

**Efecto de la congelación en las características
fisicoquímicas y sensoriales de la miel de
abeja (*Apis mellifera*)**

Carolains Priscila Arias Saltos

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de la congelación en las características fisicoquímicas y sensoriales de la miel de abeja (*Apis mellifera*)

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Carolains Priscila Arias Saltos

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Efecto de la congelación en las características fisicoquímicas y sensoriales de la miel de abeja (*Apis mellifera*)

Carolains Priscila Arias Saltos

Resumen. El contenido de azúcar, la humedad de la miel y la temperatura de almacenamiento, son factores que afectan la calidad y aceptación de la miel de abeja. Por lo general, se relaciona a las bajas temperaturas de almacenamiento con la cristalización de este alimento. La mayoría de la población rechaza este proceso natural de la miel porque asumen que está descompuesta o adulterada, principalmente por los cambios sensoriales que provoca en el producto. El enfoque de este estudio fue evaluar el efecto de la congelación (-17 a -20°C) sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la miel de abeja. El diseño experimental usado fue Bloques Completos al Azar (BCA), con tres tratamientos: miel de Oriente en congelación, miel de Occidente en congelación y un testigo (miel sin congelar) con tres repeticiones por tratamiento y dos medidas repetidas en el tiempo (3 y 7 días). Se realizaron análisis fisicoquímicos (humedad, grados Brix, pH, viscosidad, color, actividad de agua y cristalización) y se desarrolló un análisis sensorial afectivo con una prueba de aceptación. El estudio concluyó que el tiempo no tuvo efecto significativo en los resultados y no provocó cristalización en la miel, la temperatura de congelación disminuyó el valor de actividad de agua, aumentó la viscosidad y provocó una coloración amarilla-rojiza clara en la miel de abeja. Además, disminuyó la aceptación del color de las mieles en congelación, pero aumentó la aceptación de sabor y dulzura.

Palabras clave: Aceptación, color, cristalización, viscosidad.

Abstract. The content of sugars, humidity and storage temperature are factors that alter the quality and acceptance of honeybee. It is generally related to the low storage temperature with crystallization of this product. Most of the population rejects this natural process of honey due to the assumption that it is decomposed or adulterated, mainly by the sensory changes provoked in the product. The focus of this study was to evaluate the effect of freezing, (-17 to -20°C) over the physicochemical and sensory properties of honeybee. The experimental design used was Complete Random Blocks (CRB), with three treatments: frozen honey from west of Honduras, frozen honey from east of Honduras and a Control (Zamorano's honey at room temperature) with three replicates for each treatment, and two measurements repeated over time (day 3 and 7). The physicochemical analyzes performed were: humidity, °Brix, pH, viscosity, color, water activity and crystallization, and an affective sensory analysis based on an acceptance test. The study concluded that time had no significant effect on the results and did not provoked crystallization on the honey, the freezing temperature decreased the water activity value, increased the viscosity, and caused a clear yellowish-red coloration in the honeybee. In addition, the acceptance of color in frozen honeys diminished, but the acceptance of flavor and sweetness increased.

Key words: Acceptance, color, crystallization, viscosity.

CONTENIDO

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Portadilla | i |
| Página de firmas | ii |
| Resumen | iii |
| Contenido | iv |
| Índice de Cuadros y Anexos | v |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 3 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 6 |
| 4. CONCLUSIONES..... | 14 |
| 5. RECOMENDACIONES..... | 15 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 16 |
| 7. ANEXOS | 20 |

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

| Cuadros | Página |
|--|--------|
| 1. Descripción de la escala hedónica..... | 5 |
| 2. Descripción de tratamientos..... | 5 |
| 3. Resultados análisis químicos: Humedad (%). | 7 |
| 4. Resultado análisis químico: Solidos Solubles (°Brix)..... | 7 |
| 5. Resultado análisis físico: Viscosidad (Pa.s). | 8 |
| 6. Resultados análisis químicos: Actividad de agua (Aw). | 9 |
| 7. Resultados análisis químicos: pH..... | 10 |
| 8. Resultado análisis físico: Color..... | 10 |
| 9. Resultado análisis sensorial afectivo: Aceptación del sabor y dulzura. | 11 |
| 10. Resultado análisis sensorial afectivo: Aceptación del color..... | 12 |
| 11. Resultado análisis sensorial afectivo: Aceptación de la apariencia, consistencia, aceptación general | 13 |

| Anexos | Página |
|---|--------|
| 1. Resultados análisis de correlación entre parámetros fisicoquímicos. | 20 |
| 2. Resultados análisis de correlación entre los atributos sensoriales..... | 21 |
| 3. Información geográfica y climática de las zonas de recolección de miel. | 22 |
| 4. Información de cultivos aledaños a los apiarios..... | 22 |

1. INTRODUCCIÓN

La miel es una sustancia dulce y natural producida por las abejas “*Apis mellifera*” a partir del néctar de las plantas o de secreciones de estas, lo depositan, deshidratan, almacenan, dejándolo en el panal para que madure y añeje (CCA 1981). Existen varios factores que pueden alterar sus características fisicoquímicas y sensoriales, volviéndola menos apetecida por los consumidores.

La cristalización es el cambio físico más importante en la calidad de la miel, debido a que los clientes asocian que está adulterada o vencida, es decir, no es miel fresca y no es apta para consumo. Esto se debe a que generalmente la miel recién cosechada es fluida y los consumidores asumen que siempre se debe mantener fluida. En ocasiones la miel al poco tiempo de ser cosechadas tiende a cristalizarse, por lo que los productores deben tratarla térmicamente para reducir la cristalización (Visquert 2015). La miel que recibe ese tipo de tratamientos tiende a desnaturalizarse y perder sus propiedades nutricionales, hecho que no sucede con la miel cristalizada. Por tal razón, en los mercados europeos la miel cristalizada se comercializa mejor que la líquida, a diferencia del mercado latinoamericano (Castañón 2009).

Jaramillo-Flores *et al.* (2006), definen la cristalización como el proceso natural de crecimiento y precipitación de los cristales de glucosa, lo cual separa la miel en dos fases, una sólida y una líquida. La velocidad con la que puede ocurrir este proceso dependerá de varios factores y los tres principales son: la concentración de azúcares (fructosa/glucosa), el porcentaje de humedad y la temperatura de almacenamiento.

Ball (2007) explica que la composición de la miel es una mezcla compleja de azúcares, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, sustancias aromáticas, pigmentos, cera y granos de polen. Los azúcares representan de 75-80% de su composición, este porcentaje lo comparte la fructosa (30-44%), glucosa (22-40%) y sacarosa (0.2-7.6%). Yao *et al.* (2003), explican que la proporción de azúcares es fundamental para la cristalización, ya que a mayor contenido de glucosa habrá mayor tasa de cristalización y viceversa.

Zandamela (2008), establece que el contenido de agua en relación con el azúcar influye en la precipitación de cristales de glucosa, ya que a mayor contenido de humedad menor será la probabilidad de cristalización y viceversa. Además, en el caso de la temperatura de almacenamiento, el rango óptimo para el desarrollo adecuado de los cristales oscila entre los 10 y 14 °C, ya que menor a los 10 °C se retardará el crecimiento de cristales.

De manera que, una forma segura de almacenar la miel es a bajas temperaturas, ya que evitan la fermentación, reducen la viscosidad y permite que la cristalización sea más lenta. Una ventaja de este método de almacenamiento, es que no existe un efecto negativo en relación con la calidad de la miel (Florek *et al.* 2016).

Varios consumidores han experimentado la cristalización accidental, producida por la exposición de la miel de abeja a temperaturas de refrigeración. Cierta literatura como el libro de “La guía del apicultor” de 1987, establece que la temperatura de cristalización es solamente a los 14 °C. Previo a este estudio, se realizaron análisis preliminares, en donde se expuso miel a temperatura de refrigeración por 24 horas y no se obtuvo cristalización de la miel. En consecuencia, para este estudio se tuvo la finalidad de validar las creencias del consumidor y la teoría.

Para este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto del tiempo de congelación en las características físico-químicas y sensoriales de la miel de abeja.
- Evaluar la aceptación de la miel de abeja, después de someterla a tratamientos de congelación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio.

El estudio se desarrolló en las instalaciones de la Planta Apícola y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Muestra de miel.

Las muestras de miel de abeja fueron cosecha 2018 y se obtuvieron de dos de las zonas con mayor producción de miel en Honduras. De la zona Oriente se obtuvieron muestras de apiarios en el departamento El Paraíso (localidades de: Quebrada Negra, La lodosa, y Volcanes) y la mayor vegetación cercana a los apiarios fue árboles de Guama y los cultivos de café. Además, se obtuvo miel de la zona Occidente de apiarios en el departamento de Copán (municipios de Corquín y Santa Rosa) y la mayor vegetación cercana a los apiarios fueron cultivos de café, árboles de Guama y Roble.

Preparación de tratamientos.

En frascos de vidrio con capacidad de 8 onzas se colocó miel de abeja hasta conseguir dentro del envase una altura de aproximadamente seis centímetros (6 ± 0.5 cm). Posteriormente, se rotuló cada uno de los frascos y fueron colocados a temperaturas de congelación (-17 a -20°C), por periodos de tres y siete días.

Análisis físicos.

Se realizaron análisis físicos a cada tratamiento, en cada repetición.

Viscosidad. El reómetro Brookfield (modelo LVDV-III U) fue el equipo que se utilizó para evaluar el parámetro de viscosidad y se realizó de acuerdo con el método ISO 1652:2011, en el que se utilizó un acople LV4(#64) (ISO 2011). Los resultados se reportaron en unidades de pascales por segundo (Pa.s).

Color. Para este parámetro se utilizó el equipo Colorflex Hunter L^*a^*b bajo el método AN1018.00. La evaluación de color se realizó por triplicado y se efectuó una calibración previa del equipo. Los resultados se expresaron en tres coordenadas o dimensiones: L^* o luminosidad (negro “0” y blanco “100”), a^* en escala de 80 a -80 tiene colores rojos (positivo) y verdes (negativo), y b^* en escala de 80 a -80 con colores amarillo (positivo) y azul (negativo).

Cristalización (%). Se usó una regla plástica transparente para medir el nivel de miel colocado dentro de los frascos (mm) a día “0”, se trató de mantener un aproximado de 6.5 cm de miel por envase. Posteriormente, a los días 3 y 7, se realizó el mismo proceso, para evaluar el nivel de cristales formados dentro de los frascos. Finalmente, con ayuda de estas fórmulas se calculó el valor en porcentaje de cristalización (cristales/miel):

$$\begin{aligned} Vol &= A \times h \\ Vol &= \pi \times r^2 \times h \quad [1] \end{aligned}$$

Donde:

A = Área

π = Constante.

r = Radio de la base del frasco.

h = altura de la miel o de los cristales formados.

$$\% \text{ Cristalización} = \left[\frac{Vol_1 - Vol_2}{Vol_1} \right] \times 100 \quad [2]$$

Donde:

Vol_1 = Volumen inicial de miel.

Vol_2 = Volumen cristalizado.

Análisis químicos.

Los análisis químicos se realizaron a cada tratamiento y por triplicado.

Actividad de agua (A_w). Cada tratamiento fue analizado en el equipo Aqualab Model Series 3 TE 61011875 usando la metodología AOAC 978.18. Para la lectura de resultados se usó una escala de 0-1 (0 = nada de agua libre para reacciones bioquímicas y 1= máxima cantidad de agua libre para reacciones bioquímicas). Previo a cada repetición se calibró el equipo con una solución estándar de 0.5, las muestras de cada tratamiento se colocaron en un recipiente plástico hasta llenar un tercio del espacio (Latimer 2016). La humedad relativa del laboratorio fue de 34%, a una temperatura promedio de 24.0 ± 0.1 °C.

Potencial de hidrógeno (pH). Se utilizó el potenciómetro de la Planta Apícola Sper Scientific (Large Display), para evaluar los niveles de pH de cada muestra. Se aplicó el método oficial de la AOAC 981.12 (Latimer 2016).

Humedad. La evaluación del contenido de humedad se realizó bajo la metodología oficial AOAC 969.38B, cada lectura se efectuó por triplicados en el Pocket Digital Refractometer 300050 de la Planta Apícola. Todos los resultados se reportaron en % (1g de agua/100 g de miel) (Codex stan 234 1999).

Sólidos solubles (°Brix). El análisis del contenido de sólidos disueltos se efectuó bajo la metodología oficial de la AOAC 983.17 (Latimer 2016). La evaluación se realizó por triplicado usando 1 g de cada tratamiento, se colocó la muestra en el refractómetro Pocket

Digital Refractometer 300050 de la Planta Apícola. Después de cada lectura se usó agua destilada para remover la muestra del lente del refractómetro.

Análisis sensorial.

Para esta evaluación se tomó en cuenta seis atributos: color, sabor, dulzura, consistencia apariencia y aceptación general (AG). Se ejecutó un análisis afectivo con prueba de aceptación, en la que colaboraron 100 panelistas no entrenados. A cada persona se le otorgó un formato para calificar cada muestra, en la cual se colocó una escala hedónica con valoraciones de 1 a 5 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de la escala hedónica.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------|---------------------|----------------------------|---------------|----------------|
| Me disgusta mucho | Me disgusta un poco | Ni me disgusta ni me gusta | Me gusta poco | Me gusta mucho |

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), en el Cuadro 2, se puede observar los tratamientos: miel de Occidente y Oriente congelada, con un testigo (sin congelar) y tres repeticiones por tratamiento. Se establecieron dos medidas repetidas en el tiempo de congelación (3 y 7 días) y se obtuvo 18 unidades experimentales. Se usó el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4) para el análisis de datos obtenidos. Se realizó un Análisis de Varianza y una separación de medias Duncan. El nivel de significancia establecido fue de 5%.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos.

| Tratamiento | Descripción |
|--------------------|-----------------------------|
| TRT 1 | Miel de Occidente congelada |
| TRT 2 | Miel de Oriente congelada |
| TRT 3 | Miel sin congelar |

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio no se encontró efecto del tiempo de congelación sobre los resultados de los análisis fisicoquímicos y sensoriales realizados.

Análisis fisicoquímicos.

Cristalización (%). La cristalización es un proceso natural, que bajo ciertas condiciones influye en la formación de cristales de glucosa, separando la miel en dos fases: una sólida y una líquida (García *et al.* 2007). En este estudio se trabajó con mieles cosechadas en diferentes zonas (diferente floración) y se sometieron a diferentes días en congelación, sin embargo, las mieles no llegaron a cristalizar.

Lo anterior podría estar relacionado con lo que explica Moguel *et al.* (2005), que la proporción de azúcares (°Brix) y contenido de agua (Humedad) en la miel, podría ser la posible causa de la granulación. Así mismo, la relación de azúcares influye, ya que un alto contenido de glucosa y baja en fructosa, estimulan la cristalización. Esto se debe a que las moléculas de la primera son inestables y se cristalizan formando grumos en la matriz. De acuerdo con la normativa del Codex Alimentarius, la proporción de azúcares comprende, glucosa menor al 60% y si ésta excede es considerada adulterada, en fructuosa se tiene el 35%, y en sacarosa menor a 5% (CCA 12 1981).

Lupano *et al.* (2006), realizaron un estudio similar enfocado a este parámetro físico de la miel, por un periodo de cuatro años bajo temperatura de congelación (-20 °C). En estas condiciones la glucosa adoptó forma de cristales finos y tamaño pequeños, esto sucedió a causa de la poca movilidad que presentan las moléculas bajo esos niveles de temperatura. Explicaron también, que en la cristalización se presentan dos tendencias opuestas: la primera menciona, que a bajas temperaturas los azúcares son menos solubles, lo que genera mayor probabilidad de cristalización. La segunda: expone que, así como favorece la cristalización también aumenta la viscosidad, la cual rezaga la movilidad de las moléculas y contradictoriamente se obtienen bajas tasas de cristalización. Hamdan (2010), explicó que para obtener una cristalización homogénea y menor tiempo, las muestras de miel deben ser sometidas a temperaturas que oscilen entre 10 a 14 °C para obtener una consistencia semicremosa.

Humedad. En el Cuadro 3, se puede observar que no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos ($P > 0.05$). El Codex de la Miel (CCA 1981), establece que el porcentaje de humedad no debe ser mayor al 20%, los resultados de este estudio están dentro

de lo establecido. Pero habitualmente la miel recién cosechada presenta humedad máxima de 18%, debido a que mayor a ese porcentaje es más propensa a fermentar (López Rosas 2014).

Cuadro 3. Resultados análisis químicos: Humedad (%).

| Tratamiento | Media ± D.E.^(ns) |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Miel sin congelar | 18.63 ± 0.06 |
| Miel de Occidente congelada | 18.86 ± 0.59 |
| Miel de Oriente congelada | 19.42 ± 0.84 |
| %C.V. | 2.17 |

^{ns}: Los tratamientos son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

D.E.: Desviación estándar; % C.V.: Coeficiente de variación.

En un artículo publicado en febrero del presente año se detallan resultados de humedad que variaron de 17.27 a 19.80% (Ferrari *et al.* 2018). A pesar de permanecer en temperatura ambiente, sus resultados fueron semejantes a los de este análisis, por lo que se estableció que, a temperaturas de congelación, la humedad de la miel permanece estable.

El Sohaimy *et al.* (2015), confirman que el contenido de humedad es un parámetro importante en la estabilidad la miel de abeja frente a la granulación (cristalización), estableciendo que porcentajes de humedad entre 14.73 a 18.32%, son adecuadas para miel se mantenga en estado líquido. En el caso de mieles sometidas a temperaturas de congelación como las de este estudio, es favorable que presenten contenidos de humedad altos porque los cristales serán finos y pequeños, ya que al congelarse el contenido de agua reducirá la movilidad de la glucosa (Umesh *et al.* 2008). En el estudio de Lupano *et al.* (2007), se utilizó miel con porcentajes de humedad del 25% y tardaron 4 años en obtener cristales finos y adhesivos, es decir, con característica de untabilidad o cremosidad.

Sólidos solubles (°Brix). Los resultados del Cuadro 4, mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P > 0.05$). Según el Codex de la Miel (CCA 1981), el valor de sólidos solubles debe ser mayor a los 60 °Brix por lo que en este estudio la congelación de la miel no afectó el valor de °Brix de las mieles.

Cuadro 4. Resultado análisis químico: Sólidos Solubles (°Brix).

| Tratamientos | Media ± D.E. ^{ns} |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Miel sin congelar | 79.70 ± 0.00 |
| Miel de Occidente congelada | 79.45 ± 0.62 |
| Miel de Oriente congelada | 78.75 ± 0.74 |
| %C.V. | 0.67 |

^{ns}: Los tratamientos son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

D.E.: Desviación estándar; % C.V.: Coeficiente de variación.

Makni *et al.* (2018), es su investigación obtuvieron de 78 - 82.7°Brix con una correlación alta negativa entre los sólidos solubles y la humedad ($R = -0.927$), estos datos concuerdan con los de este estudio, los cuales oscilaron de 78.75 a 79.7°Brix y una correlación similar de $R = -0.954$ con una ($P < 0.0001$). Lo anterior demostró que a medida que aumentó el contenido de sólidos solubles, el contenido de humedad se redujo.

De acuerdo con el estudio de Ribak (2007), los azúcares y otros componentes de la miel pueden cambiar durante el almacenamiento, este cambio en sólidos solubles está relacionado a la proporción de glucosa, fructosa y sacarosa. En su investigación ellos experimentaron una reducción de sacarosa en mieles frescas, que fueron almacenadas a diferentes temperaturas (4 y 20 °C) por 24 semanas. Donde, la miel almacenada a 20 °C presentó mayor reducción de sacarosa (79%), en comparación con las muestras almacenadas a 4 °C en la que se redujo solo un 14%.

Dicho cambio pudo darse por acción de la invertasa, la cual se inactiva reversiblemente a temperaturas menores a 25 °C, pero a elevadas temperaturas se desnaturaliza y deja de funcionar (Martínez y Morales 2007). En este estudio no se realizó un análisis de perfil de azúcares, por lo que no se puede comprobar este hecho. Además, las muestras de este estudio fueron sometidas a temperaturas de congelación, condiciones donde la enzima se inactiva y no desdobla sacarosa.

Viscosidad. En el Cuadro 5, los resultados muestran diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.05$), encontrando menor valor de viscosidad en el tratamiento control (miel sin congelar). Mendizábal (2005), define a la viscosidad de la miel como la propiedad reológica que tiende a oponer su flujo cuando se aplica fuerza.

Cuadro 5. Resultado análisis físico: Viscosidad (Pa.s).

| Tratamientos | Media ± D.E. |
|-----------------------------|----------------------------|
| Miel sin congelar | 12.79 ± 4.99 ^B |
| Miel de Occidente congelada | 52.78 ± 22.31 ^A |
| Miel de Oriente congelada | 41.59 ± 19.31 ^A |
| %C.V. | 29.21 |

^{A-B}: Medias con letras diferentes indican que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). D.E.: Desviación estándar; % C.V.: Coeficiente de variación.

Frigerio (2010), detalla que los cambios en la viscosidad dependen de la temperatura por lo establece que, a mayor temperatura, la viscosidad tiende a disminuir o viceversa. Este dato explica la diferencia encontrada en este estudio para este parámetro, ambas zonas fueron sometidas a temperaturas de congelación (-17 a -20 °C), presentándose más viscosas que el tratamiento control que permaneció a temperatura ambiente (26 ± 2 °C).

García *et al.* (2007), mencionan que la viscosidad de la miel generalmente es de 1,900 a 2,900 mPa.s (19 a 29 Pa.s) y explicó que las bajas temperaturas otorgan más espesor y viceversa: Por lo anterior, los tratamientos con mieles congeladas sobrepasaron el valor

estándar. En el caso del control, se observaron valores menores a 19 Pa.s, esto se asoció a la temperatura ambiental con este resultado debido a que permaneció en entornos de 24 ± 2 °C.

Nanda *et al.* (2018), presentaron un resultado bajo de viscosidad de 0.27 Pa.s a 30 °C y un resultado elevado de 17.27 Pa.s a 0 °C de miel multifloral. En esa investigación los resultados fueron justificados con el hecho que la viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura porque ocurre menor fricción molecular y la reducción de las fuerzas hidrodinámicas. Además, aclaró que la razón por la que existe una diferencia entre las dos viscosidades depende también del contenido de humedad, azúcares y contenido de proteínas, que cambian con los orígenes geográficos y florales de cada miel.

Actividad de agua (A_w). De acuerdo con los resultados de actividad de agua expresados en el Cuadro 6, hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. La miel sin congelar reportó mayor valor de actividad de agua.

Cuadro 6. Resultados análisis químicos: Actividad de agua (A_w).

| Tratamientos | Media \pm D.E. |
|-----------------------------|--------------------|
| Miel sin congelar | 0.60 ± 0.010^A |
| Miel de Occidente congelada | 0.57 ± 0.016^B |
| Miel de Oriente congelada | 0.58 ± 0.015^B |
| %C.V. | 1.90 |

^{A-B}: Medias con letras diferentes indican que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). D.E.: Desviación estándar; % C.V.: Coeficiente de variación.

Ospina (2014), explica que al estar libre en la matriz y a bajas temperaturas se cristalizará primero debido, a que tiene un punto de congelación más elevado que los azúcares de la miel, lo que hace que se vuelva menos disponible. Esto es lo que pudo ocurrir con las muestras congeladas evaluadas. En este estudio, se encontró correlación alta negativa $R = -0.711$ ($P = 0.0029$), entre la viscosidad y la actividad de agua, por lo que, a medida disminuyó la actividad de agua (A_w) aumentó la viscosidad.

Potencial de Hidrógeno (pH). Según los datos del Cuadro 7, no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) para los valores de pH. Lino Lazo (2002), establece que el rango de pH para la miel debe oscilar entre valores de 3.3–4.9. En este estudio, independiente del tratamiento de congelación, el valor de pH se mantuvo.

Cuadro 7. Resultados análisis químicos: pH.

| Tratamientos | Media ± D.E. ^{ns} |
|-----------------------------|----------------------------|
| Miel sin congelar | 3.70 ± 0.00 |
| Miel de Occidente congelada | 3.82 ± 0.19 |
| Miel de Oriente congelada | 3.62 ± 0.27 |
| %C.V. | 7.31 |

^{ns}: Los tratamientos son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

D.E.: Desviación estándar; % C.V.: Coeficiente de variación.

Clarke *et al.* (2011), explican que las condiciones fisicoquímicas como el pH está relacionado con el origen floral, pero su valor se mantendrá dependiendo de las condiciones de almacenamiento y manejo que reciba durante el procesamiento (altas temperaturas). A estas condiciones pueden desnaturalizarse varios compuestos, como los ácidos orgánicos termo-sensibles, que al liberar sus iones de hidrogeno eleven la acidez de la miel.

Florek *et al.* (2016), en su estudio evaluó el cambio de pH en miel almacenada en diferentes condiciones. Durante 18 meses mantuvo una muestra de miel a temperatura de congelación y una muestra de miel a temperatura ambiente, las cuales disminuyeron ligeramente su pH. Por otro lado, expusieron su muestra control a temperatura ambiente, por un periodo de 5 días. En comparación con el artículo citado, en este estudio el tiempo no provocó cambios significativos en el valor de pH.

Color. De acuerdo con los resultados del Cuadro 8, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para cada valor $L^*a^*b^*$ ($P < 0.05$).

Cuadro 8. Resultado análisis físico: Color.

| Tratamientos | Valor L* | Valor a* | Valor b* |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Media ± D.E. | Media ± D.E. | Media ± D.E. |
| Miel sin congelar | 28.91 ± 4.05 ^C | 26.55 ± 1.30 ^A | 45.78 ± 11.61 ^B |
| Miel de Occidente congelada | 49.38 ± 4.34 ^A | 11.85 ± 0.85 ^B | 53.65 ± 2.02 ^A |
| Miel de Oriente congelada | 37.91 ± 6.35 ^B | 13.10 ± 1.29 ^B | 44.38 ± 4.43 ^B |
| %C.V. | 6.56 | 4.95 | 4.85 |

^{A-C}: Medias con letras diferentes indican que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). D.E.: Desviación estándar; % C.V.: Coeficiente de variación.

Los tres tratamientos presentaron diferencias para el valor L^* , de las cuales, la miel de Occidente congelada se presentó más clara o luminosa en comparación con las otras dos. Lupano *et al.* (2007), explica que este comportamiento se puede deber a la exposición de las mieles a temperaturas de congelación, provocando que las moléculas de azúcar (glucosa) se agrupen formando pequeños cristales que reflejaran luz, volviendo la miel más clara.

Para la miel de Occidente se conoce que los cultivos aledaños eran café, Guama y Roble, a diferencia de la miel de Oriente que solo contaba con café y Guama. De acuerdo con Escobar y Manresa (2005), el color de la miel dependerá del origen floral y, por lo tanto, de la proporción de azúcares de la miel. Esto quiere decir que el néctar con el que se elaboró la miel de Occidente pudo tener mayor contenido de glucosa, probable razón por la que la miel de Occidente es más clara.

Lo explicado por Escobar y Manresa anteriormente lo confirma Yang *et al.* (2014), quien agrega que esta coloración dependerá del tipo de pigmentos que presente el néctar, a medida que aumenten los compuestos antioxidantes será más amarillenta. Esta podría ser la razón por la que la miel de Occidente presenta una coloración más amarillenta, en comparación con la miel sin congelar y la miel de Oriente congelada. Existe una correlación alta positiva entre L^* y b^* de ($R = 0.731$) con ($P = 0.0019$), a medida que aumentó la luminosidad el valor b^* .

En este estudio, la miel sin congelar se presentó más rojiza que la miel congelada y pudo relacionarse con la correlación alta negativa entre ambos valores $R = -0.733$ ($Pr = 0.0019$). De manera que, a medida que aumente la luminosidad el valor en a^* disminuirá, volviéndose más opaca o inclinándose a tonos en verde.

Resultados análisis sensoriales afectivos.

Sabor y dulzura. De acuerdo con los resultados del Cuadro 9, los panelistas encontraron diferencias estadísticamente significativas en la aceptación de dulzura y sabor ($P < 0.05$) de los tratamientos. Las muestras congeladas recibieron por los panelistas calificación de “Me gusta poco” y el control recibió calificación de “Ni me gusta ni me disgusta”.

Cuadro 9. Resultado análisis sensorial afectivo: Aceptación del sabor y dulzura.

| Tratamiento | Sabor | Dulzura |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Media \pm D.E. | Media \pm D.E. |
| Miel sin congelar | 3.58 \pm 1.26 ^B | 3.64 \pm 1.18 ^B |
| Miel de Occidente congelada | 4.13 \pm 0.96 ^A | 4.07 \pm 0.94 ^A |
| Miel de Oriente congelada | 4.17 \pm 0.88 ^A | 4.19 \pm 0.86 ^A |
| %C.V. | 23.95 | 24.08 |

^{A-B}: Medias con letras diferentes indican que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). D.E.: Desviación estándar; % C.V.: Coeficiente de variación.

Tradicionalmente, los sabores más intensos son menos apreciados en el mercado, estos son otorgados por los azúcares, los ácidos orgánicos y otros compuestos. Las presencias de estos compuestos varían según el tipo de mieles, ya que, sus concentraciones dependerán de la vegetación de origen o flora apícola (Gallez 2006).

En este estudio, el dulzor fue favorecido por las temperaturas de congelación, ya que, de acuerdo con Lupano *et al.* (2007) los azúcares bajo estas condiciones tienden a ser menos solubles, lo que permite que las moléculas se agrupen. Lo anterior, es la probable causa de que los panelistas percibieron mayor dulzor en la miel congelada y por ende mayor sabor. Los atributos de sabor y dulzura presentaron correlación alta positiva de ($R = 0.706$) con ($P < 0.0001$), mostrando que a medida que aumentó la aceptación de dulzura, aumentó también la aceptación de sabor.

Color. De acuerdo con los resultados del Cuadro 10, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para la aceptación del color ($P < 0.05$). De acuerdo con esta propiedad sensorial, el consumidor decide si adquiere o no la miel de abeja. Este atributo fue calificado como “Me gusta poco”.

Cuadro 10. Resultado análisis sensorial afectivo: Aceptación del color.

| Tratamiento | Media \pm D.E. |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Miel sin congelar | 4.03 \pm 0.93 ^A |
| Miel de Occidente congelada | 4.02 \pm 0.98 ^B |
| Miel de Oriente congelada | 4.06 \pm 0.92 ^{AB} |
| %C.V. | 21.59 |

^{A-B}: Medias con letras diferentes indican que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). D.E.: Desviación estándar; % C.V.: Coeficiente de variación.

En este estudio los panelistas tendieron a evaluar mejor las mieles menos claras y menos amarillas. Valdés (2013), explica que las mieles de color oscuro son un producto de amplia aceptación y consumo. Teoría que contradice Martínez (2018), quien mencionó que los consumidores relacionan el color oscuro con el sabor fuerte, siendo una razón para rechazarla.

Apariencia, consistencia y aceptación general. El Cuadro 11 muestra que los panelistas no encontraron diferencia significativa en los atributos de apariencia, consistencia y aceptación general ($P > 0.05$). En general, independiente de la congelación y del atributo evaluado, la calificación otorgada a todos los tratamientos fue de “Me gusta poco”.

Cuadro 11. Resultado análisis sensorial afectivo: Aceptación de la apariencia, consistencia y aceptación general.

| Tratamiento | Apariencia | Consistencia | Aceptación General |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Media ± D.E. ^{ns} | Media ± D.E. ^{ns} | Media ± D.E. ^{ns} |
| Miel sin congelar | 4.19 ± 0.84 | 3.95 ± 1.09 | 3.98 ± 0.98 |
| Miel de Occidente congelada | 4.16 ± 0.74 | 4.06 ± 0.86 | 4.17 ± 0.81 |
| Miel de Oriente congelada | 3.94 ± 1.01 | 4.20 ± 0.87 | 4.16 ± 0.75 |
| %C.V. | 21.75 | 21.69 | 19.74 |

^{ns}: Los tratamientos son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

D.E.: Desviación estándar; % C.V.: Coeficiente de variación.

Salamanca (2014), define a la apariencia como una propiedad que evalúa en conjunto el color, tamaño, forma, uniformidad y conformación de manera general cada una de las muestras. Por lo cual, el Centro de Exportaciones e Inversiones de Nicaragua (CEI 2012), explica que dentro del concepto de apariencia el componente más importante es el color, el cual es más propenso a cambios. Durante cierto periodo bajo temperaturas de congelación, las moléculas de glucosa por su pigmentación blanquecina harán que la miel adopte un color más claro.

Ciappini (2005) menciona en su artículo “El análisis sensorial de la miel”, que el 65% de los consumidores están acostumbrados a que la miel presente una consistencia fluida, pero existe un 35% que se inclinan por la miel cristalizada, ya que para ellos es un índice de genuinidad o pureza. Tapia *et al.* (2017), explican en su artículo que el mercado hondureño prefiere la miel espesa, de acuerdo con esto, la industria apícola podría fundamentarse con un buen proyecto en marketing para lograr que Honduras se adapte al consumo de miel cristalizada.

Arrabal y Ciappini (2000), explican que la aceptabilidad general depende de la sensación que experimenta el panelista al estar en contacto con el alimento, existe influencia directa de las condiciones culturales, factores económicos y disponibilidad. Por tal razón, se recomienda realizarlo con consumidores y no con panelistas entrenados. Así mismo, Ramirez (2012), explica que la aceptación general determinará el grado de afinidad que tiene el consumidor por un producto, indicando el uso real de este en la compra y consumo.

La aceptación general presentó una correlación alta positiva ($R = 0.75$) en la dulzura, donde a medida que aumentó la aceptación de dulzura aumentó también la aceptación general del producto. Ciappini (2005), explica que las mieles fuertes suelen gustar a los consumidores, debido a que presentan cierto contenido de dulzor. Vera (2008), destaca que el dulzor es aceptado de manera global (culturas y etnias) como un sabor placentero. Esta es la razón por la que los consumidores encontraron igualdad entre los tratamientos.

4. CONCLUSIONES

- El almacenamiento de la miel a 7 días en temperaturas de -17 a -20 °C no provocó cristalización.
- El tiempo no tuvo efecto significativo, pero la temperatura de congelación disminuyó el valor de actividad de agua, aumentó el valor de viscosidad y provocó una coloración amarilla-rojiza clara.
- La temperatura de congelación disminuyó la aceptación del color de las mieles, pero aumentó la aceptación del sabor y la dulzura de la miel.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio enfocado en el perfil de azúcares de la miel de cada una de las zonas.
- Evaluar el tiempo de cristalización después de haber recibido tratamiento de congelación o de refrigeración.
- Ejecutar los análisis fisicoquímicos en el menor tiempo posible para evitar altos coeficientes de variabilidad en los datos.

6. LITERATURA CITADA

Arrabal M y Ciappini M. 2000. Prueba de aceptabilidad en miel. [Internet]. Argentina: Invenio. [Consultado: 2018 oct 23]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87730511>

Ball D. 2007. The chemical composition of honey. ChemEd X. 84(10): 1643-1646.

Castañón L. 2009. Miel diferenciadas de la península de Yucatán y su mercado. [Internet]. México: Corredor Biológico Mesoamericano México. [Consultado 2018 oct 01]. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6513.pdf>

CEI (Centro de Exportaciones e Inversiones de Nicaragua). 2012. Estudio de miel de abeja: mercado de Japón. [Internet]. Nicaragua: CEI. [Consultado 2018 ago 29]. https://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bc-att/24_estudio_04.pdf

Ciappini M. 2005. El análisis sensorial de la miel. Argentina. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano Rosario. [Consultado 2018 sep 22]. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.corpmontana.com/bitstream/handle/123456789/585/M000278.pdf?sequence=5>

Clarke AM, Manyi-Loh CE, Ndip RN. 2011. Volatile compounds in honey: a review on their involvement in aroma, botanical origin determination and potential biomedical activities. Int J Mol Sci. 12(12):9514–9532. eng. doi:10.3390/ijms12129514.

Codex Stan 234. 1999. Tabla de contenido de alimentos. Métodos recomendados de análisis y muestreo. [Consultado 2018 sep 19]. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_234e.pdf

CCA (Comisión del codex alimentarius). 1981. Codex norma para la miel 12-1981. [Internet]. Londres, Reino Unido. [Actualizado 2001]. [Consultado 2018 sep 24]. FAO. Disponible en: www.fao.org/input/download/standards/310/cxs_012s.pdf

El Sohaimy SA, Masry SHD, Shehata MG. 2015. Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*. 60(2):279–287. doi:10.1016/j.aogas.2015.10.015.

Escobar M, Manresa A. 2005. Clasificación de mieles uniflorales cubanas a partir de sus propiedades físico-químicas. Centro nacional de investigaciones científicas. Cuba. [Internet]. [Consultado 2018 sep 04]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181220525088.pdf>

Ferrari G, Boussaid A, Chouaibi M, Rezig L, Hellal R, Donsi F, Hamdi S. 2018. Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*. 11(2):265–274. doi:10.1016/j.arabjc.2014.08.011.

Florek M, Kędzierska-Matysek M, Wolanciuk A y Skąlecki P. 2016. Effect of freezing and room temperatures storage for 18 months on quality of raw rapeseed honey (*Brassica napus*). *J Food Sci Technol*. 53(8):3349–3355. eng. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2313-x>

Frigerio A. 2010. Elaboración de miel crema (*Apis mellifera*) mediante el método de cristalización inducida, y evaluación de sus propiedades texturales. [Tesis]. Repositorio académico de la universidad de Chile. Chile. 82 p.

Gallez L. 2006. Los colores, aromas y texturas de nuestras mieles. [Internet]. Argentina: AgroUNS. [Consultado 2018 sep 19]. Disponible en: https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/6551/11746_6551.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García H, González H y Martínez D. 2007. Optimización del proceso de elaboración de la miel de abeja cremada. [Tesis]. Universidad nacional autónoma de Nicaragua. Nicaragua. 55 p.

Hamdan K. 2010. Crystallization of honey. *Bee world*. 87(4):71–74. doi:10.1080/0005772X.2010.11417371.

Hooper T, Albert R. 1987. Las abejas y la miel: Guía para el apicultor. [3. ed.]. Buenos Aires: El Ateneo. 300 p. (La Granja y la huerta). ISBN: 950-02-3021-6.

ISO (Organización Internacional de Normalización). 2011. Determinación de la viscosidad aparente mediante el método de prueba de Brookfield. [Internet]. [Actualizado 2016; Consultado 2018 sep 10]. <https://www.iso.org/standard/57378.html>

Jaramillo-Flores ME, Moguel-Ordóñez Y, Mora-Escobedo R, Gutiérrez-López GF. 2006. The Composition, Rheological and Thermal Properties of Tajonal (*Viguiera dentata*) Mexican Honey. *International Journal of Food Properties*. 9(2):299–316. doi:10.1080/10942910600596159.

Lino Lazo F. 2002. Estudio de la calidad de la miel de abeja *Apis mellifera* L. comercializada en Tegucigalpa, Honduras. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 34 p.

Latimer GW JR. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed. Rockville, MD: AOAC International. 2 volumes. ISBN: 0935584870.

López Rosas A. 2014. Efecto de la humedad de la miel y temperatura de descristalizado en la calidad de la miel procesada. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 30 p.

Lupano CE, Conforti PA, Malacalza NH, Arias V, Castells CB. 2006. Crystallization of Honey at -20°C . International Journal of Food Properties. 9(1):99–107. Doi: 10.1080/10942910500473962.

Makni M, El-Haskoury R, Kriaa W, Lyoussi B. 2018. Ceratonia siliqua honeys from Morocco: Physicochemical properties, mineral contents, and antioxidant activities. J Food Drug Anal. 26(1):67–73. eng. doi: 10.1016/j.jfda.2016.11.016.

Martínez J, Morales F. 2007. Caracterización cinética de la hidrólisis de sacarosa con la invertasa libre e inmovilizada. [Tesis]. Instituto Politécnico Nacional. México. 53p.

Martínez J. 2018. Parámetros de calidad en la miel: influencia de las condiciones del procesado. Universidad politécnica de Valencia. España. [Tesis]. 41 p.

Mendizábal FM. 2005. Abejas. 1a. ed. Buenos Aires: Editorial Albatros. 255 p. (Manuales esenciales). ISBN: 950241070x. In Spanish.

Moguel Y, Echazarreta, Mora R. 2005. Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *apis mellifera* producida en el estado de yucatán durante diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración. [Internet]. México: UAEM. [Consultado: 2018 oct 01] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61343303>

Nanda V, Nayik GA, Dar BN. 2018. Rheological behavior of high altitude Indian honey varieties as affected by temperature. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 17(3):323–329. doi:10.1016/j.jssas.2016.07.003.

Ospina A. 2014. Evaluación de las características de la miel de abejas proveniente del suroeste antioqueño y de las condiciones necesarias para su liofilización. Universidad pontificia bolivariana. Colombia. [Tesis]. 93 p.

Ramirez J. 2012. Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Universidad del Valle. [Internet]. Colombia: ReCiTeIA. [Consultado 2018 sep 12]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Juan_Ramirez-Navas/publication/257890512_Analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor/links/00b495260e24536e05000000/Analisis-sensorial-pruebas-orientadas-al-consumidor.pdf

Ribak E. 2007. Changes in the carbohydrate composition of honey undergoing during storage. *JAS*. 51(1): 39-48.

Salamanca G. 2014. Criterios relativos al análisis sensorial de mieles. [Internet]. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de alimentos. España. [Consultado 2018 sept 5]. Disponible en: <file:///D:/Downloads/Analisisensorial.pdf>

Tapia E, Castañeda M, Ramirez J, Macias J, Barajas J, Tapia J y Gutierrez L. 2017. Physical-chemical characterization, phenolic content and consumer preferences of apis mellífera honey in southern Jalisco, México. *Interciencia*. 42(9). 603-609. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/08-603-42-9.pdf>

Umesh Hebbar H, Rastogi NK, Subramanian R. 2008. Properties of dried and intermediate moisture honey products: a review. *International Journal of Food Properties*. 11(4):804–819. doi:10.1080/10942910701624736.

Valdés P. 2013. Mielles fraccionadas, diferenciación y valor agregado. [Internet]. Chile: ODEPA. [Consultado 2018 sep 06]. Disponible en: http://www.agrimundo.gob.cl/wp-content/uploads/131204_reporte_apicultura_n4.pdf

Vera H. 2008. Evaluación sensorial. OIC. Instituto Politécnico Nacional, México. 48p.

Visquert M. 2015. Influencia de las condiciones térmicas en la calidad de la miel. [Tesis]. Universidad Politécnica de Valencia, España. 194p.

Yang W, Rababah TM, Al-Omouh M, Brewer S, Alhamad M, Alrababah M, Al-Ghzawi AA-M, Al-u'datt M, Ereifej K, Alsheyab F, et al. 2014. Total phenol, antioxidant activity, flavonoids, anthocyanins and color of honey as affected by floral origin found in the arid and semiarid mediterranean areas. *Journal of Food Processing and Preservation*. 38(3):1119–1128. doi:10.1111/jfpp.12071.

Yao L, Bhandari BR, Datta N, Singanusong R, D'Arcy BR. 2003. Crystallisation and moisture sorption properties of selected Australian unifloral honeys. *J. Sci. Food Agric*. 83(9):884–888. doi:10.1002/jsfa.1421.

Zandamela E. 2008. Caracterización fisicoquímica y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique. [Tesis]. Universidad autónoma de Barcelona. España. 290 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Resultados análisis de correlación entre parámetros fisicoquímicos.

| Pearson Correlation Coefficients, N = 15 | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Prob > r under H0: Rho=0 | | | | | | | | |
| | Textura | PH | L | a | b | °Brix | Humedad | Aw |
| Textura | 1 0.8984 | -0.0361 0.8984 | 0.40138 0.1381 | -0.6244 0.0128 | 0.08585 0.761 | 0.213 0.446 | -0.261 0.3475 | -0.7117 0.0029 |
| PH | -0.0361 0.8984 | 1 0.3728 | 0.24801 0.3728 | -0.0484 0.8641 | 0.2813 0.3098 | -0.209 0.4548 | 0.14993 0.5938 | 0.35089 0.1997 |
| L | 0.40138 0.1381 | 0.24801 0.3728 | 1 0.0019 | -0.7331 0.0019 | 0.73196 0.0019 | -0.0456 0.8717 | 0.09318 0.7412 | -0.6448 0.0095 |
| a | -0.6244 0.0128 | -0.0484 0.8641 | -0.7331 0.0019 | 1 0.5417 | -0.1712 0.5417 | 0.30181 0.2743 | -0.2782 0.3153 | 0.64167 0.0099 |
| b | 0.08585 0.761 | 0.2813 0.3098 | 0.73196 0.0019 | -0.1712 0.5417 | 1 0.5491 | 0.16816 0.5491 | -0.1426 0.6123 | -0.4204 0.1187 |
| °Brix | 0.213 0.446 | -0.209 0.4548 | -0.0456 0.8717 | 0.30181 0.2743 | 0.16816 0.5491 | 1 0.5491 | -0.9542 <.0001 | -0.2558 0.3575 |
| %H. | -0.261 0.3475 | 0.14993 0.5938 | 0.09318 0.7412 | -0.2782 0.3153 | -0.1426 0.6123 | -0.9542 <.0001 | 1 0.3837 | 0.24256 0.3837 |
| Aw | -0.7117 0.0029 | 0.35089 0.1997 | -0.6448 0.0095 | 0.64167 0.0099 | -0.4204 0.1187 | -0.2558 0.3575 | 0.24256 0.3837 | 1 |

Anexo 2. Resultados análisis de correlación entre los atributos sensoriales.

| Pearson Correlation Coefficients, N = 318 Prob > r under H0: Rho=0 | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| | Apariencia | Color | Sabor | Dulzura | Consisten. | Aceptación General |
| Apariencia | 1 | 0.69283 <.0001 | 0.32865 <.0001 | 0.27193 <.0001 | 0.39347 <.0001 | 0.49390 <.0001 |
| Color | 0.69283 <.0001 | 1 | 0.31444 <.0001 | 0.29061 <.0001 | 0.40295 <.0001 | 0.49655 <.0001 |
| Sabor | 0.32865 <.0001 | 0.31444 <.0001 | 1 | 0.70660 <.0001 | 0.48664 <.0001 | 0.75007 <.0001 |
| Dulzura | 0.27193 <.0001 | 0.29061 <.0001 | 0.70660 <.0001 | 1 | 0.47537 <.0001 | 0.66383 <.0001 |
| Consisten. | 0.39347 <.0001 | 0.40295 <.0001 | 0.48664 <.0001 | 0.47537 <.0001 | 1 | 0.64532 <.0001 |
| Aceptación General | 0.49390 <.0001 | 0.49655 <.0001 | 0.75007 <.0001 | 0.66383 <.0001 | 0.64532 <.0001 | 1 |

Anexo 3. Información geográfica y climática de las zonas de recolección de miel.

| Copán Occidente | | | Meses del año | El Paraíso Oriente | | |
|------------------------|--------------------------------------|----------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Localización | Latitud 14.9071 Longitud -88.9005 | | | Localización | Latitud 14.0243 Longitud -86.477 | |
| Altitud | 906.17 msnm | | | Altitud | 735.28 msnm | |
| Precipitación | RH % | T° (°C) | | Precipitación | RH % | T° (°C) |
| 0.97 | 75.01 | 20.44 | Ene. | 0.61 | 66.23 | 22.67 |
| 0.74 | 67.72 | 22.07 | Feb. | 0.5 | 59.34 | 24.11 |
| 0.54 | 60.72 | 24 | Marz. | 0.44 | 52.66 | 25.91 |
| 1.03 | 60.12 | 25.76 | Abr. | 0.8 | 50.18 | 27.77 |
| 3.04 | 67.22 | 25.38 | May. | 3.12 | 59.99 | 27.17 |
| 5.5 | 77.43 | 23.78 | Jun. | 4.07 | 72.29 | 25.29 |
| 4.36 | 78.72 | 23.18 | Jul. | 3.2 | 73.47 | 24.46 |
| 4.86 | 79.83 | 23.15 | Agost. | 3.16 | 72.19 | 24.89 |
| 5.36 | 82.73 | 22.7 | Sept. | 4.05 | 75.1 | 24.56 |
| 3.64 | 83.17 | 21.96 | Oct. | 3.41 | 76.84 | 23.84 |
| 1.73 | 81.43 | 20.9 | Nov. | 1.41 | 74.14 | 23.04 |
| 1.27 | 79.82 | 20.22 | Dic. | 0.76 | 71.33 | 22.47 |
| 2.75 | 74.49 | 22.79 | ANN | 2.13 | 66.98 | 24.68 |

Anexo 4. Información de cultivos aledaños a los apiarios.

| ZONAS DE COSECHAS | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|------------------|-----------------------|----------------|----------------|------------------|-----------------------|
| Occidente | | Cultivos | | Oriente | | Cultivos | |
| Copán | La loma | Cultivos de café | <i>Coffea arábica</i> | El Paraíso | La lodosa | Árboles de Guaba | <i>Inga edulis</i> |
| Corquín | Corquín | | <i>Inga edulis</i> | Quebrada Negra | Quebrada Negra | Café | <i>Coffea arábica</i> |
| Corquín | Chilinquera | | Roble | <i>Quercus</i> | Volcanes | Volcanes | Café Flor de guama |