



**Contribución al conocimiento
de las características
fisicoquímicas y térmicas de
mieles de siete especies de
abejas sin aguijón presentes
en Norte de Santander,
Colombia, aplicando análisis
multivariado.**

Yaneth Cardona Rodríguez



Un científico, que vivía preocupado con los problemas del mundo, estaba resuelto a encontrar los medios para aminorarlos...

Pasaba días en su laboratorio en busca de respuestas para sus dudas.

Cierto día, su hijo de 7 años invadió su santuario decidido a ayudarlo a trabajar. El científico, nervioso por la interrupción, le pidió al niño que fuese a jugar a otro lado. Viendo que era imposible sacarlo, el padre pensó en algo que pudiese darle con el objetivo de distraer su atención.

De repente se encontró con una revista, en donde había un mapa con el mundo, justo lo que precisaba. Con unas tijeras recortó el mapa en varios pedazos y junto con un rollo de cinta se lo entregó a su hijo diciendo:

-"Como te gustan los rompecabezas, te voy a dar el mundo todo roto para que lo repares sin ayuda de nadie".

Entonces calculó que al pequeño le llevaría 10 días componer el mapa, pero no fue así.

Pasadas algunas horas, escuchó la voz del niño que lo llamaba calmadamente: Papá, papá, ya hice todo, conseguí terminarlo".

Al principio el padre no creyó en el niño. Pensó que sería imposible que, a su edad hubiera conseguido recomponer un mapa que jamás había visto antes. Desconfiado, el científico levantó la vista de sus anotaciones con la certeza de que vería el trabajo digno de un niño. Para su sorpresa, el mapa estaba completo. Todos los pedazos habían sido colocados en sus debidos lugares.

-¿Cómo era posible? ¿Cómo el niño había sido capaz?

De esta manera, el padre preguntó con asombro a su hijo:

-Hijito, tú no sabías cómo era el mundo, ¿cómo lo lograste?

-Papá, -respondió el niño- yo no sabía cómo era el mundo, pero cuando sacaste el mapa de la revista para recortarlo, vi que del otro lado estaba la figura de un hombre. Así que di vuelta los recortes y comencé a recomponer al hombre, que sí sabía cómo era. Cuando conseguí arreglar al hombre, di vuelta la hoja y vi que había arreglado al mundo".

Gabriel García Márquez
Escritor Colombiano
1927-2014



3.2 Determinación de las propiedades fisicoquímicas	18
3.2.1 Índice de refracción, humedad y contenido de azúcares totales	19
3.2.2 pH y acidez	19
3.2.3 Cenizas	20
3.2.4 Hidroximetilfurfural (HMF)	21
3.2.5 Diastasa	22
3.2.6 Conductividad eléctrica.....	23
3.2.7 Sólidos insolubles	23
3.3 Determinación de las propiedades térmicas.....	24
3.4 Análisis estadístico.....	24
4. Resultados y análisis	25
4.1 Propiedades fisicoquímicas.....	25
4.1.1 Índice de refracción y humedad.....	38
4.1.2 Azúcares totales	40
4.1.3 pH y acidez.....	41
4.1.4 Cenizas y conductividad eléctrica.....	43
4.1.5 Hidroximetilfurfural y actividad de diastasa.....	48
4.1.6 Contenido de sólidos insolubles	50
4.1.7 Análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas.....	50
4.1.8 Valores obtenidos y legislación vigente	54
4.2 Determinación de las propiedades térmicas.....	57
4.2.1 Transición 1.....	61
4.2.2 Transiciones 2 y 3.....	62
4.2.3 Transición 4.....	65
4.2.4 Análisis estadístico.....	67
5. Conclusiones	69
6. Recomendaciones.....	71
7. Bibliografía.....	72
Anexos	61



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Abeja del género <i>Apis mellifera</i>	3
Figura 2. Abejas de la especie <i>Melipona compressipes</i> y partes de su nido.	4
Figura 3. Abejas de la especie <i>Melipona favosa favosa</i> y su nido.	5
Figura 4. Abejas de la especie <i>Melipona fuscipes</i> y su nido.	5
Figura 5. Abejas de la especie <i>Trigona (Frieseomelitta) nigra</i> y su nido.	6
Figura 6. Abejas <i>Trigona (Tetragonisca) angustula</i> y su nido.	7
Figura 7. Abejas <i>Scaptotrigona</i> sp., y su nido.	8
Figura 8. Abejas de la especie <i>Nannotrigona</i> sp., y su nido.	8
Figura 9. Potes de cerumen de colmenas de abejas sin aguijón y paneles de cera de colmenas de <i>Apis mellifera</i>	10
Figura 10. Ubicación geográfica del área de muestreo.	17
Figura 11. Potes de miel y muestreo.....	17
Figura 12. Espectrofotómetros UV- Vis, Shimadzu (UV-2401PC).	21
Figura 13. Equipo SDT-Q600 simultáneo TGA-DSC.....	24
Figura 14. Humedad (%) de las diferentes mieles, durante el año de análisis.	39
Figura 15. Azúcares totales (°Brix) de las diferentes mieles, durante el año de análisis...	41
Figura 16. Acidez (libre, láctica y total) de las diferentes mieles, durante el año de análisis	42
Figura 17. pH de las diferentes mieles, durante el año de análisis.	43
Figura 18. Conductividad eléctrica (mS/cm) y cenizas (%) de las muestras de miel, durante el año de muestreo.	46
Figura 19. Relación entre los parámetros físico-químicos cenizas y conductividad eléctrica.	47
Figura 20. Muestras de miel.	48
Figura 21. Actividad de la diastasa (DN) en las diferentes muestras de miel, durante el año.	49
Figura 22. Análisis de componentes principales realizados a las propiedades físico-químicas de las muestras de miel.	51



Figura 23. Clasificación muestras de miel	54
Figura 24. Termogramas de las muestras de miel.....	58
Figura 25. Temperaturas de la primera transición para las diferentes muestras de miel. 61	
Figura 26. Entalpías de la primera transición para las diferentes muestras de miel.	61
Figura 27. Temperaturas de la segunda transición en las muestras de miel.....	63
Figura 28. Entalpías de la segunda transición para las mieles de las diferentes especies.63	
Figura 29. Temperaturas de la transición 3 para las diferentes mieles.....	63
Figura 30. Entalpías de la tercera transición para las diferentes mieles.....	64
Figura 31. Temperaturas de la transición 4 (a y b), para las diferentes mieles.	66
Figura 32. Entalpías de la transición 4 (a y b) para las diferentes muestras de miel.....	66



LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Símbolo	Término	Unidad
T_g	Temperatura de transición vítrea	$^{\circ}\text{C}$
ΔH_{vap}	Entalpía de vaporización	J g^{-1}
ΔH_{fus}	Entalpía de fusión	J g^{-1}
ΔH_{dec}	Entalpía de descomposición	J g^{-1}
T_m	Temperatura de fusión	$^{\circ}\text{C}$
T_i	Temperatura inicial de descomposición	$^{\circ}\text{C}$
T_{ini}	Temperatura inicial de la transición	$^{\circ}\text{C}$
T_{mpico}	Temperatura máxima de la transición	$^{\circ}\text{C}$
T_f	Temperatura final de la transición	$^{\circ}\text{C}$

Abreviatura	Término
DSC	<i>Differential Scanning Calorimetry</i>
ANOVA	<i>Analysis of variance</i>
PCA	<i>Principal component analysis</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
LSD	<i>Least significant difference</i>
ICTAC	<i>International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry</i>
TGA	<i>Thermogravimetric analysis</i>
DTA	<i>Differential thermal analysis</i>
SPME	<i>Solid-phase microextraction</i>
GC-MS	<i>Gas chromatography–mass spectrometry</i>
HMF	Hidroximetilfurfural
NTC	Norma técnica Colombiana
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
UE	Unión Europea
OMS	Organización Mundial de la Salud
Trs	Transición



LISTA DE ECUACIONES

Ecuación	Determinación	Unidades
1	Porcentaje de humedad.	%
2	Acidez libre	meq kg ⁻¹
3	Acidez láctica	meq kg ⁻¹
4	Acidez total	meq kg ⁻¹
5	Cenizas	%
6	Cantidad de hidroximetilfurfural	mg kg ⁻¹
7	Actividad de diastasa	DN
8	Sólidos insolubles	%



1. INTRODUCCIÓN

La calidad de vida del ser humano se relaciona directamente con la salud del planeta, puesto que para sobrevivir depende de la existencia de otras especies animales y vegetales. Un tercio de los alimentos que consumimos está disponible gracias a la polinización y aproximadamente la mitad de los insectos que polinizan las plantas tropicales son abejas; que son uno de los grupos más comunes de insectos, de gran importancia ecológica y económica gracias a sus hábitos alimenticios. Estos insectos son probablemente, los mejor adaptados a la visita floral y debido al gran número de especies y a su abundancia, son un grupo esencial para la polinización y por tanto para la reproducción sexual de la mayoría de las plantas con flores, en especial para muchas plantas de interés agrícola. En el Neotrópico se encuentran aproximadamente 6.000 especies de abejas, que con sus frecuentes visitas a las flores en busca de néctar y polen se convierten en polinizadores eficientes, a diferencia de otros animales, que solo las visitan ocasionalmente [1].

Dentro de los diferentes géneros de abejas, se encuentran las abejas sin aguijón, de las cuales hay centenares en nuestro país, algunas incluso categorizadas como especies vulnerables. Estos insectos son imprescindibles para la polinización de varios ecosistemas tropicales, siendo primordial su preservación; la cual, se vería favorecida con el aumento de meliponicultores (criadores de abejas sin aguijón). El estudio de los productos de estas abejas, como la miel, propóleo, polen, etc., no solamente contribuye a su conocimiento y caracterización, sino además, ayuda a establecer parámetros de calidad, promoviendo su comercialización y su consumo como alimentos funcionales, lo cual fortalecerá la meliponicultura en nuestro país, fomentando así mismo la protección y conservación de estos insectos [2].

En este trabajo, se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica y térmica periódicamente (durante un año), de mieles de las especies *Melipona fuscipes*, *Melipona favosa*, *Melipona compressipes*, *Trigona (Frieseomelitta) nigra*, *Scaptotrigona* sp., *Nannotrigona* sp., *Trigona (Tetragonisca) angustula* y *Apis mellifera*, obtenidas de nidos ubicados en Pamplonita, Los Patios y Carmen de Tonchalá (dependiendo donde se encuentra geográficamente cada especie), mediante TGA-DSC en el caso de las propiedades térmicas y según la metodología establecida por la NTC 1273 y la comisión internacional de la miel en el caso de las propiedades fisicoquímicas.

Este proyecto de investigación está enmarcado dentro de la línea “análisis de materiales” del grupo de Investigación Biocalorimetría de la Universidad de Pamplona. Con este proyecto, se da continuidad a la investigación preliminar “Caracterización fisicoquímica de mieles de cinco especies de abejas sin aguijón de Norte de Santander, Colombia” realizado por la estudiante de pregrado en Química Karen Diez (2011) [3], haciendo mediciones de un mayor número de parámetros fisicoquímicos, en mieles de siete especies de abejas sin aguijón, e incluyendo el estudio de sus propiedades térmicas y realizando los análisis de forma periódica durante un año, por primera vez para Colombia.



2. MARCO REFERENCIAL

2.1 ABEJAS

Las abejas son insectos voladores pertenecientes al orden Hymenóptera, de las cuales existen más de 30.000 especies en el mundo, estos insectos se originaron de avispas cazadoras, durante el período Cretáceo (entre 74 y 146 millones de años atrás). Las abejas poseen un tamaño variado (2 a 30 mm) y al igual que los otros insectos poseen un esqueleto externo compuesto de una serie de capas de cutícula que protegen su organismo; en general, su cuerpo consta de tres partes: cabeza, tórax y abdomen, además poseen dos pares de alas membranosas, aparato bucal lamedor-masticador y aguijón funcional; que en algunas especies se ha reducido y por ello reciben el nombre de abejas sin aguijón. Las abejas suelen formar parte de una colonia o familia llamada colmena (a excepción de las abejas solitarias), en la cual hay una estructura social definida, integrada por una o más reinas (dependiendo el género), zánganos (machos) y obreras (hembras). Sólo las abejas obreras más viejas (entre el 30 y 40% de la población) se encargan de salir de la colmena para recolectar el néctar de las flores, las restantes trabajan en la colmena (en su mayoría alimentando las crías) [4].

Las abejas son de vital importancia para el hombre por su papel como polinizadores; además, son productoras de miel, uno de los alimentos más complejos producidos por la naturaleza, utilizado como agente edulcorante por los seres humanos sin procesamiento y que tiene alto valor nutritivo. Este producto alimenticio se produce en casi todos los países y se ha utilizado desde la antigüedad, principalmente como un agente endulzante; sin embargo, su uso se extiende a una amplia y diversa gama de actividades terapéuticas, debidas a sus propiedades antimicrobianas y capacidad antioxidante, por lo que se considera una parte importante de la medicina tradicional [5-7].

2.1.1 ABEJAS DEL GÉNERO *Apis mellifera*

Las abejas pertenecientes a este género son conocidas comúnmente como abejas de miel, porque son el género que produce mayor cantidad de este alimento, su colonia está integrada por alrededor de 70.000 abejas obreras con una sola reina y algunos zánganos. Como en cualquier sociedad, en una colonia hay división de trabajo; una parte de las abejas busca alimento, otra procesa y almacena la comida, otras cuidan las larvas y atienden a la reina y otro grupo vigila la entrada para evitar el ingreso de intrusos. El nido de las abejas del género *Apis*, está formado por láminas de cera divididas en celdillas hexagonales como se muestra en la figura 1; dentro de ellas se encuentran las larvas y reservas de polen y miel. Las obreras alimentan a las larvas que han salido del huevo y cierran la celdilla cuando éstas han crecido por completo [8].



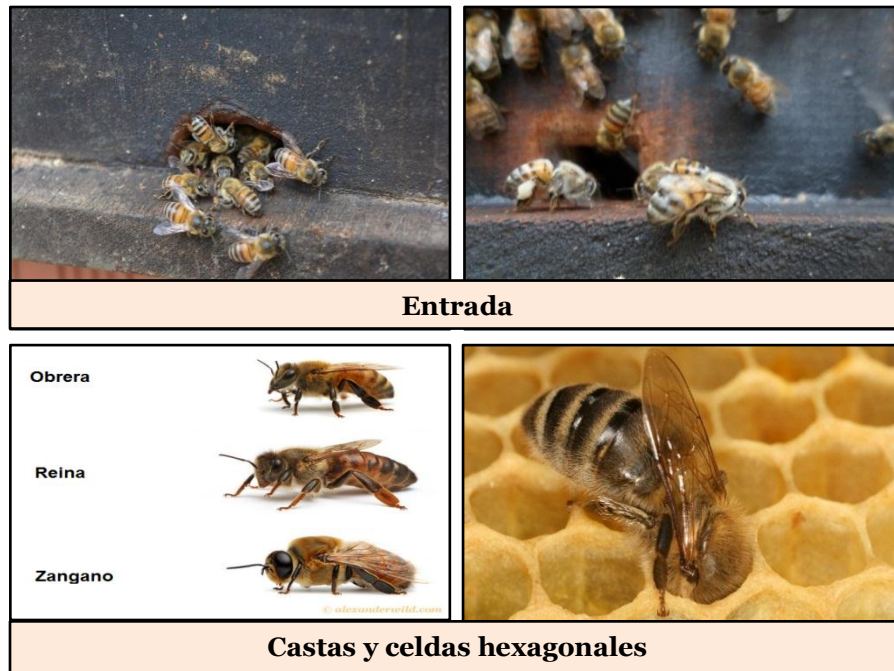


Figura 1. Abeja del género *Apis mellifera*.

Imágenes propias – Grupo de Investigación Biocalorimetría y tomada de (castas) <http://www.alexanderwild.com/> (05/09/2015).

2.1.2 ABEJAS SIN AGUIJÓN

La tribu Meliponini pertenece al grupo de abejas corbiculadas; es decir, que poseen corbícula, una parte de la tibia de la pata posterior que sirve para transportar polen, resinas y desechos. Esta tribu, agrupa todas aquellas abejas conocidas como “abejas sin aguijón” encontradas en áreas tropicales y subtropicales del mundo. Las abejas sin aguijón se caracterizan principalmente por tener aguijón reducido y alas con venación débil o reducida; además, construyen nidos muy característicos para albergar a su cría, con entradas que se diferencian entre especies, por lo cual son usadas incluso para identificarlas. Casi el 50% de las mil especies de plantas que son cultivadas en los trópicos (medicinas, alimento y especias), son polinizadas por abejas, y alrededor de 250 de estas especies están adaptadas para ser polinizadas por abejas sin aguijón. Son principales polinizadoras silvestres de café, ciertos árboles y plantas utilizadas por los indígenas, aguacate, pimienta, tomate, pepino, fresa, coco, mango, nueces de macadamia, entre muchos otros [1, 9-11].

Existen más de 500 especies de abejas sin aguijón en Colombia, agrupadas en 13 géneros y 10 subgéneros pertenecientes a la tribu Meliponini; con aproximadamente 120 especies identificadas hasta ahora. Un porcentaje pequeño (6,9%) de abejas sin aguijón pertenece a la fauna de abejas altoandinas, representada por nueve especies que habitan por encima de los 2.000 msnm y llegan hasta los 3.400 msnm. El resto de las especies están distribuidas a menores alturas, con el máximo número de especies entre los 500 y 1.500 msnm [9, 10, 12, 13].



Las abejas sin aguijón son parte del patrimonio biológico y cultural de nuestro país, son imprescindibles para la polinización de varios ecosistemas tropicales y además contemplan especies con cierto nivel de amenaza, como es el caso de *Melipona favosa*, la cual se considera “vulnerable” de acuerdo con las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Dentro de la tribu Meliponini, se encuentran las abejas de los géneros *Melipona*, *Trigona*, *Scaptotrigona* y *Nannotrigona*, siendo los géneros más comunes: *Trigona* y *Melipona* [2, 14, 15].

2.1.2.1 ABEJAS DEL GÉNERO *Melipona*

El género *Melipona* cuenta con cerca de 70 especies en el neotrópico organizadas en cuatro subgéneros (*Eomelipona*, *Melikerria*, *Melipona* y *Michmelia*), todos ellos presentes en Colombia (más de 20 especies). Este género tiene especies muy utilizadas y apreciadas en la meliponicultura de países como Brasil, Argentina, Perú y Venezuela; siendo éstas las mayores productoras de miel de abejas sin aguijón. Las especies de este género son muy sensibles a modificaciones del ambiente, de manera que no es frecuente encontrar sus nidos en ambientes altamente fragmentados y modificados. Dentro de los cuatro subgéneros citados, se encuentran diferentes especies como *M. compressipes* (figura 2), *M. favosa* (figura 3) y *M. fuscipes* (figura 4). El género *Melipona* está representado por abejas con alas más cortas que su cuerpo, y solo se encuentran en Centro y sur América, mientras que los otros géneros de abejas sin aguijón también pueden encontrarse en otros continentes, excepto Europa [2, 14].



Figura 2. Abejas de la especie *Melipona compressipes* y partes de su nido.

Imágenes propias– Grupo de Investigación Biocalorimetría (tomadas de nidos ubicados en los Patios, Norte de Santander).

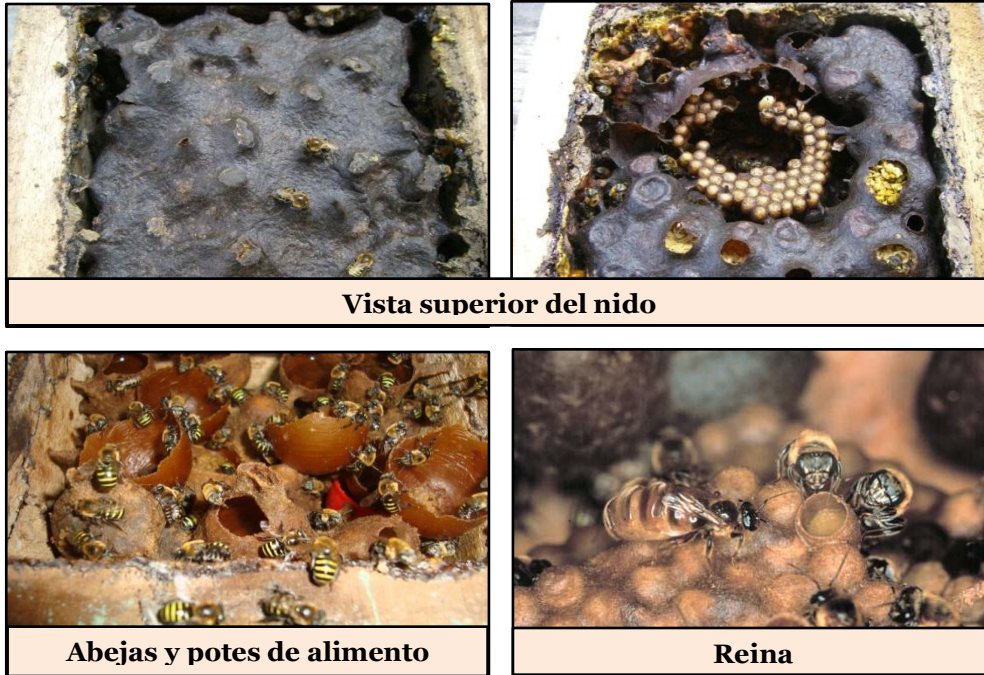


Figura 3. Abejas de la especie *Melipona favosa favosa* y su nido.

Imágenes propias – Grupo de investigación Biocalorimetría (tomadas en los nidos ubicados en Carmen de Tonchalá, Norte de Santander) y tomada (Reina) de <http://web.science.uu.nl/sommeijer//education/dia10.html> (05/09/2015)

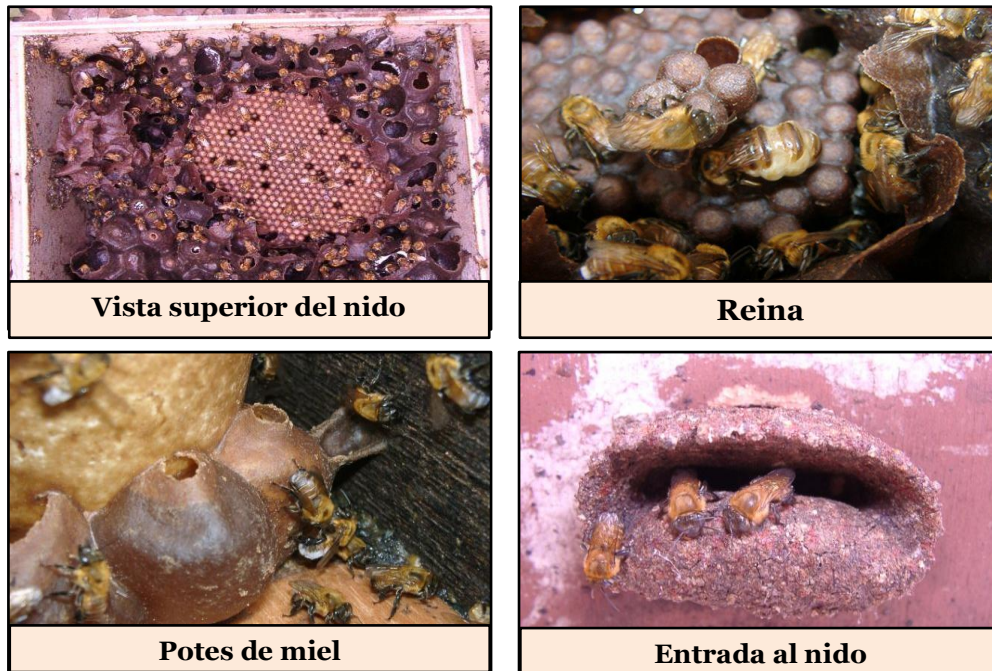


Figura 4. Abejas de la especie *Melipona fuscipes* y su nido.

Imágenes propias- grupo de investigación Biocalorimetría (tomadas de nidos ubicados en Pamplonita, Norte de Santander).



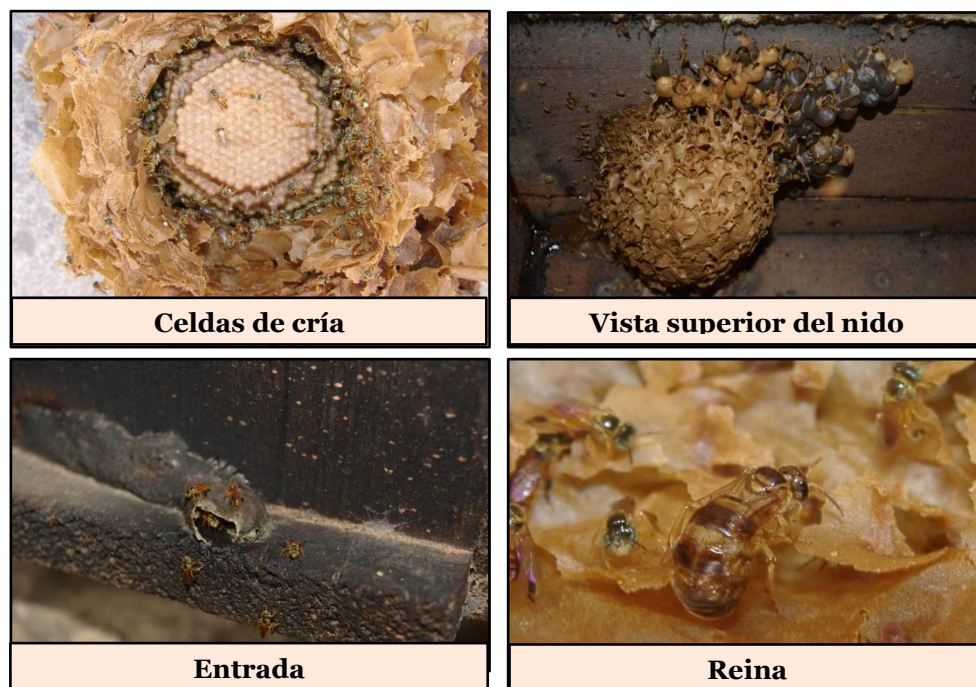


Figura 6. Abejas *Trigona (Tetragonisca) angustula* y su nido.

Imágenes propias – grupo de investigación Biocalorimetría (tomadas de nidos ubicados en Los Patios, Norte de Santander).

2.1.2.3 ABEJAS DEL GÉNERO *Scaptotrigona*

Las abejas pertenecientes al género *Scaptotrigona* (Figura 7) se encuentran ampliamente distribuidas en Colombia tanto altitudinalmente (100-2.600 msnm), como biogeográficamente (en todas las regiones). Son abejas más o menos robustas (5-7mm de longitud) que nidifican en forma de cubierta dentro de troncos de árboles y en muros de ladrillo o piedra, cuya entrada es un tubo de cera, son bastante agresivas y atacan mordiendo e impregnando de resinas al observador. En ciertos países centroamericanos ya se crían algunas de sus especies para la producción de miel [2, 16, 18].

2.1.2.4 ABEJAS DEL GÉNERO *Nannotrigona*

Las abejas del género *Nannotrigona* (figura 8) son pequeñas (3-5mm de longitud), nidifican en cavidades de muros, en tumbas de cementerio y con frecuencia en troncos. Este género, se encuentra distribuido desde México hasta el sureste del Brasil y Paraguay, siempre presentan guardianas en el tubo de entrada a su nido y de las nueve especies reconocidas hay cinco en Colombia [16, 18].





Figura 7. Abejas *Scaptotrigona* sp., y su nido.

Imágenes propias y tomadas de http://www.guayacanreal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=52:descubriendo-un-nuevo-mundo&catid=33:abejas-nativas&Itemid=27 (29/08/2015)



Figura 8. Abejas de la especie *Nannotrigona* sp., y su nido.

Imágenes propias – grupo de investigación Biocalorimetría (tomadas en nidos ubicados en Pamplonita, Norte de Santander).



2.2 MIEL DE ABEJAS, APICULTURA Y MELIPONICULTURA

Las abejas (con o sin aguijón) fabrican miel, cera, propóleo y polen. Para la producción de la miel, las abejas ingieren el néctar de las flores (solución acuosa azucarada secretada por los “nectarios” o glándulas de las plantas) a través de su lengua, al llegar al buche melario dicha solución azucarada se mezcla con enzimas segregadas por distintas glándulas, estas enzimas hidrolizan la sacarosa del néctar en fructosa y glucosa. Simultáneamente, comienza la deshidratación del néctar al absorberse una parte del agua por las células de la pared del buche; sin embargo, cuando la abeja regresa a la colmena y regurgita las gotas del néctar deslizándolas a través de su lengua en las celdillas próximas a la entrada, donde la deposita, es cuando se lleva a cabo la mayor pérdida de agua debida a la evaporación por contacto con el aire caliente de la colmena, esta deshidratación se completa durante los días que siguen al depósito del néctar en los alvéolos de los panales [20, 21].

La miel está compuesta por aproximadamente 200 sustancias, sus componentes principales son agua y azúcares simples o monosacáridos (de los cuales la fructosa y la glucosa son los componentes principales). En las investigaciones que se han llevado a cabo, se ha observado que la composición de la miel difiere entre abejas con y sin aguijón; así, por ejemplo, la humedad en las mieles provenientes de *Apis mellifera* es menor al 20%, mientras que en la miel de abejas sin aguijón, se encuentra entre 20% a 40%. Los componentes minoritarios de la miel (en general) son compuestos nitrogenados, minerales, vitaminas (ácido ascórbico, niacina, piridoxina, etc.), ácidos orgánicos, proteínas, aminoácidos, enzimas (invertasa, glucosa oxidasa, catalasa, y fosfatasa), polen, compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides) y otros compuestos orgánicos. Estos componentes y la cantidad de los mismos, depende de diversos factores como: las especies florales utilizadas (monofloral o polifloral), la naturaleza del suelo, la especie de abejas y el estado fisiológico de la colonia. La miel de abeja producida tanto por *Apis mellifera* (comercializada mundialmente) como por otras especies, es una matriz poco favorable para el crecimiento de microorganismos; adicionalmente, este alimento, es el único edulcorante que se puede usar y almacenar tal como se produce en la naturaleza [14, 22-38].

La diferencia estructural más notable en colmenas de meliponinos respecto a las de *Apis mellifera* es la presencia de potes de cerumen (mezcla de cera y resinas) para almacenar la miel y el polen en el caso de las abejas sin aguijón, mientras que la especie *Apis mellifera* utiliza panales hexagonales de cera (figura 9). Además del aprovechamiento del espacio (celdas hexagonales), está la cantidad de individuos que habitan el panal, pues una colmena doméstica de *Apis mellifera* puede albergar a más de 80.000 individuos y su reina puede poner alrededor de 1.500 huevos por día durante toda su vida útil (2 a 5 años), mientras que las reinas de abejas sin aguijón ponen de 10 a 100 huevos al día (dependiendo de la especie) y el tamaño de las colonias es bastante variable, albergando de 100 a 500 individuos en el caso de las especies de *Melipona*. De una colmena estándar tipo *Langstroth* de *Apis mellifera*, se pueden obtener alrededor de 30 kg de miel, lo que en óptimas condiciones, da un rendimiento de más de 100kg por año, en el caso de meliponinos, la producción de miel depende de la especie y las condiciones ecológicas; así,



por ejemplo, del género *Melipona*, se puede obtener por colonia de 1 a 4 litros por año y en el caso de la abeja *Trigona (Tetragonisca) angustula*, hay datos que reportan una producción de 500 mililitros a 1 litro por año; sin embargo, la presentación en la que suele comercializarse esta miel, es en envases de vidrio o goteros de diez a veinte mililitros [21, 35, 39].



Figura 9. Potes de cerumen de colmenas de abejas sin aguijón y paneles de cera de colmenas de *Apis mellifera*.

Imágenes propias y tomada de <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2015/03/14/formas-de-vida-de-las-abejas/> (29/08/2015)

A través de la historia, diversos grupos humanos originarios de América han utilizado a las abejas sin aguijón para la obtención de productos alimenticios, fabricación de utensilios o con fines medicinales u ornamentales y en muchas culturas su importancia trasciende la utilidad material para ocupar un espacio simbólico, mítico y cosmogónico. Además de la recolección y aprovechamiento de colonias silvestres, algunos pueblos aborígenes desarrollaron técnicas para la cría de meliponinos, como los antiguos mayas en la península de Yucatán (México), o ciertos grupos culturales de lo que hoy es Colombia y Venezuela. El término “meliponicultura” fue propuesto por primera vez en Brasil por Nogueira-Neto (1953) para denominar la cría o cultivo de abejas sin aguijón de la tribu Meliponini. En los últimos años, se ha impulsado la meliponicultura en países como Australia, Brasil y México, entre otros, en donde esta actividad ha tenido un crecimiento notable y se han desarrollado tecnologías para el mantenimiento y reproducción de colonias y la caracterización, producción y manejo de la miel. Esto ha ocurrido, en parte como respuesta a las alertas sobre la disminución de polinizadores a nivel mundial, lo cual ha impulsado el interés por ampliar el conocimiento acerca de las abejas sin aguijón; además, recientes tendencias de mercado promueven el consumo de productos “especiales” o “diferenciados” como la miel de los meliponinos. La información sobre el



estado y desarrollo de la meliponicultura en Colombia y la caracterización de sus mieles es escasa y en su mayoría no ha sido documentada, se han realizado investigaciones sobre riqueza y diversidad en algunas regiones o localidades específicas y se conocen generalidades sobre la distribución y biología de algunos géneros y especies; por ejemplo, en el año 2013 se llevó a cabo un estudio en 16 departamentos de Colombia que cultivaban 25 especies de abejas sin aguijón, agrupadas en 12 géneros, encontrando nueve especies más sin identificación completa y falencias en lo que respecta al conocimiento de esa diversidad y su manejo, lo cual resalta la necesidad de investigación para la conservación de estas abejas y aprovechamiento de sus productos, además del afianzamiento de los conocimientos asociados [2, 14, 40].

Por otra parte, la apicultura es la crianza y cuidado de abejas de la especie *Apis mellifera*, con el fin de obtener sus productos y poder comercializarlos. Esta palabra proviene del latín *Apis* (abeja) y *Cultura* (cultivo) y es de mayor interés que la meliponicultura, debido a que estas abejas producen mayor cantidad de miel [21].

2.3 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y LEGISLACIÓN

El consumo promedio de miel de abejas en Colombia en los últimos quince años, es de alrededor 1.924 toneladas anuales y su demanda para consumo directo, se debe principalmente a su uso como medicamento para enfermedades gripales y respiratorias en la medicina tradicional. La cultura de consumo en nuestro país es baja, debido en gran parte a la falta de seguridad que el consumidor tiene sobre la autenticidad de la miel y la percepción que tiene sobre estos productos; además del desconocimiento de sus aportes fuera de la medicina tradicional. Es importante publicitar y promover este producto con el propósito de generar un cambio gradual en los hábitos de consumo en Colombia que favorezcan a la comunidad y además la encaminen a preservar y proteger a las diferentes especies de abejas; sin embargo, para ello es necesario asegurar la buena calidad de la miel producida en nuestro país, por lo cual se hace necesario caracterizarla [14, 40, 41].

La miel comercializada mundialmente casi en su totalidad, hace referencia a la producida por la especie *A. mellifera*; por lo cual, la mayoría de investigaciones están enfocadas a la caracterización y estudio de las propiedades de la miel de esta especie. Los estudios relacionados con la caracterización de mieles producidas por Meliponinos en Colombia son escasos y los desarrollados en mieles producidas en Norte de Santander son casi nulos, existiendo solo un estudio, realizado por el grupo de investigación Biocalorimetría de la Universidad de Pamplona. El estudio mencionado se llevó a cabo en el año 2011 y consistió en la caracterización fisicoquímica de la miel de cinco especies de abejas sin aguijón basada en la medición de propiedades como pH, humedad, acidez, entre otras. Los valores de los diferentes parámetros fisicoquímicos determinados, fueron consistentes con lo reportado en literatura para dichas especies [3].

Los criterios de calidad de la miel están determinados principalmente por sus características químicas, físicas y sensoriales; sin embargo, la calidad de la miel disponible



2.4.1 ANÁLISIS TÉRMICO

En el año 1979 se definió de forma general el análisis térmico, como el grupo o conjunto de técnicas en las que se mide una propiedad física de una sustancia y/o de sus productos de reacción en función de la variación de la temperatura, mientras la sustancia se somete a un programa de temperatura controlado. Debido al amplio uso de las técnicas de análisis térmico, en el año 1991 la *International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry* (ICTAC) estableció una nomenclatura común para las mismas, definiéndolas como el conjunto de técnicas en las cuales una propiedad de la muestra es monitorizada frente al tiempo o la temperatura, mientras que la temperatura de la muestra es programada en una atmosfera controlada; siendo la muestra, la sustancia situada dentro del equipo al inicio del experimento y siendo una curva de análisis térmico el gráfico obtenido [62, 63].

Las técnicas de análisis térmico se clasifican en función de la propiedad física que se mide en cada caso, algunas de ellas son técnicas diferenciales, lo que implica que miden la diferencia existente entre una propiedad de la muestra y una sustancia de referencia. Las técnicas que proporcionan información química básica sobre las muestras objeto de análisis y que además son las más ampliamente usadas dentro del análisis térmico son la termogravimetría (TGA), el análisis térmico diferencial (DTA) y la calorimetría de barrido diferencial (DSC) [62, 63].

2.4.1.1 ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO

Si se aumenta de manera uniforme la temperatura del ambiente que rodea a un sólido, se produce una transferencia de energía calorífica al mismo. Las transformaciones químicas que tienen lugar durante el ciclo de calentamiento producen variaciones de masa. En el análisis termogravimétrico (TGA), se mide la masa de la muestra sólida en función de la temperatura del ambiente que la rodea. Tanto ésta técnica como DSC proporcionan registros experimentales que son característicos del material estudiado, siendo con frecuencia tan específico el comportamiento de las sustancias que permite su identificación en mezclas simples [62, 63].

Se pueden definir básicamente tres tipos de análisis termogravimétrico: En el que se mantiene la temperatura constante mientras se registran los cambios de masa (isotérmico), en el que la muestra a analizar se calienta mientras la masa es constante y se estabiliza la temperatura mientras se van produciendo los cambios de masa (cuasi isotérmico) y en el que la muestra se calienta en una atmósfera controlada con una rampa de temperatura previamente fijada (dinámico). El resultado de un análisis de este tipo es un termograma, curva termogravimétrica o curva de descomposición térmica, que representa la variación de la masa (generalmente porcentaje de pérdida de masa) en función de la temperatura o del tiempo. Para una muestra dada, la variación de la masa en función de la temperatura suministra información sobre la estabilidad térmica y



Tabla 1. Meses de muestreo de miel de las diferentes especies.

Meses	Especies muestreadas
Agosto 2014, Octubre 2014, Diciembre 2014, Febrero 2015, Abril 2015 y Junio 2015, Agosto 2015	<i>Melipona fuscipes</i> , <i>Melipona favosa favosa</i> , <i>Melipona compressipes</i> y <i>Apis mellifera</i> .
Junio 2014, Agosto 2014, Noviembre 2014, Febrero 2015, Mayo 2015.	<i>Trigona (Frieseomelitta) nigra</i> , <i>Scaptotrigona</i> sp. y <i>Nannotrigona</i> sp., <i>Trigona (Tetragonisca) angustula</i> .

Tabla 2. Lugares de muestreo.

Especie	Lugar de Muestreo
<i>Melipona fuscipes</i>	Pamplonita
<i>Melipona favosa favosa</i>	Los Patios
<i>Melipona compressipes</i>	Los Patios
<i>Apis mellifera</i>	Carmen de Tonchalá
<i>Trigona (Frieseomelitta) nigra</i>	Los Patios
<i>Scaptotrigona</i> sp.	Pamplonita
<i>Nannotrigona</i> sp.	Pamplonita
<i>Trigona (Tetragonisca) angustula</i>	Los Patios

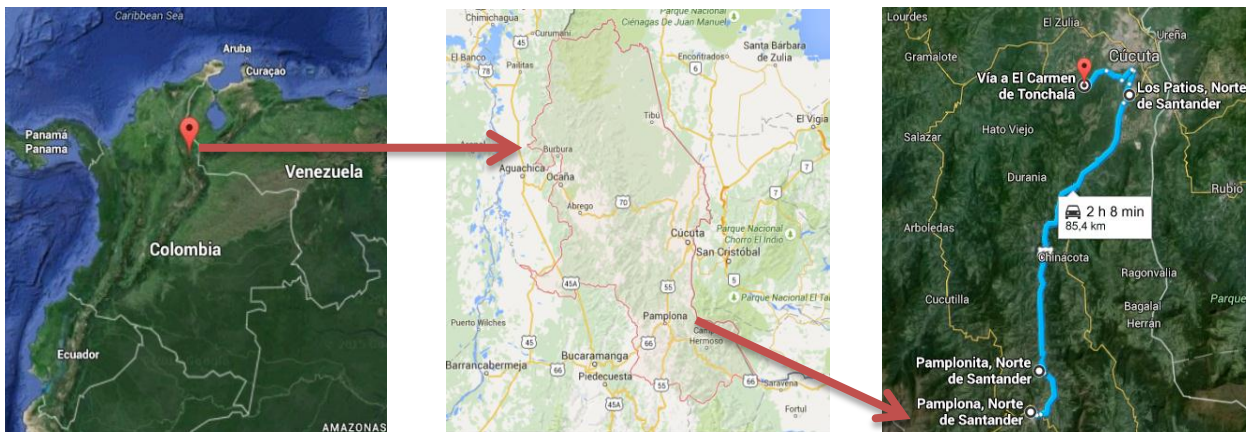


Figura 10. Ubicación geográfica del área de muestreo.

La toma de las muestras se llevó a cabo de forma manual, haciendo uso de pipetas volumétricas de 1mL a 5mL dependiendo del tamaño de los pots de miel (figura 11). Una vez recolectadas las diferentes muestras de miel, se depositaron en recipientes de vidrio y se trasladaron al laboratorio de Biocalorimetría de la Universidad de Pamplona, allí se almacenaron a temperatura ambiente, protegidas de la luz, según lo recomendado por Algarni, A. (2014), Pasini, F. *et al.*, (2013), Terrab A, *et al.*, (2002) y Karabagias, I. *et al.*, (2014) [5, 67-71].



$$\text{Acidez lactónica (meq/kg)} = \frac{[(10\text{mL} \times C1) - (\text{mL HCl} \times C2)] \times 1000}{\text{Gramos de miel}} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

$$\text{Acidez total (meq/kg)} = \text{Acidez libre} + \text{Acidez lactónica} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

En donde:

Vb = Volumen (mL) de NaOH consumidos para alcanzar el pH de 8,50 en la muestra.

Vo = Volumen (mL) de NaOH consumidos para alcanzar el pH de 8,50 en el blanco de agua destilada.

C1 = Concentración estandarizada de NaOH.

C2 = Concentración estandarizada de HCl.

3.2.3 CENIZAS

Para la determinación del contenido de cenizas en las diferentes mieles, se realizó la evaporación de las mismas (aproximadamente 2 gramos), en una plancha calefactora con agitación magnética (Boeco, MSH 300, Alemania) a $\sim 200^{\circ}\text{C}$, con el fin de eliminar el exceso de agua y evitar proyecciones durante la calcinación. Este procedimiento se mantuvo hasta observar el cese de burbujeo en las muestras, en ese momento se procedió a calcinar las mismas, sometiéndolas a 550°C durante 6 horas, en una mufla (Vulcan 3-550). Las cenizas obtenidas se enfriaron en un desecador a temperatura ambiente durante 20 minutos, pesando seguidamente hasta peso constante. La calibración de los crisoles utilizados, se llevó a cabo a cabo en la misma mufla, calentándolos a 550°C durante 30 minutos.

Las diferentes mediciones de masa, se realizaron en una balanza analítica OHAUS Adventurer ($\pm 0,0001\text{g}$) y el contenido de cenizas, expresado en porcentaje (p/p), se calculó utilizando la ecuación 5:

$$\text{Cenizas (\%)} = \left(\frac{p2-p}{p1-p} \right) (100) = \left(\frac{\text{Gramos de cenizas}}{\text{Gramos de muestra}} \right) (100) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

En donde:

p = Peso en gramos (g), del crisol vacío.

p1 = Peso en gramos (g), del crisol con muestra de miel.

p2 = Peso en gramos (g), del crisol con las cenizas obtenidas después de la calcinación.



3.2.4 HIDROXIMETILFURFURAL (HMF)

Para la determinación de hidroximetilfurfural en la miel, se utilizó el método espectrofotométrico, basado en la medición de la absorbancia a 284 y 336 nm, tratando previamente la muestra, como se cita a continuación:

Se tomaron ~5g de miel y se diluyeron con 25mL de agua destilada, en presencia de agitación magnética con un equipo Boeco, (MSH 300, Alemania). Seguidamente, esta solución se transfirió a un balón aforado de 50mL y se adicionó un volumen de 0,50mL de solución de Carrez I (solución acuosa 0,3551M de $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$, Merck) con agitación continua. Posteriormente, se adicionaron 0,50mL de la solución de Carrez II, (solución acuosa 1,3669M de $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, Sigma-Aldrich), mezclando y aforando con agua destilada.

Finalmente, se filtró desechando los primeros 10mL. Luego se adicionó un volumen de 10mL de filtrado en dos tubos de ensayo (5mL en cada uno). A uno de los tubos (muestra) se le adicionó un volumen de 5,0mL de agua destilada y al otro (referencia) 5,0mL de solución de $NaHSO_3$ 0,2%. Después de agitar las soluciones, se midió la absorbancia de la muestra y la referencia en un espectrofotómetro de doble haz, Shimadzu (UV-2401PC) (figura 12) a 284 y 336nm.



Figura 12. Espectrofotómetros UV- Vis, Shimadzu (UV-2401PC).
Fuente: Laboratorio control de calidad, Universidad de Pamplona.

El contenido de hidroximetilfurfural (mg/kg) en las muestras de miel, se calculó haciendo uso de la ecuación 6:

$$\text{HMF (mg/kg miel)} = \frac{(A_{284} - A_{336}) (149,7)(5)}{P} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

En donde:

A_{284} = Absorbancia medida a 284 nm

A_{336} = Absorbancia medida a 336 nm

P = Peso en gramos (g) de la muestra



4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

La calidad de la miel está determinada principalmente por sus características sensoriales, químicas, físicas y microbiológicas. Los criterios de calidad fisicoquímicos de la miel, están definidos por la Directiva 2001/110 CE (UE, 2001) y en Colombia por la NTC1273. Los principales criterios de interés son el contenido de humedad, la conductividad eléctrica, el contenido de cenizas, azúcares reductores y no reductores, acidez libre, actividad de la diastasa y el contenido de hidroximetilfurfural (HMF). Los resultados obtenidos en este trabajo, para los diferentes parámetros fisicoquímicos determinados, se dan a conocer en la tabla 3.

En el anexo 1 se muestran algunos parámetros fisicoquímicos, encontrados en diversos países para mieles producidas por *Apis mellifera* (1995-2015).

En la tabla 4 se exponen las propiedades fisicoquímicas de mieles de abejas sin aguijón publicadas en diversos estudios (1964-actualidad). En dicha tabla se pueden encontrar claras diferencias en los valores de los parámetros fisicoquímicos para abejas de las diferentes tribus (Meliponini y Trigonini) obtenidas de diferentes lugares geográficos.

En la tabla 5, se exponen ciertos parámetros fisicoquímicos publicados en diferentes países, para las mieles producidas por algunas de las especies de abejas sin aguijón que contempla este estudio.



Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de las mieles analizadas durante el año.

Especies	M.M	I.R	pH	Humedad	Cenizas	C.E	Acidez Libre	Acidez Lactónica	Acidez Total	HMF	Diastasa	Azúcares totales
				%	%	mS/cm	meq/kg	meq/kg	meq/kg	mg/kg	DN	°Brix
<i>M. fuscipes</i>	ago-14	1,4705±0,0016	3,84±0,38	26,44±0,67	0,1723±0,0066	0,56±0,03	31,38±2,42	2,14±1,27	33,52±3,58	-	4,63±0,36	71,83±1,26
	oct-14	1,4687±0,0035	3,68±0,33	27,19±1,45	0,1794±0,0038	0,58±0,03	36,13±2,15	2,87±2,21	39,00±4,21	-	5,02±0,42	71,67±1,61
	dic-14	1,4684±0,0028	3,58±0,004	27,31±1,15	0,1703±0,0024	0,53±0,01	34,49±3,88	2,87±2,21	37,36±2,57	-	4,51±0,19	70,67±1,53
	feb-15	1,4698±0,0020	3,91±0,40	26,76±0,83	0,1756±0,0032	0,58±0,02	27,73±3,40	2,14±1,27	29,87±3,58	-	4,52±0,41	72,17±0,29
	abr-15	1,4712±0,0014	3,74±0,08	26,17±0,58	0,1798±0,0070	0,57±0,02	30,73±1,11	2,88±2,21	33,61±1,36	-	4,40±0,19	71,50±1,32
	jun-15	1,4685±0,0018	3,61±0,27	27,28±0,75	0,1753±0,0021	0,55±0,01	32,70±2,46	2,14±1,27	34,84±2,65	1,46±0,55	4,19±0,16	72,00±1,00
	ago-15	1,4714±0,0025	3,59±0,04	26,09±1,03	0,1706±0,0007	0,55±0,01	29,32±3,73	1,40±1,27	30,72±4,15	-	4,52±0,41	72,33±0,29
<i>M. favosa</i>	ago-14	1,4741±0,0007	3,77±0,06	24,98±0,29	0,1435±0,0023	0,44±0,00	36,40±4,56	3,61±1,28	40,01±4,69	9,44±0,74	2,13±0,16	73,67±0,76
	oct-14	1,4718±0,0004	3,58±0,17	25,93±0,17	0,1394±0,0132	0,43±0,01	35,16±1,24	3,59±1,29	38,75±0,42	9,36±0,23	2,10±0,18	73,17±1,26
	dic-14	1,4731±0,0015	3,53±0,25	25,38±0,60	0,1396±0,0256	0,43±0,01	37,25±1,24	4,35±1,27	41,60±2,33	9,28±0,26	2,10±0,11	74,50±1,32
	feb-15	1,4744±0,0007	3,62±0,04	24,84±0,27	0,1383±0,0258	0,45±0,02	37,03±1,39	2,88±2,21	39,91±2,61	9,39±0,18	2,10±0,18	73,67±0,76
	abr-15	1,4734±0,0027	3,50±0,25	25,25±1,11	0,1372±0,0046	0,44±0,02	37,83±1,40	3,61±1,28	41,45±2,32	9,18±0,03	2,13±0,16	72,67±0,58
	jun-15	1,4747±0,0011	3,61±0,16	24,72±0,45	0,1319±0,0142	0,43±0,01	36,79±2,60	3,60±1,29	40,39±3,53	9,59±0,47	2,10±0,18	72,50±0,50
	ago-15	1,476±0,0019	3,57±0,41	24,21±0,78	0,1377±0,0121	0,44±0,02	37,54±3,08	3,57±1,20	41,11±2,52	9,39±0,43	2,21±0,18	70,67±2,08
<i>M. compressipes</i>	ago-14	1,4797±0,0014	3,88±0,37	22,71±0,57	0,1053±0,0034	0,34±0,02	21,69±2,06	7,30±2,21	28,98±1,12	-	3,47±0,24	76,50±0,50
	oct-14	1,4799±0,0020	3,98±0,26	22,61±0,81	0,1168±0,0073	0,33±0,03	19,70±3,01	6,56±1,28	26,26±4,11	-	3,34±0,19	76,67±0,58
	dic-14	1,4805±0,0016	4,41±0,71	22,37±0,65	0,1117±0,0107	0,34±0,04	22,48±1,88	6,56±1,27	29,04±2,08	-	3,61±0,24	76,50±0,50
	feb-15	1,4809±0,0008	3,66±0,21	22,21±0,32	0,1120±0,0042	0,34±0,02	24,09±2,14	5,82±2,55	29,92±4,07	-	3,46±0,11	75,67±2,02
	abr-15	1,4803±0,0019	4,25±0,11	22,45±0,75	0,1161±0,0083	0,35±0,05	21,60±1,98	6,53±3,33	28,13±5,23	-	3,54±0,21	77,17±0,29
	jun-15	1,4808±0,0008	4,00±0,18	22,28±0,30	0,1044±0,0293	0,36±0,03	20,95±3,69	6,48±2,53	27,43±5,63	4,23±0,85	3,22±0,19	76,17±0,29
	ago-15	1,4797±0,0020	3,92±0,15	22,69±0,79	0,1159±0,0125	0,37±0,03	20,19±2,02	7,19±2,18	27,38±2,98	-	3,54±0,21	76,67±0,58
<i>A. mellifera</i>	ago-14	1,4921±0,0007	3,26±0,13	17,77±0,27	0,0781±0,0055	0,29±0,01	13,50±1,40	10,11±1,29	23,61±2,35	7,56±0,39	1,83±0,29	80,50±0,87
	oct-14	1,4972±0,0014	3,42±0,09	15,77±0,55	0,0773±0,0048	0,28±0,04	14,34±2,39	9,41±0,00	23,75±2,39	6,69±1,45	2,33±0,58	80,17±0,29
	dic-14	1,4933±0,0002	3,45±0,05	17,31±0,06	0,067±0,008	0,27±0,03	13,54±2,76	10,14±1,26	23,68±2,40	6,94±0,36	1,83±0,29	79,67±0,58
	feb-15	1,4897±0,0025	3,19±0,09	18,71±0,97	0,0725±0,0074	0,29±0,02	14,34±4,14	9,41±0,00	23,75±4,14	7,18±0,031	2,67±0,58	80,33±0,29
	abr-15	1,4991±0,0016	3,40±0,03	15,03±0,63	0,0740±0,0083	0,26±0,03	15,19±2,81	10,18±1,33	25,37±3,68	7,19±0,13	2,00±0,00	80,17±0,29
	jun-15	1,489±0,0007	3,57±0,13	18,99±0,29	0,0693±0,0094	0,26±0,03	14,49±2,42	9,50±0,00	23,99±2,42	11,26±7,07	3,33±2,31	83,33±1,53
	ago-15	1,4912±0,0014	3,35±0,27	18,11±0,53	0,0620±0,0100	0,25±0,02	14,29±2,41	10,11±1,31	24,40±1,58	6,43±1,39	2,17±0,76	77,00±1,00
<i>T. Angustula</i>	ago-14	1,4744±0,0032	4,24±0,43	24,87±1,30	0,4136±0,0246	0,79±0,02	43,42±6,02	0,62±0,00	44,04±6,02	-	12,33±2,52	74,17±1,04
	nov-14	1,4774±0,0015	3,64±1,01	23,64±0,60	0,4335±0,0470	0,81±0,00	43,48±5,39	0,70±0,03	44,17±5,41	-	13,00±1,73	73,50±1,80
	feb-15	1,4746±0,0038	4,20±0,36	24,78±1,56	0,4265±0,0286	0,80±0,01	44,28±7,64	2,67±2,05	46,96±9,68	-	14,00±1,73	76,17±0,76
	may-15	1,4751±0,0037	4,17±0,22	24,56±1,50	0,4221±0,0095	0,80±0,00	44,34±1,45	0,68±0,02	45,03±1,46	-	12,33±2,52	73,17±0,76
	ago-15	1,4738±0,0023	4,36±0,11	25,10±0,94	0,3886±0,0119	0,80±0,01	46,82±9,35	1,31±1,19	48,13±10,00	-	14,00±1,73	71,83±1,04



<i>T. nigra</i>	ago-14	1,4637±0,0020	3,18±0,08	29,26±0,82	0,8231±0,0152	1,86±0,02	20,33±2,38	12,32±3,09	32,64±2,30	10,50±0,94	2,67±0,58	69,83±0,29
	nov-14	1,4656±0,0014	3,30±0,12	28,50±0,57	0,8120±0,0065	1,84±0,01	21,77±1,32	14,36±1,24	36,13±1,40	9,44±2,04	1,83±0,29	69,67±0,58
	feb-15	1,4662±0,0024	3,36±0,21	28,22±0,98	0,8396±0,0252	1,85±0,01	21,70±1,30	13,63±4,29	35,33±5,57	3,02±1,093	3,33±2,31	69,33±1,15
	may-15	1,4689±0,0022	3,39±0,18	27,13±0,92	0,8584±0,0242	1,85±0,00	20,99±1,33	15,71±1,15	36,70±1,22	14,07±1,26	2,67±0,58	69,00±1,0
	ago-15	1,4672±0,0011	3,29±0,11	27,80±0,46	0,8564±0,0218	1,84±0,01	21,06±3,51	13,70±3,16	34,75±5,07	6,74±1,42	2,33±0,58	68,67±1,53
<i>Scaptotrigona</i> sp.	ago-14	1,4601±0,0009	3,56±0,33	30,77±0,38	0,0734±0,0031	0,19±0,02	39,68±3,49	5,41±0,07	45,09±3,44	3,80±0,40	3,11±0,09	64,67±2,08
	nov-14	1,4596±0,0003	3,94±0,14	30,98±0,13	0,0730±0,0025	0,20±0,01	40,13±3,84	2,93±2,15	43,06±2,19	4,36±0,64	3,27±0,10	68,00±1,00
	feb-15	1,4584±0,0021	3,88±0,16	31,49±0,88	0,0666±0,0018	0,17±0,00	38,42±3,34	4,37±1,25	42,79±2,18	4,33±0,18	3,05±0,09	67,33±0,58
	may-15	1,4597±0,0010	3,53±0,10	30,94±0,43	0,0681±0,0020	0,20±0,01	40,01±1,69	4,43±1,30	44,45±0,51	3,39±0,18	3,27±0,10	65,33±0,58
	ago-15	1,4599±0,0005	3,44±0,08	30,88±0,19	0,0669±0,0035	0,19±0,00	39,05±2,24	3,74±2,63	42,79±0,73	4,18±0,03	3,11±0,19	67,00±1,00
<i>Nannotrigona</i> sp.	ago-14	1,4608±0,0021	3,81±0,05	30,50±0,89	0,2611±0,0143	0,82±0,04	25,37±5,60	37,57±1,73	62,94±3,87	-	3,76±0,24	68,17±0,29
	nov-14	1,4605±0,0026	4,04±0,25	30,60±1,08	0,2601±0,0186	0,78±0,1	23,98±3,30	38,05±9,14	62,03±12,43	-	3,84±0,27	68,50±0,50
	feb-15	1,4618±0,0008	4,05±0,28	30,06±0,32	0,2521±0,0169	0,76±0,00	25,80±2,80	34,18±1,91	59,98±0,91	-	3,60±0,13	68,17±0,29
	may-15	1,4624±0,0010	3,74±0,43	29,82±0,44	0,239±0,009	0,78±0,02	24,98±1,83	36,98±3,22	61,96±2,56	-	3,92±0,14	68,50±0,50
	ago-15	1,4619±0,0013	4,33±0,20	30,01±0,54	0,2167±0,0122	0,74±0,03	26,69±3,43	33,89±2,00	60,58±1,53	-	3,76±0,24	68,00±0,50

M.M: Mes de muestreo, **I.R:** índice de refracción, **C.E:** conductividad eléctrica y **HMF:** hidroximetilfurfural.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de mieles producidas por diferentes Meliponas y Trigonas.

País	Muestras de miel	A.P	pH	Humedad	Cenizas	HMF	C.E	Acidez	Diastasa	S.I	[R]	
				%	%	mg/Kg	mS/cm	meq/Kg	DN	%		
Panamá	Diferentes especies de <i>Melipona</i> y <i>Trigona</i> , recolectadas en dos localidades de Panamá entre 1979 - 1982.	Melipona	1983								[73]	
		Trigona										
Venezuela	Diferentes especies de <i>Melipona</i> y <i>Trigona</i> , recolectadas en varias regiones de Venezuela entre 1987 - 1988.	Melipona	1996				1,04-1,07				[74]	
		Trigona					0,32-0,44					
	Diferentes especies de <i>Melipona</i> y <i>Trigona</i> , recolectadas en diferentes lugares del oeste y sur de Venezuela en 1993.	Meliponini	1998			22,9-31,5	0,02-0,4	0,4-31,6	0,7-6,5	9,2-69,6		[75]
		Trigonini				17,9-29,5	0,29-0,52	4,2-20,4	2,3-8,4	20,0-84,0		
Trinidad y Tobago	Diferentes especies de <i>Melipona</i> y <i>T. nigra</i> , recolectadas en Trinidad y Tobago (al sur de las islas), entre 1998-2002.	Melipona	2006				31,2-32,2				[76]	
		Trigona					36,2-42					



	4 tipos de monoflorales, producidas por dos especies diferentes de abejas sin aguijón, recolectadas en la región semiárida del noreste de Brasil, durante 2012-2013	Melipona	2016	3,1-5,3	23,9-28,9	0,03-0,52	0,0	0,3-0,7	17,8-86,8	[77]
	20 colonias de una especie de <i>Melipona</i> (<i>M. mandacaia</i>), recolectadas en una zona rural del estado de Bahía (Brasil), el 2014.	Melipona	2005	3,16-3,54	23,1-32,5		0,5-16,5	0,27-0,46	18,5-62,5	[78]
Brasil	Varias colonias de una especie de <i>Melipona</i> (<i>M. asilvai</i>) provenientes de dos regiones diferentes de Brasil en 2002	Melipona	2004	3,14-3,40	26,8-32,0		0,52-7,93	0,29-0,53	21,5-80,5	[79]
	Dos especie de <i>Melipona</i> (<i>M. compressipes manaense</i> y <i>M. seminigra merrillae</i>), recolectadas en el Amazonas (Brasil) en 2004.	Melipona	2007	3,65	30,13				24,57	[80]
	Comparación de mieles de <i>Apis mellifera</i> y <i>Scaptotrigona bipunctata</i> , recolectadas en una micro-región del estado de Ceará (Brasil) en 2007	Scaptotrigona	2011	3,97±0,4	24,71±0,18	0,83±0,03	4,85±0,6		38,57±0,65	0,27±0,04 [81]
Guatemala	Nueve especies de meliponinos, proveniente de 12 departamentos de Guatemala en el 2006	Melipona Trigona	2008	3,67-3,81 5,18±1,35	17,3-20,4 17,45±2,8	0,06-0,07 0,35±0,26	0,0-0,1 0,2		4,95-10,59 17,39±10,35	[37]
Ecuador	Tres especies de Meliponinos, recolectadas en 2006, de colmenas silvestres en las afueras de la reserva "Wasak'entsa" en el oriente de Ecuador	Meliponini	2009		34,1±4,34	0,28 ± 0,04	15,0±1,91	0,48 ± 0,06	31,8 ± 4,05	[82]
Colombia	<i>T. angustula Latreille</i> , proveniente de 7 regiones diferentes de Colombia, recolectadas entre 2009-2010	Trigona		4,2±0,3	24,3±2,3	0,2 ± 0,1	1,3±2,1	0,66±0,57	39,2±22,9	[83]
Argentina	<i>Yateí (Tetragonisca angustula)</i> colectada en la provincia de Misiones (Argentina) en 2014	Trigona		3,72	24				79,42	[84]
Tailandia	11 especies de abejas sin aguijón (<i>Homotrigonas</i> , <i>lepidotrigonas</i> , <i>tetragonilla</i> , <i>tetragonula</i> y <i>tetrigona</i>), recolectadas en dos zonas geográficas de Tailandia, durante 2012, 2013 y 2014		2016	3,6±0,198	31±5,4	0,53±0,63	8,7±12	1,1±0,78	164±162	[85]
Brasil, México y Venezuela	Estudios publicados en revistas indexadas (1964-2005) y resúmenes en eventos científicos (1998-2004).	Melipona Trigona	1964-2005	3,15-4,66 3,69-4,35	19,9-41,9 23,2-26,7	0,01-1,18 0,32-0,45	0,4-78,5 4,3-39,1	0,55-8,77 0,49-7,32	5,9-103,3 7,7-109	0,9-7,9 17,9-23 [86]



— **A.P.:** Año de publicación, **HMF:** Hidroximetilfurfural, **C.E:** conductividad eléctrica, **S.I:** Sólidos insolubles, **[R]:** Referencia Bibliográfica.
Fr: Fructosa, **Glc:** Glucosa, **Sac:** Sacarosa, **AT:** Azúcares Totales, **AIN:** Azúcares invertidos, **AR:** Azúcares reductores y **ANR:** Azúcares no reductores.

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos encontrados en diversos estudios para *M. favosa*, *M. compressipes*, *T. angustula*, *T. nigra*, *Scaptotrigona* sp., y *Nannotrigona* sp.

Especie	País	Año	Humedad	Cenizas	HMF	pH	Diastasa	C.E	Azúcares totales	Acidez (meq/kg)			S.I	[R]
			%	%	mg/Kg			mS/cm		Libre	Lactónica	Total	%	
<i>T. nigra</i>	Panamá	1983							63,2-73%					[73]
	Venezuela	1996						1,04±0,26	76,0±2,4					[74]
	Trinidad y Tobago	2006	36,2											[76]
<i>T. angustula</i>	Panamá	1983							71,2-75,7%					[73]
	Venezuela	1998	22,4±1,3	0,38±0,04	9,83±5,28		23,0±6,30	7,3±0,23	25,22±3,47	48,3±4,1				[75]
	Brasil	1998	>26,0		5		17,9							[87]
	México	2001	23,2		39,1	4,35		1,1		57,5				[88]
	Brasil	2002	23,7	0,45		3,8				109				[89]
	México	2003	26,7	7,7	4,3	3,88		0,78		7,7				[90]
	Colombia	2004	20,5		10,3	4,1±0,1		ND	AR: 65,9; Sac: ND y AT:73,9			24		[15]
	Brasil	2004	25,5	0,32	8,1	3,69				26				[91]
	Colombia	2007	23,2-26,7	0,38-0,45	4,3-39,1	3,69-4,35	17,9-23,0	0,78-7,32	AR: 58,0-70,0 y Sac: 1,6-3,5	7,7-109,0				[47]
	Guatemala	2008	17,5±2,8	0,35±0,26	0,2±0,0	5,2±1,4	12,27±10,29		AR: 65,78; ANR: 4,83; AT: 70,86	17,4±10,4				[37, 92]
	Brasil	2008	24,4±0,8	0,28±0,11	0,65±0,25		16,9±3,9		AR: 57,09±7,83 y Sac: 2,14±1,8	37,3±16,7			0,06±0,03	[93]
	Colombia	2011	27	0,36	0,15			0,89					0	[3]
	Colombia	2012	24,3±2,3	0,21 ±0,07	1,3±2,1	4,2±0,3	16,7±9,2	0,658±0,57	AR: 53,6±11,8 y Sac: 4,2±2,4	39,2±22,9			0,02-0,10	[83]
Colombia	2014	22,9±0,5	0,38±0,03	0,37±0,15	4,61±0,14	37,6±3,1	1,10±0,12		38,6±0,5			38,6±0,5	[14]	
<i>M. favosa</i>	Venezuela	1994	25,5	0,29	1,2		0,9			62,9				[94]
	Venezuela	1996						0,44±0,33	74,7±3,5					[74]
	Venezuela	1998	24,2±0,42	0,15±0,03	17,1±3,7		2,86±0,15	2,06±0,39	72,27±1,12	36,8±3,6				[75]



	Trinidad y Tobago	2006	31,20																[76]							
	Colombia	2006	24,8±1,8	0,01±0,01			ND												AR: 72,2±7,4 y Sac: 3,1±1,8	[14]						
	Colombia	2007	24,2-35,1	0,15-0,29	1,2-17,1		0,9-2,9	2,06											AR: 70,3-72,1y Sac: 1,5-2,0	36,8-62,9	[47]					
	Colombia	2011	27,8±0,4	0,07	3,44	3,61			0,69											27,5±0,6	3,12±0,8	30,6±1	o	[3]		
	Venezuela	2013	30,0±0,2	0,10±0,02																AR: 64,6±2,3 y Sac: 1,3±0,5	50,6±18,3			[95]		
			28,0±2,7	0,14±0,13	17,7±8,5					2,86±0,36										AR: 67,3±4,1 y Sac: 2,1±1,3	51,7±25,2					
	Brasil	1964	22,3		35,8	3,65															25,1				[96]	
	Venezuela	1994	23,4	0,3	1			1,1													48,4				[94]	
	Venezuela	1996							0,32±0,06												76,3±3,1				[74]	
	Brasil	1998	25		30,5	4,06			8,77												45,8				[97]	
	Brasil	2004	24,6	0,22	1,2	3,46	7,9														39				[98]	
	Colombia	2006	25,8±2,0	0,09	3				1,049±0,56												Frc + Glc: 71,1±8,1 y Sac: 3,4±2,2	7			[14]	
	Colombia	2007	22,3-34,6	0,22-0,30	1,0-35,8	3,46-4,06	0,22-4,5	8,77													AR: 65,3-75,7 y Sac: 1,6-3,5	25,1-48,4			[14]	
	Colombia	2011	23,25	0,11	2,69	3,93			0,33													24,23	6,68	30,91	o	[3]
	Venezuela	1998	27,4±2,2	0,31±0,0	5,7±0,2		2,6±0,0	2,9±0,6													54,3±0,8	52,0±32,0			[75]	
	Colombia	2006	26,9±2,9	0,06		4,5	2,4														Frc + Glc: 55,7±5,0 y Sac: 12,1±7,4	57,83			[14]	
	Colombia	2006	25,7±1,8	0,33	6				0,392												Frc + Glc: 50,8±7,4 y Sac: 9,7±4,3				[14]	
	Colombia	2011	30,5	0,15	10,85	3,8			0,4													27,98	8,64	36,62		[3]

HMF: Hidroximetilfurfural; **C.E:** conductividad eléctrica, **S.I:** Sólidos insolubles; **[R]:** Referencia Bibliográfica.

Frc: Fructosa, **Glc:** Glucosa, **Sac:** Sacarosa, **AT:** Azúcares Totales, **AIN:** Azúcares invertidos, **AR:** Azúcares reductores y **ANR:** Azúcares no reductores



4.1.1 ÍNDICE DE REFRACCIÓN Y HUMEDAD

En la tabla 3 se dan a conocer los valores de índice de refracción y humedad para las diferentes muestras analizadas durante el año. El contenido de agua en la miel, es un factor importante, que contribuye a su estabilidad contra la fermentación y la cristalización durante el almacenamiento [99]; en general, una gran cantidad de agua hace que la miel se fermente y pierda el sabor, arruinando la calidad de la misma [100]. Por esta razón, la normativa nacional e internacional contempla este parámetro, como fundamental para evaluar el grado de madurez de la miel producida por la abeja *Apis mellifera*, que oscila entre 13% a 29% y que se relaciona con su vida útil [54, 100]; sin embargo, las mieles producidas por las abejas sin aguijón, suelen tener una humedad “mayor” (20-40 %) [14, 93, 95], a pesar de la cual, se pueden almacenar por largos periodos de tiempo sin que se produzca fermentación.

En los últimos años, se han realizado algunas investigaciones acerca de los parámetros fisicoquímicos de mieles de abejas sin aguijón en varios países (tablas 5 y 6), encontrando valores de humedad que oscilan entre: 20,5-27,0 % (Colombia) [3, 14, 15, 47, 83], 23,7-26,0 % (Brasil) [87, 89, 91, 93], 17,5±2,8 % (Guatemala) [37, 92], 22,4±1,3% (Venezuela) [75] y 23,2-26,7 % (México) [88, 90] para *Trigona (Tetragonisca) angustula* y 31,2 % (Trinidad y Tobago) [35], 24,2-35,1 % (Colombia) [3, 14, 47] y 24,2-30,0 % (Venezuela) [74, 75, 94, 95], para mieles de *M. favosa*. Por otra parte, en Colombia, se han reportado contenidos de humedad para: *Nannotrigona* sp. (25,7 y 30,5 %), *Scaptotrigona* sp. (26,9±2,9 %) [3, 14], *M. fuscipes* (26,5 %) [3] y *M. compressipes* (22,3-34,6); la cual, también se estudió en Venezuela y Brasil, en donde se reportó un contenido de agua de 23,4 % y 22,3-24,6 % respectivamente [74, 94, 96-98]. El contenido de agua en la miel de *Trigona (Frieseomelitta) nigra*, fue reportado por Bijlsma, *et al.*, (2006) en Trinidad y Tobago (36,2 %) [35].

Los porcentajes de humedad encontrados (figura 14) en las mieles de *T. angustula* (24,59±1,17), *M. favosa* (25,05±0,73), *M. compressipes* (22,48±0,56), *Nannotrigona* sp. (30,20±0,68) y *M. fuscipes* (26,75±0,95), son acordes a los publicados en estudios previos. La humedad de la miel producida por la especie *T. nigra* (28,18±0,98), es menor que los valores reportados en la literatura para esta miel, contrario a lo ocurrido con la producida por la especie *Scaptotrigona* sp. (31,01±0,48), cuya humedad supera el valor reportado en la literatura. Por último, el valor de humedad obtenido para la miel de *Apis mellifera* (17,39±1,48 %) se encuentra en el rango reportado por los diferentes estudios realizados: 7,99 (Turquía) a 27,40 (Arabia Saudita) (tabla 1, anexos).



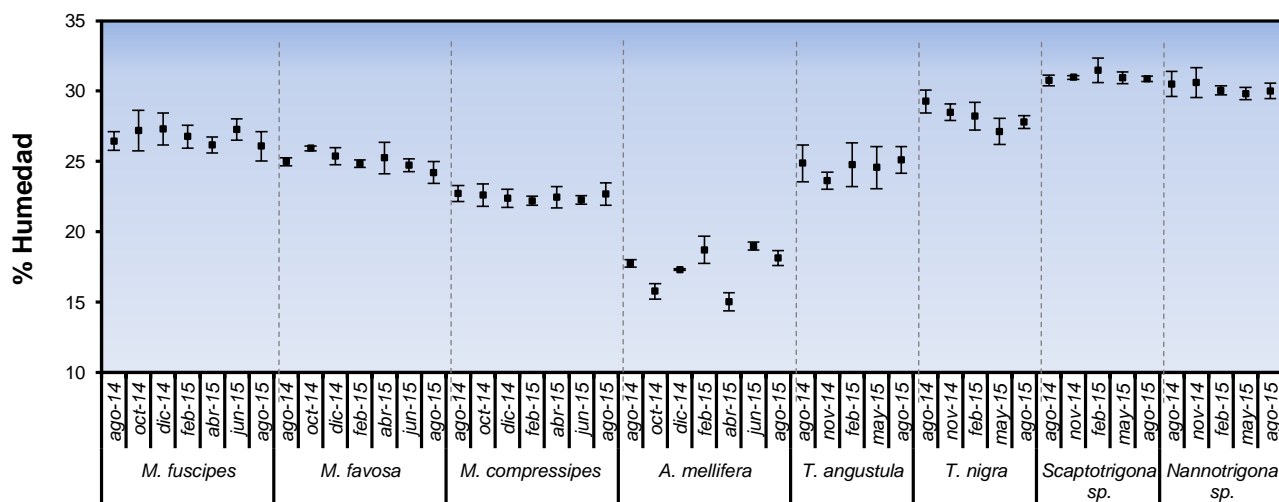


Figura 14. Humedad (%) de las diferentes mieles, durante el año de análisis.

La humedad de la miel, depende de varios factores como la temporada de cosecha, el grado de madurez alcanzado en la colmena, los factores climáticos y el contenido de humedad del néctar [101, 102]. Los microorganismos de importancia en la miel, son hongos, levaduras y bacterias formadoras de esporas, siendo los hongos y levaduras, los responsables de la fermentación de la miel cuando el contenido de humedad en la misma, es alto [83]. Convencionalmente, un “alto contenido de humedad”, hace referencia a valores por encima de 21%, razón por la cual, las mieles analizadas (22,48-31,01 %); a excepción de la producida por *Apis mellifera* (17,39±1,48 %), deberían fermentarse rápidamente, perdiendo su sabor y deteriorando así su calidad. Todas estas aseveraciones establecidas en la literatura acerca de la correspondencia directa entre fermentación y alta humedad, no concuerdan con las mieles de abejas sin aguijón recolectadas para la realización de este trabajo (tomadas desde agosto de 2014), pues a la fecha conservan su color y sabor original, al igual que ha ocurrido con las mieles recolectadas en otras investigaciones [35].

Esto puede indicar que, muy posiblemente, la “elevada humedad”, es debida al procesamiento del néctar en la colmena, incluyendo la adición de enzimas u otras sustancias por parte de las abejas, que ayudan a la actividad antibiótica o conservante en la miel. Un análisis de varianza multifactorial mostró que el porcentaje de humedad, depende de la especie de abeja que produce la miel ($p < 0,05$) y no del tiempo ($p > 0,05$). Lo anterior, reafirmaría el supuesto de que cada especie posee un mecanismo de control específico para evitar la fermentación de su miel.

Por último, se hace necesario destacar, que los resultados obtenidos difieren de lo planteado por Bijlsma Lubertus, *et al.*, (2006) [35], en cuyo trabajo se encontró que el contenido de humedad es mayor en las mieles producidas por especies de tamaño pequeño, siendo mayor la cantidad de agua en las mieles producidas por Trigonas (4-6 mm) que por Meliponas (7-11 mm).



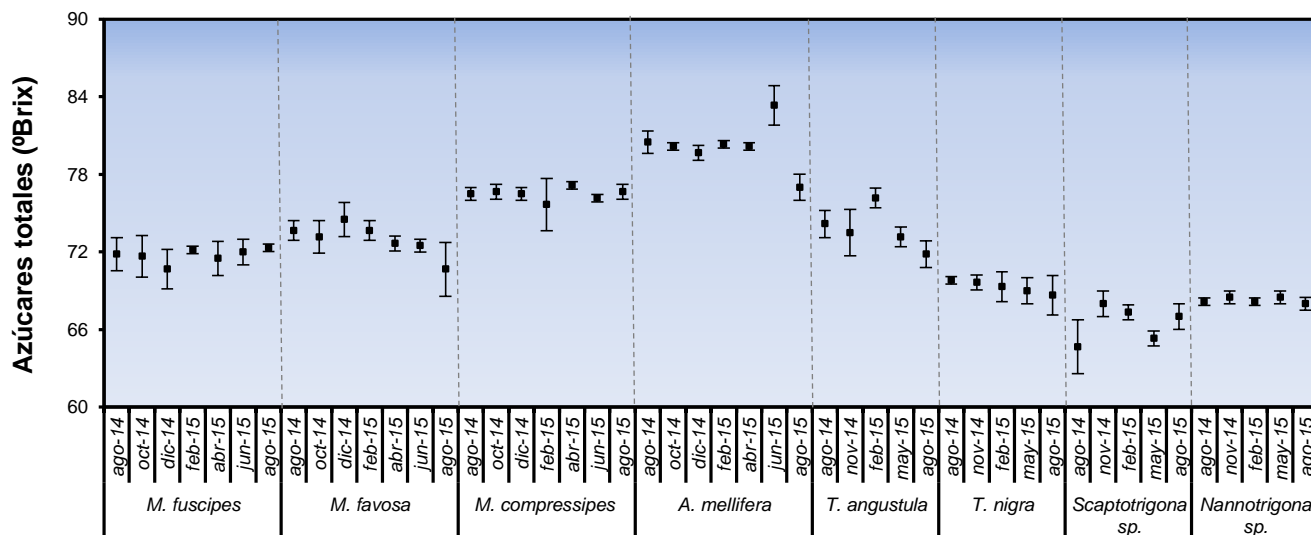


Figura 15. Azúcares totales (°Brix) de las diferentes mieles, durante el año de análisis.

4.1.3 pH Y ACIDEZ

El pH de la miel se encuentra entre 3,20 y 6,10 lo cual indica la acidez natural de este producto [103, 104]. La acidez de la miel, es debida a la presencia de ácidos orgánicos, particularmente el ácido glucónico, en equilibrio con sus lactonas o esteres [5, 105]. El ácido glucónico se encuentra presente en todos los tipos de miel y se origina de la actividad de la glucosa oxidasa con la cual las abejas contribuyen durante la madurez del producto [71, 105]. La variación de la acidez en los diferentes tipos de miel, se puede atribuir a la variación de su composición, a la temporada de cosecha (época de extracción) y al origen floral [24, 105]; sin embargo, una variación en la acidez total de la miel, puede indicar la presencia de alcoholes y ácidos, producidos por la fermentación [24].

A pesar de que el pH indica la acidez natural de este producto, este valor no está directamente relacionado con la acidez libre de la misma, debido a la acción amortiguadora de varios compuestos presentes como minerales [24]. El pH es un criterio útil, para la determinación del posible crecimiento microbiano y junto a la humedad, es de gran importancia en términos de la textura, estabilidad y vida útil de la miel. La mayoría de las bacterias crecen en un medio neutro y ligeramente alcalino, mientras que las levaduras y los mohos crecen en medios ácidos. Por otra parte, el pH, al igual que la conductividad, se utiliza para la discriminación botánica entre diferentes mieles, pues las mieles de mielada suelen presentar valores de pH mayores a las mieles florales [5, 24, 41, 106].

Los valores de pH y acidez reportados por diversos estudios en diferentes tipos de miel, producida por *Apis mellifera*, oscilan entre: 2,25 [68] a 7,36 [107] (mieles monoflorales); 4,1 a 5,0 [41] (miel de mielada) y 3,3 [101] a 4,68 [108] (mieles multiflorales). La acidez en dichas mieles, oscila entre: 1,3 meq/kg [109] a 134,5 meq/kg [24] (acidez libre); 0,50 meq/kg [68, 106] a 35,6 meq/kg [107] (acidez lactónica) y 6,23 meq/kg [29] a 145,5



meq/kg [24] (acidez total). La miel de *Apis mellifera*, recolectada en Carmen de Tonchalá, mostró una variación anual, de: 9,56-16,90 meq/kg (acidez libre), 9,27-11,71 meq/kg (acidez láctónica) y 18,97-28,61 meq/kg (acidez total) y un pH de 3,11-3,72.

Por otra parte, los estudios sobre características fisicoquímicas en mieles de abejas sin aguijón, han mostrado valores de pH que oscilan entre: 3,46 (*M. compressipes*) a 5,18 (*T. angustula*) [14, 15, 37, 83, 88-92], como se puede verificar en la tabla 5. Con respecto a la acidez libre, ha sido reportada por diferentes países como Brasil, México, Guatemala, Venezuela y Colombia para mieles de las diferentes especies contempladas en este trabajo, excepto *T. nigra*, de la cual no hay en la literatura ningún valor de acidez (libre láctónica ni total), ni información acerca de su pH. La acidez láctónica y total, solo se encuentra reportada en la literatura, para mieles colombianas de *M. favosa* (3,12±0,8 y 30,57±0,9 meq/kg), *M. compressipes* (6,68 y 30,91 meq/kg), y *Nannotrigona* sp., (36,62 y 36,62 meq/kg) [3].

En las muestras analizadas se observó que el pH y la acidez (libre, láctónica y total) no presentaron diferencias estadísticamente significativas en el tiempo ($p > 0,05$). Adicionalmente, se encontró que el pH en las mieles analizadas osciló entre: *M. fuscipes* (3,36-4,31), *M. favosa* (3,11-3,88), *M. compressipes* (3,42-5,01), *A. mellifera* (3,11-3,72), *T. angustula* (2,48-4,59), *T. nigra* (3,11-3,56), *Scaptotrigona* sp. (3,23-4,08) y *Nannotrigona* sp. (3,29-4,51) y la acidez total, entre: *M. fuscipes* (25,93-43,70 meq/kg), *M. favosa* (34,81-43,94 meq/kg), *M. compressipes* (21,77-33,86 meq/kg), *A. mellifera* (18,97-28,61 meq/kg), *T. angustula* (36,65-56,0 meq/kg), *T. nigra* (28,90-39,59 meq/kg), *Scaptotrigona* sp. (40,72-48,69 meq/kg) y *Nannotrigona* sp. (51,79-75,87 meq/kg). Los valores correspondientes a pH, acidez libre, acidez láctónica y acidez total en los diferentes meses, se dan a conocer en la tabla 3 y en las figuras 16 y 17.

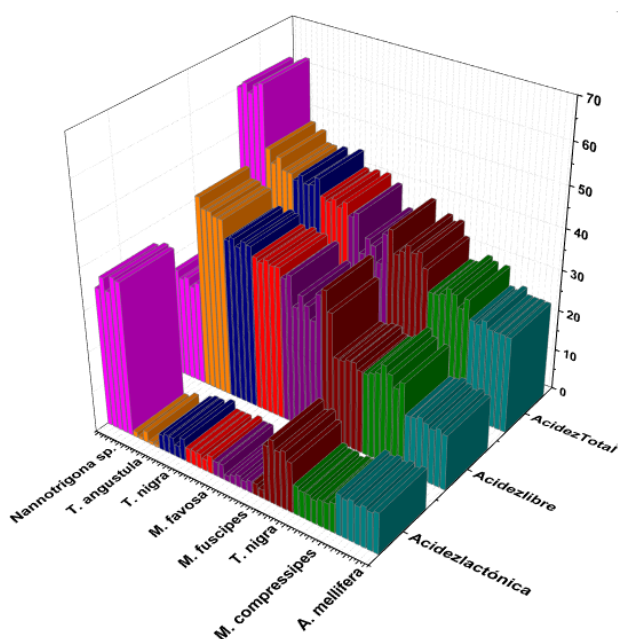


Figura 16. Acidez (libre, láctónica y total) de las diferentes mieles, durante el año de análisis



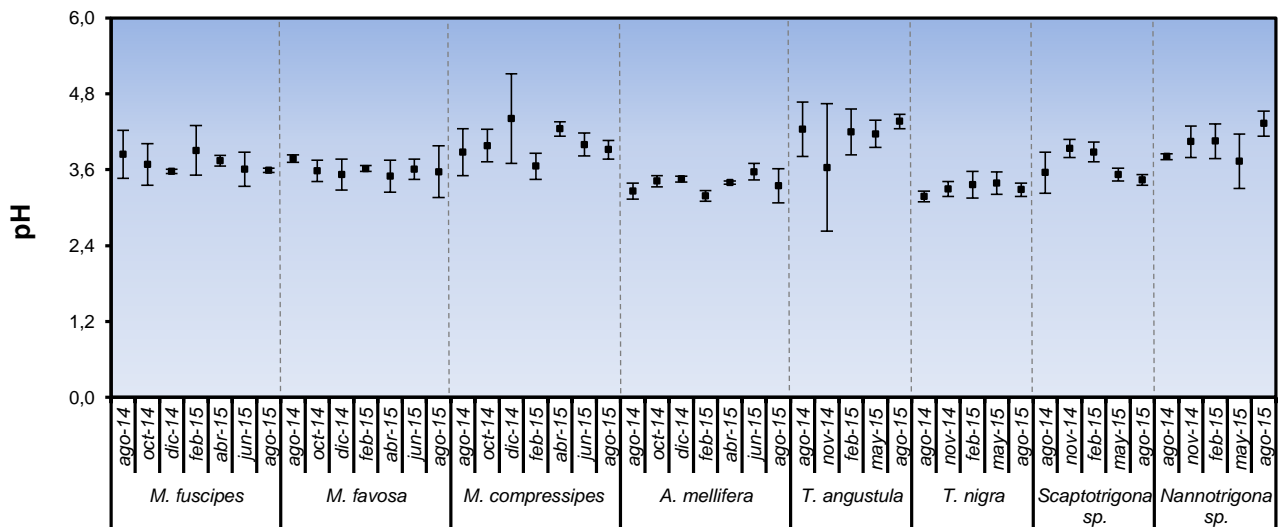


Figura 17. pH de las diferentes mieles, durante el año de análisis.

Los valores de acidez y pH para las diferentes muestras, concuerdan con los publicados en diferentes trabajos (tablas 4 y 6). Adicionalmente, acorde a lo expuesto en la literatura, se encontró que la acidez es mayor en mieles de abejas sin aguijón, que en la miel de *A. mellifera* y no hay una relación entre estos dos parámetros ($R^2=0,24$).

La mayor acidez en las mieles de abejas sin aguijón, es causada por la fermentación asociada al alto contenido de humedad, siendo un proceso característico de estas mieles, que incluso se presenta de forma espontánea en los “potes” en los cuales las abejas almacenan dicho alimento. A pesar de que la fermentación se considera indeseable en los estándares de calidad de la miel producida por la especie *A. mellifera*, puede no serlo en las mieles producidas por las diferentes abejas sin aguijón, pues dicha acidez, puede estar relacionada con el uso de las mismas por sus atributos medicinales, debido a que el etanol generado en este proceso, puede mejorar su capacidad antioxidante [110, 111].

Un análisis de varianza multifactorial, mostró que el pH y la acidez (libre, láctica y total) dependen del factor especie ($p < 0,5$) y no dependen del factor tiempo ($p > 0,5$) para todas las muestras analizadas.

4.1.4 CENIZAS Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La amplia variabilidad de la composición de la miel, se refleja en el contenido de cenizas, este contenido es generalmente bajo y presenta grandes variaciones, que se deben principalmente al tipo de suelo en el cual creció la planta de la cual la abeja tomó el néctar [34, 112], de la composición de dicho néctar [34, 113, 114] y de las prácticas y procesos utilizados en la cosecha de la miel [107].



contempladas en este estudio (tabla 5) oscila entre: 0,21-7,7 % (*T. angustula*) [83, 90], 0,01-0,29 % (*M. favosa*) [14, 94], 0,09-0,3 % (*M. compressipes*) [14, 94], 0,06-0,31 % (*Scaptotrigona* sp.) [14, 75] y 0,15-0,33 % (*Nannotrigona* sp.) [3, 14]. En el caso de *M. fuscipes*, hay un estudio que reporta el contenido de cenizas de una muestra de miel de esta especie (0,14%) [3], mientras que no hay en la literatura reportes a la fecha sobre el contenido de cenizas en mieles de *T. nigra*. Teniendo en cuenta estos valores, se puede decir que el contenido de cenizas hallado en la miel de *M. favosa* (0,14±0,01%), *Nannotrigona* sp. (0,25±0,02%) y *Scaptotrigona* sp. (0,07±0,01%), es acorde al reportado en la literatura para las mieles de estas especies en otros lugares y épocas. Por otra parte, el porcentaje de cenizas encontrado en las mieles producidas por *T. angustula* (0,42±0,03%) y *M. compressipes* (0,11±0,01%) es mayor a los valores presentados en otros estudios, a excepción de los llevados a cabo por Vit, P., et al., (1994) [94] y Santiesteban, H., et al., (2003) [90].

La conductividad eléctrica de la miel, es otro parámetro de vital importancia y está estrechamente relacionado con la concentración de minerales o cenizas totales, sales, ácidos orgánicos, proteínas y algunos azúcares complejos [22, 43, 119, 120]. La conductividad, muestra gran variabilidad, según el origen floral de la miel; siendo, uno de los mejores criterios para diferenciar entre mieles con diferentes orígenes botánicos [5, 107]. Debido a que la conductividad eléctrica depende principalmente del contenido mineral de la miel, además de que su medición es fácil, rápida y la instrumentación necesaria es de bajo costo, fue aceptada en las normas internacionales como un reemplazo para la determinación del contenido de cenizas (Comité del Codex Alimentarius sobre Azúcares, 2001; Comisión Europea, 2001) [121, 122].

La conductividad eléctrica de las mieles analizadas en este estudio, varió entre 0,189 mS/cm y 1,852 mS/cm; siendo la mayor conductividad la de la miel de *Trigona (Frieseomelitta) nigra* (1,84-1,88 mS/cm), seguida de: *Trigona (Tetragonisca) angustula* (0,77-0,81 mS/cm), *Nannotrigona* sp. (0,71-0,89 mS/cm); *Melipona fuscipes* (0,52-0,60 mS/cm), *Melipona favosa favosa* (0,41-0,47 mS/cm); *Melipona compressipes* (0,30-0,41 mS/cm) y *Apis mellifera* (0,23-0,31 mS/cm), siendo la menor conductividad eléctrica, la observada en la miel producida por la especie *Scaptrigona* sp. (0,17-0,21 mS/cm).

Como se puede observar en la tabla 5, se han reportado valores de conductividad eléctrica para las mieles de: *T. nigra* (1,04±0,26 mS/cm) [74], *T. angustula* (0,66-7,3 mS/cm) [75, 83], *M. favosa* (0,44-2,06 mS/cm) [74, 75], *M. compressipes* (0,32-8,77 mS/cm) [94, 97], *Scaptotrigona* sp., (2,9±0,6 mS/cm) [75] y *Nannotrigona* sp., (0,392 -0,40 mS/cm) [3, 14]. En un estudio realizado por Patricia Vit, et al., (1998), se encontró que la conductividad eléctrica, oscila entre 7,1-8,4 mS/cm para algunas mieles producidas por abejas sin aguijón, como: *Nannotrigona* sp., *Trigona (Frieseomelitta) nigra paupera*, *Trigona (Frieseomelitta) sp. aff varia* y *Trigona (Tetragonisca) angustula* [75]. Los diferentes porcentajes de cenizas y valores de conductividad eléctrica para las mieles analizadas, se ilustran en la figura 18.



Según los valores expuestos en la normativa internacional, tanto para cenizas como conductividad, se pueden considerar como “mieles florales”, las producidas por 7 de las 8 especies estudiadas: *M. fuscipes* ($0,17 \pm 0,01$ % y $0,56 \pm 0,02$ mS/cm), *M. favosa* ($0,14 \pm 0,01$ % y $0,44 \pm 0,01$ mS/cm), *M. compressipes* ($0,11 \pm 0,01$ % y $0,35 \pm 0,03$ mS/cm), *A. mellifera* ($0,07 \pm 0,01$ y $0,27 \pm 0,02$ mS/cm), *T. angustula* ($0,42 \pm 0,03$ % y $0,80 \pm 0,01$ mS/cm), *Scaptotrigona* sp., ($0,07 \pm 0,01$ % y $0,19 \pm 0,01$ mS/cm) y *Nannotrigona* sp., ($0,25 \pm 0,02$ % y $0,78 \pm 0,05$ mS/cm), siendo probablemente miel de mielada o mezcla de esta con mieles florales, la producida por la especie *T. nigra* ($0,84 \pm 0,03$ % y $1,85 \pm 0,01$ mS/cm). Sin embargo, los resultados obtenidos para las diferentes mieles son acordes a los publicados por otros autores, este hecho, simplemente resalta la diferencia entre las mieles de abejas sin aguijón y las producidas por la especie *Apis mellifera*, para la cual están diseñadas las normas existentes, exhibiéndose de esta forma la necesidad de establecer parámetros fisicoquímicos para estas mieles, pero a su vez observando lo complejo de la situación, pues se presenta gran variabilidad no solo por especie, sino por región geográfica. Se hace necesario resaltar que el “alto contenido” de cenizas encontrado en las mieles de abejas sin aguijón analizadas, puede estar relacionado con un posible elevado valor nutricional, lo cual a su vez podría relacionarse con los usos dados para estas mieles en América Latina.

La relación entre los parámetros fisicoquímicos “cenizas” y “conductividad eléctrica”, se ha confirmado en diversos estudios [107, 116, 122]. En nuestro caso, los resultados fueron acordes a esta información, obteniendo un elevado coeficiente de correlación ($R^2=0,97$) (figura 19). Adicionalmente, un análisis de varianza multifactorial, mostró que los valores de cenizas y conductividad eléctrica para las especies muestreadas cada 2 y 3 meses, dependen del factor especie ($p < 0,5$) y no dependen del factor tiempo ($p > 0,5$).

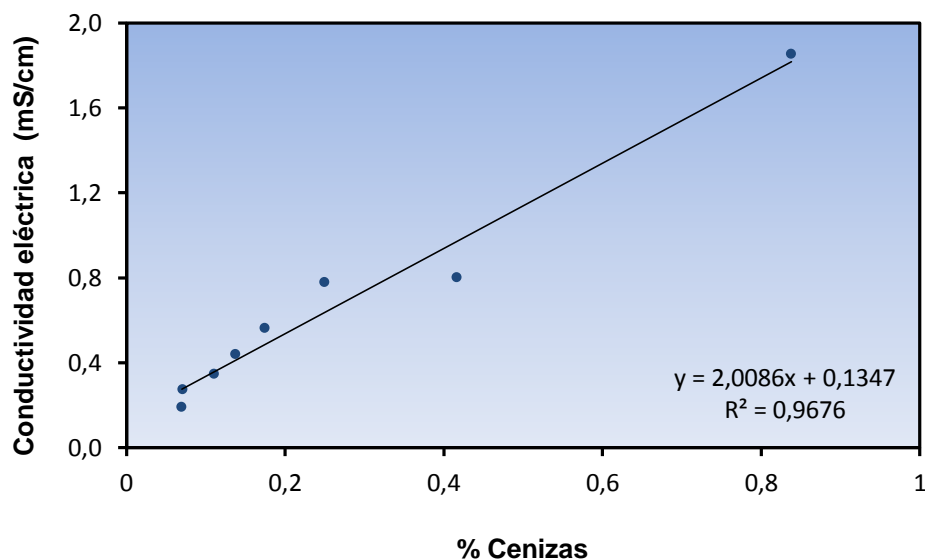


Figura 19. Relación entre los parámetros fisicoquímicos cenizas y conductividad eléctrica.

Por otra parte, el color es un criterio de calidad importante, pues generalmente, se encuentra relacionado con la aceptación del producto por los consumidores [71]. El color



de la miel, depende de varios factores, siendo el contenido de minerales el más importante. Usualmente, las mieles de color claro, presentan un bajo contenido de microelementos, mientras que las mieles de color oscuro, generalmente exhiben un alto contenido, como en el caso de las mieles de acacia y tilo (mieles oscuras) [23, 93, 117, 119, 122]. Este trabajo no contempló la medición de este parámetro, ya que no se cuenta con el equipo requerido; sin embargo, se observó que en algunos casos, el color varió de un mes a otro durante el periodo de muestreo, para las especies *M. compressipes* (figura 20 A), y también, se presentaron diferencias de color entre las mieles de diferentes especies (figura 20 B). En nuestro caso, la miel recolectada de *T. nigra*, fue la más oscura durante el año de muestreo y fue la que presentó mayores contenidos de cenizas, acorde a lo esperado.



Figura 20. Muestras de miel.
(A) Miel de *Melipona compressipes* en diferentes meses del muestreo, **(B)** Miel producida por las diferentes especies.

4.1.5 HIDROXIMETILFURFURAL Y ACTIVIDAD DE DIASTASA

La actividad de la diastasa y el contenido de hidroximetilfurfural (HMF) son parámetros ampliamente reconocidos en la evaluación de la frescura de la miel, debido a la sensibilidad de estos al aumento de temperatura [41, 43, 114].

El contenido de HMF es un criterio importante para evaluar el tiempo de almacenamiento y si la miel se ha sometido a un aumento de temperatura para evitar o disminuir el proceso de cristalización. La miel fresca puede contener pequeñas cantidades de HMF, que rara vez superan los 10 mg/kg, pero un gran aumento en este valor podría indicar un sobrecalentamiento de la miel o la adulteración de la misma [23]. La normativa vigente, denominan “mieles de calidad” a aquellas que tienen un contenido de HMF menor a 15 mg/kg [24, 27, 116]; sin embargo, en el 2013, la Comisión Europea estableció un máximo de 20 mg/kg de HMF para las mieles de calidad producidas en Tenerife [106, 123].

La aparición de HMF en las mieles, se relaciona con alteraciones de color y desarrollo de sabores y olores extraños en estas, lo cual conlleva a que este sea uno de los parámetros de calidad más empleados en las mieles y por lo tanto desde el punto de vista del consumidor, bajos valores de HMF garantizan mieles inalteradas de buen sabor y excelente calidad [106].



Por otra parte, la miel contiene enzimas, tanto de origen vegetal como animal; las más importantes son la diastasa (hidroliza el almidón en glucosa) y la invertasa (hidroliza la sacarosa en glucosa y fructosa). La diastasa es secretada por las glándulas hipofaríngeas de la abeja, las cuales se encuentran en la parte superior delantera de su cabeza. Al igual que el HMF, la actividad de la diastasa puede utilizarse como indicativo del envejecimiento y del calentamiento excesivo en el procesamiento de la miel, pues es inestable al calor y se deteriora con el tiempo, por lo cual sus niveles disminuyen en estas condiciones [23, 27, 125].

En el anexo 1 se muestran valores de HMF y diastasa, reportados por distintos autores, para diferentes tipos de mieles producidas por la especie *A. mellifera*, en la tabla 4 para especies de abejas sin aguijón en general y en la tabla 5 para algunas de las especies contempladas en este estudio; sin embargo, no hay reportes acerca de los contenidos de HMF y diastasa para las mieles de *M. fuscipes* y *T. nigra*.

Las mieles de *M. fuscipes* y *M. compressipes* presentaron únicamente durante el mes de junio, valores de $1,46 \pm 0,55$ mg/kg y $4,23 \pm 0,85$ mg/kg de HMF respectivamente; mientras que en las mieles de *T. angustula* y *Nannotrigona* sp., no se encontró HMF en ningún mes. Con respecto a las demás especies, se obtuvieron valores que oscilan entre: 8,65-10,12 (*M. favosa*), 5,10-19,42 (*A. mellifera*) y 2,11-14,84 (*T. nigra*) y 3,19-5,10 (*Scaptotrigona* sp.) durante el año.

Por otra parte, la actividad de diastasa (DN) para *M. favosa* (2,0-2,3), *M. compressipes* (3,0-3,8), *M. fuscipes* (4,0-5,5), *Scaptotrigona* sp. (3,0-3,3), *Nannotrigona* sp. (3,5-4,0), y *T. nigra* (1,5-6,0), es inferior a los valores encontrados para las mieles de *T. angustula* (10,0-15,0), lo cual coincide con lo reportado para mieles colombianas de dichas especies. La actividad de la diastasa de la miel producida por la especie *A. mellifera*, durante el periodo de muestreo, fue: 1,5-6,0 DN respectivamente. En la figura 21 se muestra el promedio de la actividad de diastasa obtenido, con su respectiva desviación estándar, para cada miel.

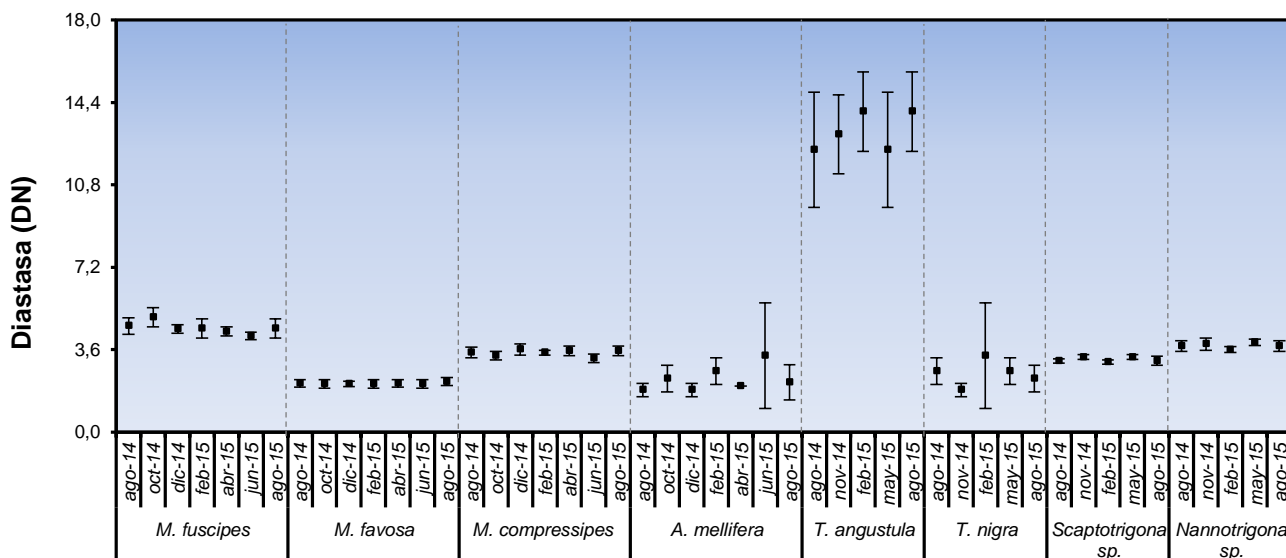


Figura 21. Actividad de la diastasa (DN) en las diferentes muestras de miel, durante el año.



4.1.6 CONTENIDO DE SÓLIDOS INSOLUBLES

El contenido de sólidos insolubles en agua, representa las partículas de cera suspendidas, polen, restos del panal, residuos de insectos, restos de vegetación [22, 114, 126] y otros elementos inherentes al procesamiento que sufre la miel, los cuales se consideran suciedad en la misma [81]. La materia insoluble, puede ser debida a la falta de una extracción de calidad, que a su vez, puede ocurrir por la falta de equipos adecuados o de una formación práctica, acerca de la manera de cosechar, manejar, procesar y empaquetar la miel. La determinación de los sólidos insolubles en la miel, es de vital importancia y se utiliza ampliamente, puesto que da una idea de la calidad de extracción del producto, contribuyendo a la determinación de sus impurezas.

No se encontraron sólidos insolubles en agua en las muestras de miel analizadas. La ausencia de estos sólidos, indica la pureza de la miel, además de la correcta manipulación y extracción de las muestras.

4.1.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Se utilizó un análisis factorial con la finalidad de reducir la dimensionalidad de los datos, buscando el mínimo número de parámetros fisicoquímicos que puedan explicar el máximo de información obtenida en el año para las mieles producidas por las ocho especies de abejas. Teniendo en cuenta la diferencia en los meses de muestreo, (unas especies cada 2 y otras cada 3 meses) se decidió llevar a cabo tres análisis estadísticos, el primero para las mieles recolectadas cada dos meses (*M. favosa*, *M. fuscipes*, *M. compressipes* y *A. mellifera*), el segundo para las mieles cosechadas cada tres meses (*T. angustula*, *T. nigra*, *Scaptotrigona* sp. y *Nannotrigona* sp.), y el tercero para las mieles de todas las especies en los meses en los cuales coincidió el muestreo (agosto 2014, febrero 2015 y agosto 2015).

De los valores obtenidos en la medida de adecuación muestral KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) ($p > 0,5$) y prueba de esfericidad de Bartlett ($p < 0,001$), para los tres casos mencionados anteriormente, se concluye que las correlaciones entre los pares de variables, pueden ser explicadas por otras variables. Por esta razón, se procedió a realizar el análisis factorial, para clasificar la miel producida por las 8 especies de abejas, basando dicha clasificación en sus propiedades fisicoquímicas, para lo cual, se utilizó un análisis de componentes principales (PCA), seguido de análisis discriminante.

En la Figura 22, se muestran los resultados obtenidos del análisis de componentes principales realizado a las propiedades fisicoquímicas de las muestras de miel recolectadas cada dos (A) y tres meses (B), además de los meses en los cuales coincidió el muestreo (C). En dicha figura, se puede observar los parámetros dominantes en cada factor para cada uno de los casos.



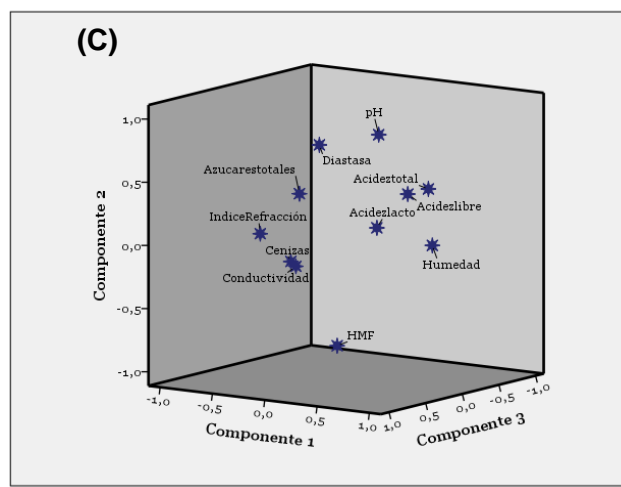
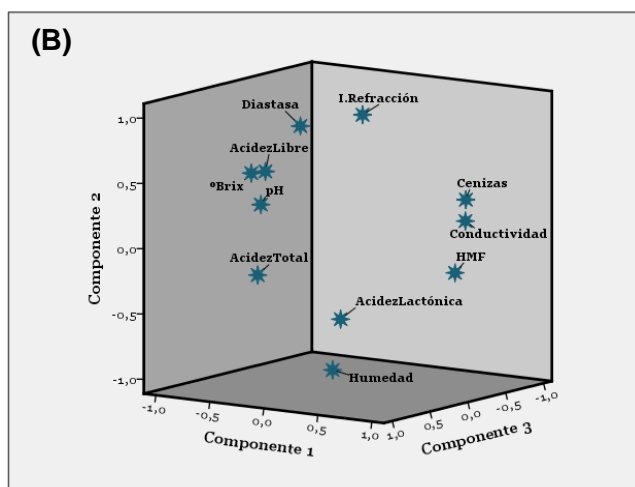
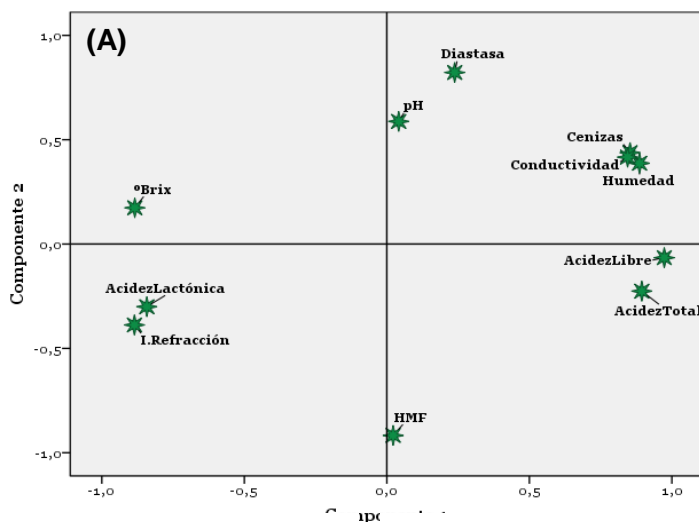


Figura 22. Análisis de componentes principales realizados a las propiedades fisicoquímicas de las muestras de miel.

(A) Miel recolectadas cada dos meses, (B) mieles recolectadas cada tres meses y (C) mieles producidas por todas las especies, en los meses en los cuales coincidió el muestreo.

En la tabla 6 se muestra la matriz del análisis de componentes principales obtenida para las mieles recolectadas cada dos meses, exhibiendo los dos factores y la varianza explicada por cada uno de ellos. También se muestran los dos primeros componentes que representan el 81,9 % del total de la variación entre todas las variables medidas en el estudio. El componente F1, con un peso del 61,98 % de la variabilidad, es explicado principalmente por: humedad, índice de refracción, cenizas, conductividad, azúcares totales, acidez libre, lactónica y total. El componente F2 explica el 19,96 % de la varianza, con: HMF, diastasa y pH. Entre ambos factores (F1 y F2) explican el 81,9 % del total de la variación, lo que demuestra que las mieles de *M. favosa*, *M. fuscipes*, *M. compressipes* y *A. mellifera*, se pueden diferenciar entre ellas por el valor de algunos sus parámetros fisicoquímicos.



Tabla 6. Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en los componentes para las mieles de *M. favosa*, *M. fuscipes*, *M. compressipes* y *A. mellifera*.

	Componente	
	1	2
Índice de refracción	-0,123	-0,078
Humedad (%)	0,123	0,078
Cenizas (%)	0,112	0,102
Conductividad (mS/cm)	0,112	0,094
pH	-0,049	0,244
HMF (mg/kg)	0,093	-0,389
Diastasa (DN)	-0,036	0,324
Azúcares totales (°Brix)	-0,177	0,159
Acidez libre (meq/kg)	0,182	-0,122
Acidez láctica (meq/kg)	-0,123	-0,045
Acidez total (meq/kg)	0,183	-0,182
% Varianza explicada	61,98	19,96
% Varianza acumulada	61,98	81,94

En la tabla 7 se presentan los tres primeros componentes que representan el 89,3 % del total de la variación, para las muestras recolectadas cada tres meses. En dicha tabla, se puede ver que el componente F1, con un peso del 42,42 % de la variabilidad, es explicado principalmente por: conductividad, cenizas, acidez libre y azúcares totales. El componente F2 explica el 31,53 % de la varianza, con humedad, índice de refracción y diastasa, y el componente F3 explica el 15,38 % de la varianza, con: acidez láctica, acidez total, HMF y pH. Los tres factores explican el 89,3 % del total de la variación, lo que demuestra que los valores de los parámetros físico-químicos permiten diferenciar las mieles de *T. angustula*, *T. nigra*, *Scaptotrigona* sp., y *Nannotrigona* sp.

Tabla 7. Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en los componentes para las mieles de *T. angustula*, *T. nigra*, *Scaptotrigona* sp. y *Nannotrigona* sp.

	Componente		
	1	2	3
índice de refracción	0,096	0,289	0,037
Humedad (%)	-0,098	-0,289	-0,037
Cenizas (%)	0,262	0,155	-0,014
Conductividad (mS/cm)	0,296	0,129	0,047
pH	-0,024	0,099	0,232
HMF (mg/kg)	0,042	-0,084	-0,273
Diastasa (DN)	-0,031	0,234	0,056
Azúcares totales (°Brix)	-0,178	0,094	0,019
Acidez libre (meq/kg)	-0,253	0,057	-0,141
Acidez láctica (meq/kg)	0,228	-0,043	0,400
Acidez total (meq/kg)	0,056	-0,002	0,393
% Varianza explicada	42,42	31,53	15,38
% Varianza acumulada	42,42	73,94	89,33



El análisis de componentes principales de las propiedades fisicoquímicas de todas las mieles recolectadas en agosto 2014, febrero 2015 y agosto 2015, arrojó los valores expuestos en la tabla 8, la cual muestra los cuatro primeros componentes, que representan el 88,7 % del total de la variación. El componente F1, con un peso del 37,31 % de la variabilidad, es explicado principalmente por: humedad, índice de refracción, azúcares totales y acidez total. El componente F2 explica el 25,09 % de la varianza, con: HMF, pH y diastasa, el componente F3 explica el 14,44 % con porcentaje de cenizas y conductividad y el componente F4 11,83 % con acidez libre y láctónica.

Tabla 8. Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en los componentes para las mieles de las especies *M. favosa*, *M. fuscipes*, *M. compressipes*, *A. mellifera*, *T. angustula*, *T. nigra*, *Scaptotrigona* sp. y *Nannotrigona* sp.

	Componente			
	1	2	3	4
Índice de refracción	-0,302	0,066	0,051	-0,038
Humedad (%)	0,303	-0,067	-0,053	0,035
Cenizas (%)	-0,084	0,048	0,467	0,046
Conductividad (mS/cm)	-0,072	0,041	0,446	-0,036
pH	0,000	0,343	-0,039	-0,034
HMF (mg/kg)	0,090	-0,405	-0,015	0,221
Diastasa (DN)	-0,134	0,340	0,216	0,221
Azúcares totales (°Brix)	-0,234	0,150	-0,111	-0,042
Acidez libre (meq/kg)	0,191	0,023	-0,089	0,465
Acidez láctónica (meq/kg)	0,048	0,136	-0,024	-0,580
Acidez total (meq/kg)	0,212	0,143	-0,100	-0,113
% Varianza explicada	37,31	25,09	14,44	11,83
% Varianza acumulada	37,31	62,40	76,84	88,67

En los tres análisis por componentes principales (cada 2 meses, cada 3 meses y los meses de coincidencia en el muestreo), se observó que la acidez hace parte del factor 1, lo cual concuerda con la información reportada por: Pena-Crecente y Herrero Latorre (1993), quienes clasificaron las mieles, utilizando los valores de humedad y acidez [127]; Terrab, *et al.*, (2002), que las clasificaron con sus valores de humedad, acidez libre, láctónica, pH y prolina [68]; Krauze y Zalewski (1991), utilizaron la conductividad eléctrica acidez libre, prolina y pH como factores de clasificación [128]; Amina Chakir (2011) utilizó la acidez, el color, HMF y la diastasa [42] y Sanz, *et al.*, (1995) que clasificaron las mieles de su estudio, utilizando los valores de acidez, pH, conductividad eléctrica, ceniza, HMF y diastasa [129].

Mediante análisis discriminante, se encontró que el porcentaje de humedad, el índice de refracción, azúcares totales, la acidez total, la actividad de diastasa, el pH y el HMF, tienen poder discriminante por sí solos ($p < 0,05$). El Lambda de Wilks permitió corroborar este hecho ($p < 0,05$) y las muestras fueron 97,2 % correctamente clasificadas, proporcionando el gráfico que se muestra en la figura 23. Dicha clasificación, muestra que las mieles producidas por las abejas de un mismo género, no necesariamente tienen propiedades fisicoquímicas similares; pues como se presenta en la figura 23, la miel producida por las



Tabla 9. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos de las diferentes mieles estudiadas durante el año de muestreo.

Parámetros fisicoquímicos	Melipona			Trigona		Scaptotrigona	Nannotrigona	Apis
	<i>M. fuscipes</i>	<i>M. favosa</i>	<i>M. compressipes</i>	<i>T. angustula</i>	<i>T. nigra</i>	<i>Scaptotrigona sp.</i>	<i>Nannotrigona sp.</i>	<i>A. mellifera</i>
Humedad (%)	26,75±0,95	25,05±0,73	22,48±0,56	24,59±1,17	28,18±0,98	31,01±0,48	30,20±0,68	17,39±1,48
Cenizas (%)	0,17±0,01	0,14±0,01	0,11±0,01	0,42±0,03	0,84±0,03	0,07±0,01	0,25±0,02	0,07±0,01
Azúcares totales (°Brix)	71,74±0,55	72,98±1,22	76,48±0,47	73,77±1,59	69,30±0,48	66,47±1,41	68,27±0,22	80,17±1,85
Acidez libre (meq/kg)	31,78±2,91	36,86±0,88	21,53±1,47	44,47±1,38	21,17±0,59	39,46±0,72	25,36±1,00	14,24±0,58
Acidez láctica (meq/kg)	2,35±0,56	3,60±0,43	6,63±0,49	1,20±0,87	13,94±1,23	4,18±0,92	36,13±1,96	9,84±0,37
Acidez total (meq/kg)	34,13±3,30	40,46±1,01	28,16±1,24	45,67±1,80	35,11±1,57	43,64±1,06	61,50±1,19	24,08±0,63
Conductividad eléctrica (mS/cm)	0,56±0,02	0,44±0,01	0,35±0,03	0,80±0,01	1,85±0,01	0,19±0,01	0,78±0,05	0,27±0,02
HMF (mg/kg)	0,21±0,55	9,37±0,13	0,60±1,60	NP	8,75±4,15	4,01±0,41	NP	7,61±1,65
Diastasa (DN)	4,54±0,25	2,12±0,04	3,45±0,13	13,13±0,84	2,57±0,55	3,16±0,10	3,78±0,12	2,31±0,54
Sólidos insolubles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	3,71±0,13	3,60±0,20	4,01±0,37	4,12±0,52	3,30±0,15	3,67±0,26	3,99±0,32	3,38±0,16

En las tablas 10 y 11, se presentan los valores exigidos por la legislación vigente nacional e internacional, para la comercialización de mieles. En la legislación nacional, la NTC 1273 (2007), expone algunos valores de composición para las mieles de abejas sin aguijón, los cuales fueron tomados de 152 muestras (Souza, et al., 2006). Adicionalmente, en el mismo documento, se hace referencia a las mieles de algunas de las especies contempladas en este estudio (*T. angustula*, *M. favosa* y *M. compressipes*), dichos valores también se encuentran en la tabla 11.

Tabla 10. Valores de los diferentes parámetros fisicoquímicos planteados en la legislación nacional vigente.

Parámetros fisicoquímicos	Resolución 1057 de 2010 [130]		NTC1273 [47]			
	Miel de abejas	Miel de <i>Apis mellifera</i>	Miel de abejas nativas (Souza, 2006).	<i>T. angustula</i>	<i>M. favosa</i>	<i>M. compressipes</i>
Humedad (%)	≤ 20 o ≤ 21 para mieles de origen tropical	≤ 20	19,9-41,9	23,2-26,7	24,2-35,1	22,3-34,6
Cenizas (%)	≤ 0,6	≤ 0,6	0,01-1,18	0,38-0,45	0,15-0,29	0,22-0,30
Acidez libre (meq/kg)	≤ 50	≤ 50	5,9-109,0	7,7-109,0	36,8-62,9	25,1-48,4
Conductividad eléctrica (mS/cm)	≤ 0,8		0,49-8,77	0,78-7,32	2,06	8,77
HMF (mg/kg)	≤ 40 o ≤ 60 para mieles de origen tropical	≤ 60	0,4-78,4	4,3-39,1	1,2-17,1	1,0-35,8
Diastasa (DN)	≥ 8	≥ 3	0,9-23	17,9-23,0	0,9-2,9	0,22-4,5
Sólidos insolubles (%)	≤ 0,5 (miel prensada) y ≤ 0,1 otras mieles	≤ 0,5 (miel prensada) y ≤ 0,1 otras mieles				
pH			3,15-4,66	3,69-4,35		3,46-4,06



Tabla 11. Valores de los diferentes parámetros fisicoquímicos planteados en la legislación internacional vigente.

Parámetros fisicoquímicos	Legislación europea					Comisión del Codex Alimentarius	Mercosur
	Miel de Liébana	Miel de mielada	Miel de brezo	Miel de Slovenski med	Miel de Tenerife		
Humedad (%)	≤ 18,6			<18,6	≤ 18	≤ 20 y ≤ 21 miel de brezo	≤ 20
Cenizas (%)		0,65-0,75	0,65-0,70			≤ 0,6 y ≤ 1,2 miel de mielada, mezcla de esta con flores o miel de castaño	≤ 0,6 y ≤ 1,2 miel de mielada, mezcla de esta con flores o miel de castaño
Acidez libre (meq/kg)	<50				≤ 50	≤ 50	<40
Conductividad eléctrica (mS/cm)		0,970-1,430	0,845-1,280	0,3-1,9 (dependiendo el tipo de miel)	0,15-0,8 (dependiendo el tipo floral)	≤ 0,8 y ≤ 1,2, miel de mielada y castaño con excepciones e	
HMF (mg/kg)	<20			<15	≤ 20	≤ 40 y ≤ 80 para mieles de de países o regiones de temperatura ambiente tropical	≤ 40
Diastasa (DN)	25-55				≥ 12	≥ 8 y ≥ 3 en caso de las mieles con bajo contenido de enzima natural	≥ 8 y ≥ 3 en caso de las mieles con bajo contenido de enzima natural, siempre y cuando HMF no exceda 15mg/kg
Sólidos insolubles (%)	≤ 0,1					≤ 0,5 (miel prensada) y ≤ 0,1 otras mieles	≤ 0,5 (miel prensada) y ≤ 0,1 otras mieles
pH				3,5-6,2 (dependiendo el tipo de miel)	3,4-6,0		

Miel de Liébana: producto alimenticio elaborado por las abejas melíferas de la comarca de Liébana. **Slovenski med:** es un producto de la República de Eslovenia, incluye miel de diferentes orígenes florales. **Miel de Tenerife:** es la miel producida por las abejas melíferas en la isla de Tenerife. **Excepciones:** Arbutus, Brezo Campana (Erica), Eucalipto, Tilo (Tilia) Brezo "Ling" (Calluna), Manuka o Jelly bush (Leptospermum), Árbol De Té (Melaleuca).]

Por otra parte, en países como Brasil y Venezuela, se han propuesto valores máximos y mínimos para los diferentes parámetros de las mieles de abejas sin aguijón. En la tabla 12 se dan a conocer dichos parámetros, que contemplan a las especies de la tribu Meliponini en general y determinadas especies como *Trigona (Tetragonisca) angustula* y *Melipona favosa*.

TABLA 12. Parámetros fisicoquímicos sugeridos para las mieles producidas por abejas sin aguijón.

Parámetros fisicoquímicos	Sugeridos por Villas-Bôas, et al., 2005 (Brasil) [131]	Sugeridos por Vit, et al., 2004 (Venezuela) [95]
	<i>Meliponini</i> y <i>T. angustula</i>	<i>M. favosa</i>
Humedad (%)	≤ 35	≤ 35
Cenizas (%)	≤ 0,6	≤ 0,5
Acidez libre (meq/kg)	≤ 85	≤ 100
HMF (mg/kg)	≤ 40	≤ 40
Diastasa (DN)	≥ 3	
Sólidos insolubles (%)	≤ 0,4	

Al comparar los valores obtenidos para los diferentes parámetros fisicoquímicos, en las diferentes muestras de miel, se observó que: los valores de las mieles de *Nannotrigona* sp., *M. fuscipes* y *Scaptotrigona* sp., son acordes a los reportados en la NTC 1273 para mieles de abejas nativas; a excepción, de HMF (*M. fuscipes*) y conductividad eléctrica (*Scaptotrigona* sp.) que son inferiores a los expuesto en dicha norma.



En el caso de la miel de *M. favosa*, se observó que los valores de humedad, acidez libre, HMF y diastasa, se encuentran en el rango expuesto en la NTC 1273 para mieles de esta especie; sin embargo, los valores obtenidos para cenizas y conductividad eléctrica son inferiores a los allí contemplados, pero están dentro del rango de composición de abejas nativas, expuesto en el mismo documento. Esta situación, también ocurre con las mieles de *T. angustula* y *M. compressipes*, siendo diastasa (*T. angustula*) y cenizas, acidez, conductividad eléctrica y HMF (*M. compressipes*) los valores que se encuentran por debajo de lo expuesto en la norma para dichas mieles.

Por otra parte, con respecto a la legislación para mieles de abejas sin aguijón propuesta en Brasil y Venezuela, se encontró que los diferentes parámetros fisicoquímicos de la miel de *M. favosa* son acordes a los propuestos para la misma por Vit, *et al.*, (2004); mientras que, la actividad de diastasa en esta miel, es inferior a la cantidad sugerida como mínima por Villas-Bôas, *et al.*, 2005.

Con respecto a la miel de *Apis mellifera*, la actividad de diastasa es el único valor que no se encuentra en el rango solicitado por las normas nacionales e internacionales; siendo el encontrado en este estudio, inferior al expuesto en dichas normas.

4.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS

La miel, a diferencia de la mayoría de sustancias puras, no puede ser caracterizada por un único punto de fusión; pues debido a su compleja composición, exhibe cambios en los termogramas, debidos al tratamiento térmico [59]. Los principales constituyentes de la miel son agua y azúcares; en menor proporción se encuentran algunos aminoácidos, proteínas, ácidos orgánicos, macro y micronutrientes, antioxidantes, pigmentos y numerosos compuestos volátiles. Los compuestos volátiles, proceden de diferentes fuentes: flores de las cuales las abejas toman el néctar, generación directa de compuestos relacionados con el aroma debidos a la acción de microorganismos y a los procesos térmicos realizados a la miel dentro de la colmena. Debido a su gran contribución en el olor y sabor de la misma, en los últimos años, han incrementado las publicaciones relacionadas con la identificación de estos compuestos en mieles de diferentes orígenes florales [132, 133].

En la figura 24 se muestran los termogramas típicos de las mieles producidas por las especies de abejas sin aguijón: *Melipona fuscipes*, *Melipona favosa favosa*, *Melipona compressipes*, *Apis mellifera*, *Trigona (Frieseomelitta) nigra*, *Scaptotrigona* sp., *Nannotrigona* sp., y *Trigona (Tetragonisca) angustula*. Las mieles presentan diferentes transiciones (trs₁-trs₄) y solamente las producidas por las especies *M. favosa* y *T. angustula* exhiben 2 eventos térmicos en la transición 4 (trs_{4a} y trs_{4b}). Las transiciones observadas, de acuerdo con la especie fueron: *M. fuscipes* (trs₁, ts₂, trs₃ y trs₄); *M. favosa* (trs₁, ts₂, trs₃, trs_{4a} y trs_{4b}); *M. compressipes* (trs₁, trs₃ y trs₄); *A. mellifera* (trs₁, trs₃, y trs₄); *T. angustula* (trs₁, ts₂, trs₃, trs_{4a} y trs_{4b}); *T. nigra* (trs₁, ts₂, trs₃ y trs₄); *Nannotrigona* sp. (trs₁, ts₂ y trs₄) y *Scaptotrigona* sp. (trs₁, ts₂, trs₃ y trs₄).



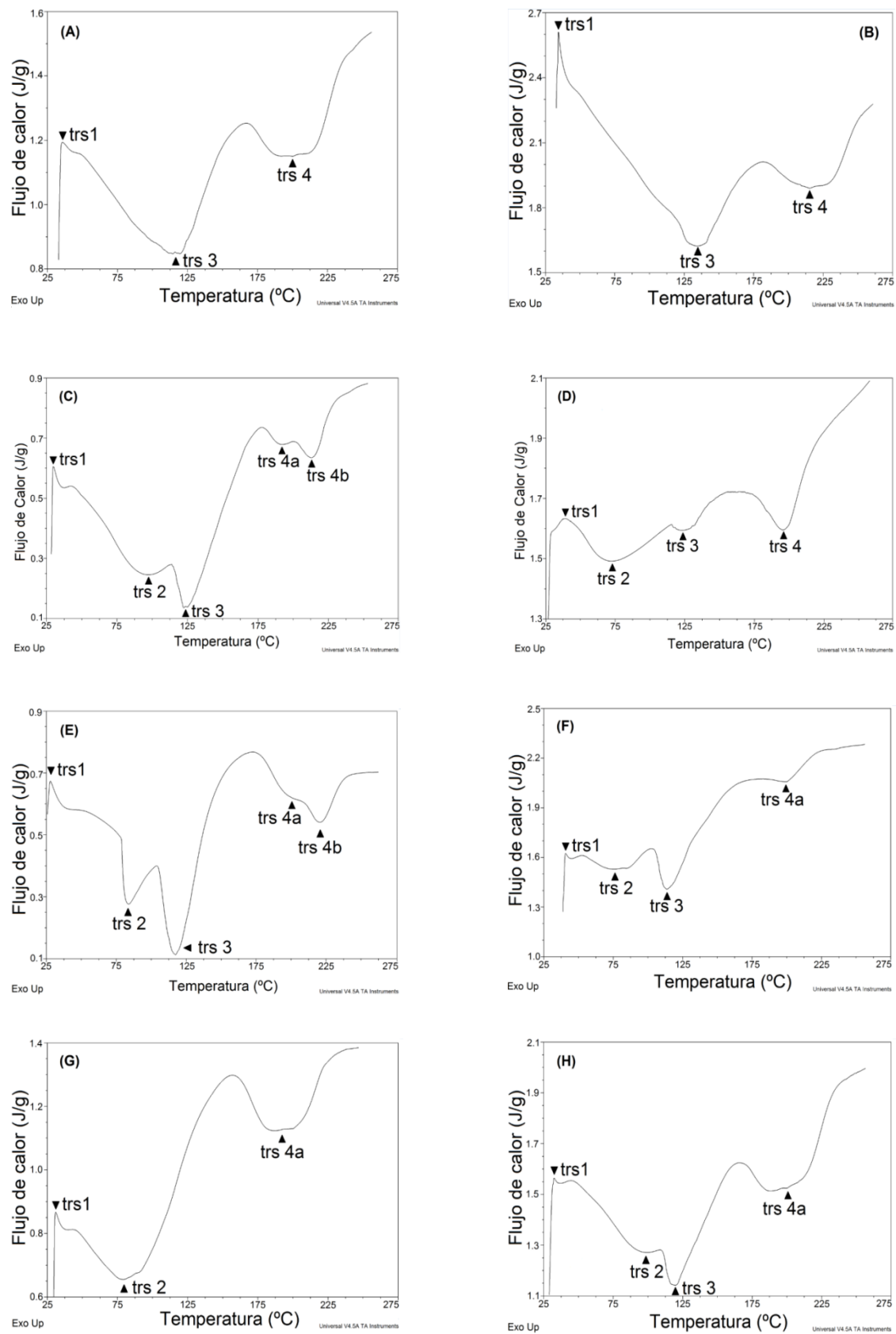


Figura 24. Termogramas de las muestras de miel.

(A) *M. compressipes*, (B) *A. mellifera*, (C) *M. favosa*, (D) *M. fuscipes*, (E) *T. angustula*, (F) *T. nigra*, (G) *Nannotrigona*, sp. y (H) *Scaptotrigona*, sp.



La tabla 13, muestra la temperatura de pico (T_{pico}) y la entalpía (ΔH) promedio, de las diferentes transiciones observadas en las muestras de miel durante el año de recolección. En las muestras tomadas cada dos meses, se observó la mínima variación de entalpía en la miel de *M. favosa* para las transiciones 1 y 3 ($\sigma = 2,12$ y $\sigma = 2,06$) y *M. fuscipes* para las transiciones 2 y 4 ($\sigma = 2,46$ y $\sigma = 2,88$); mientras que, las mayores variaciones de entalpía en estas mieles, se encontraron en: *M. fuscipes* para la transición 1 ($\sigma = 3,97$), *M. favosa* para la transición 2 ($\sigma = 5,09$), *A. mellifera* para la transición 3 ($\sigma = 3,37$) y *M. compressipes* para la transición 4a ($\sigma = 3,95$).

Por otra parte, en las muestras de miel recolectadas cada tres meses, *Nannotrigona* sp., mostró menor variación en las entalpías de las transiciones 1 y 2 ($\sigma = 0,46$ y $\sigma = 1,17$), seguida por *Scaptotrigona* sp., en la transición 3 ($\sigma = 1,17$) y *T. angustula* en la transición 4a ($\sigma = 0,81$). Las mayores variaciones en los valores de entalpía de estas mieles, fueron presentados por: *T. nigra* en la transición 1 ($\sigma = 1,98$), *T. angustula* en las transiciones 2 y 3 ($\sigma = 2,75$ y $\sigma = 3,47$) y *Scaptotrigona* sp., en la transición 4a ($\sigma = 2,62$).



TABLA 13. Entalpías y temperaturas de las transiciones presentadas por las muestras de miel.

Especies	Meses	Transición 1		Transición 2		Transición 3		Transición 4a		Transición 4b	
		T _{pico} °C	Entalpía (J/g)	T _{pico} °C	Entalpía (J/g)	T _{pico} °C	Entalpía (J/g)	T _{pico} °C	Entalpía (J/g)	T _{pico} °C	Entalpía (J/g)
<i>Melipona fuscipes</i>	Ago-2014	31.83±0.19	13.71±2.32	84.11±2.57	106.63±2.50	131.42±2.63	8.85±3.01	198.14±3.52	90.29±3.52	NP	NP
	Oct-2014	28.97±0.14	19.07±2.49	86.45±4.48	104.70±0.68	127.91±6.97	7.42±3.16	196.10±0.84	90.28±2.46	NP	NP
	Dic-2014	29.60±0.44	17.50±1.57	86.59±3.23	106.43±0.97	126.55±1.02	7.99±1.80	199.29±4.83	87.55±4.08	NP	NP
	Feb-2014	27.78±0.21	22.59±3.19	83.78±1.70	106.45±2.32	122.30±3.16	10.55±3.54	198.82±2.24	91.68±3.01	NP	NP
	Abr-2015	27.63±0.28	13.58±2.68	86.19±2.53	106.32±2.50	123.55±4.08	10.50±0.57	202.01±2.88	93.30±0.71	NP	NP
	Jun-2015	28.72±0.20	12.65±0.80	84.99±5.02	107.92±3.48	124.44±3.06	10.87±0.66	204.68±3.60	90.35±2.39	NP	NP
	Ago-2015	27.21±0.49	15.03±2.95	78.65±4.27	106.97±4.58	121.36±0.75	8.45±2.06	197.23±2.72	91.92±1.72	NP	NP
<i>Melipona favosa favosa</i>	Ago-2014	28.66±0.14	17.00±1.74	86.72±11.20	48.03±3.43	126.64±2.19	32.75±1.34	188.86±1.90	6.13±1.58	221.96±8.28	33.21±5.58
	Oct-2014	31.64±1.18	14.70±1.26	84.63±5.50	48.33±5.56	124.86±1.45	36.96±1.57	185.79±3.28	5.00±0.12	218.84±8.13	34.14±4.99
	Dic-2014	31.55±0.20	16.75±2.01	77.08±0.55	48.66±4.15	126.79±0.90	36.43±1.25	186.04±2.43	5.68±1.39	219.94±3.93	27.35±1.10
	Feb-2014	30.85±1.39	14.88±1.54	86.56±8.10	38.63±1.03	128.18±1.34	35.71±0.78	199.77±4.53	6.36±0.71	228.18±2.16	31.36±2.13
	Abr-2015	29.20±0.38	12.61±0.87	74.54±2.06	48.07±4.13	127.03±1.70	35.18±3.03	203.17±5.55	5.46±0.66	224.23±3.66	26.80±4.81
	Jun-2015	26.89±1.45	15.67±2.28	83.47±4.609	40.83±1.38	127.32±2.32	35.60±3.12	182.71±1.13	5.94±0.29	215.31±2.69	30.89±1.81
	Ago-2015	28.88±0.58	17.59±1.33	85.16±1.72	44.18±5.23	126.07±1.48	35.97±0.72	186.29±3.33	6.06±0.45	219.22±1.61	28.06±2.12
<i>Melipona compressipes</i>	Ago-2014	28.14±0.85	15.22±0.56	NP	NP	119.56±0.96	40.57±3.16	216.83±1.29	80.90±2.41	NP	NP
	Oct-2014	28.90±0.30	15.87±3.71	NP	NP	120.30±1.14	36.40±1.95	215.17±1.73	82.10±2.75	NP	NP
	Dic-2014	28.36±0.87	17.17±2.14	NP	NP	121.10±3.40	41.22±1.14	217.87±1.70	79.76±1.75	NP	NP
	Feb-2014	27.02±0.42	16.77±4.37	NP	NP	121.20±0.16	41.55±2.20	218.01±0.99	73.51±1.60	NP	NP
	Abr-2015	27.75±0.61	15.44±0.74	NP	NP	121.00±1.13	37.40±3.13	214.03±2.25	75.87±1.90	NP	NP
	Jun-2015	27.63±0.81	16.80±1.20	NP	NP	120.81±1.17	36.78±4.11	214.94±3.41	73.73±2.10	NP	NP
	Ago-2015	27.02±0.25	17.47±2.05	NP	NP	122.24±3.47	36.86±3.71	217.26±1.73	73.50±1.15	NP	NP
<i>Apis mellifera</i>	Ago-2014	26.64±0.47	26.79±0.41	NP	NP	122.36±0.57	52.48±2.88	202.97±0.91	81.15±2.08	NP	NP
	Oct-2014	28.77±2.52	28.70±3.44	NP	NP	122.33±0.77	52.65±3.09	213.49±0.83	77.84±3.51	NP	NP
	Dic-2014	29.30±0.26	31.49±3.21	NP	NP	125.43±1.30	55.27±3.23	204.98±0.87	83.60±0.88	NP	NP
	Feb-2014	30.99±0.24	31.83±5.09	NP	NP	121.73±1.35	58.02±2.01	203.26±1.23	78.27±2.75	NP	NP
	Abr-2015	26.31±0.24	30.44±2.26	NP	NP	124.51±2.49	54.69±2.09	204.77±2.15	85.20±1.58	NP	NP
	Jun-2015	25.47±0.52	29.91±6.93	NP	NP	123.18±1.95	52.29±5.17	209.41±3.36	79.73±2.67	NP	NP
	Ago-2015	25.02±1.53	26.10±5.18	NP	NP	121.85±1.33	55.25±3.36	207.61±2.34	82.87±1.32	NP	NP
<i>Trigona (Tetragonisca) angustula</i>	Ago-2014	28,48±0.06	13,84±0.78	82,29±0.51	32,17±0.76	117,04±6.69	46,62±3.89	183,18±2.45	4,93±0.05	213,03±2.40	15,38±1.07
	Nov-2014	28,82±0.23	13,55±0.51	81,52±0.61	34,41±4.81	119,15±4.92	47,84±5.11	182,09±2.58	4,23±0.86	212,42±2.75	17,35±1.93
	Feb-2015	28,87±0.32	13,48±1.17	81,97±0.50	35,49±0.85	122,17±1.54	47,57±4.30	183,79±1.89	4,50±1.00	212,84±3.01	16,07±2.08
	May-2014	28,77±0.39	12,34±0.18	83,13±0.27	35,12±3.14	120,55±2.08	46,88±3.33	183,85±0.72	5,50±0.54	213,22±0.34	16,53±1.23
	Ago-2015	28,93±0.41	12,80±0.66	81,70±0.98	36,54±1.68	120,61±2.22	47,34±3.46	183,67±0.44	5,61±0.66	211,35±0.83	16,70±1.45



<i>Trigona (frieseomelitta) nigra</i>	Ago-2014	31,94±0.20	28,98±1.80	76,52±2.76	22,89±2.65	117,66±1.96	34,68±3.24	189,04±1.26	45,52±2.86	NP	NP
	Nov-2014	32,09±0.39	26,08±1.04	76,07±2.39	24,59±1.88	118,43±3.18	34,73±1.88	188,35±1.99	46,21±0.92	NP	NP
	Feb-2015	28,67±2.98	28,91±1.96	75,96±4.42	20,98±1.85	116,68±3.31	35,19±1.47	186,75±0.77	46,28±2.31	NP	NP
	May-2014	29,58±4.02	28,849±2.23	73,28±3.99	25,85±2.45	118,76±3.10	31,53±1.59	186,43±0.90	46,76±1.17	NP	NP
	Ago-2015	30,27±2.36	26,50±1.32	76,38±2.44	23,41±3.02	116,71±1.16	35,99±0.73	188,68±2.22	46,98±2.01	NP	NP
<i>Scaptotrigona sp.</i>	Ago-2014	29,97±0.54	9,46±1.48	82,07±1.40	54,13±1.63	125,01±1.36	27,21±2.10	203,99±1.32	160,49±1.08	NP	NP
	Nov-2014	29,24±2.52	9,04±1.59	82,93±0.92	55,31±2.40	124,73±1.13	28,7±0.66	207,13±1.68	157,35±1.74	NP	NP
	Feb-2015	29,39±0.67	10,89±1.69	82,53±0.68	56,87±1.50	124,55±2.97	26,32±0.89	201,86±3.90	156,00±3.37	NP	NP
	May-2014	28,79±0.75	10,39±1.66	81,30±0.46	55,54±1.11	124,33±0.66	25,37±0.74	201,73±2.40	156,03±3.27	NP	NP
	Ago-2015	28,38±0.59	10,04±0.90	81,75±1.18	55,68±1.62	126,22±0.99	26,21±2.44	204,53±0.97	156,55±0.94	NP	NP
<i>Nannotrigona Sp.</i>	Ago-2014	29,73±0.27	8,92±0.20	87,25±4.67	136,04±0.30	NP	NP	200,79±1.15	132,61±1.04	NP	NP
	Nov-2014	29,45±0.92	9,52±0.48	89,24±3.62	136,91±1.43	NP	NP	200,58±0.73	134,58±1.13	NP	NP
	Feb-2015	29,13±0.37	9,54±0.58	86,52±4.17	137,31±0.49	NP	NP	201,55±0.96	132,65±1.20	NP	NP
	May-2014	28,32±0.71	9,32±0.51	87,64±4.33	138,39±1.03	NP	NP	201,44±0.82	134,03±0.49	NP	NP
	Ago-2015	28,49±0.47	9,01±0.32	88,28±3.3	137,67±1.24	NP	NP	201,35±1.01	134,80±1.97	NP	NP



4.2.1 TRANSICIÓN 1

Esta transición exotérmica se observó en todas las muestras con un mínimo de temperatura de inicio (T_i) de 21,96°C para *M. compressipes* y un máximo de temperatura final (T_f) de 50,01°C para *A. mellifera*. Los valores de entalpía promedio en esta transición, para las muestras de miel durante el año, fueron: 16,30±3,97 J/g (*M. fuscipes*); 15,60±2,12 J/g (*M. favosa*); 16,39±2,26 J/g (*M. compressipes*); 29,32±4,16 J/g (*A. mellifera*); 13,21±0,84 J/g (*T. angustula*); 27,86±1,98 J/g (*T. nigra*); 9,96±1,43 J/g (*Scaptotrigona* sp.) y 9,26±0,46 J/g (*Nannotrigona* sp.). Los valores de entalpía y temperatura, para esta transición, con su respectiva desviación estándar, se muestran en las figuras 25 y 26.

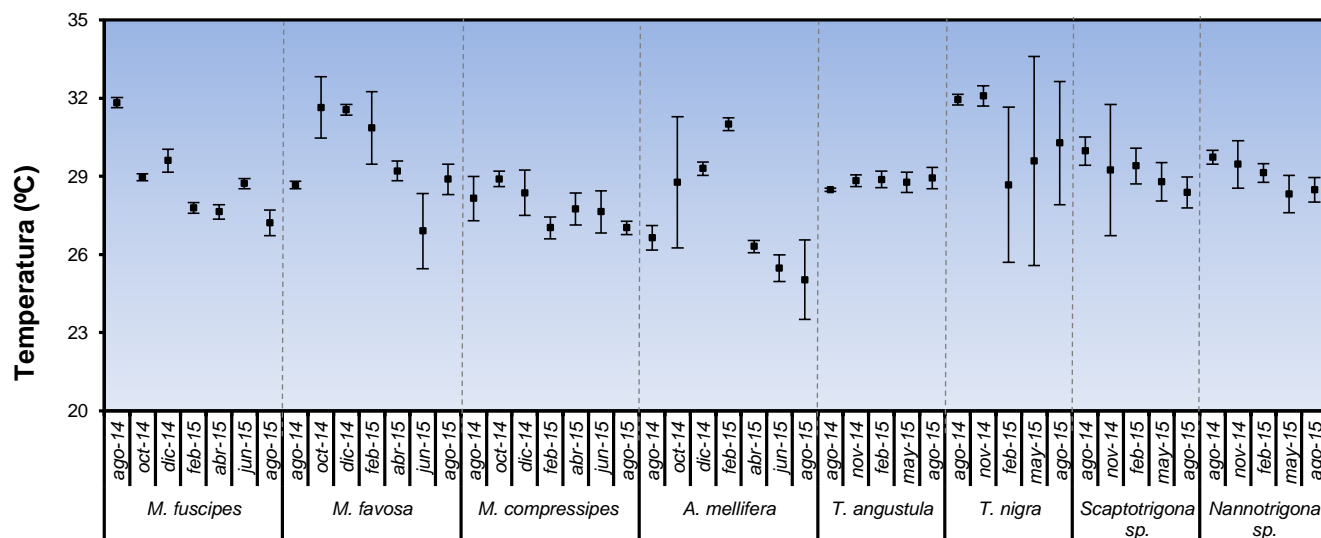


Figura 25. Temperaturas de la primera transición para las diferentes muestras de miel.

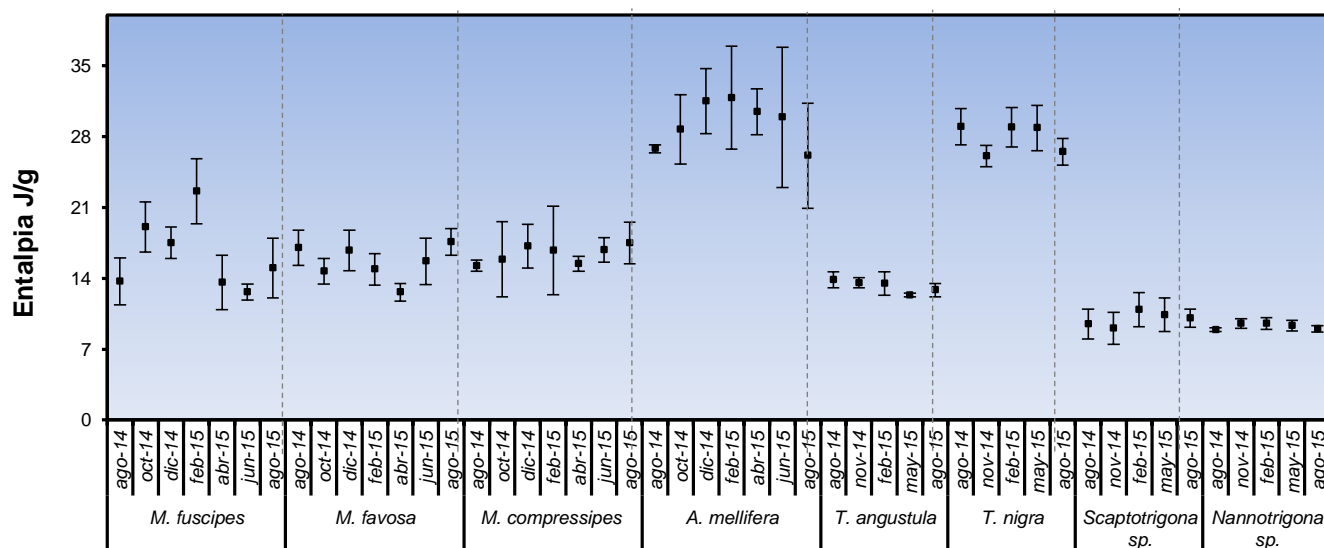


Figura 26. Entalpías de la primera transición para las diferentes muestras de miel.



La temperatura de pico (T_{pico}), a la cual apareció esta transición exotérmica en las diferentes muestras a lo largo del año, fue: $28,82 \pm 1,51^{\circ}\text{C}$ (*M. fuscipes*); $29,67 \pm 1,83^{\circ}\text{C}$ (*M. favosa*); $27,83 \pm 0,85^{\circ}\text{C}$ (*M. compressipes*); $27,50 \pm 2,32^{\circ}\text{C}$ (*A. mellifera*); $28,78 \pm 0,31^{\circ}\text{C}$ (*T. angustula*); $30,51 \pm 2,51^{\circ}\text{C}$ (*T. nigra*); $29,16 \pm 1,21^{\circ}\text{C}$ (*Scaptotrigona* sp.) y $29,02 \pm 0,75^{\circ}\text{C}$ (*Nannotrigona* sp.). Estos valores, coinciden con las temperaturas a las cuales generalmente se extraen y determinan los compuestos volátiles (30°C - 70°C), mediante microextracción en fase sólida (SPME) y cromatografía de gases-espectrometría de masas (CG-MS) [67, 134-138]. Los estudios térmicos acerca de estos compuestos, son escasos; quizá, la única investigación en donde se determinó la temperatura y entalpía de vaporización (T_{vap} y ΔH_{vap}) de compuestos volátiles heterocíclicos, fue la presentada por Aguilar Rojas, A., et al, en el 2005 [139]. En esta investigación, se propuso un procedimiento experimental alternativo para determinar la ΔH_{vap} de tetrahidropirano, 2-metoxi-tetrahidropirano, N-morfolina y N-metil-morfolina a 25°C ; usando, calorimetría diferencial de barrido. Los resultados obtenidos mostraron que el uso de esta técnica calorimétrica hace que la obtención de estos parámetros sea significativamente más rápida y fiable que su obtención por las técnicas tradicionales. Teniendo en cuenta esta información, y sabiendo que los compuestos volátiles en la miel son muy diversos, se podría atribuir la presencia de esta primera transición, a la vaporización de los compuestos volátiles presentes en las muestras de miel.

4.2.2 TRANSICIONES 2 Y 3

Las transiciones 2 y 3 son endotérmicas, se presentaron en las mieles producidas por las especies *M. favosa*, *M. fuscipes*, *T. angustula*, *T. nigra* y *Scaptotrigona* sp. La miel de *Nannotrigona* sp., presentó solamente la transición 2 y las mieles de *M. compressipes* y *A. mellifera* presentaron solamente la transición 3. La transición 2 exhibió valores de temperatura de pico y entalpía de: $84,39 \pm 3,99^{\circ}\text{C}$ - $106,49 \pm 2,46$ J/g (*M. fuscipes*); $82,60 \pm 6,78^{\circ}\text{C}$ - $45,25 \pm 5,09$ J/g (*M. favosa*); $82,12 \pm 0,79^{\circ}\text{C}$ - $34,75 \pm 2,75$ J/g (*T. angustula*); $75,64 \pm 3,06^{\circ}\text{C}$ - $23,54 \pm 2,65$ J/g (*T. nigra*); $82,12 \pm 1,02^{\circ}\text{C}$ - $55,50 \pm 1,70$ J/g (*Scaptotrigona* sp.) y $87,79 \pm 3,55^{\circ}\text{C}$ - $137,26 \pm 1,17$ J/g (*Nannotrigona* sp.).

La temperatura de pico y la entalpía de la transición 3, para las diferentes muestras fue: $125,36 \pm 4,52^{\circ}\text{C}$ - $9,23 \pm 2,39$ J/g (*M. fuscipes*); $126,70 \pm 1,72^{\circ}\text{C}$ - $35,51 \pm 2,06$ J/g (*M. favosa*); $120,89 \pm 1,86^{\circ}\text{C}$ - $38,68 \pm 3,29$ J/g (*M. compressipes*); $123,06 \pm 1,85^{\circ}\text{C}$ - $54,38 \pm 3,37$ J/g (*A. mellifera*); $119,91 \pm 3,83^{\circ}\text{C}$ - $47,25 \pm 3,47$ J/g (*T. angustula*); $117,65 \pm 2,43^{\circ}\text{C}$ - $34,42 \pm 2,29$ J/g (*T. nigra*) y $124,97 \pm 1,54^{\circ}\text{C}$ - $26,76 \pm 1,76$ J/g (*Scaptotrigona* sp.). La temperatura de pico y entalpía (transiciones 2 y 3), con sus respectivas barras de error, se muestran en las gráficas 27-30.



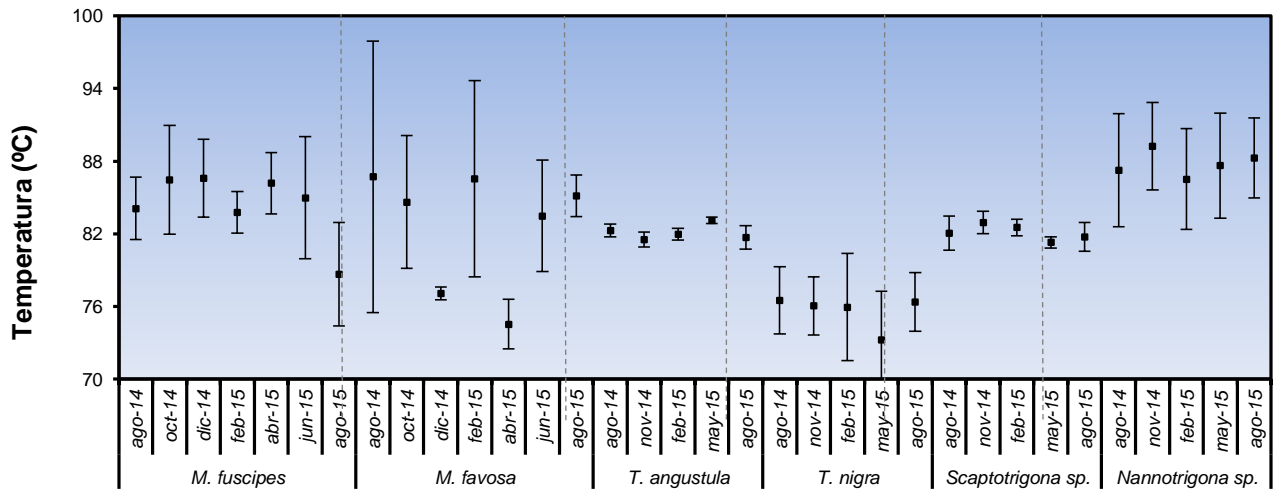


Figura 28. Temperaturas de la segunda transición en las muestras de miel.

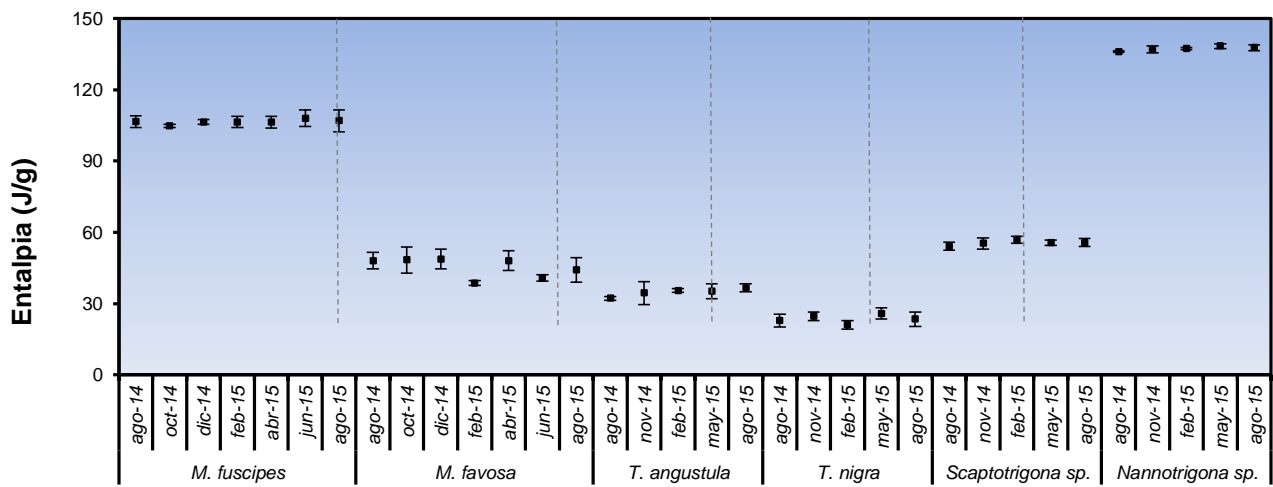


Figura 27. Entalpías de la segunda transición para las mieles de las diferentes especies.

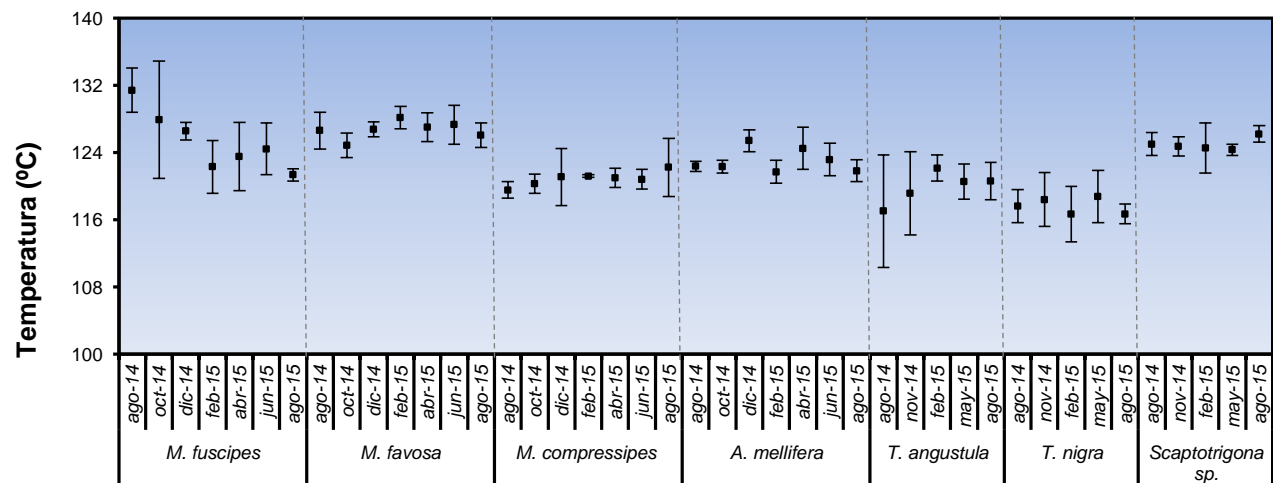


Figura 29. Temperaturas de la transición 3 para las diferentes mieles.



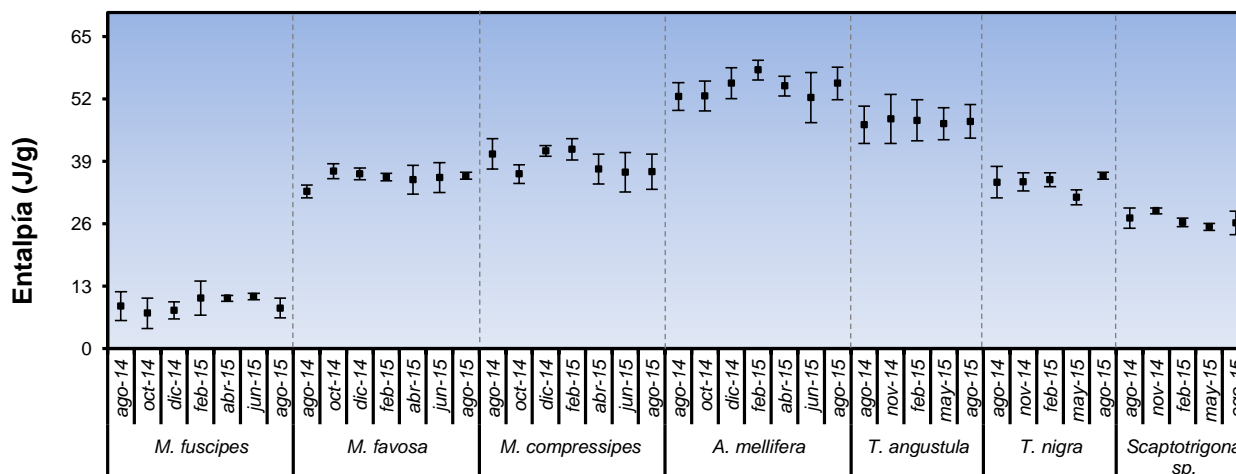


Figura 30. Entalpías de la tercera transición para las diferentes mieles.

En el rango de temperatura, en el cual aparecen la segunda y tercera transición; el porcentaje de pérdida de peso fue: $27,10 \pm 0,40$ % (*T. angustula*); $29,44 \pm 0,35$ % (*T. nigra*); $31,34 \pm 0,5$ % (*Scaptotrigona sp.*); $30,42 \pm 0,4$ % (*Nannotrigona sp.*); $28,16 \pm 0,71$ % (*M. fuscipes*); $26,33 \pm 0,1$ % (*M. favosa*); $23,64 \pm 1,01$ % (*M. compressipes*) y $19,64 \pm 0,44$ % (*A. mellifera*). Este porcentaje es mayor al contenido de humedad encontrado para estas muestras por el método refractométrico (tabla 3); esta diferencia puede deberse a que en este intervalo de temperatura ocurre otro proceso además de la vaporización del agua.

Los aminoácidos presentes en la miel, son producto de la degradación de las proteínas; siendo la prolina, la más abundante. El contenido de prolina en las mieles oscila entre 50 % - 85 % del contenido total de aminoácidos. Por otra parte, el contenido de proteínas depende de la especie de abeja que produce la miel, algunos estudios han encontrado los siguientes contenidos de proteína en diferentes mieles: 0,1-0,4 % (*A. mellifera*); 0,41 % (*Scaptotrigona pectoralis*); 1,19 % (*Tetragonisca angustula*); 0,47 % (*Scaptotrigona mexicana*); 0,07 % (*Melipona beecheii*); 0,4-2,37 % (*Melipona illiger*) y 0,2-0,8 % (*M. compressipes*) [92, 95]; sin embargo, el contenido de proteínas para las mieles producidas por *M. favosa*, *M. fuscipes*, *T. nigra*, *Scaptotrigona sp.* y *Nannotrigona sp.*, no ha sido reportado en ningún estudio hasta el momento.

La calorimetría diferencial de barrido, se ha utilizado en diversas investigaciones relacionadas con biomoléculas; por ejemplo, para estudiar la estabilidad de algunas proteínas en su forma nativa, midiendo la entalpía de desplegamiento (ΔH°_m), que resulta de inducir la desnaturalización de la proteína con calentamiento. Las proteínas en soluciones acuosas tienen grandes valores de capacidades caloríficas y cuando el calor es absorbido por la proteína, un pico endotérmico ocurre en un intervalo específico de temperatura, característico para cada proteína. Diversos estudios, muestran la presencia de dichos eventos térmicos en los termogramas de DSC, alrededor de 50-80 °C [140-145].



componen estas mieles. Sin embargo, para confirmar esta hipótesis, se deben realizar estudios más detallados.

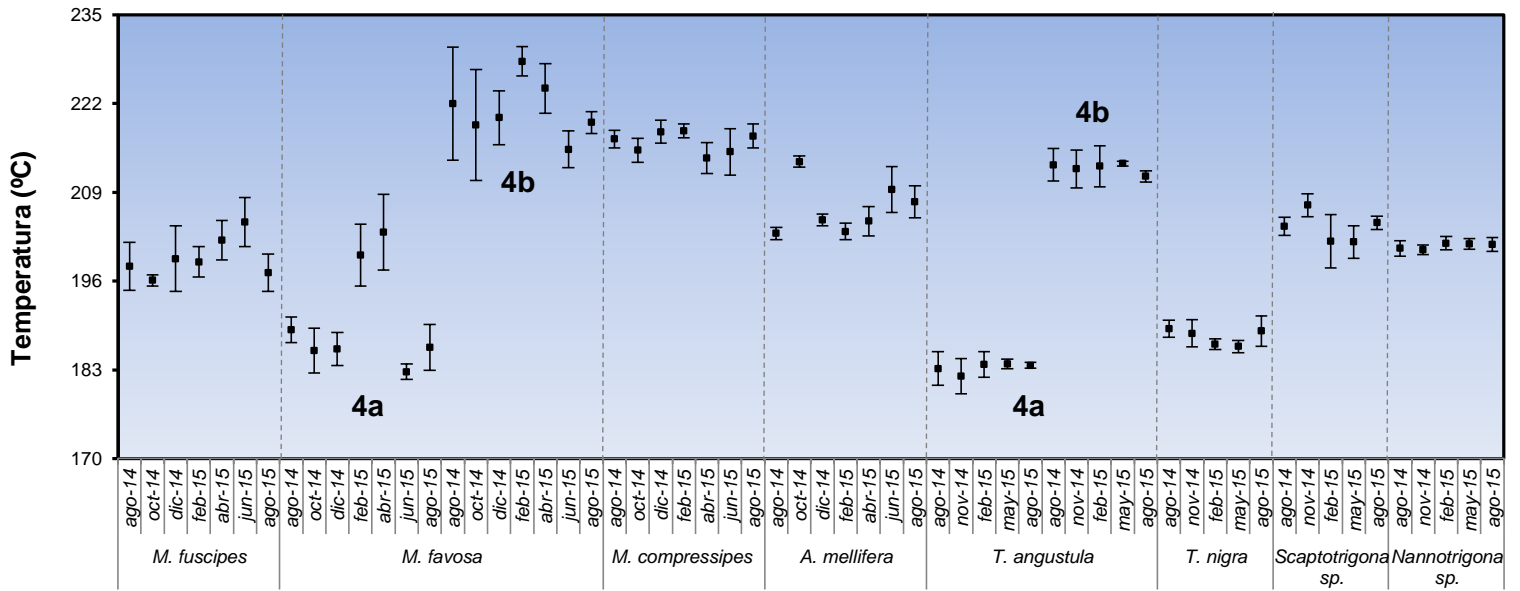


Figura 31. Temperaturas de la transición 4 (a y b), para las diferentes mieles.

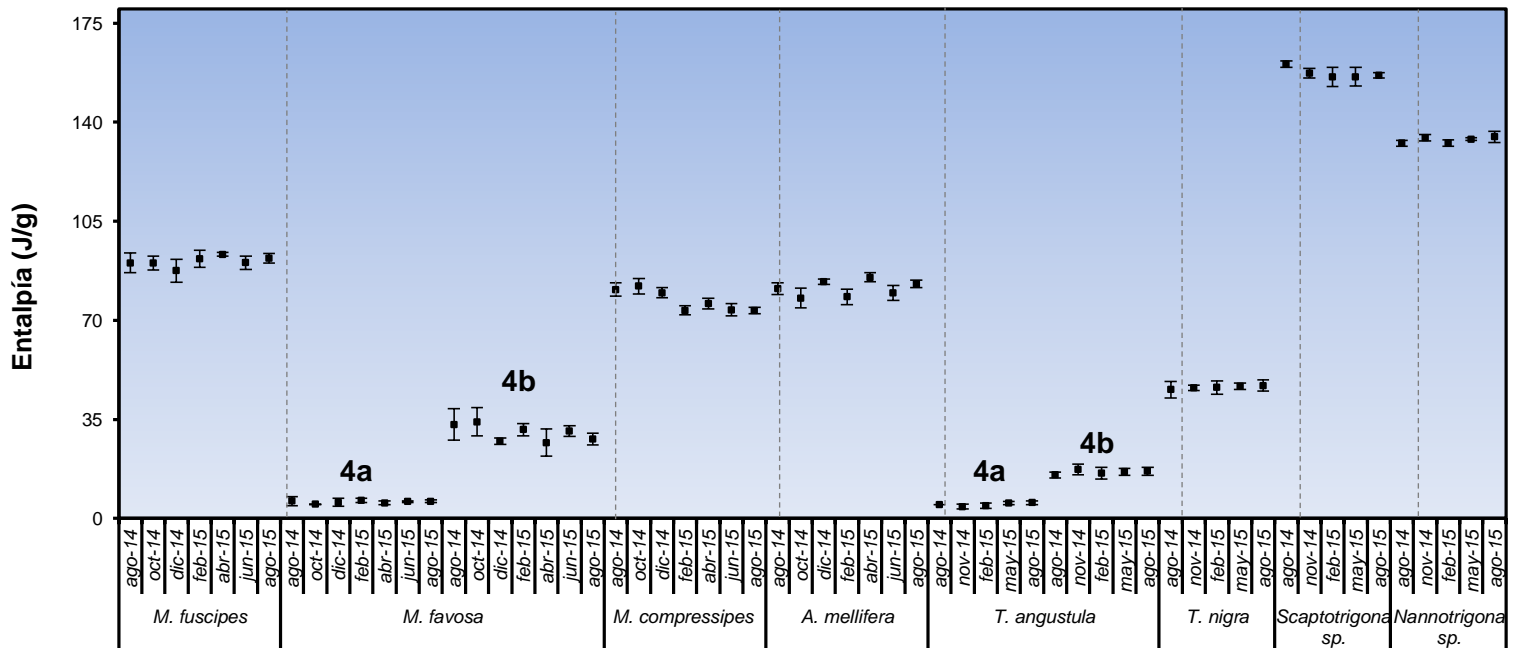


Figura 32. Entalpías de la transición 4 (a y b) para las diferentes muestras de miel.



4.2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la finalidad de determinar si hay diferencias estadísticamente significativas en las entalpías (ΔH) de las diferentes transiciones (trs_1 , trs_2 , trs_3 , trs_{4a} y trs_{4b}) entre las especies y en una misma especie con respecto al tiempo (año de muestreo), se realizó un análisis de varianza factorial de medidas repetidas.

Teniendo en cuenta la diferencia en los meses de muestreo, se decidió llevar a cabo tres análisis estadísticos, el primero para las mieles recolectadas cada dos meses (*M. favosa*, *M. fuscipes*, *M. compressipes* y *A. mellifera*), el segundo para las mieles cosechadas cada tres meses (*T. angustula*, *T. nigra*, *Scaptotrigona* sp. y *Nannotrigona* sp.) y el tercero para las mieles de todas las especies, en los meses en los cuales coincidió el muestreo (agosto 2014, febrero 2015 y agosto 2015).

El análisis estadístico, mostró que hay un efecto significativo del factor especie de abeja en la entalpía y no del factor tiempo (meses), tanto para las muestras recolectadas cada dos meses: $F(3, 24) = 3548,133$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 1,00$ y $F(6, 144) = 2,207$; $p > 0,05$; $\eta^2 = 0,084$; como para las recolectadas cada tres meses: $F(3, 8) = 153526,890$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 1,00$ y $F(4, 32) = 0,728$; $p > 0,05$; $\eta^2 = 0,083$.

Adicionalmente, en los meses en que coincide el muestreo, se encontró que existe una interacción significativa de los factores especie de abeja x tiempo x transición en la variable entalpía $F(6, 16) = 31052,61$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 1,00$; lo cual significa, que la entalpía durante el año de análisis, no es la misma en las diferentes transiciones observadas (trs_1 - trs_4), ni en las diferentes mieles analizadas (*M. fuscipes*, *M. favosa*, *A. mellifera*, *M. compressipes*, *T. angustula*, *T. nigra*, *Scaptotrigona* sp. y *Nannotrigona* sp.).

Debido a que se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se procedió a buscar entre las mieles de que especies se dan dichas diferencias. Para ello, se utilizan las comparaciones múltiples o pruebas Post-hoc, que permiten determinar que medias difieren entre sí, identificando los subconjuntos homogéneos de medias que no se diferencian. Los métodos más utilizados son LSD de Fisher o mínima diferencia significativa, Tukey, Duncan y Bonferroni; en este caso, por cuestiones de robustez se utilizó Bonferroni.

En las comparaciones múltiples, se observó que la transición 1, no presenta diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre las mieles de las especies del género *Melipona* (*M. favosa*, *M. compressipes* y *M. fuscipes*), entre *A. mellifera*, *T. nigra* ($p > 0,05$) y entre *Scaptotrigona* sp., *Nannotrigona* sp., ($p > 0,05$), mientras la miel de *T.*



angustula presenta diferencias estadísticamente significativas con todas las especies del análisis ($p < 0,05$).

Por otra parte, se encontró que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en las entalpías de la transición 2, para todas las mieles de las especies analizadas que presentaron esta transición (*M. fuscipes*, *Nannotrigona* sp., *T. angustula*, *T. nigra*, *M. favosa* y *Scaptotrigona* sp.).

Con respecto a la transición 3, se encontró que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre las entalpías de *M. favosa*, *M. compressipes* y *T. nigra*, pero si hay diferencia entre ellas y la entalpía de: *A. mellifera*, *M. fuscipes*, *T. angustula* y *Scaptotrigona* sp., ($p < 0,05$), que también presentan diferencias significativas entre ellas ($p < 0,05$).

La transición 4a no presentó diferencias significativas entre *A. mellifera* y *M. compressipes* ($p > 0,05$), pero si entre las entalpías de estas mieles con las producidas por las demás especies de abejas que produjeron la miel analizada ($p < 0,05$) (*T. angustula*, *T. nigra*, *M. fuscipes*, *M. favosa*, *Scaptotrigona* sp., y *Nannotrigona* sp.). Con respecto a la transición 4b, la cual solo fue exhibida por las mieles de *M. favosa* y *T. angustula* se encontró diferencia significativa en sus entalpías ($p < 0,05$).



5. CONCLUSIONES

No se detectó la presencia de sólidos insolubles en ninguna de las muestras de miel colectadas durante el tiempo de muestreo (agosto 2014-agosto2015), lo cual difiere de investigaciones previas en las que reportan contenidos de 0,01-0,73 %. Esto denota, la correcta extracción y manipulación de las mieles recolectadas.

Se reportan por primera vez los parámetros fisicoquímicos, diastasa y HMF para mieles de *M. fuscipes*, el valor de pH y acidez láctica para las mieles de *T. nigra*, *M. compressipes* y *Nannotrigona* sp., al igual que la acidez libre en las mieles producidas por *Scaptotrigona* sp., *T. nigra*, *M. fuscipes* y *Nannotrigona* sp.

Las mieles producidas por las diferentes especies sin aguijón analizadas en este trabajo, presentaron mayor porcentaje de humedad, acidez libre, total y contenido de cenizas que la miel de *Apis mellifera*; además, presentaron menor contenido de azúcares totales y mayor conductividad eléctrica que esta, a excepción de la miel de *Scaptotrigona* sp.

Los parámetros fisicoquímicos determinados en las diferentes muestras de miel, dependen del factor especie y no del factor tiempo; lo cual indica, que las diferencias de estas propiedades durante el año de muestreo no fueron significativas para la miel de una misma especie, pero si entre las mieles producidas por diferentes especies; por lo cual, estos parámetros podrían considerarse como adecuados para diferenciar las mieles producidas por dichas especies, independientemente de la época del año.

A pesar del “alto contenido de humedad” de las mieles de las abejas sin aguijón, no se observó fermentación en su almacenamiento ni pérdida de su color y sabor original, lo cual podría indicar que la “elevada humedad”, es debida al procesamiento del néctar en la colmena, incluyendo la adición de enzimas u otras sustancias por parte de las abejas, que ayudan a la actividad antibiótica o conservante en la miel.

En el análisis de componentes principales de las diferentes muestras, se encontró que en las mieles recolectadas cada dos meses, los dos primeros componentes representan el 81,9% del total de la variación entre todas las variables medidas en el estudio, en las muestras recolectadas cada tres meses, son los tres primeros componentes, los que representan el 89,3 % del total de la variación y en todas las especies, en los meses que coincidió el muestreo, son cuatro componentes, los que representan el 88,7 % del total de la variación. Esta información demuestra que las mieles de *M. favosa*, *M. fuscipes*, *M. compressipes*, *A. mellifera*, *T. angustula*, *T. nigra*, *Scaptotrigona* sp., y *Nannotrigona* sp., se pueden diferenciar entre ellas por el valor de la mayoría de sus parámetros fisicoquímicos.



La acidez se encuentra en el primer factor de los tres tratamientos estadísticos realizados, acorde a lo reportado por otros autores. Este parámetro, tiene un valor mayor en mieles de abejas sin aguijón que en mieles de *Apis mellifera* y es característico de estas mieles; por lo cual, no puede considerarse indeseable como en las mieles de *Apis mellifera*, puesto que dicha acidez, puede estar relacionada con sus atributos medicinales, debido a que el etanol generado en este proceso, puede mejorar su capacidad antioxidante. Adicionalmente, no se encontró relación entre pH y acidez, pero sí entre cenizas y conductividad.

Las muestras de miel fueron 97,2 % correctamente clasificadas, utilizando análisis discriminante, el cual mostró que el porcentaje de humedad, el índice de refracción, los azúcares totales, la acidez total, la actividad de diastasa, el pH y el HMF, tienen poder discriminante por sí solos ($p < 0,05$). Dicha clasificación, muestra que las mieles producidas por las abejas de un mismo género, no necesariamente tienen propiedades fisicoquímicas similares.

Con respecto a las propiedades térmicas, las mieles recolectadas durante un año, exhibieron 4 transiciones térmicas (trs_1 - trs_4); sin embargo, la miel de *Nannotrigona* sp., no presentó la transición 3 (trs_3), las mieles de *A. mellifera* y *M. compressipes* no presentaron la transición 2 (trs_2) y las mieles producidas por *M. favosa* y *T. angustula*, presentaron dos eventos térmicos en la transición 4 (trs_{4a} y trs_{4b}).

La primera transición (trs_1) puede estar relacionada con la vaporización de compuestos volátiles, las transiciones 2 y 3 (trs_2 , trs_3), se relacionan con la vaporización del agua, la posible desnaturalización de proteínas y el inicio de fusión de los azúcares presentes en las mieles y la transición 4 (trs_{4a} y trs_{4b}) puede ser atribuida a la fusión y descomposición de azúcares (mono-, di-, tri- y oligosacáridos), siendo las mieles de *M. favosa* y *T. angustula* las únicas que exhiben estos dos eventos térmicos en la transición 4.

La miel producida por *Melipona fuscipes*, *Melipona favosa favosa*, *Melipona compressipes*, *Apis mellifera*, *Trigona (Tetragonisca) angustula*, *Trigona (Frieseomelitta) nigra*, *Scaptotrigona* sp. y *Nannotrigona* sp., exhiben un comportamiento térmico diferente; por lo cual la calorimetría diferencial de barrido (DSC), puede utilizarse para la caracterización de muestras de miel de diferentes especies, con el fin de evaluar su pureza y su adulteración.

En este trabajo se determinaron por primera vez en Colombia, y para las especies que se encuentran también en otros países, la variación de los parámetros fisicoquímicos y comportamiento térmico con respecto al tiempo.



7. BIBLIOGRAFÍA

1. Nates Parra, G., *Abejas silvestres y polinización*. Manejo integrado de plagas y agroecología., 2005. **75**: p. 7-20.
2. Nates Parra, G. and J.M. Rosso Londoño, *Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera:Meliponini) utilizadas en meliponicultura en Colombia*. ACTA BIOLÓGICA COLOMBIANA, 2013. **18**: p. 415-426.
3. Díez, K. and A. Torres, *Caracterización fisicoquímica de mieles de cinco especies de abejas sin aguijón de Norte de Santander, Colombia*. , in *Departamento de Química*. 2011, Universidad de Pamplona. p. 66.
4. Mendizabal, F.M., *Abejas.*, ed. E. Albatros. Vol. 1. 2005.
5. Terrab, A., et al., *Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents*. Food Chemistry, 2004. **88**(4): p. 537-542.
6. Silva, L.R., et al., *Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents*. Microchemical Journal, 2009. **93**(1): p. 73-77.
7. Habib, H.M., et al., *Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions*. Food Chemistry, 2014. **153**: p. 35-43.
8. Michener, C.D., *The Bees of the world*. Second ed. 2007.
9. Laverde Rodríguez, J.C., et al., *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de las abejas y la apicultura en Colombia con énfasis en miel de abejas.*, D.C. Bogotá, Editor. 2010, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. p. 1-215.
10. Nates Parra, G., *Las Abejas sin Aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) de Colombia*. Biota Colombiana, 2001. **2**: p. 233-248.
11. López Domínguez, D.A., *Validación de dos modelos de colmenas MARIA y UTOB con abejas sin aguijón Melipona beecheii y Tetragonisca angustula, en El Paraiso, Honduras in Agroindustria Alimentaria*. 2002, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 35.
12. Torres, A., W. Hoffmann, and I. Lamprecht, *Thermal investigations of a nest of the stingless bee Tetragonisca angustula Illiger in Colombia*. Thermochemica Acta, 2007. **458**(1-2): p. 118-123.
13. S., A.M., et al., *Abejas nativas: Las Meliponas, in Manejo sustentable del ecosistema salinas grandes, Chaco árido*. 2010.
14. Fuenmayor, C., et al., *Honey of Colombian Stingless Bees: Nutritional Characteristics and Physicochemical Quality Indicators*, in *Pot-Honey*, P. Vit, S.R.M. Pedro, and D. Roubik, Editors. 2013, Springer New York. p. 383-394.
15. Torres, A., et al., *Calorimetric investigation of the antimicrobial action and insight into the chemical properties of "angelita" honey—a product of the stingless bee Tetragonisca angustula from Colombia*. Thermochemica Acta, 2004. **415**(1-2): p. 107-113.
16. Nates Parra, G., *Tribu Meliponini*, in *Abejas corbiculadas de Colombia. Hymenoptera: Apidae.*, U.N.d. Colombia, Editor. 2006. p. 155.
17. Torres, A., W. Hoffmann, and I. Lamprecht, *Thermal investigations of a nest of the stingless bee Trigona (Frieseomelitta) nigra paupera provancher in Colombia*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2009. **95**(3): p. 737-741.
18. Fernandez, F. and M.J. Sharkey, *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*. Vol. 1. 2006. 56.
19. Nates Parra, G., *Guía para la cría y manejo de la abeja angelita o virginita Tetragonisca angustula Illiger*. 2005.
20. Molino Gahete, F., *Análisis de residuos en miel procedentes de tratamientos sanitarios en apicultura.*, in *Producción Animal y Ciencia de los Alimentos 2008*, Universidad de Zaragoza. p. 24.
21. Bradbear, N., *Bees and their role in forest livelihoods*. 2009. 194.
22. Belay, A., et al., *Physicochemical properties of the Harena forest honey, Bale, Ethiopia*. Food Chemistry, 2013. **141**(4): p. 3386-3392.
23. Gomes, S., et al., *Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal*. Food and Chemical Toxicology, 2010. **48**(2): p. 544-548.
24. Alqarni, A.S., A.A. Owayss, and A.A. Mahmoud, *Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia*. Arabian Journal of Chemistry, 2012.
25. Hernández, O.M., et al., *Characterization of honey from the Canary Islands: determination of the mineral content by atomic absorption spectrophotometry*. Food Chemistry, 2005. **93**(3): p. 449-458.
26. Downey, G., et al., *Preliminary contribution to the characterisation of artisanal honey produced on the island of Ireland by palynological and physico-chemical data*. Food Chemistry, 2005. **91**(2): p. 347-354.



27. Bentabol Manzanares, A., et al., *Differentiation of blossom and honeydew honeys using multivariate analysis on the physicochemical parameters and sugar composition*. Food Chemistry, 2011. **126**(2): p. 664-672.
28. Lazarević, K.B., et al., *Characterisation of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters*. Food Chemistry, 2012. **132**(4): p. 2060-2064.
29. Tornuk, F., et al., *Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile*. Industrial Crops and Products, 2013. **46**: p. 124-131.
30. Karabagias, I.K., et al., *Characterization and classification of Thymus capitatus (L.) honey according to geographical origin based on volatile compounds, physicochemical parameters and chemometrics*. Food Research International, 2014. **55**: p. 363-372.
31. Karabagias, I.K., et al., *Floral authentication of Greek unifloral honeys based on the combination of phenolic compounds, physicochemical parameters and chemometrics*. Food Research International, 2014. **62**: p. 753-760.
32. Bentabol Manzanares, A., et al., *Physicochemical characteristics of minor monofloral honeys from Tenerife, Spain*. LWT - Food Science and Technology, 2014. **55**(2): p. 572-578.
33. Özcan, M.M. and Ç. Ölmez, *Some qualitative properties of different monofloral honeys*. Food Chemistry, 2014. **163**: p. 212-218.
34. Felsner, M.L., et al., *Characterization of monofloral honeys by ash contents through a hierarchical design*. Journal of Food Composition and Analysis, 2004. **17**(6): p. 737-747.
35. Bijlsma, L., et al., *Water content of stingless bee honeys (Apidae, Meliponini): interspecific variation and comparison with honey of Apis mellifera*. Apidologie, 2006. **37**: p. 480-486.
36. Boorn, K.L., et al., *Antimicrobial activity of honey from the stingless bee Trigona carbonaria determined by agar diffusion, agar dilution, broth microdilution and time-kill methodology*. Journal of Applied Microbiology, 2010. **108**(5): p. 1534-1543.
37. Dardón, M.J. and E. Enríquez, *Caracterización físicoquímica y antimicrobiana de la miel de nueve especies de abejas sin aguijón (Meliponini) de Guatemala*. Interciencia, 2008. **33**: p. 916-922.
38. Fahim, H., et al., *Physico-chemical analysis and antimicrobial potential of A pis dorsata, A pis mellifera and Z iziphus jujube honey samples from Pakistan*. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2014. **4**(8): p. 633-641.
39. Ascencio Tuso, D.J., *Evaluación de los cambios pre y postcosecha de la miel de especies de abejas sin aguijón*, in *Facultad de Ciencias Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2014, Universidad Nacional de Colombia. p. 208.
40. Vit, P., et al., *Necesidad del control de calidad de la miel de abejas sin aguijón*. Revista de Facultad de Medicina, 2006. **15**(2): p. 89-95.
41. Shantal Rodríguez Flores, M., O. Escuredo, and M. Carmen Seijo, *Assessment of physicochemical and antioxidant characteristics of Quercus pyrenaica honeydew honeys*. Food Chemistry, 2015. **166**: p. 101-106.
42. Chakir, A., et al., *Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco*. Arabian Journal of Chemistry, 2011.
43. Yücel, Y. and P. Sultanog˘lu, *Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics*. Food Bioscience, 2013. **1**: p. 16-25.
44. Juan-Borrás, M., et al., *Effect of country origin on physicochemical, sugar and volatile composition of acacia, sunflower and tilia honeys*. Food Research International, 2014. **60**: p. 86-94.
45. Silvano, M.F., et al., *Physicochemical parameters and sensory properties of honeys from Buenos Aires region*. Food Chemistry, 2014. **152**: p. 500-507.
46. Mercosur, *Reglamento Técnico MERCOSUR. "Identidad y calidad de la miel"*, Mercosur, Editor. 1999. p. 8.
47. (ICONTEC), I.C.d.N.T.y.C., *Norma Técnica Colombiana. NTC 1273*. 2007.
48. Bogdanov, S., *Harmonised methods of the international honey commission*, I.H. Commission, Editor. 2009. p. 63.
49. Vit, P., *Valorización de la miel de abejas sin aguijón (Meliponini)*. Revista Facultad de Farmacia, 2009. **50**(2): p. 20-28.
50. Europea., P.E.y.C.d.l.U., *Directiva 2014/63/UE por la que se modifica la Directiva 2001/110/CE relativa a la miel* U. Europea, Editor. 2014: Diario oficial de la unión europea p. 5.
51. Alimentarius, C.d.C., *Codex standard for honey* 2001. p. 8.
52. Ulloa, J.A.M.C., Pedro M.; Rodríguez Rodríguez, Rogelio; Reséndiz Vázquez, Juan Alberto y Rosas Ulloa, Petra, *La miel de abeja y su importancia*. Revista Fuente 2010. **4**: p. 11-18.
53. Carvalho, C.M., et al., *Yeast species associated with honey: different identification methods*. Archivos de Zootecnia, 2010. **59**: p. 103-113.
54. Lazaridou, A., et al., *Composition, thermal and rheological behaviour of selected Greek honeys*. Journal of Food Engineering, 2004. **64**(1): p. 9-21.



55. Boatella Riera, J.C.S., Rafael y López Alegret, Pedro., *Química y Bioquímica de los Alimentos II*. Vol. 2. 2004.
56. Cordella, C., et al., *Application of DSC as a tool for honey floral species characterization and adulteration detection*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2003. **71**(1): p. 279-290.
57. Orrego Alzate, C.E., *Procesamiento de Alimentos*. 1 ed, ed. S.M. Universidad Nacional de Colombia. Vol. 1. 2003.
58. Velez, J. and M. Torres, *Evaluación de propiedades físicas de frutas: melón, papaya, platano y sandía*. Centro de Información tecnológica., 1994. **5**: p. 39-42.
59. Cordella, C., et al., *Use of differential scanning calorimetry (DSC) as a new technique for detection of adulteration in honeys. 1. Study of adulteration effect on honey thermal behavior*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002. **50**(1): p. 203-8.
60. Dahimi, O., et al., *Multivariate statistical analysis treatment of DSC thermal properties for animal fat adulteration*. Food Chemistry, 2014. **158**: p. 132-138.
61. Venir, E., M. Spaziani, and E. Maltini, *Crystallization in "Tarassaco" Italian honey studied by DSC*. Food Chemistry, 2010. **122**(2): p. 410-415.
62. Sierra Alonso, I., et al., *Análisis Instrumental*, ed. E. Netbiblo. Vol. 1. 2010.
63. Pickering, W.F., *Química Analítica Moderna*, ed. E.R. s.a. Vol. 1. 1980.
64. Martínez Navarrete, N., et al., *Termodinámica y cinética de sistemas Alimento entorno*. 1998.
65. Sienko, M.J., *Problemas de Química*, ed. E. Reverté. 2005.
66. Sabin Fernández, J.D., *Estabilidad Coloidal de nanoestructuras liposómicas*, in *Facultad de física*. 2007, Universidad de Santiago de Compostela. p. 292.
67. Pasini, F., et al., *Buckwheat honeys: screening of composition and properties*. Food Chemistry, 2013. **141**(3): p. 2802-11.
68. Terrab, A., M.J. Díez, and F.J. Heredia, *Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics*. Food Chemistry, 2002. **79**(3): p. 373-379.
69. Ribeiro, R.d.O.R., et al., *Detection of honey adulteration of high fructose corn syrup by Low Field Nuclear Magnetic Resonance (LF 1H NMR)*. Journal of Food Engineering, 2014. **135**: p. 39-43.
70. Karabagias, I.K., et al., *Botanical discrimination of Greek unifloral honeys with physico-chemical and chemometric analyses*. Food Chemistry, 2014. **165**: p. 181-190.
71. Karabagias, I.K., et al., *Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics*. Food Chemistry, 2014. **146**: p. 548-557.
72. Wedmore, E., *The accurate determination of the water content of honeys*. Bee World, 1995. **36**: p. 197-206.
73. Roubik, D.W., *Nest and Colony Characteristics of Stingless Bees from Panamá (Hymenoptera: Apidae)*. Journal of the Kansas Entomological Society, 1983. **56**(3): p. 327-355.
74. Bogdanov, S., P. Vit, and V. Kilchenmann, *Sugar profiles and conductivity of stingless bee honeys from Venezuela*. Apidologie, 1996. **27**(6): p. 445-450.
75. Vit, P., et al., *Venezuelan stingless bee honeys characterized by multivariate analysis of physicochemical properties*. Apidologie, 1998. **29**(5): p. 377-389.
76. Bijlsma, L., et al., *Water content of stingless bee honeys (Apidae, Meliponini): interspecific variation and comparison with honey of Apis mellifera*. Apidologie, 2006. **37**(4): p. 480-486.
77. Sousa, J.M.B.d., et al., *Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region*. LWT - Food Science and Technology, 2016. **65**: p. 645-651.
78. Alves, R.M.d.O., et al., *Características físico-químicas de amostras de mel de Melipona mandacaiá Smith (Hymenoptera: Apidae)*. Food Science and Technology (Campinas), 2005. **25**: p. 644-650.
79. Souza, B.d.A., et al., *Características físico-químicas de amostras de mel de Melipona asilvai (Hymenoptera: Apidae)*. Ciência Rural, 2004. **34**: p. 1623-1624.
80. Almeida-Muradian, L.B.d., A.H. Matsuda, and D.H.M. Bastos, *Physicochemical parameters of Amazon Melipona honey*. Química Nova, 2007. **30**: p. 707-708.
81. Oliveira, N.A.d. and D.d.C. Santos *Análise físico-química de méis de abelhas africanizada e nativa*. Revista do Instituto Adolfo Lutz, 2011. **70**(2): p. 132-138.
82. Guerrini, A., et al., *Ecuadorian stingless bee (Meliponinae) honey: A chemical and functional profile of an ancient health product*. Food Chemistry, 2009. **114**(4): p. 1413-1420.
83. Fuenmayor, C.A., et al., *Miel de angelita': Nutritional composition and physicochemical proper ties of Tetragonisca angustula honey*. Interciencia, 2012. **37**(2): p. 142-147.
84. Pucciarelli, A.B., et al., *Microbiological and physicochemical analysis of yateí (Tetragonisca angustula) honey for assessing quality standards and commercialization*. Revista Argentina de Microbiología, 2014. **46**(4): p. 325-332.
85. Chuttong, B., et al., *Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand)*. Food Chemistry, 2016. **192**: p. 149-155.



86. De Almeida Souza, B., *Caracterização Físico-química de amostras de mel de abelhas Sem Ferrão (Apidae Meliponinae) do Estado de Bahia, com ênfase em Melipona Illiger, 1806*, in *Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*. 2008, Universidad de São Paulo. p. 108.
87. Rodrigues, A.C.L., L.C. Marchini, and C.A.L. Carvalho, *Análises de mel de Apis mellifera L., 1758 e Tetragonisca angustula (Latreille 1811) coletado em Piracicaba-SP*. *Revista de Agricultura*, 1998. **73**: p. 255-262.
88. Grajales-C, J., et al. *Características físicas, químicas y efecto microbiológico de mieles de meliponinos y Apis mellifera de la región Soconusco, Chiapas*. in *Seminario Mexicano sobre abejas sin aguijón*. 2001. Mérida.
89. Denadai, J.M., M.M. Ramos-Filho, and D.C. Costa. *Caracterização Físico-química de mel de abelhas Jataí (Tetragonisca angustula) do município de Campo Grande - MS. Obtenção de Parametros para análise de rotina*. in *Congresso Brasileiro de Apicultura*. 2002.
90. Santiesteban-Hernández, A., J.A. Cuadriello, and G. Loper. *Comparación de parámetros físico-químicos de mieles de abejas sin aguijón y Apis mellifera de la región del Sonocusco, Chiapas, Mexico*. in *Seminario mesoamericano sobre abejas sin aguijón 2003*. Tapachula.
91. Almeida, D. and L.C. Marchini. *Physicochemical and pollinic composition of honey samples of stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) from the Cerrado of Pirassununga campus, University of Sao Paulo, in Pirassununga*. in *International conference on tropical bees , 8.; encontro sobre abelhas*, 6 2004. Ribeirao.
92. Dardón, M.J., C. Maldonado-Aguilera, and E. Enríquez, *The Pot-Honey of Guatemalan Bees*, in *Pot Honey*, P. Vit, S.R.M. Pedro, and D. Roubik, Editors. 2013, Springer New York. p. 395-408.
93. de Almeida-Muradian, L.B., *Tetragonisca angustula Pot-Honey Compared to Apis mellifera Honey from Brazil*, in *Pot-Honey*, P. Vit, S.R.M. Pedro, and D. Roubik, Editors. 2013, Springer New York. p. 375-382.
94. Vit, P., S. Bogdanov, and V. Kilchenmann, *Composition of Venezuelan honeys from stingless bees (Apidae: Meliponinae) and Apis mellifera*. *Apidologie*, 1994. **25**: p. 278-288.
95. Vit, P., *Melipona favosa Pot-Honey from Venezuela*, in *Pot Honey*, P. Vit, S.R.M. Pedro, and D. Roubik, Editors. 2013, Springer New York. p. 363-373.
96. Gonnet, M., P. Lavie, and P. Nogueira-Neto, *Étude de quelques caractéristiques des miels récoltés para certains Méliponines brésiliens*. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 1964. **258**: p. 3107-3109.
97. Souza, D.S. and K. Bazlen. *Análises preliminares de características físico-químicas de méis de Tiúba (Melipona compressipes)*. in *Congresso Brasileiro de Apicultura*. 1998. Salvador.
98. Villas-Boas, J.K. and O. Malaspina. *Physical-chemical analysis of Melipona compressipes and Melipona seminigra honey of Boa Vista do Ramos, Amazonas, Brasil*. in *International Conference on Tropical Bees, 8.; Encontro sobre Abelhas, 6*. 2004.
99. Sopade, P.A., et al., *Application of the Williams–Landel–Ferry model to the viscosity–temperature relationship of Australian honeys*. *Journal of Food Engineering*, 2003. **56**(1): p. 67-75.
100. Costa, L.S.M., et al., *Determination of non-volatile compounds of different botanical origin Brazilian honeys*. *Food Chemistry*, 1999. **65**(3): p. 347-352.
101. Ojeda de Rodríguez, G., et al., *Characterization of honey produced in Venezuela*. *Food Chemistry*, 2004. **84**(4): p. 499-502.
102. Finola, M.S., M.C. Lasagno, and J.M. Marioli, *Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina*. *Food Chemistry*, 2007. **100**(4): p. 1649-1653.
103. White, J.W., *Physical characteristics of honey*. In E. Crane (Ed.), *Honey, a comprehensive survey*. 1975, London, UK: Hienemann. c.
104. White, J.W., *Honey Advances in Food Research*, 1978. **24**: p. 287–375.
105. Singh, N. and P.K. Bath, *Quality evaluation of different types of Indian honey*. *Food Chemistry*, 1997. **58**(1–2): p. 129-133.
106. Bettar, I., et al., *Characterisation of Moroccan Spurge (Euphorbia) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour*. *Arabian Journal of Chemistry*, 2015.
107. Zhou, J., et al., *Jujube honey from China: physicochemical characteristics and mineral contents*. *J Food Sci*, 2013. **78**(3): p. C387-94.
108. QAMER, S., et al., *Physicochemical analysis of apis dorsata honey from terai forests, Nepal*. *Pakistan J. Zool*, 2008. **40**(1): p. 53-58.
109. Przybyowski, P. and A. Wilczyńska, *Honey as an environmental marker*. *Food Chemistry*, 2001. **74**(3): p. 289-291.
110. Tuso, D.J.A., *Evaluación de los cambios pre y postcosecha de la miel de especies de abejas sin aguijón*, in *Facultad de Ciencias Agrarias*. 2014, Universidad Nacional de Colombia: Bogotá. p. 208.
111. Acquarone, C.A., *Parámetros físicoquímicos de mieles, relación entre los mismos y su aplicación potencial para la determinación del origen botánico y/o geográfico de mieles argentinas*. , in *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*. 2004, Universidad de Belgrano. p. 56.



112. Ahmed, J., et al., *Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey*. Journal of Food Engineering, 2007. **79**(4): p. 1207-1213.
113. Kahraman, T., et al., *Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey*. Food Chemistry, 2010. **123**(1): p. 41-44.
114. Al-Khalifa, A.S. and I.A. Al-Arif, *Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Saudi honeys*. Food Chemistry, 1999. **67**(1): p. 21-25.
115. Esti, M., et al., *Valorization of the honeys from the Molise region through physico-chemical, organoleptic and nutritional assessment*. Food Chemistry, 1997. **58**(1-2): p. 125-128.
116. Thrasyvoulou, A. and J. Manikis, *Some physicochemical and microscopic characteristics of Greek unifloral honeys*. Apidologie, 1995. **26**(6): p. 441-452.
117. Vit, P., et al., *Necesidad del control de calidad de la miel de abejas sin aguijón*. Revista de Facultad de Medicina, 2006. **15**(2): p. 89-95.
118. Vit, P., M. Medina, and M. Eunice Enríquez, *Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela*. Bee World, 2004. **85**(1): p. 2-5.
119. Boussaid, A., et al., *Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia*. Arabian Journal of Chemistry, 2014.
120. Atrooz, O.M., M.A. Al-Sabayleh, and S.Y. Al-Abbad, *Studies on physical and chemical analysis of various honey samples and their antioxidant activities*. Journal of Biological Sciences, 2008. **8**: p. 1338-1342.
121. alimentarias, P.c.F.O.s.n., *Comité del Codex Alimentarius sobre Azúcares*, in *Informe de la séptima reunión del comité del codex sobre azúcares*, C.d.C. Alimentarius, Editor. 2001: Ginebra. p. 35.
122. Alqarni, A.S., et al., *Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia*. Journal of Saudi Chemical Society, 2014. **18**(5): p. 618-625.
123. Europea, C., *Miel de Tenerife, Reglamento (CE) No 510/2006 del consejo, sobre la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios*. 2013, Diario Oficial de la Unión Europea. p. 8.
124. Europea, C., *Miel de Liébana, Reglamento (CE) No 510/2006 del consejo, sobre la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios*. 2015, Diario Oficial de la Unión Europea. p. 7.
125. Can, Z., et al., *An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles*. Food Chemistry, 2015. **180**: p. 133-141.
126. Mendes, E., et al., *Quality evaluation of Portuguese honey*. Carbohydrate Polymers, 1998. **37**(3): p. 219-223.
127. Pena Crecente, R. and C. Herrero Latorre, *Pattern recognition analysis applied to classification of honeys from two geographic origins*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1993. **41**(4): p. 560-564.
128. Krauze, A. and R. Zalewski, *Classification of honeys by principal component analysis on the basis of chemical and physical parameters*. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 1991. **192**(1): p. 19-23.
129. Sanz, S., et al., *Application of a statistical approach to the classification of honey by geographic origin*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1995. **69**(2): p. 135-140.
130. Colombia, M.d.l.P.S.R.d., *Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requerimientos sanitarios que debe cumplir la miel de abejas para consumo humano.*, in *Resolución 1057.* , M.d.l.P.S.R.d. Colombia, Editor. 2010: Bogotá, Colombia. p. 9.
131. JK., V.B. and M. O. *Parâmetros físico-químicos propostos para o controle de qualidade do mel de abelhas indígenas sem ferrão no Brasil* . 2005 <http://www.apacame.org.br/index1.htm> .].
132. Barra, M.P.G., M.C. Ponce-Díaz, and C. Venegas-Gallegos, *Volatile Compounds in Honey Produced in the Central Valley of Ñuble Province, Chile* *Compuestos Volátiles en Miel Producida en el Valle Central de la Provincia de Ñuble, Chile* . Chilean Journal of Agricultural Research, 2010. **70**: p. 75-84.
133. Serra Bonvehí, J. and F. Ventura Coll, *Flavour index and aroma profiles of fresh and processed honeys*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003. **83**(4): p. 275-282.
134. Piasenzotto, L., L. Gracco, and L. Conte, *Solid phase microextraction (SPME) applied to honey quality control*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003. **83**(10): p. 1037-1044.
135. Wolski , T., et al., *Identification of honey volatile components by Solid Phase Microextraction (SPME) and Gas Chromatography /Mass Spectrometry (GC/MS)*. Journal of Apicultural Science, 2006. **50**(2): p. 115-126.
136. Perez, R.A., et al., *Analysis of volatiles from Spanish honeys by Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography / Mass Spectrometry*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2002. **50**(9): p. 2633-7.
137. Gianelli Barra, M.P., M.C. Ponce-Díaz, and C. Venegas-Gallegos, *Volatile Compounds in Honey Produced in the Central Valley of Ñuble Province, Chile*. Chilean Journal of Agricultural Research, 2010. **70**: p. 75-84.



138. Soto, V.C., et al., *Direct analysis of nectar and floral volatile organic compounds in hybrid onions by HS-SPME/GC-MS: Relationship with pollination and seed production*. Microchemical Journal, 2015. **122**: p. 110-118.
139. Rojas-Aguilar, A., et al., *Measurement of enthalpies of vaporization of volatile heterocyclic compounds by DSC*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2005. **79**(1): p. 95-100.
140. Mizuno, M. and M.J. Pikal, *Is the pre-Tg DSC endotherm observed with solid state proteins associated with the protein internal dynamics? Investigation of bovine serum albumin by solid state hydrogen/deuterium exchange*. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2013. **85**(2): p. 170-176.
141. Martinez, J.C., et al., *The DSC data analysis for small, single-domain proteins. Application to the SH3 domain*. Reactive and Functional Polymers, 1998. **36**(3): p. 221-225.
142. Lyubarev, A.E. and B.I. Kurganov, *Analysis of DSC Data Relating to Proteins Undergoing Irreversible Thermal Denaturation*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2000. **62**(1): p. 51-62.
143. Bruylants, G., J. Wouters, and C. Michaux, *Differential scanning calorimetry in life science: thermodynamics, stability, molecular recognition and application in drug design*. Curr Med Chem, 2005. **12**(17): p. 2011-20.
144. Johnson, C.M., *Differential scanning calorimetry as a tool for protein folding and stability*. Arch Biochem Biophys, 2013. **531**(1-2): p. 100-9.
145. Wen, J., et al., *Applications of differential scanning calorimetry for thermal stability analysis of proteins: qualification of DSC*. J Pharm Sci, 2012. **101**(3): p. 955-64.
146. Hurtt, M., I. Pitkänen, and J. Knuutinen, *Melting behaviour of d-sucrose, d-glucose and d-fructose*. Carbohydrate Research, 2004. **339**(13): p. 2267-2273.
147. Lee, J.W., L.C. Thomas, and S.J. Schmidt, *Investigation of the Heating Rate Dependency Associated with the Loss of Crystalline Structure in Sucrose, Glucose, and Fructose Using a Thermal Analysis Approach (Part I)*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011. **59**(2): p. 684-701.
148. Laux, D., V.C. Camara, and E. Rosenkrantz, *α -Relaxation in honey study versus moisture content: High frequency ultrasonic investigation around room temperature*. Journal of Food Engineering, 2011. **103**(2): p. 165-169.
149. Cereser Camara, V. and D. Laux, *Moisture content in honey determination with a shear ultrasonic reflectometer*. Journal of Food Engineering, 2010. **96**(1): p. 93-96.
150. Devillers, J., et al., *Classification of monofloral honeys based on their quality control data*. Food Chemistry, 2004. **86**(2): p. 305-312.
151. Stramm, K.M., *Composição e qualidade de méis de abelha Jandaira (Melipona subnitida), efectos de estocagem e comparação com méis de Apis mellifera.*, in *Facultadede Ciencias Farmaceuticas*. 2011, Universidade de São Paulo. p. 106.
152. Noia, M., A., et al., *Características físico-químicas y microbiológicas de mieles de la pampa*. Ciencia Veterinaria, 2009. **11**(1): p. 32-36.
153. Tosi, E., et al., *Honey diastase activity modified by heating*. Food Chemistry, 2008. **106**(3): p. 883-887.
154. Pappas, C., N.V. Kyriakidis, and P.E. Athanasopoulos, *Effects of storage conditions and fruit processing on the degradation of parathion methyl on apples and lemons*. Food Addit Contam, 2003. **20**(4): p. 375-9.
155. Ouchemoukh, S., H. Louaileche, and P. Schweitzer, *Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys*. Food Control, 2007. **18**(1): p. 52-58.



ANEXO 1

Parámetros fisicoquímicos reportados para diferentes tipos de miel producida por *A. mellifera*.

País	Miel	Año	Humedad	Cenizas	HMF	pH	Diastasa	C.E	Azúcares	Acidez (meq/kg)			S.I	I.R	[R]
			%	%	mg/Kg		mS/cm	Libre	Láctónica	Total					
Grecia	Monoflorales (recolectadas en el año 2011, en cuatro regiones diferentes de Grecia)	2014	10,47-20,47	0,38-0,87		4,38-5,12		0,808-1,748		18,08-41,54	1,59-5,67	23,75-44,94			[71]
	Monoflorales (recolectadas en el año 2011, en 14 regiones diferentes de Grecia)	2014	9,98-20,94	0,10-1,60		3,40-5,27		0,310-2,495		15,44-50,75	1,59-8,40	19,34-55,26			[31]
	Monoflorales (recolectadas en el año 2011, en 5 regiones diferentes de Grecia)	2014	10,31-20,94	0,10-0,20		3,59-4,45		0,308-0,489		15,44-47,60	2,13-8,40	19,34-46,59			[30]
	Monoflorales y miel de mielada (recolectadas entre 1989 y 1993 en diferentes regiones de Grecia).	1995	13,0-23	0,1-1,2	0,0 -11,9	3,3-5,9	8,6-51,0	0,15-2,06							[116]
India	7 mieles monoflorales (recolectadas entre 2003 y 2005 en la provincia de Karnataka en India)	2007		0,08- 0,39											[112]
	3 tipos de mieles monoflorales, recolectadas entre 1994-1995	1997	18,7-21,8			4,1-4,76	8,5-32,5	0,24		9,5-26,5	15,0-21,5	29,5-41,5			[105]
Arabia Saudita	23 variedades de miel, provenientes de 7 países diferentes (Arabia Saudita, Nueva Zelanda, Malasia, Australia y Egipto)	2014		0,04-1,72				0,22-3,14							[122]



	13 muestras de diferentes regiones de Arabia Saudita y 10 muestras de 6 países diferentes (3 de Egipto, 2 de Nueva Zelanda, 2 de Alemania, 1 de Yemen, 1 de Australia y 1 de Malasia).	2012	12,12-27,40		2,21-258,72	3,03-4,73			12,0-134,5	2,5-12,5	18,0-145,5	1,47 -1,51	[24]	
	10 mieles uniflorales de Arabia Saudita	1999	14,0-16,9	0,02-0,59	0,83-13,6		3,30-12,5				10,0-39,7		[114]	
	Miel de mielada (recolectadas entre 2009, 2010 y 2011 en el noroeste de España)	2014	15,5-19,8		0,0-0,7	4,1-5,0	16,4-32,6	0,8-1,2					[41]	
	9 tipos de miel monofloral, producidas en Tenerife, España (recolectadas durante los años 2005 y 2009).	2014	15,40-17,38		5,36-15,0	3,73-4,71	11,5-43,8	0,24-0,99		20,1-35,2			[32]	
España	53 mieles florales y 24 de miel de mielada (recolectadas en 2005-2008).	2011	15,5-18,9		0,0-28,40	3,52-6,91	4,70-35,90	0,20-2,09		8,90-48,80			[27]	
	Monoflorales (recolectadas en 17 provincias de España, entre 2002 y 2003).	2004	14,2 - 19,8	0,16-0,60		3,56-4,79		0,29-0,56		17,59-39,81	4,3-11,3	25,6-48,6	0,79 - 0,8 4	[5]
	Monoflorales (se recolectaron durante 2009 y 2010 en la región Ifni Massif).	2015	15,80-21,70	0,03-0,40	0,75-85,48	3,69-4,67		0,23-0,87		16,05-80,28	0,50-16,55	16,55-83,76	[106]	
Marruecos	Monoflorales y multiflorales (Recolectadas entre 2005 y 2008 en diferentes regiones de Marruecos).	2011	14,3-20,2		0,09-53,38	3,51-5,13	4,3° - 24,6° Gothe	0,12 - 0,17		8,85-44,09	2,68-14,17	11,93-58,03	[42]	
	Monoflorales (recolectadas al noroeste de Marruecos)	2002	13,10-24,10		3,20-52,6	2,25-4,71	0,18-290			10,3-102	0,5-21,4	12,6-70,4	[68]	



Australia	Monoflorales (recolectadas en diferentes regiones de Australia)	2002	15,8-18,0																	[99]
Jordania	Monoflorales (recolectadas de mayo a septiembre de 2005 en diferentes regiones en Jordania)	2008	17,60-19,40	0,39-0,90		4,53-5,35		0,16-0,28											1,19 - 1,49	[120]
Portugal	Mieles comerciales de diferente origen floral y geográfico, disponibles en los mercados de Portugal	2010	15,9-17,2	0,07-0,35	18,0 - 94,0	3,7-4,3	8,7° -16,1° Gothe	0,19-0,53		AR: 67,7-73,7 y Sac: 3,4- 9,7	16,0-32,0									[23]
	Monoflorales (disponibles comercialmente, se compraron en supermercados)	2011	15,0-19,0																	[148]
Francia	Monoflorales (algunas facilitadas por apicultores del sur de Francia y otras compradas en supermercados)	2010	15,0-18,4																	[149]
	Monoflorales de diferentes orígenes florales	2004	15,60-20,50		0,1-10,81	3,5-6,5	8,56-38,56	0,02-1,88		Frc: 29,56-42,90; Gcl: 22,25-42,40; Sac: 0-5,30	6,3-30,49									[150]
				Monofloral : 17,00-20,86		Monofloral : 0,6-62,2		Monofloral : 6,30-13,20	Monofloral : 0,26-1,50	Monofloral : 17,40-25,90; Frc: 28,30-45,11 y Sac: 0-3,39.									[125]	
Turquía	13 variedades de miel monofloral y 7 multifloral (Recolectadas en Turquía entre el 2011 y 2012)	2014		Multifloral: 16,54±1,58		Multifloral: 14,71±12,10		Multifloral: 9,07±2,03	Multifloral: 0,78±0,62	Multifloral: 32,35±5,65, Glc: 25,07±6,59 y Sac: 0,91±0,16.									[125]	
	Monoflorales (recolectadas en diferentes regiones de Turquía en 2006 y 2007)	2014	17,1-20,0	0,01-0,12	1,34-31,28			10,9-17,9		Glc + Frc: 51,31-68,30	18,2-47,5									[33]



	Monoflorales (recolectadas en diferentes regiones de Turquía)	2013	14,0-20,8	0,02-0,52	4,25-7,88	3,19-4,39	6,50-23,0	0,17-1,04	Glc: 20,7-37,9 y Frc: 27,8-42,8	18,06-34,88		0,01-0,07	[43]
	Florales, recolectadas por apicultores y compradas en mercados locales (en la época de floración del 2011 en diferentes regiones de Turquía)	2013	7,99-17,40		0,03-4,12	3,7-6,4			Glc: 25,93-35,98; Frc: 29,80-44,49 y Sac: 2,85-8,44	3,86-30,42	0,99-9,50	6,23-34,93	[29]
	Recolectadas en dos regiones de Turquía	2010	16,0±0,20	0,28± 0,01	31,2±0,90		9,80±0,35		AIN: 71,9±0,53; Sac: 3,80±0,11	24,1±0,61			[113]
Serbia	3 tipos de mieles monoflorales (recolectadas en diferentes lugares de Serbia, durante el 2009)	2012	13,41-22,48			3,17-5,85		0,10-0,76		7,80-42,70			[28]
China	Monoflorales (recolectadas en diferentes áreas geográficas de China en el 2011)	2013	13,0-18,7	0,15-0,38	2,5-6,1	6,12-7,36	15,7-31,5	0,337-0,657	Frc: 37,3-43,5; Glc: 25,0-31,8 y Sac: 1,1-4,6	3,1-8,1	24,7-35,6	29,0-41,6	[107]
Italia	Monoflorales (recolectadas de diferentes lugares de Italia)	2013	16,0-18,5		0,6-262,6	3,8-4,9	20,2-52,3	0,33-1,86	Glc: 27,3-35,1, Frc: 30,6-39,4; Sac: 0,1-0,9 y AT: 70,1-79,0	19,2-50,3	2,0-11,0	24,6-56,9	[67]
	Multiflorales (producidas en 1993-1994, en la región de Molise)	1997	15,1-18,3	0,03-0,39	0,8-25,3		17,0-84,0		Sac: 0,0-4,7			12,3-36,8	[115]
Etiopía	Monoflorales (recolectadas en dos áreas en Etiopía, en el 2010)	2013	15,87-19,35	0,19 ± 0,09	0,84 ± 0,46	3,9 ± 0,2		0,70 ± 0,04	AR: 69,48 ± 1,72 y Sac: 2,43 ± 1,02	34,57 ± 4,80		0,12 ± 0,08	[22]
Paquistán	Monoflorales, producidas por: <i>Apis dorsata</i> y <i>Apis Mellifera</i>	2014	13,8-16,6	0,41-0,59	27,7-36,1	3,14-4,19			AT: 61,67-72,42; AR: 57,75-70,45 y ANR: 1,95-3,93				[38]
Túnez	6 tipos de miel monoflorales de la República Tunecina	2014	17,27-19,80	0,08-0,69	12,07-27,43	3,67-4,11		0,39-0,89	Frc: 35,78-37,84; Glc: 31,07-36,58 y			7,11-27,20	[119]



									Sac: 0,2-4,60					
	Monoflorales y multiflorales (recolectadas en la provincia de Luso)	2009	13,52-19,70	0,09-0,53	1,75-32,75	3,45-4,70	3°-38° Gothe	0,12-0,64		10,5-38,1	4,2-16,5	17,0-51,5	79-82,2	[149]
Portugal	Monofloral (de tres cosechas consecutivas, 20 muestras por cada una)	2001							AT: 76,0±2,4; Frc: 42,94±3,95; Glc: 28,48±4,15 Y Sac: 0,0					[93]
	Mono y polifloral de 25 marcas comerciales, disponibles en los mercados de Portugal.	1998	13,6-19,2	0,1-0,5	1,7-4,71		3-22		Frc: 34,0-39,8; Glc: 27,4-36,3 Y Sac: 0-0,8					[126]
	Comparación mieles de <i>Apis mellifera</i> con <i>Scaptotrigona bipunctata</i> (recolectadas en el 2007)	2011	19,07±0,58	0,36±0,11	6,08-194,75	3,5±0,13			AR: 72,02±3,75 Y Sac: 1,88±1,24	45,64±35,22		0,73±0,37	0,7±0,8	[81]
	Monoflorales (recolectadas en el estado de São Paulo, en 1996 y 1999)	2004		0,08-0,42										[34]
Brasil	Mieles de 74 tipos florales (Mono y multi) obtenidas de 14 estados de Brasil (recolectadas en 1996-1997)	1999	14,7-23,0		1,73-38,0		5,90-120,0		Frc: 27,8-46,0; Glc: 24,0-38,7			8,2-50,0		[100]
	Comparación de los parámetros fisicoquímicos de Mieles producidas por <i>Apis mellifera</i> y <i>Melipona subnitida</i> de Brasil	2011	18,27±0,4	0,13±0,0	10,82±0,46		42,87±2,85	284,0±5,0	Frc: 38,78±0,69; Glc: 23,50±0,73; Sac: 5,72±0,23			0,01		[151]
	Composición y calidad de la miel de abejas <i>Apis mellifera</i> y abeja de la miel para Jataí (<i>Angustula Tetragonisca</i>)		17,29±1,23	0,20±0,06	11,37±7,78		7,32±3,50		AR: 71,50±10,45 y Sacarosa aparente: 2,99±2,60			0,04±0,03		[93]
Argentina	Multifloral (recolectadas en la región sureste de la provincia de Buenos Aires)	2014	17-18		<40									[45]



	Provenientes de diversos establecimientos productores de miel, en la provincia de La Pampa.	2009	17,16± 1,26	1,0± 0,30		3,5±0,6	6,61±1,47	10-20		24,40± 5,66			[152]			
	Multiflorales (recolectadas en la provincia de Santa Fe).	2008	19,3±0,8	0,05±0,01	13,2±0,9		11,2±0,6					Frc: 32,5±0,9 y Glc: 23,1±0,8	17,5±0,6	[153]		
	Multiflorales (recolectadas en la provincia de la Pampa)	2008	16,2	0,11	8,98		19,7					AIN: 68,1; Sac: 4,05	30,2	[102]		
	Multiflorales (recolectadas al sur de la provincia de Córdoba)	2007	16,0-23,4	0,015-0,179	1,1-44,8							Frc: 33,0-48,4; Glc: 24,0-39,7	11,9-29,4	[102]		
Nepal	Mieles producidas por <i>Apis dorsata</i> provenientes de 4 bosques de Nepal (Shahagunj, Dhakeri, Narayanpur, Perari)	2013			53,4-122,0	3,9-4,6	1,02-13,25	0,24-0,64			48,5-53,0	15,5-17,1	61,0-70,0	[154]		
	Multifloral producida por <i>Apis dorsata</i> proveniente de 4 bosques de Nepal (Shahabgunj, Dhakeri, Narayanpur and Perari forest, Nepal)	2008	20,5-26		30,0-56,0	3,8-4,68	5,1-29,0	0,22-0,63				AR: 73,78-77,78; Frc: 36,93-44,61; Glc: 19,61-27,51 y Sac: 12,07-20,38.	41,0-48,0	13,0-16,0	55,0-65,0	[108]
Polonia	Muestras de miel Natural (13 de néctar y dos mieles de mielada) de la región de Pomerania	2001	17,7-20,3		0,36-0,71		8,3-23,8	1,4-9,6				AR: 70,5-77,14; Sac: 0,2-3,1	1,3-2,55		0,25-0,84	[109]
Venezuela	Producida por <i>Apis mellifera</i> (recolectada en los estados Lara y Yaracuy).	2013	17,63- 20,22	0,20-1,1		3,3-3,4		0,22-0,49				Glc: 32,02-33,74	50,90-51,29		79,7 8- 82,3 7	[37]
	Multiflorales (recolectadas en el estado de Zulia en 1997)	2004	18,6-20,4	0,19-0,64		3,3-4,3						Frc: 38,5-44,5; Glc: 29,2-38,7 y Sac: 2,21-5,52	24,4-53,3			[155]
Argelia	Mieles de Argelia	2007	14,6-19,0	0,06-0,54								AIN: 67,8-80,3; Sac: 0,08-5,31				[155]



Trinidad y Tobago	Mieles de Trinidad y Tobago, recolectadas al sur de las islas en dos muestreos (1998 y 2002)	2006	20,2																		[76]	
Emiratos Árabes Unidos	Miel de diferentes marcas comerciales, 11 provenientes de regiones áridas (8 monoflorales y 3 heteroflorales) y 5 de regiones no áridas (3 monoflorales y 2 heteroflorales)	2014	13,63-20,60	0,08-0,32	0,17-79,26	4,0 - 6,3		0,26-0,69		3,86-28,45	6,60-17,31	10,88-40,69									77,9 0- 84,1 0	[7]

HMF: Hidroximetilfurfural, **C.E:** conductividad eléctrica, **S.I:** Sólidos insolubles, **I.R:** Índice de Refracción, **[R]:** Referencia Bibliográfica.
Frc: Fructosa, **Glc:** Glucosa, **Sac:** Sacarosa, **AT:** Azúcares Totales, **AIN:** Azúcares invertidos, **AR:** Azúcares reductores y **ANR:** Azúcares no reductores.

