mg/100g) del grupo *Elaeis olifera - Psidium guajava* del apiario Huertas; 16 muestras presentaron valores por debajo del promedio con valor mínimo en ML22 (72,77mg/100g) del grupo *Elaeis olifera - Psidium guajava* del apiario Represa. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera - Psidium guajava* vario entre 72,77mg/100g (invierno) a 307,72mg/100g (transición verano invierno) con promedio de 170,12mg/100g. El grupo *Plumería rubra - Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las ubicadas en temporada verano variaron entre 87,42mg/100g a 226,85 mg/100g, con un promedio de 150,21mg/100g.
- **Fósforo (mg/100g):** Ocho muestras arrojaron valores superiores al promedio (5,91 mg/100g) con máximo en ML20 (9,15mg/100g) del grupo *Elaeis olifera - Psidium*

guajava apiario Huertas, 18 muestras presentaron valores por debajo del promedio con el mínimo en ML21 (3,9mg/100g) del grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* del apiario Huertas. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 3,90mg/100g (transición verano a invierno) a 9,15mg/100g (Transición verano a invierno) con promedio de 5,84mg/100g. El grupo de *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las ubicadas en temporada verano variaron entre 4,16 mg/100g a 8,70 mg/100g con promedio de 5,98mg/100g.

- **Calcio (mg/100g):** Quince muestras presentaron valores superiores al promedio (16,87mg/100g) con máximo en ML25 (22,02mg/100g) del grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* del apiario Cauchos, 11 muestras presentaron valores por debajo del promedio con un mínimo en ML7 (8,65mg/100g) del grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Cauchos. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 14,27mg/100g (verano) a 22,02mg/100g (invierno) con promedio 19,26 mg/100g. El grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las ubicadas en temporada verano presentaron una variación entre 8,65mg/100g a 21,71 mg/100g con promedio de 14,08 mg/100g.
- **Magnesio (mg/100g):** Dieciséis muestras presentaron valores superiores al promedio (6,67 mg/100g) con máximo en ML3 (10,08mg/100g) del grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Robles, diez muestras presentaron valores por debajo del promedio con el mínimo en ML12 (2,57mg/100g) del grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Represa. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 3,43mg/100g (verano) a 9,09mg/100g (transición verano a invierno) con promedio 7,03 mg/100g. El grupo de *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las ubicadas en temporada verano variaron de 2,57mg/100g a 10,08mg/100g y promedio de 6,25 mg/100g.

- **Sodio (mg/100g):** Cinco muestras presentaron valores superiores al promedio (4,12 mg/100g) con máximo en ML14 (10,62mg/100g) del grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* del apiario Represa, cinco muestras presentaron valores por debajo del promedio con el mínimo en ML17 (1,71mg/100g) del grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Ostos. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* y *Psidium guajava* vario entre 1,49mg/100g (transición verano a invierno) a 10,62 mg/100g (verano) con promedio de 4,10 mg/100g. El grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las muestras variaron entre 1,71mg/100g a 10,46mg/100g con un promedio de 4,14 mg/100g.
- **Hierro (mg/100g):** Nueve muestras presentaron valores superiores al promedio (0,25 mg/100g) con máximo en ML7 (0,5mg/100g) del grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul apiario Cauchos, 17 muestras presentaron valores por debajo del promedio con el mínimo en ML23 (0,08mg/100g) del grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* del apiario Represa. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 0,08mg/100g (invierno) a 0,32mg/100g (verano) con promedio de 0,20 mg/100g. El grupo de *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, variando entre 0,17mg/100g a 0,50mg/100g con promedio de 0,31mg/100g.
- **Manganeso (mg/100g):** Nueve muestras presentaron valores superiores al promedio (0,38mg/100g) con máximo en ML14 (0,76mg/100g) del grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* apiario Represa, 17 muestras presentaron valores por debajo del promedio con mínimo en ML17 (0,12mg/100g) del grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul del apiario Ostos. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 0,13mg/100g a 0,76mg/100g en verano y promedio de 0,35mg/100g. El grupo *Plumería rubra* -

Verbena officinalis-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, vario entre 0,12mg/100g a 0,74mg/100g con promedio de 0,40 mg/100g.

- **Zinc (mg/100g):** Ocho muestras presentaron valores máximos al promedio (0,18 mg/100g) con máximo en ML20 (0,29mg/100g) del grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* del apiario Huertas, 18 muestras presentaron valores por debajo del promedio con el mínimo en ML23 (0,11mg/100g) del grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* del apiario Represa. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* y *Psidium guajava* vario entre 0,11mg/100g (invierno) a 0,29mg/100g (transición verano a invierno) y promedio de 0,18 mg/100g. El grupo *Plumería rubra* y *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, variaron entre 0,12mg/100g a 0,27mg/100g con promedio de 0,17mg/100g.

Metales pesados: En las mieles analizadas no se detectó la presencia de los metales pesados cadmio y plomo lo que indica un entorno ambiental sin contaminantes.

Conductividad eléctrica (mS/cm): Dieciséis muestras presentaron valores superiores al promedio (0,669 mS/cm) con una máxima en la muestra ML20 (0,947mS/cm) del grupo *Elaeis oleífera* – *Psidium guajava* del apiario Huertas, nueve muestras presentaron valores por debajo del promedio con el valor mínimo en ML22 (0,378mS/cm) del grupo *Elaeis oleífera* – *Psidium guajava* del apiario Represa.

Según la estacionalidad, el grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 0,378 mS/cm (invierno) a 0,947 mS/cm (transición verano a invierno) con promedio de 0,658 mS/cm. El grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las muestras variaron entre 0,430mS/cm a 0.864mS/cm y promedio de 0,683mS/cm.

Pfund (mm): Doce muestras presentaron valores superiores al promedio (56,51 mm), con una máxima en ML7 (91 mm) del grupo *Plumería rubra* – *Verbena officinalis*-azul del apiario Cauchos, 13 muestras presentaron valores por debajo del promedio con el valor mínimo

en ML22 (34 mm) del grupo *Elaeis oleifera* – *Psidium guajava* apiario Represa. Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* – *Psidium guajava* vario entre 34 mm (invierno) a 75,93 mm (verano) y promedio de 53,36 mm. El grupo dominado por *Plumería rubra* – *Verbena officinalis* se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, variando entre 44 a 91 mm con un promedio de 60,19mm.

Contenido de fenoles totales (mgCAE/100g): Once muestras presentaron valores superiores al promedio (22,66 mgCAE/100g) con máxima en la muestra ML14 (37,69 mgCAE/100g) del grupo *Elaeis oleifera* – *Psidium guajava* del apiario Represa, 13 muestras presentaron valores por debajo del promedio con el valor mínimo en ML23 (10,87 mgCAE/100g) del grupo *Elaeis olifera* – *Psidium guajava* del apiario Represa.

Según la estacionalidad el grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 10,87 mgCAE/100g (invierno) a 37,69 mgCAE/100g (verano) y promedio de 21,00 mgCAE/100g. El grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, variando entre 18,28 mgCAE/100g a 34,36 mgCAE/100g y un promedio de 24,60 mgCAE/100g.

Contenido de flavonoides totales (mgQE/100g): Dieciséis muestras presentaron valores superiores al promedio (2,69mgQE/100g), con máxima en ML7 (28,00 mgQE/100g) del grupo *Plumería rubra* – *Verbena officinalis*-azul del apiario Cauchos, diez muestras presentaron valores por debajo del promedio con mínimo en ML22 (12,30 mgQE/100g) del grupo *Elaeis oleifera* – *Psidium guajava* del apiario Represa.

Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 0,71mgQE/100g (invierno) a 3,33mgQE/100g (verano) y un promedio de 2,10 mgQE/100g. El grupo de *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, variando entre 2,20 mgQE/100g a 5,95 mgQE/100g con un promedio de 3,37 mgQE/100g.

Polifenoles (mg/kg): En ocho muestras se encontraron luteolina, ácido p-hidroxibenzoico y ácido p-cumarico, los dos últimos compuestos “marcadores para esta región”, sin embargo, deberá ser consolidado con el análisis de otras muestras. En las mieles del grupo *Plumería rubra* y *Verbena officinalis-azul* se identificaron exclusivamente teobromina, epicatequina, ácido cafeico y naringenina.

Capacidad Antioxidante – Método TEAC ($\mu\text{molTE}/100\text{g}$): Trece muestras presentaron valores superiores al promedio (135,49 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$) con máxima en las muestras ML20 (201,03 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$) del grupo *Elaeis oleífera* – *Psidium guajava* del apiario Huertas. Trece muestras presentaron valores por debajo del promedio con mínimo en ML12 (73,60 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$) del grupo *Plumería rubra* – *Verbena officinalis-azul* del apiario Represa.

Según la estacionalidad, el grupo *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 87,19 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ (invierno) a 201,03 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ (transición verano a invierno) con un promedio de 135,00 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$. El grupo *Plumería rubra* y *Verbena officinalis-azul* se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las muestras variaron entre 73,60 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ a 198,44 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ y un promedio de 136,07 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$

Actividad antioxidante – Método DPPH ($\mu\text{molTE}/100\text{g}$): Doce muestras presentaron valores superiores al promedio (58,73 $\mu\text{Lmol}/\text{TE}$) con máxima en la muestra ML10 (69,63 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$) del grupo *Plumería rubra* – *Verbena officinalis-azul* del apiario Cachón; en doce muestras los valores están por debajo del promedio con un mínimo en la muestra ML5 (47,42 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$) del grupo *Plumería rubra* – *Verbena officinalis-azul* del apiario Represa.

Según la estacionalidad, el grupo dominado por *Elaeis olifera* - *Psidium guajava* vario entre 50,93 $\mu\text{Lmol}/\text{TE}$ (invierno) a 63,59 $\mu\text{Lmol}/\text{TE}$ (transición verano a invierno) y un promedio de 58,09 $\mu\text{Lmol}/\text{TE}$. El grupo *Plumería rubra* - *Verbena officinalis-azul* se encuentran once muestras en temporada de verano y una en transición invierno a verano, las muestras variaron entre 47,42 $\mu\text{Lmol}/\text{TE}$ a 69,63 $\mu\text{Lmol}/\text{TE}$ y un promedio de 59,48 $\mu\text{Lmol}/\text{TE}$.

4.1.3 Síntesis final

En las veintiséis muestras de miel evaluadas durante los tres años para veintiséis características fisicoquímicas (Tabla 4-2) predominaron valores bajos en acidez libre, actividad diastasa, cenizas y en minerales potasio, fósforo, sodio, hierro, manganeso y zinc. Se encontraron valores altos en los minerales calcio y magnesio, conductividad eléctrica y contenido de flavonoides totales.

Sin tendencia definida figuran los parámetros humedad, actividad de agua, sólidos solubles totales (°Brix), pH, acidez láctica, acidez total, hidroximetilfurfural, color Pfund, contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante método TEAC y DPPH.

En las muestras del grupo de *Elaeis oleifera* - *Psidium guajava* predominan valores bajos de las muestras en cenizas, fósforo, sodio, hierro, zinc y contenido fenoles totales; valores altos en acidez láctica, acidez total y en minerales magnesio.

No se diferenció una tendencia definida en humedad, actividad de agua, sólidos solubles totales (°Brix), pH, acidez libre, hidroximetilfurfural, actividad diastasa, en minerales potasio, calcio y manganeso, conductividad eléctrica, color PFund, contenido flavonoles totales, capacidad antioxidante método TEAC y DDPH.

En *Plumería rubra* - *Verbena officinalis*-azul predominan valores bajos de las muestras en acidez libre, acidez láctica, acidez total, actividad diastasa, en minerales potasio, fósforo, sodio, hierro, manganeso y zinc.

Hay valores altos en conductividad eléctrica, contenido fenoles totales y contenido flavonoles totales.

Sin tendencia definida en humedad, actividad de agua, sólido solubles totales (°Brix), pH, hidroximetilfurfural, cenizas, en minerales calcio y magnesio, color Pfund, capacidad antioxidante método TEAC y DPPH.

Tabla 4-2: Tendencias encontradas entre los resultados palinológicos y fisicoquímicos en las muestras de miel.

Características fisicoquímicas	<i>Elaeis oleífera - Psidium guajava</i>	General	<i>Plumeria rubra - Verbena officinalis-azul</i>
Humedad %	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia
AW	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia
SST	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia
pH	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia
Acidez libre	Sin tendencia	Bajo	Bajo
Acidez láctica	Alto	Sin tendencia	Bajo
Acidez total	Alto	Sin tendencia	Bajo
HMF	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia
Diastasa	Sin tendencia	Bajo	Bajo
Cenizas	Bajo	Bajo	Sin tendencia
Potasio	Sin tendencia	Bajo	Bajo
Fósforo	Bajo	Bajo	Bajo
Calcio	Sin tendencia	Alto	Sin tendencia
Magnesio	Alto	Alto	Sin tendencia
Sodio	Bajo	Bajo	Bajo
Hierro	Bajo	Bajo	Bajo
Manganeso	Sin tendencia	Bajo	Bajo
Zinc	Bajo	Bajo	Bajo
CE	Sin tendencia	Alto	Alto
Pfund	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia
Contenido fenoles totales	Bajo	Sin tendencia	Alto
Contenido flavonoides totales	Sin tendencia		Alto
TEAC	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia
DPPH	Sin tendencia	Sin tendencia	Sin tendencia

De la tabla 4-2 se concluye que las mieles de *Elaeis olifera* – *Psidium guajava* se caracterizan por contenidos altos (por encima del promedio general) en acidez láctica, acidez total, en minerales magnesio y bajo contenido fenólico. Las mieles del grupo *Plumeria rubra- Verbena officinalis-azul* se caracterizan por valores altos en conductividad eléctrica, contenido de fenoles y contenido de flavonoides totales.

5. Anexo

A.Anexo: Tipos polínicos identificados muestras de miel.

Especie	D	S	IA	A	Máx.	Mín.	Especie	IA	A	Máx.	Mín.	Especie	A	IA	Máx.	Mín.	Especie	D	S	IA	A	Máx.	Mín.		
<i>Mimosa púdica</i>	1	12	11	1	0,498	0,008	<i>Melastomataceae 7</i>	3	1	0,070	0,010	<i>Morfotipo 38</i>	1	1	0,035	0,013	<i>Genipa americana</i>				3	0,018	0,005		
<i>Bixa orellana</i>		1	2	3	0,430	0,010	<i>Morfotipo 8</i>	1	1	0,068	0,025	<i>Morfotipo 42</i>	1	2	0,035	0,025	<i>Melastomataceae 18</i>				3	0,018	0,003		
<i>Mimosa albida</i>		4	9	1	0,375	0,015	<i>Asystasia nitida</i>	1	2	0,068	0,008	<i>Morfotipo 48</i>	2	1	0,035	0,013	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>				1	0,015	0,015		
<i>Mimosa trianae</i>		1	3	6	0,310	0,013	<i>Morfotipo 12</i>	1	1	0,065	0,010	<i>Morfotipo 4</i>	2	2	0,035	0,013	<i>Melastomataceae 13</i>				1	0,015	0,015		
<i>Melastomataceae 10</i>		1			0,250	0,250	<i>Morfotipo 46</i>	1	1	0,065	0,005	<i>Morfotipo 66</i>		1	0,035	0,035	<i>Melastomataceae 17</i>				1	0,015	0,015		
<i>Plumeria rubra</i>		1	5	3	0,213	0,013	<i>Cecropia metensis</i>	3	2	0,065	0,013	<i>Cuphea hyssopifolia</i>		2	0,035	0,030	<i>Morfotipo 64</i>				1	0,015	0,015		
<i>Catharanthus roseus</i>		2	1	1	0,200	0,013	<i>Morfotipo 33</i>	2	5	0,065	0,003	<i>Mimosa quadrivalvis</i>	1	1	0,033	0,008	<i>Morfotipo 62</i>				2	0,015	0,013		
<i>Citrus x latifolia</i>		2	3		0,198	0,088	<i>Elaeis guineensis</i>	9	3	0,063	0,005	<i>Morfotipo 23</i>	1	1	0,033	0,028	<i>Mimosácea 2</i>				3	0,015	0,015		
<i>Lantana câmara</i>		1	4	1	0,185	0,028	<i>Labiateae 1</i>	1	2	0,060	0,008	<i>Morfotipo 34</i>	1	2	0,033	0,018	<i>Bromeliaceae</i>				6	0,015	0,008		
<i>Morfotipo 63</i>		1	1	2	0,180	0,015	<i>Protium sp.</i>	3	4	0,060	0,005	<i>Mimosácea 3</i>	2	1	0,033	0,013	<i>Acacia sp.</i>				1	0,013	0,013		
<i>Clidemia hirta</i>		1	2	3	0,178	0,020	<i>Solanum jamaicense</i>	7	4	0,060	0,003	<i>Melastomataceae 16</i>		1	0,033	0,033	<i>Cissus erosa</i>				1	0,013	0,013		
<i>Morfotipo 29</i>		1			0,165	0,165	<i>Morfotipo 17</i>	1	2	0,058	0,010	<i>Melastomataceae 22</i>		1	0,033	0,033	<i>Thitonia diversifolia</i>				1	0,013	0,013		
<i>Morfotipo 69</i>			1		0,150	0,150	<i>Rhynchanthera grandiflora</i>	2	2	0,058	0,015	<i>Morfotipo 68</i>		1	0,033	0,033	<i>Asteraceae</i>				2	0,013	0,013		
<i>Morfotipo 32</i>			5		0,138	0,040	<i>Solanum palinacanthum</i>	1	6	0,058	0,010	<i>Morfotipo 26</i>		1	0,030	0,023	<i>Eucalyptus globulus</i>				2	0,013	0,008		
<i>Bellucia pentamera</i>		4	2		0,135	0,005	<i>Melastomataceae 6</i>	1	1	0,055	0,028	<i>Morfotipo 61</i>		1	0,030	0,018	<i>Labiateae 3</i>				2	0,013	0,003		
<i>Morfotipo 65</i>		2	1		0,130	0,013	<i>Heliconia hirsuta</i>	4	4	0,055	0,003	<i>Eucalyptus 2</i>	2	1	0,030	0,003	<i>Anthurium andraeanum</i>				1	0,010	0,010		
<i>Indigofera hirsuta</i>		3	2		0,130	0,008	<i>Elaeis oleifera</i>	6	5	0,055	0,008	<i>Cucúrbita máxima</i>	5	1	0,030	0,005	<i>Morfotipo 50</i>				1	0,010	0,010		
<i>Psidium guajava</i>		4	3		0,130	0,005	<i>Arecaceae 2</i>	2	1	0,053	0,025	<i>Melastomataceae 19</i>		1	0,030	0,030	<i>Morfotipo 71</i>				1	0,010	0,010		
<i>Melastomataceae 11</i>		3			0,125	0,045	<i>Crotalaria longirostrata</i>	2	1	0,053	0,013	<i>Commelina benghalensis</i>	1		0,028	0,028	<i>Neomaria northiana</i>				1	0,010	0,010		
<i>Oxalis corniculata</i>		4	1		0,120	0,015	<i>Emilia sonchifolia</i>	3	8	0,053	0,005	<i>Rubiaceae</i>	2		0,028	0,005	<i>Richardia scabra</i>				1	0,010	0,010		
<i>Morfotipo 2</i>		3	7		0,120	0,003	<i>Arecaceae</i>	1	3	0,050	0,003	<i>Torenia crustácea</i>	2		0,028	0,003	<i>Morfotipo 47</i>				3	0,010	0,003		
<i>Mandevilla hirsuta</i>		3	1		0,115	0,005	<i>Morfotipo 5</i>	4	4	0,050	0,008	<i>Eucalyptus 3</i>	3		0,028	0,005	<i>Salvia sp</i>				4	0,010	0,003		
<i>Morfotipo 28</i>		4	2		0,115	0,010	<i>Syzygium jambos</i>	1	9	0,050	0,005	<i>Melastomataceae 20</i>		1	0,025	0,025	<i>Acalypha sp.</i>				1	0,008	0,008		
<i>Melastomataceae 5</i>		7			0,115	0,030	<i>Euphorbia milii</i>	1	1	0,048	0,023	<i>Melastomataceae 3</i>		1	0,025	0,025	<i>Arecaceae 1</i>				1	0,008	0,008		
<i>Morfotipo 25</i>		1	4		0,113	0,005	<i>Morfotipo 20</i>	3	2	0,048	0,020	<i>Trimezia martinicensis</i>		1	0,023	0,023	<i>Momordica charantia</i>				1	0,008	0,008		
<i>Melastomataceae 9</i>		5	3		0,110	0,008	<i>Eucalyptus pellita</i>	2	16	0,048	0,003	<i>Morfotipo 41</i>		2	0,023	0,008	<i>Morfotipo 14</i>				1	0,008	0,008		
<i>Melastomataceae 8</i>		4			0,110	0,048	<i>Melastomataceae 21</i>	1	1	0,045	0,023	<i>Morfotipo 74</i>		9	0,023	0,003	<i>Morfotipo 57</i>				1	0,008	0,008		
<i>Desmodium maquenque heterocarpom</i>		1	1		0,108	0,003	<i>Morfotipo 36</i>	1	1	0,045	0,013	<i>Eryngium foetidum</i>		1	0,020	0,020	<i>Morfotipo 72</i>				1	0,008	0,008		
<i>Sapindus saponaria</i>		1	4		0,108	0,008	<i>Melastomataceae 14</i>	2	1	0,045	0,025	<i>Morfotipo 52</i>		1	0,020	0,020	<i>Inga sp</i>				1	0,005	0,005		
<i>Morfotipo 27</i>		3	2		0,105	0,005	<i>Dianella tasmanica</i>	3	1	0,045	0,025	<i>Eucalyptus 1</i>	2		0,020	0,008	<i>Spermacoce capitata</i>				1	0,005	0,005		
<i>Verbena officinalis-azul</i>		2	4		0,105	0,005	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	2	7	0,045	0,008	<i>Labiateae 2</i>	2		0,020	0,005	<i>Morfotipo 31</i>				2	0,005	0,005		
<i>Mimosácea 1</i>		1	1		0,100	0,003	<i>Melastomataceae 15</i>	1		0,045	0,045	<i>Morfotipo 45</i>	2		0,020	0,015	<i>Samanea samán</i>				2	0,005	0,005		
<i>Melastomataceae 1</i>		2	1		0,098	0,008	<i>Morfotipo 56</i>	1		0,043	0,043	<i>Acmella brachyglossa</i>	1		0,018	0,018	<i>Morfotipo 19</i>				3	0,005	0,003		
<i>Melastomataceae 12</i>		3			0,098	0,048	<i>Morfotipo 6</i>	2		0,043	0,033	<i>Cyperaceae</i>	1		0,018	0,018	<i>Morfotipo 67</i>				3	0,005	0,003		
<i>Roystonea regia</i>		1	5		0,090	0,005	<i>Ixora coccínea</i>	1	1	0,040	0,008	<i>Fabaceae</i>	1		0,018	0,018	<i>Carica papaya</i>				1	0,003	0,003		
<i>Inga 1</i>		1	3		0,083	0,003	<i>Pourouma cecropiifolia</i>	1	3	0,040	0,010	<i>Hibrido interespecifico OxG</i>	1		0,018	0,018	<i>Clidemia sp</i>				1	0,003	0,003		
<i>Brownea grandiceps</i>		1			0,080	0,080	<i>Dichorisandra thyrsoiflora</i>	2	3	0,040	0,005	<i>Morfotipo 73</i>		1	0,018	0,018	<i>Loranthaceae</i>				1	0,003	0,003		
<i>Alchornea sp.</i>		6	5		0,078	0,005	<i>Melastomataceae 4</i>	1	1	0,038	0,023	<i>Tabebuia rosea</i>		1	0,018	0,018	<i>Melastomataceae 23</i>				1	0,003	0,003		
<i>Eugenia stipitata</i>		1	5		0,073	0,008	<i>Morfotipo 7</i>	2		0,038	0,035	<i>Morfotipo 22</i>		2	0,018	0,010	<i>Myrtaceae</i>				1	0,003	0,003		
<i>Melastomataceae 2</i>		3			0,073	0,030	<i>Morfotipo 9</i>	2		0,038	0,038	<i>Morfotipo 59</i>		2	0,018	0,008	Total general	1	28	230	313				

(D = Dominante >45%, S = Secundário ≤16, ≤45%, IA = Importante Aislado ≥3, <16%, A = Aislado ≥1, <3%)

B. Anexo: Tipos polínicos identificados en las muestras de propóleo.

Especie	S	IA	A	Máx.	Mín.
<i>Mimosa púdica</i>	5			0,365	0,105
<i>Elaeis guineensis</i>	2	1		0,090	0,010
<i>Emilia sonchifolia</i>	2	2	1	0,063	0,005
<i>Euphorbia milii</i>	2	2		0,073	0,015
Melastomataceae 7	2	1		0,125	0,008
<i>Mimosa trianae</i>	2	2		0,088	0,043
<i>Syzygium jambos</i>	2	2		0,065	0,008
<i>Acalypha sp.</i>	1			0,055	0,055
<i>Asystasia nítida</i>	1	1		0,080	0,025
<i>Bixa orellana</i>	1	2		0,055	0,020
<i>Browallia americana</i>	1			0,053	0,053
<i>Cyathea sp.</i>	1			0,070	0,070
<i>Eryngium foetidum</i>	1	3		0,100	0,013
<i>Genipa americana</i>	1	1		0,068	0,013
Melastomataceae 4	1			0,083	0,083
Melastomataceae 8	1			0,053	0,053
Morfotipo 17	1			0,078	0,078
Morfotipo 19	1	1		0,068	0,008
Morfotipo 22	1			0,133	0,133
Morfotipo 36	1	1		0,065	0,018
<i>Plumeria rubra</i>	1	2		0,053	0,020
Arecaceae 1		1		0,043	0,043
<i>Bellucia pentámera</i>		2		0,050	0,023
Bromeliáceae		1		0,043	0,043
<i>Brunfelsia pauciflora</i>		1		0,023	0,023
<i>Catharanthus roseus</i>		1		0,010	0,010
<i>Cissus Erosa</i>		2		0,045	0,020
<i>Crotalaria longirostrata</i>		1		0,020	0,020
<i>Cucúrbita máxima</i>		2	1	0,030	0,003
<i>Cuphea hyssopifolia</i>		2		0,040	0,020
Cyperaceae		2		0,035	0,028
<i>Desmodium maquenque heterocarpom</i>		1		0,008	0,008
<i>Dianella tasmanica</i>		1		0,033	0,033
<i>Dichorisandra thyrsoiflora</i>		1		0,050	0,050
<i>Eucalyptus pellita</i>		4		0,048	0,025
<i>Eucalyptus 3</i>		1	1	0,030	0,005
<i>Eucalyptus globulus</i>		3		0,020	0,010
<i>Geophila repens</i>			1	0,003	0,003

Especie	S	IA	A	Máx.	Mín.
<i>Heliconia hirsuta</i>		1	1	0,013	0,003
<i>Indigofera hirsuta</i>		1		0,018	0,018
<i>Ixora coccinea</i>			1	0,003	0,003
<i>Jacaranda mimosifolia</i>		3		0,015	0,008
<i>Lantana cámara</i>		2		0,015	0,013
<i>Mandevilla hirsuta</i>		1		0,013	0,013
Melastomataceae 1		1		0,025	0,025
Melastomataceae 13		1		0,008	0,008
Melastomataceae 14		2		0,015	0,013
Melastomataceae 18		1		0,018	0,018
Melastomataceae 2		3		0,035	0,010
Melastomataceae 20		1		0,050	0,050
Melastomataceae 5		1		0,023	0,023
<i>Mimosa quadrivalvis</i>			1	0,003	0,003
Morfotipo 25		1		0,013	0,013
Morfotipo 26		1		0,015	0,015
Morfotipo 31		1		0,045	0,045
Morfotipo 41		1		0,013	0,013
Morfotipo 5		1		0,023	0,023
Morfotipo 62		1		0,023	0,023
Morfotipo 68		1		0,020	0,020
Morfotipo 9		1	1	0,020	0,005
<i>Oxalis barrelieri</i>		1		0,040	0,040
<i>Pavonia sepium</i>		1		0,015	0,015
<i>Pourouma cecropiifolia</i>		1		0,020	0,020
Morfotipo 78		2	1	0,018	0,003
<i>Rhynchanthera grandiflora</i>			1	0,005	0,005
<i>Richardia scabra</i>			1	0,005	0,005
<i>Roystonea regia</i>		3	1	0,028	0,003
Rubiaceae		1		0,013	0,013
<i>Salvia sp</i>		1		0,010	0,010
<i>Samanea samán</i>			1	0,005	0,005
<i>Sapindus saponaria</i>			2	0,005	0,005
<i>Solanum palinacanthum</i>		1		0,008	0,008
<i>Thitonia diversifolia</i>			1	0,003	0,003
<i>Torenia crustácea</i>			1	0,003	0,003
<i>Verbena officinalis-azul</i>		1		0,040	0,040
Total general	31	85	17		

(D = Dominante >45%, S = Secundario ≥16, ≤45%, IA = Importante Aislado ≥3, <16%, A = Aislado ≥1, <3%)

C. Anexo: Tabla Chataway – Índice de refracción y contenido de agua con temperatura de 20°C.

Contenido de agua (g/100 g)	Índice de refracción (20 °C)	Contenido de agua (g/100 g)	Índice de refracción (20 °C)
13,0	1,5044	19,0	1,4890
13,2	1,5038	19,2	1,4885
13,4	1,5033	19,4	1,4880
13,6	1,5028	19,6	1,4875
13,8	1,5023	19,8	1,4870
14,0	1,5018	20,0	1,4865
14,2	1,5012	20,2	1,4860
14,4	1,5007	20,4	1,4855
14,6	1,5002	20,6	1,4850
14,8	1,4997	20,8	1,4845
15,0	1,4992	21,0	1,4840
15,2	1,4987	21,2	1,4835
15,4	1,4982	21,4	1,4830
15,6	1,4976	21,6	1,4825
15,8	1,4971	21,8	1,4820
16,0	1,4966	22,0	1,4815
16,2	1,4961	22,2	1,4810
16,4	1,4956	22,4	1,4805
16,6	1,4951	22,6	1,4800
16,8	1,4946	22,8	1,4795
17,0	1,4940	23,0	1,4790
17,2	1,4935	23,2	1,4785
17,4	1,4930	23,4	1,4780
17,6	1,4925	23,6	1,4775
17,8	1,4920	23,8	1,4770
18,0	1,4915	24,0	1,4765
18,2	1,4910	24,2	1,4760
18,4	1,4905	24,4	1,4755
18,6	1,4900	24,6	14.750
18,8	1,4895	25,0	1,4740

Fuente: Comisión internacional de la miel, 2009

D.Anexo: Contenido mineral de las muestras de miel evaluadas (mg/100g).

Muestra	Promedio de Potasio	Desvest de Potasio	Promedio de Fósforo	Desvest de Fósforo	Promedio de Calcio	Desvest de Calcio	Promedio de Magnesio	Desvest de Magnesio	Promedio de Sodio	Desvest de Sodio	Promedio de Hierro	Desvest de Hierro	Promedio de Manganeso	Desvest de Manganeso	Promedio de Zinc	Desvest de Zinc
ML1	157,85	7,08	4,95	0,16	12,78	0,30	6,20	0,14	3,51	0,16	0,38	0,06	0,35	0,02	0,12	0,01
ML2	151,55	3,90	5,98	0,09	18,40	0,24	9,51	0,11	2,53	0,03	0,34	0,07	0,70	0,01	0,23	0,01
ML3	156,52	3,51	5,12	0,22	20,98	0,43	10,08	0,19	2,26	0,04	0,30	0,04	0,74	0,01	0,27	0,01
ML4	200,98	4,02	5,70	0,18	13,68	0,18	7,66	0,12	2,96	0,12	0,23	0,12	0,25	0,01	0,13	0,02
ML5	152,93	2,51	8,65	0,04	13,41	0,15	7,40	0,03	6,84	0,16	0,29	0,02	0,60	0,02	0,14	0,00
ML6	146,86	4,48	7,69	0,40	14,27	0,26	7,06	0,10	5,26	0,08	0,32	0,02	0,54	0,02	0,15	0,01
ML7	128,77	6,83	8,70	0,82	8,65	0,43	5,31	0,28	6,56	0,16	0,50	0,01	0,50	0,01	0,22	0,02
ML8	122,21	3,25	5,14	0,09	16,26	0,20	7,92	0,05	2,06	0,05	0,25	0,03	0,37	0,01	0,19	0,02
ML9	197,69	1,82	6,12	0,08	13,00	0,12	7,38	0,07	3,08	0,03	0,18	0,01	0,27	0,00	0,14	0,00
ML10	157,77	2,83	5,62	0,21	12,12	0,21	5,70	0,04	3,20	0,02	0,36	0,01	0,33	0,00	0,12	0,00
ML11	95,23	1,12	5,39	0,04	14,54	1,16	3,43	0,13	3,41	0,25	0,30	0,00	0,13	0,01	0,16	0,02
ML12	90,08	4,21	4,61	0,50	10,87	1,10	2,57	0,27	3,19	0,52	0,32	0,03	0,12	0,01	0,15	0,03
ML13	94,05	0,76	5,03	0,08	12,22	0,67	2,99	0,21	3,37	0,48	0,48	0,05	0,14	0,00	0,16	0,01
ML14	220,35	13,12	7,08	0,08	21,57	1,54	7,67	0,34	10,62	0,25	0,22	0,01	0,76	0,01	0,14	0,02
ML15	224,28	7,36	7,01	0,09	21,79	1,75	7,52	0,41	10,01	0,02	0,17	0,00	0,72	0,01	0,12	0,01
ML16	226,85	16,16	7,16	0,08	21,71	1,95	7,56	0,52	10,46	0,50	0,17	0,03	0,73	0,02	0,13	0,02
ML17	87,42	0,81	4,16	0,01	11,17	0,74	2,64	0,21	1,71	0,21	0,20	0,02	0,12	0,01	0,19	0,01
ML18	204,32	10,00	5,10	0,18	19,98	1,01	7,20	0,16	2,49	0,12	0,25	0,09	0,32	0,00	0,22	0,14
ML19	212,02	8,71	4,82	0,09	21,04	1,70	7,53	0,49	2,21	0,13	0,21	0,01	0,36	0,00	0,22	0,01
ML20	307,73	18,59	9,15	0,19	21,70	1,79	9,09	0,51	1,49	0,14	0,23	0,01	0,26	0,01	0,29	0,04
ML21	87,45	0,56	3,90	0,05	20,38	0,98	6,78	0,26	4,70	0,16	0,14	0,02	0,32	0,01	0,26	0,01
ML22	72,77	0,59	4,20	0,03	19,59	1,33	6,27	0,28	2,59	0,21	0,13	0,03	0,21	0,01	0,23	0,03
ML23	80,74	0,21	4,38	0,14	18,35	1,32	5,81	0,33	2,68	0,17	0,08	0,00	0,20	0,01	0,11	0,02
ML24	89,04	2,51	4,72	0,08	17,51	0,76	5,54	0,17	2,41	0,12	0,09	0,02	0,19	0,00	0,15	0,03
ML25	258,34	37,89	6,91	0,05	22,02	1,58	8,79	0,37	4,32	0,50	0,26	0,02	0,32	0,00	0,17	0,02
ML26	260,35	10,23	6,30	0,07	20,63	1,02	7,78	0,27	3,22	0,17	0,13	0,01	0,26	0,01	0,15	0,01
General	160,93	65,17	5,91	1,48	16,87	4,27	6,67	2,00	4,12	2,62	0,25	0,11	0,38	0,21	0,17	0,06

E. Anexo: Cromatogramas Polifenoles miel – Servicio UIS

	LABORATORIO DE CROMATOGRFÍA Y ESPECTROMETRÍA DE MASAS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	CÓDIGO: CM-FSE-12
	INFORME DE RESULTADOS Código: 994588-EB	VERSIÓN: D6
		PÁGINA 1 de 3

1. DATOS GENERALES

INFORME DE ENSAYO		
FECHA DE RECEPCIÓN:	2024-08-01	CÓDIGO(S) DE LA(S) MUESTRA(S): Véase Tabla 1.
FECHA DE ANÁLISIS:	2024-08-24	PLAN DE MUESTREO: NO APLICA
FECHA DE EMISIÓN:	2024-08-29	LUGAR DEL ANÁLISIS: Laboratorio CROM-MASS
ANÁLISIS:	DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS EN MUESTRAS SÓLIDAS POR CROMATOGRFÍA LÍQUIDA DE ULTRA-ALTA RESOLUCIÓN CON DETECTOR DE MASAS ORBITRAP, UHPLC-ESI-ORBITRAP-HRMS	
DOCUMENTO NORMATIVO:	Procedimiento interno del Laboratorio CROM-MASS.	

MUESTRA(S) RECIBIDA(S) PARA ANÁLISIS

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-SEDE BOGOTÁ	Celular o teléfono:	320 854 8789
	(Carrera 30 # 45 -03 Edificio 500 Oficina 264, Bogotá D.C.)		
IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):	Véase Tabla 1.		
ANÁLISIS SOLICITADO:	Determinación por UHPLC-ESI-ORBITRAP-HRMS de compuestos fenólicos en muestras sólidas.		
DESCRIPCIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):	Miel	MATRIZ:	Líquida

2. OBSERVACIONES O DESVIACIONES (SI APLICA):

ÍTEM	OBSERVACIÓN
Embalaje en buen estado (sin fisuras, perforaciones, tapas quebradas, ni suciedad)	Ninguna
Embalaje adecuado	Ninguna
Preservación adecuada de las muestras (pilas refrigerantes).	Ninguna
Temperatura de almacenamiento ≤6°C	NA
Frasco de vidrio ámbar o transparente (ferrados con papel aluminio)	Ninguna
Estado del almacenamiento de las muestras (frascos sin quiebre, sin derrames)	Ninguna
Cantidad de muestra (mínimo aproximado 100 mL)	Ninguna

Nota 1: Este informe de resultados corresponde únicamente a las muestras recibidas y analizadas por el Laboratorio.

Nota 2: La reproducción parcial de este informe está sujeta a la aprobación del laboratorio, con el fin de no generar una interpretación descontextualizada del mismo.

Nota 3: El Laboratorio no es responsable por la información suministrada por el cliente.

3. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Preparación de la muestra	La preparación de las muestras analizadas se realizó disolviendo la muestra en una mezcla de metanol:agua (1:1 v/v) con ácido fórmico 0.2% v/v, vórtice (5 min) y sonicación (20 min) y posterior inyección al equipo cromatográfico.
Materiales de referencia certificados	Como estándares de referencia se utilizaron las xantinas: cafeína (Sigma-Aldrich, Part N° C8960-250G), teobromina (Sigma-Aldrich, Part N° T4500-25G) y teofilina (Sigma-Aldrich, Part N° T1633-25G); las catequinas: (±)-catequina (C) (Sigma-Aldrich, Part N° C1788-500MG), (-)-epigallocatequina galato (EGCG) (Sigma-Aldrich, Part N° E4143-50MG), (-)-epicatequina (EC) (Sigma-Aldrich, Part N° E1753-1G), (-)-epicatequina galato (ECG) (Sigma-Aldrich, Part N° E3893-10MG), (-)-epigallocatequina (EGC) (Sigma-Aldrich, Part N° E3768-5MG); los flavonoides: ácido caféico (Sigma-Aldrich, Part N° C0625.), ácido p-cumárico (Sigma-Aldrich, Part N° C9008), ácido rosmarínico (Sigma-Aldrich, Part N° 536954-5G), quercetina (Sigma-Aldrich, Part N° Q4951-10G), naringenina (Sigma-Aldrich, Part N° N5893-1G), luteolina (Sigma-Aldrich, Part N° L9283-10MG), kaempferol (Sigma-Aldrich, Part N° K0133-50MG), pinocembrina (Sigma-Aldrich, Part N° P5239), apigenina (Sigma-Aldrich, Part N° A3145-25MG.); las antocianinas: cianidina 3-rutinosido (Sigma-Aldrich, Part N° G36428), pelargonidina 3-glucósido (Sigma-Aldrich, Part N° 53489).
Equipo cromatográfico	Cromatógrafo líquido de ultra-alta eficiencia (UHPLC), Dionex Ultimate 3000 (Thermo Scientific, Sunnyvale, CA, EE.UU.), equipado con una bomba binaria de gradiente (HP G3400RS), un inyector automático de muestras (WPS 300TRS) y una unidad termostada para la columna (TCC 3000). La interfaz del LC-MS fue la electronebulización (ESI) y el espectrómetro de masas fue de alta resolución con un sistema de detección de corrientes de iones Orbitrap. Operado en modo positivo con un voltaje de capilar de 3,5 kV.
Columna cromatográfica	Columna Hypersil GOLD Aq (Thermo Scientific, Sunnyvale, CA, EE.UU.; 100 x 2.1 mm, 1.9 µm de tamaño

	LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA Y ESPECTROMETRÍA DE MASAS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	CÓDIGO: CM-FSE-12
	INFORME DE RESULTADOS Código: 994588-EB	VERSIÓN: 06
		PÁGINA 2 de 3

	de partícula).
Fase móvil	La fase móvil fue: A- ácido fórmico al 0.1% v/v y formiato de amonio 5 mM (agua) y, B- ácido fórmico al 0.1% v/v y formiato de amonio 5 mM (metanol). La condición inicial de gradiente fue de 100% A, cambiando linealmente hasta 100% B (8 min); se mantuvo durante 4 min; el retornó a las condiciones iniciales en 1 min; el tiempo total de corrida fue de 13 min, con 7 min para post-corrida.
Identificación de los compuestos	La identificación de los compuestos se realizó usando el modo de adquisición full scan y la extracción de corrientes iónicas (EIC) correspondientes a las moléculas protonadas [M+H] ⁺ de compuestos de interés, medición de masas con exactitud y precisión de Δppm < 1, revisión de las relaciones isotópicas y patrones de fragmentación. La cuantificación de los analitos de interés se basó en curvas de calibración empleando los materiales de referencia certificados.

4. RESULTADOS

Tabla 1. Tiempos de retención (tr), nivel mínimo de cuantificación (NMC) y resultados del análisis de compuestos fenólicos en la muestra, analizada por UHPLC-ESI⁺-ORB/TRAP-HRMS.

Compuesto	tr, min	NMC, mg/kg	Concentración en las muestras, mg/kg								
			994588-01-EB	994588-02-EB	994588-03-EB	994588-04-EB	994588-05-EB	994588-06-EB	994588-07-EB	994588-08-EB	
			ID MUESTRA: ML1- 14/10/2022	ID MUESTRA: ML4- 28/02/2023	ID MUESTRA: ML5- 27/02/2023	ID MUESTRA: ML7- 15/01/2023	ID MUESTRA: ML9- 6/12/2022	ID MUESTRA: ML15- 14/02/2024	ID MUESTRA: ML16- 14/02/2024	ID MUESTRA: ML20- 12/03/2024	
Teobromina	3,1	< 0,1	0,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Teofilina	3,7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Epigallocatequina	3,7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Catequina	3,7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Epicatequina	4,2	< 0,1	0,7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1*	< 0,1
Ácido p-hidroxibenzoico	3,8	< 0,4	3,2	0,8	1,3	2,2	0,8	1,3	1,0	< 0,1	< 0,1
Cafeína	4,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ácido cafeico	4,2	< 0,1	< 0,1*	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ácido vanílico	4,6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Epigallocatequina galato	4,1	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Ácido p-cumárico	4,7	< 0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Epicatequina galato	4,6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ácido ferúlico	5,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Quercetina	5,8	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1*	< 0,1*	< 0,1	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1
Ácido rosmarínico	5,1	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Luteolina	6,0	< 0,1	< 0,1*	< 0,1	< 0,1*	0,1	< 0,1	0,1	0,1	< 0,1	< 0,1
Ácido trans-cinámico	5,8	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Naringenina	5,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Apigenina	6,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Pinocembrina	6,6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ácido ursólico	9,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Pelargonidina 3-glucósido	4,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Rutina	5,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

* Detectado por debajo del nivel mínimo de cuantificación y por encima del nivel mínimo de detección del método empleado.

Camera 27 – Calle 9, Ciudad Universitaria, Edificio 45, Bloque A Entrada 2A, Piso 2. Teléfono: 607 634 4000 Ext. 1140. Línea directa: 607 645 6737.
Celular 312 418 9475. Bucaramanga, Colombia.
e-mail: labromauis@yahoo.com.

Anexo F: Presentaciones y publicaciones



EL SECRETARIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DEL
DEPARTAMENTO DEL META

HACE CONSTAR

Que la profesional **Sandra Johanna Castañeda Carrillo**, Bióloga de Agrosavia Centro de Investigación La Libertad, participó como ponente en Expoacadémico 2023 del 11 al 13 de octubre, el cual se realizó teniendo en cuenta algunos sectores productivos importantes para el desarrollo regional, tanto los existentes como los potenciales, desarrollando temáticas para mejorar su competitividad como lo es el conocimiento de experiencias regionales y nacionales, temas que se presentaron en diferentes modalidades, en el marco de Expomalocas 2023 celebrado del 11 al 16 de octubre de 2023 con la intervención: "Determinación del origen floral de las mieles y sus características de calidad físico química en el Meta", el viernes 13 de octubre de 2023, en el salón Amanecer Llanero, ubicado en el Parque de la Cultura Llanera- Malocas.

Se expide en la ciudad de Villavicencio, a los trece (13) días del mes de octubre de 2023, a solicitud de la interesada.

Atentamente,



JOSE PAULINO ZARATE LOZADA



Proyectó: Nora Cubillos, Comunicadora Social, Expoacadémico 2023



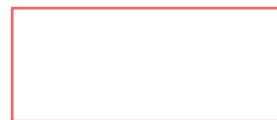
DEPARTAMENTO DEL META
NIT. 892.000.148-9

LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DEL
DEPARTAMENTO DEL META

HACE CONSTAR

Que la señora **SANDRA JOHANNA CASTAÑEDA CARRILLO**, identificada con la Cédula de Ciudadanía No. 52041084, participo como Expositora en representación de Agrosavia el día 26 de junio de 2024 en el marco de Expo académico 2024, con la conferencia titulada "Influencia de la flora apícola en la calidad de miel.

La presente Constancia se expide a los veintisiete (27) días del mes de Junio del año dos mil veinticuatro (2024).



EDGARD ANDRES PARDO ROMERO

Proyectó: Patricia Méndez Sama-Técnico Administrativo



Carrera 33 No 38-45 / Edificio Gobernación / Meta / Colombia
PBX: (+57) 8 681 85 00 / Línea Gratuita nacional: 01 8000 129 202
www.meta.gov.co

GOBERNACIÓN DEL META - Villavicencio - Meta
Línea gratuita nacional: 01 8000 129 202
www.meta.gov.co





Certifica que:

SANDRA JOHANNA CASTAÑEDA CARRILLO

CC 52.841.084

Asistió al 21 CONGRESO NACIONAL Y ENCUENTRO
COLOMBIANO DE APICULTORES en calidad de:

PONENTE

Dado en Neiva, el 25 de abril de 2025.



Diego Silva Garnica
Director 21 Congreso

Fabio Diazgranados Jaramillo
Presidente FEDEABEJAS

1965 - 2025

60
AÑOS

24 de abril

Día del Apicultor en Colombia