

**Efecto de la madurez a cosecha y de la
temperatura de procesamiento en la calidad
de la miel de abeja Zamorano**

Karina Estrada Estrada

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de la madurez a cosecha y de la temperatura de procesamiento en la calidad de la miel de abeja Zamorano

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

Karina Estrada Estrada

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2013

Efecto de la madurez a cosecha y de la temperatura de procesamiento en la calidad de miel de abeja Zamorano

Presentado por:

Karina Estrada Estrada

Aprobado:

Blanca Carolina Valladares, M.Sc.
Asesora Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Jorge A. Cardona, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto de la madurez a cosecha y de la temperatura de procesamiento en la calidad de miel de abeja Zamorano.

Karina Estrada Estrada

Resumen: La miel es la sustancia dulce producida por las abejas a partir del néctar extraído de las flores. La calidad de la miel puede ser afectada por condiciones de cosecha, procesamiento y almacén. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios físico-químicos y sensoriales de la miel de abeja Zamorano por efecto de la madurez a cosecha y de la temperatura de procesamiento. Las mieles maduras e inmaduras fueron tratadas a temperaturas de 45 – 50°C y de 55 – 60°C más un testigo (sin tratamiento térmico). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×3 y el experimento tuvo 3 repeticiones. Se realizó análisis físico (color), análisis químicos (pH y Aw) y evaluaciones sensoriales realizando pruebas de aceptación (color, consistencia, sabor, dulzura, acidez y aceptación general). Se encontró que el tratamiento térmico influyó en el sabor y aceptación general mientras que la madurez afectó el color y el sabor de la miel. En general se encontró que las mieles inmaduras que no recibieron tratamiento térmico y la miel madura de 45 – 50°C fueron las más aceptadas ($P < 0.05$); a dichos tratamientos se les realizó una prueba de preferencia mediante análisis de Friedman's, encontrando que no hubo diferencias entre tratamientos.

Palabras clave: Análisis de Friedman's, actividad de agua, pH, análisis físicos, análisis químicos.

Abstract: Honey is a sweet substance produced by bees with the flower's nectar. The honey's quality may be affected by harvesting conditions, processing and storage. The aim of this study was to evaluate the effect of maturity at harvest and processing's temperature in the physicochemical and sensory characteristics of Zamorano's bee honey. Immature and mature honeys were treated at temperatures of 45 - 50 ° C and 55 - 60 ° C plus a control (without heat treatment). We used a completely randomized design with factorial arrangement 2×3 and the experiment had 3 replicates. Physical analysis was performed (color), chemical analysis (pH and water activity) besides of sensory evaluation of acceptance test (color, consistency, taste, sweetness, acidity and general acceptance). It was found that the heat treatment influenced the flavor and general acceptance while maturity affect the color and taste of honey. In general it was found that honeys without heat treatment and mature honey with heat treatment of 55-60 ° C were better accepted ($P < 0.05$) those treatments was analyzed performed preferably by Friedman 's analysis, finding no differences among treatments.

Key words: Friedman's analyze, water activity, pH, physic analyzes, chemical analyzes.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS.....	18

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de tratamientos.....	4
2. Resultados análisis sensorial: color.....	5
3. Resultados análisis sensorial: consistencia.....	6
4. Resultados análisis sensorial: sabor.....	7
5. Resultados análisis sensorial: dulzura.....	7
6. Resultados análisis sensorial: acidez.....	8
7. Resultados análisis sensorial: aceptación general.....	9
8. Resultados análisis químico: humedad.....	11
9. Resultados análisis químico: pH.....	12
10. Resultados análisis químico: Aw.....	12
11. Resultados análisis físico color: valor L*a*b.....	13
Figuras	Página
1. Flujo de proceso de miel descristalizada.....	2
Anexos	Página
1. Hoja de evaluación sensorial.....	18
2. Boleta de respuestas. Prueba de ordenamiento (Ranking).....	19
3. Tabla de valores críticos de Chi cuadrado.....	20
4. Cuadro de probabilidades de análisis físico-químicos.....	21
5. Cuadro de probabilidades para atributos de evaluación sensorial.....	21
6. Cuadro de correlaciones entre atributos sensoriales y aceptación general.....	22
7.	

1. INTRODUCCIÓN

La miel es la sustancia dulce producida por las abejas a partir del néctar que extraen de las flores. Las enzimas presentes en esta solución (amilasa, invertasa y glucosa oxidasa), los ácidos orgánicos y otros componentes cambian las características organolépticas y fisicoquímicas de la miel (Acquarone 2004).

La humedad es un indicador de madurez en la miel (Corbella *et al.* 2002). Enzimas agregadas en el néctar por las abejas realizan el proceso de maduración que consiste en la conversión de azúcares compuestos a simple así mismo de la eliminación de humedad (Duran y Díaz s.f). Este último es influenciado por la temperatura interna del panal y la aireación provocada por el aleteo constante de las abejas, permitiendo que la miel alcance el porcentaje de humedad adecuada, es decir menor a 20% (CODEX 1981).

La miel madura con humedad menor al 20% es sellada u operculada por la población de las abejas indicando que la miel está lista para ser cosechada (Bradbear 2005). Sin embargo, aun después de la cosecha la miel puede aumentar su contenido de humedad debido a la característica de higroscopicidad que le permite absorber humedad del ambiente (Suescún y Vit 2008) o bien disminuirla por efecto de la temperatura en el proceso de descristalizado. Sin embargo cuando no se hace un tratamiento térmico de manera adecuada, puede proporcionar sabores desagradables a la miel (Mazariegos 2006).

Los principales factores que determinan la calidad de la miel incluyen características sensoriales (olor, color y sabor), humedad y contenido de hidroximetilfurfural. Estos son influenciados por el calentamiento y el tiempo de almacenamiento (Mazariegos 2006). Para garantizar la calidad no se debe calentar miel a temperaturas que modifiquen su composición esencial ni se deben usar tratamientos químicos o bioquímicos que influyan en la cristalización. Este estudio es de ayuda para la planta apícola Zamorano y procesadores de miel, ya que proporciona información básica sobre la madurez y la utilización de tratamientos para asegurar la calidad de este producto. Por ello se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar los cambios físico-químicos y sensoriales en la miel de abeja Zamorano por efecto de la madurez a cosecha.
- Evaluar los cambios físico-químicos y sensoriales en la miel de abeja Zamorano por efecto de la temperatura de procesamiento.
- Definir el tratamiento que logre mayor aceptación en la miel de abeja Zamorano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. El estudio se realizó en la planta apícola del Zamorano, en laboratorio de análisis sensorial de la planta de innovación de alimentos y el laboratorio de análisis de alimentos (LAAZ), todos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana en el departamento Francisco Morazán, a 30 km de Tegucigalpa, Honduras.

Equipos y utensilios. Se utilizaron termómetros de láser, refractómetro PCE-4852, potenciómetro HM Digital modelo pH-200, Aqualab Aw. Modelo: Series 3TE, Colorflex hunter L*a*b, centrífuga manual, frascos de vidrio de 150 ml, malla filtro.

Procesamiento de la miel. Se utilizó miel 100% Zamorano proporcionada por la Planta Apícola y cosechada en 2013. Parte de la miel se obtuvo de panales maduros y otra parte de la miel se obtuvo de panales inmaduros. El proceso de obtención de la miel inició con el desoperculado de los panales, removiendo la capa de cera que cubre las celdas. Una vez desoperculados, se colocaron los panales en la centrífuga manual para realizar la extracción de la miel a una velocidad aproximada de 30 rpm durante 30 segundos. Posteriormente se filtró la miel con ayuda de una malla filtro para remover las partículas ajenas a la miel. Finalmente a cada muestra se le realizó el calentamiento o descristalizado de la miel (Figura 1) empleando diferentes rangos de temperatura.

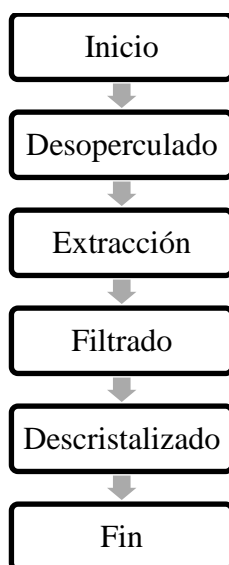


Figura 1. Flujo de proceso de miel descristalizada.

Para realizar los análisis necesarios, se tomaron tres muestras de miel madura y tres de miel inmadura en frascos de vidrio de 150 ml. Para el descristalizado, se trató una muestra en baño María por un periodo de 10 minutos a un rango de temperatura de 45 – 50° C, otra de 55 – 60°C y la última sin temperatura; esto para ambos estados de madurez. Durante el proceso se midió la temperatura directamente en la miel con un termómetro digital. Una vez alcanzada la temperatura deseada, se contaron los 10 minutos manteniendo la temperatura dentro del rango. El proceso se realizó tres veces, una vez cada semana.

Análisis sensorial. Se realizaron tres sesiones para los análisis sensoriales con pruebas de aceptación. Se trabajó con 25 panelistas no entrenados en cada sesión quienes evaluaron atributos de: color, consistencia, sabor, dulzura, acidez y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de 1 a 9; siendo 1 me disgusta mucho y 9 me gusta mucho. Además se realizó una prueba de preferencia con 100 panelistas no entrenados. Se asignó a cada panelista una boleta de ranking de ordenamiento para que ordenaran las muestras según su preferencia, siendo 1 la muestra más preferida y 3 la muestra menos preferida. Posteriormente con los datos obtenidos se calculó un valor T mediante análisis Friedman's para determinar diferencias entre tratamientos.

Análisis físico. Se evaluó el color de cada muestra con el Colorflex hunter L*a*b en esta escala, L* representa la luminosidad: 100 es el blanco, 50 el gris y 0 el negro. El valor a* representa las intensidad de los colores rojo en valores positivos y verde los valores negativos. El valor b determina las intensidades de amarillo en valores negativos y azul en valores positivos, el 0 es neutro (ASTM 2006).

Análisis químico. Se determinó la humedad de cada muestra de miel con el refractómetro PCE-4852 de la Planta Apícola. Para ello se colocó una muestra de miel en el lente del refractómetro y se hicieron tres lecturas de cada muestra de miel para hacer un promedio y obtener un dato más preciso. Entre cada muestra se realizó la limpieza del refractómetro asegurando no dejar agua para evitar la alteración de los resultados.

Con el potenciómetro HM Digital modelo pH-200 de la planta de innovación de alimentos, se evaluó la acidez de cada muestra de miel. Antes de cada repetición se hizo una calibración del equipo con soluciones buffer de 4, 7 y 10. Posteriormente se introdujo el potenciómetro en frascos de 150 ml de cada muestra de miel y se tomaron 3 lecturas para sacar un valor promedio. La actividad de agua se midió con el Aqualab Aw Modelo: Series 3TE por el método AOAC 978.18 (AOAC 1990).

Diseño experimental. El diseño experimental fue un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2×3 ; factor uno fue la temperatura de procesamiento y el factor dos fue la madurez de la miel (Cuadro 1). Se obtuvieron seis tratamientos y tres repeticiones para un total de 18 unidades experimentales.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

Madurez	Temperatura (°C)		S/T ^{&}
	45 – 50	55 – 60	
Madura	T1	T2	T3 [§]
Inmadura	T4	T5	T6

[§]T = Tratamiento

[&]S/T= Sin tratamiento térmico

Análisis Estadístico. El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS® versión 9.1.3). Para evaluar la interacción de los factores se realizó una separación de medias con Duncan. Niveles de significancia menor a 0.05 indicaron diferencia significativa entre los resultados y niveles de significancia mayores a 0.05 indicaron que no hay diferencia significativa entre los resultados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis sensorial color. En el cuadro 2 las mieles inmaduras y la miel madura sin tratamiento térmico fueron las más aceptadas para el atributo de color ($P<0.05$). Posiblemente las personas prefieren las mieles de color más claro, ya que en los valores de L^*a^*b de la escala de color se pudo observar que las mieles inmaduras y la miel madura sin tratamiento térmico fueron ligeramente más oscuras, aunque no fueron diferentes de las maduras tratadas con temperatura (Cuadro 11).

Cuadro 2. Resultados análisis sensorial: color.

Madurez	Temperatura (°C)	Media \pm D. E. [¶]
Madura	45 – 50	7.21 \pm 2.04 ^b
Madura	55 – 60	7.24 \pm 1.73 ^b
Madura	S/T ^{&}	7.36 \pm 1.80 ^{ab}
Inmadura	45 – 50	7.58 \pm 1.42 ^{ab}
Inmadura	55 – 60	7.69 \pm 1.55 ^{ab}
Inmadura	S/T	7.92 \pm 1.50 ^a
%C.V. [¥]		22.53

^{a-b} Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

[¶] D.E.= Desviación estándar.

[¥] %C.V.= Coeficiente de variación.

[&] S/T= Sin tratamiento térmico.

Con una $P<0.05$, se encontró que la madurez fue el factor que más influyó en la aceptación del color de la miel. Por efecto de la temperatura los azúcares presentes en la miel sufren un proceso de caramelización y se produce hidroximetilfurfural dando lugar a pigmentaciones oscuras. Esto es más notable en mieles maduras que permanecen por más tiempo dentro de las condiciones de temperatura del panal y la concentración de azúcares es mayor (Díaz y Clotet 1993), lo cual difiere en el estudio ya que se pudo observar que las mieles inmaduras eran ligeramente más oscuras que las maduras; efecto que se puede atribuir a que posiblemente las mieles inmaduras dentro de la colmena estaban ubicadas más al centro por lo que estaban expuestas a mayor temperatura.

Análisis sensorial consistencia. En el cuadro 3 para el atributo de consistencia los panelistas no percibieron diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 3. Resultados análisis sensorial: consistencia.

Madurez	Temperatura (°C)	Media ± D. E.[¶]
Madura	45 – 50	7.36 ± 1.86 ^a
Madura	55 – 60	7.28 ± 1.67 ^a
Madura	S/T ^{&}	7.49 ± 1.72 ^a
Inmadura	45 – 50	7.30 ± 1.55 ^a
Inmadura	55 – 60	7.52 ± 1.73 ^a
Inmadura	S/T	7.78 ± 1.66 ^a
%C.V. [¥]		22.87

^a Medidas seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05).

[¶] D.E.= Desviación estándar.

[¥] %C.V.= Coeficiente de variación.

[&] S/T= Sin tratamiento térmico.

La consistencia de la miel es un atributo sensorial que se evalúa principalmente con la vista. Sin embargo al probarla también se puede describir el grado de viscosidad que tiene. Una de las mejores formas de determinar la consistencia de las mieles, sería presentándolas en su envase comercial para que el panelista pudiera manipularlo y observar de mejor manera el comportamiento de la miel y su resistencia a fluir (Bota *et al.* 1999). Las copas en que se sirvieron las muestras fueron pequeñas y se les sirvió una cantidad de 10 g aproximadamente, esta probablemente fue una de las razones por las que no percibieron diferencias significativas de consistencia entre las muestras (P>0.05). Ni la madurez, ni la temperatura influyeron en la consistencia de la miel.

Análisis sensorial sabor. En el cuadro 4 se muestra que las mieles inmaduras obtuvieron menor valoración en el atributo de sabor (P<0.05). Posiblemente los panelistas prefieren el sabor dulce de las mieles maduras, ya que las mieles inmaduras tienen mayor contenido de humedad y tienden a poseer un sabor más ácido (Benedetti y Pieralli 1988). El tratamiento térmico disminuye la humedad; sin embargo el calor puede también proporcionar a la miel compuestos que dan sabores desagradables (Mazariegos 2006).

Cuadro 4. Resultados análisis sensorial: sabor.

Madurez	Temperatura (°C)	Media ± D. E.[¶]
Madura	45 – 50	6.90 ± 2.06 ^{ab}
Madura	55 – 60	7.26 ± 1.67 ^{ab}
Madura	S/T ^{&}	7.54 ± 1.68 ^a
Inmadura	45 – 50	6.46 ± 1.97 ^{bc}
Inmadura	55 – 60	6.64 ± 2.04 ^{bc}
Inmadura	S/T	7.12 ± 1.89 ^c
%C.V. [¥]		27.13

^{a-c} Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes (P<0.05).

[¶]D.E.= Desviación estándar.

[¥]%C.V. Coeficiente de variación.

[&]S/T= Sin tratamiento térmico.

La miel madura sin tratamiento térmico presentó mejor aceptación (P<0.05). Esto podría estar relacionado con que las mieles maduras tienen menos humedad y mayor concentración de azúcares simples, lo que pudo haber disminuido la percepción de acidez y aumentar la percepción de dulzor (Mondragón *et al.* 2010). Con una P<0.05, se encontró que madurez y temperatura influyeron en el atributo de sabor.

Análisis sensorial dulzura. Para el atributo de dulzura en el cuadro 5, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). Posiblemente los panelistas prefieren las mieles más dulces, ya que las mieles inmaduras tienen mayor contenido de humedad y los azúcares se encuentran más diluidos, característica que pudo haber influenciado en que los panelistas percibieran más fácilmente la acidez que la dulzura en dichas muestras (Castillo *et al.* 2003).

Cuadro 5. Resultados análisis sensorial: dulzura.

Madurez	Temperatura (°C)	Media ± D. E.[¶]
Madura	45 – 50	7.05 ± 1.97 ^a
Madura	55 – 60	7.28 ± 1.76 ^a
Madura	S/T ^{&}	7.45 ± 1.74 ^a
Inmadura	45 – 50	6.50 ± 1.91 ^b
Inmadura	55 – 60	6.80 ± 2.09 ^b
Inmadura	S/T	6.98 ± 2.02 ^b
%C.V. [¥]		27.33

^{a-b} Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes (P<0.05).

[¶]D.E.= Desviación estándar.

[¥]%C.V.= Coeficiente de variación.

[&]S/T= Sin tratamiento térmico.

Las mieles maduras permanecen por más tiempo en el panal bajo las condiciones de calor y aireación que favorecen la pérdida de agua por evaporación y logran una mayor concentración de azúcares (Bradbear 2005). La fructosa es uno de los azúcares con mayor presencia en la miel. Este monosacárido es de 1 a 1.5 veces más dulce que la sacarosa y la glucosa por lo que usar la miel como edulcorante además de ser más saludable, logra el mismo efecto endulzante con menor cantidad (PROFECO 2001). De ahí que cuando la miel es adulterada con la glucosa, los consumidores pueden probar cualquier cantidad de miel sin empalagarse (Aguas *et al.* 2010).

Análisis sensorial acidez. En el cuadro 6 para el atributo de acidez, cinco de los seis tratamientos obtuvieron la misma aceptación ($P < 0.05$). Posiblemente las personas prefieren las mieles más ácidas ya que las mieles tratadas térmicamente suelen perder humedad y por lo tanto logran una mayor concentración de azúcares que disminuyen la percepción de acidez, lo que coincide con un estudio donde las mieles con menor humedad presentaron pH más alto y por ende menor acidez (Subovsky *et al.* 2003).

Cuadro 6. Resultados análisis sensorial: acidez.

Madurez	Temperatura (°C)	Media ± D. E. [¶]
Madura	45 – 50	6.68 ± 2.01 ^{ab}
Madura	55 – 60	6.52 ± 1.91 ^{ab}
Madura	S/T ^{&}	6.92 ± 2.07 ^a
Inmadura	45 – 50	5.98 ± 2.15 ^b
Inmadura	55 – 60	6.46 ± 2.03 ^{ab}
Inmadura	S/T	6.73 ± 2.18 ^a
%C.V. [¥]		31.55

^{a-b} Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

[¶] D.E.= Desviación estándar.

[¥] %C.V.= Coeficiente de variación.

[&] S/T= sin tratamiento térmico.

Las mieles inmaduras originalmente tienen mayor contenido de humedad y tienden a fermentarse ya que hay una mayor producción de ácido glucónico por efecto de la enzima glucoxidasa (Castillo *et al.* 2003). La actividad de esta enzima se reduce al aumentar la concentración de azúcares (Parada 2003), esto justifica que la miel inmadura de 45 – 50° C, haya recibido menor aceptación en acidez ($P < 0.05$). En este estudio se encontró que la temperatura, la madurez y la interacción de estos factores no influyeron en la acidez de la miel ($P > 0.05$), por lo que se puede atribuir esta característica más bien a que todas las mieles posiblemente tuvieron el mismo origen floral; ya que fueron cosechadas en la misma zona y el mismo día que coincide con la época de cosecha de la caña de azúcar (Acquarone 2004).

Análisis sensorial aceptación general. El cuadro 7 muestra que mieles sin tratamiento térmico y la miel madura de 55-60°C presentaron mayor valoración ($P<0.05$). Para determinar el atributo que más influyó en la aceptación general de la miel, se realizó un análisis de correlación entre aceptación general y cada uno de los atributos sensoriales evaluados y se encontró que hubo una relación alta positiva con el atributo sabor (0.85, $P<0.05$).

Cuadro 7. Resultados análisis sensorial: aceptación general.

Madurez	Temperatura (°C)	Media \pm D. E. ¶
Madura	45 – 50	6.98 \pm 1.84 ^{bc}
Madura	55 – 60	7.29 \pm 1.52 ^{ab}
Madura	S/T ^{&}	7.72 \pm 1.49 ^a
Inmadura	45 – 50	6.86 \pm 1.41 ^c
Inmadura	55 – 60	6.89 \pm 1.82 ^{bc}
Inmadura	S/T	7.45 \pm 1.62 ^{ab}
%C.V. ¥		22.63

^{a-c} Medidas con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

¶ D.E.= Desviación estándar.

¥ %C.V.= Coeficiente de variación.

& S/T= sin tratamiento térmico.

La temperatura suele afectar las características de sabor de la miel ya que los pigmentos formados por efecto del calor hacen que la miel tenga sabores desagradables (CODEX 1981). Esto se puede observar en el cuadro 7, ya que las mieles que recibieron tratamiento térmico fueron las que obtuvieron menor aceptación general, a excepción de la madura que fue tratada de 55-60°C ($P<0.05$).

La miel es vista por los consumidores como un producto auténtico por su tradición y procesamiento artesanal. Es apreciada por sus características naturales, saludables y de sabor. Por esta razón se considera un producto de alta calidad y se espera que sea mínimamente procesado, sin embargo los productores apícolas tienen el reto de convencer a los consumidores de que se trata de un producto tradicional y no un producto anticuado con el fin de mantener la aceptación en el mercado (Pérez *et al.* s.f.).

Para los tres tratamientos más aceptados que fueron las mieles sin tratamiento térmico y la miel madura de 55-60°C, se realizó una prueba de preferencia con 100 panelistas no entrenados. Se asignó a cada panelista una boleta de ranking de ordenamiento para que enumeraran las muestras según su preferencia, siendo 1 la muestra más preferida y 3 la muestra menos preferida. Para la interpretación de los resultados se calculó un valor T del experimento mediante un Análisis Friedman's cuya ecuación es la siguiente:

$$T = \left(\frac{12}{(b)(t)(t+1)} \right) (\sum x^2) - 3 b (t + 1) \quad [1]$$

Dónde:

b=número de panelistas (# filas)

t = número de muestras (# columnas)

X= suma de ordenamientos (rank sums) de cada muestra

Sustituyendo [1]:

$$T = \left(\frac{12}{(100)(3)(3+1)} \right) (120,446) - 3 (100) (3 + 1) = 4.46 \quad [2]$$

Formulación de la hipótesis:

Hipótesis nula: $H_0 = T_3 = T_6 = T_2$

Hipótesis alterna: $H_a = T_3 \neq T_6 \neq T_2$

Si T calculado $> x^2$ (Anexo 3), se rechaza la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa entre tratamientos. En este caso para $P= 0.05$ y dos grados de libertad, se tiene un valor de $4.46 < 5.99$; por lo tanto se acepta la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre tratamientos. Posiblemente los panelistas no percibieron diferencias significativas ya que las muestras evaluadas en la prueba de preferencia, presentaron valores iguales de humedad, actividad de agua y viscosidad (Cuadros 8, 10 y 12). Factores que pudieron afectar en igual proporción el sabor de la miel.

Análisis químico humedad. El cuadro 8 muestra que el contenido de humedad en las mieles fue estadísticamente igual ($P>0.05$). La miel es altamente higroscópica, característica que le permite absorber humedad del ambiente (Suescún y Vit 2008). Esta pudo ser la razón que dificultara encontrar diferencias de humedad entre mieles, debido a que la cosecha se realizó en temporada de invierno y el ambiente estaba muy húmedo.

Cuadro 8. Resultados análisis químico: humedad.

Madurez	Temperatura (°C)	Media ± DE. [¶]
Madura	45 – 50	17.93 ± 0.05 ^a
Madura	55 – 60	17.68 ± 0.16 ^a
Madura	S/T ^{&}	17.75 ± 0.08 ^a
Inmadura	45 – 50	17.81 ± 0.26 ^a
Inmadura	55 – 60	17.22 ± 0.28 ^a
Inmadura	S/T	17.45 ± 0.42 ^a
%C.V. [¥]		1.78

^a Medias seguidas con letras iguales son estadísticamente iguales (P>0.05).

[¶] D.E.= Desviación estándar.

[¥] %C.V.= Coeficiente de variación.

[&] S/T= Sin tratamiento térmico.

Todas las mieles presentaron una humedad menor al 20% recomendable (CODEX 1981). Factores como la temperatura interna del panal y aireación provocada por el aleteo constante de la población de abejas, propician que las mieles pierdan humedad por evaporación y con el tiempo logren una mayor concentración de azúcares (Castillo *et al.* 2003). De ahí la diferencia entre mieles maduras e inmaduras, ya que esta última permanece menos tiempo en el panal guardando mayor contenido de humedad en su composición y por ende menor concentración de azúcares. En un estudio se encontró que el contenido de humedad en la miel depende del estado de madurez (Reyes 2012), resultado que difiere en este proyecto ya que con una (P>0.05); se encontró que ni la madurez ni la temperatura ni tampoco la interacción de estos factores influyeron en el contenido de humedad de la miel.

Análisis químico pH. En el cuadro 9, se observa diferencia significativa entre tratamientos siendo la miel madura sin tratamiento térmico la que presentó pH más bajo (P<0.05). En general, valores superiores de humedad corresponden a valores de pH más bajos, probablemente por la mayor producción de ácido glucónico como consecuencia de la actividad de la enzima glucoxidasa (Suvovsky *et al.* 2003). Lo cual difiere en este estudio ya que como puede verse en el cuadro 8, el contenido de humedad fue estadísticamente igual para todas las muestras (P>0.05) mientras que los valores de pH si presentaron diferencias significativas (P<0.05).

Cuadro 9. Resultados análisis químico: pH.

Madurez	Temperatura (°C)	Media ± D.E.[¶]
Madura	45 – 50	3.68 ± 0.09 ^{bc}
Madura	55 – 60	3.60 ± 0.05 ^{dc}
Madura	S/T ^{&}	3.57 ± 0.12 ^d
Inmadura	45 – 50	3.74 ± 0.14 ^{ab}
Inmadura	55 – 60	3.79 ± 0.10 ^a
Inmadura	S/T	3.80 ± 0.11 ^a
%C.V. [¥]		1.15

^{a-d} Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes (P<0.05).

[¶] D.E.= Desviación estándar.

[¥] %C.V.= Coeficiente de variación.

[&] S/T= Sin tratamiento térmico.

El valor de pH normal para la miel de abeja es de 3 a 4.5 (Suescún y Vit 2008). Rango dentro del cual estuvieron todas las muestras evaluadas. Con una (P<0.05), se encontró que la madurez fue el factor que más influyó en el pH de la miel y puede observarse ya que las mieles inmaduras y mieles maduras presentaron diferencia significativa entre sí, a excepción de la inmadura de 45-50°C (P<0.05).

Análisis químico actividad de agua. Las muestras de miel presentaron una actividad de agua estadísticamente igual (P>0.05). En un estudio se encontró que la actividad de agua de la miel dependía del contenido de humedad (Reyes 2012), lo que coincide con los resultados de este proyecto ya que al comparar los cuadros 8 y 10 de humedad y actividad de agua respectivamente; se observa que ambos factores fueron estadísticamente iguales en los seis tratamientos (P>0.05).

Cuadro 10. Resultados análisis químico: Aw.

Madurez	Temperatura (°C)	Media ± D.E.[¶]
Madura	45 – 50	0.574 ± 0.004 ^a
Madura	55 – 60	0.572 ± 0.006 ^a
Madura	S/T ^{&}	0.570 ± 0.003 ^a
Inmadura	45 – 50	0.588 ± 0.006 ^a
Inmadura	55 – 60	0.573 ± 0.009 ^a
Inmadura	S/T	0.574 ± 0.020 ^a
%C.V. [¥]		1.76

^a Medidas seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05).

[¶] D.E.= Desviación estándar

[¥] %C.V.= Coeficiente de variación.

[&] S/T= Sin tratamiento térmico.

Con una ($P>0.05$) se encontró que ni la temperatura ni la madurez influyeron en la actividad de agua. Esta se puede atribuir más bien a la higroscopicidad característica de la miel, que por su baja actividad de agua; le permite absorber agua del ambiente (Acquarone 2004). Por ello es importante almacenarla en envases con baja permeabilidad y mantenerla tapada en lugares frescos y secos; de manera que no absorba agua del ambiente y altere en consecuencia sus características de palatabilidad, viscosidad, peso específico y calidad (Rivas 2012).

Análisis físico color. En el cuadro 11 se muestran las variables para el análisis de color, donde el valor L^* determina la claridad de la miel. Como resultado se observó que cinco de los seis tratamientos fueron estadísticamente igual de oscuros ($P<0.05$). El valor a^* representa las intensidades de los colores rojo y verde, el resultado observado fue que cinco de los seis tratamientos fueron estadísticamente igual de rojizos ($P<0.05$). El valor b determinó que las intensidades de amarillo no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$).

Cuadro 11. Resultados análisis físico color: valor L^*a^*b .

Madurez	Temperatura	L^*	a^*	b
	(°C)	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E. [¶]
Madura	45 – 50	43.00 \pm 3.25 ^a	9.67 \pm 1.47 ^b	24.97 \pm 1.05 ^a
Madura	55 – 60	42.91 \pm 0.94 ^a	9.65 \pm 2.41 ^b	24.95 \pm 1.34 ^a
Madura	S/T ^{&}	42.72 \pm 1.70 ^{ab}	9.51 \pm 0.69 ^b	24.89 \pm 0.95 ^a
Inmadura	45 – 50	38.29 \pm 2.28 ^b	12.94 \pm 2.05 ^a	23.58 \pm 0.97 ^a
Inmadura	55 – 60	38.57 \pm 3.17 ^{ab}	12.55 \pm 1.43 ^{ab}	23.63 \pm 1.44 ^a
Inmadura	S/T	38.75 \pm 0.76 ^{ab}	12.38 \pm 1.56 ^{ab}	23.71 \pm 0.62 ^a
%C.V. [¥]		5.68	14.98	4.71

^{a-b} Medidas seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

[¶] D.E. Desviación estándar.

[¥] %C.V.= Coeficiente de variación.

[&] S/T= Sin tratamiento térmico.

Con una ($P<0.05$) se encontró que la madurez influyó en L^* a^* y en b . La formación de cristales en la miel hace que adopte coloraciones más opacas y oscuras lo cual es más visible en mieles maduras (Vit *et al.* 2009).

4. CONCLUSIONES

- El tratamiento térmico influyó en el atributo sensorial de sabor y en la aceptación general de la miel.
- La madurez a cosecha presentó efecto en los atributos sensoriales de sabor y color.
- De acuerdo a las pruebas de aceptación y de preferencia, los panelistas valoran mejor las mieles sin tratamiento térmico y la miel madura de tratada con temperatura de 55-60°C.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de la relación temperatura-tiempo en la calidad de la miel.
- Hacer análisis microbiológico en mieles maduras e inmaduras sin tratamiento térmico y en miel madura tratada con temperatura de 55-60°C.
- Hacer evaluación sensorial con panel entrenado y presentar las muestras en su envase comercial.
- Realizar análisis de costos para gastos de energía.
- Producir mieles con mayor dulzura en la planta Apícola.

6. LITERATURA CITADA

AOAC 1990. Materiales y equipo para análisis físico-químicos de miel. Análisis de actividad de agua, AOAC 978.18.

ASTM. 2006. Standard test method for color determination of plastic pellets, ASTM D6290.

Aguas, Y., R. Olivero y K. Cury, 2010. Determinación de adulteración y aceptabilidad de mieles (*Apis mellifera*) comercializadas en Cartagena, Bolívar, Colombia. Colombiana 2(2): 349-354.

Acquarone, C. A. 2004. Parámetros fisicoquímicos de mieles, relación entre los mismos y su aplicación potencial para la determinación del origen botánico y/o geográfico de mieles argentinas. Tesis Licenciatura en tecnología de alimentos, Buenos Aires, Argentina, Universidad de Belgrano. 54 p.

Benedetti, L. y L. Pieralli. 1988. Apicultura. Barcelona. Omega. 434 p.

Bota, E., J.J. Castro y J. Sancho. 1999. Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos. Universitat de Barcelona, Barcelona. 339 p.

Bradbear, N. 2005. Folleto de la FAO sobre diversificación 1: La apicultura y los medios de vida sostenibles. Roma s. e. 70 p.

Castillo, A., A. Sosa López y M. J. Subovsky. 2003. Determinación de algunos parámetros fisicoquímicos en miel de abejas de la provincia de corrientes, Argentina y su relación con la cosecha y procesamiento. Científica agropecuaria 7(2): 61-64.

CODEX ALIMENTARIUS. 2013. Standard for honey. Codex stand p 9.

Corbella, E., D. Cozzolino, G. Ramallo y M. Maidana. 2002. Calidad de mieles de Uruguay. El país agropecuario: 25-28.

Díaz, N. y R. Clotet 1993. Cinética de la caramelización en soluciones azucaradas simples.. Universidad Nacional Autónoma de México. Alimentaria 98. p 35-38.

Duran Jiménez, A. y A. C. Díaz Moreno. s.f. Caracterización reológica de la miel de abeja de *Apis mellifera* y de especies nativas precedente de cuatro regiones de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 6 p.

Mazariegos Molina, A.L. 2006. Determinación de la actividad de la enzima diastasa y análisis microbiológico en miel producida en la finca El Guardabarranco, municipio de Pastores, departamento de Sacatepequez, Guatemala, Universidad de San Carlos. 43 p.

Mondragón Cortéz, P.M., J.A. Ulloa, R. Rodríguez Rodríguez, J.A. Reséndiz Vázquez y P. Rosas Ulloa 2010. La miel de abeja y su importancia. Fuente 2(4). p 11-18.

Parada Silva, J.A. 2003. Desarrollo de una mezcla de “miel crema” de abeja (*Apis mellífera*) con avellana chilena (*Gevuina avellana Mol*) para consumo humano. Tesis licenciado en ingeniería en alimentos. Valdivia, Chile, universidad austral de Chile.

Pérez S., M. J. Río Lanza del., A.B. Iglesias Argüelles, V. Vázquez Casielles s.f. El efecto de la actitud y de la calidad percibida sobre la intención de compra de un producto agroalimentario tradicional. Universidad de Oviedo. 24 p.

PROFECO 2001. Calidad de miel de abeja. Revista del consumidor 287. p 1-5.

Reyes, H. D. 2012. Efecto de la pasteurización y proveedor apícola en las características microbiológicas y químicas de la miel de abeja. Tesis Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Francisco Morazán, Honduras, EAP Zamorano. 23 p.

Rivas Grande R. R. 2012. Efecto de dos tipos de envase y dos formulaciones en las características físicas, químicas y sensoriales de miel cremada. Tesis Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Francisco Morazán, Honduras, EAP Zamorano. 18 p.

Subovsky, M.J., A. Sosa y A. Castillo. 2003. Determinación de algunos parámetros físico-químicos en miel de abejas de la provincia de Corrientes, Argentina y su relación con la cosecha y procesamiento. Revista Científica Agropecuaria 7(2):61-64

Suescún, L. y P. Vit. 2008. Control de la calidad de la miel de abejas producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio. Fuerza farmacéutica 12 (1). p 6-15.

Vit, P., M.G. Gutiérrez, A. J. Rodríguez Malaver, G. Aguilera, C. Fernández Diaz y A.E. Tricio. 2009. Comparación de mieles producidas por la abeja yateí (*Tetragonisca fiebrigi*) en Argentina y Paraguay. La plata 43(2).

White, J. y L. Doner. 1980. Honey Composition and Properties: Beekeeping in the United States. Agriculture handbook 335. p 82-91.

7. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial.

No. Panelista: _____

No. de muestra: _____

Instrucciones: evalúe las muestras de izquierda a derecha en el orden presentado; observe la muestra antes de probarla para evaluar los atributos de color y consistencia. Posteriormente pruebe la cantidad de miel que recoja su dedo índice para evaluar el resto de los atributos. Tome un sorbo de agua y un mordisco de manzana, antes y después de probar una muestra.

Color

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Me disgusta mucho

Me gusta mucho

Consistencia

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Me disgusta mucho

Me gusta mucho

Sabor

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Me disgusta mucho

Me gusta mucho

Dulzura

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Me disgusta mucho

Me gusta mucho

Acidez

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Me disgusta mucho

Me gusta mucho

Aceptación general

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Me disgusta mucho

Me gusta mucho

Observaciones: _____

Anexo 2. Boleta de respuestas. Prueba de ordenamiento (Ranking)

Panelista #:

Instrucciones: Tome un sorbo de agua y un mordisco de manzana antes y/o después de cada muestra. Pruebe las muestras de miel de izquierda a derecha, en el orden presentado. Ordene las muestras de acuerdo a su preferencia utilizando números del 1 al 3, donde 1=más preferida y 3= menos preferida. No se permiten empates.

Ranking Código de muestra

1 _____ (más preferida)

2 _____

3 _____ (menos preferida)

Comentarios:

Anexo 3. Tabla de valores críticos de Chi cuadrado

Lawless + Heymann (1999)

C Table of Critical Values of Chi-Square

2-tailed α Probability Under H_0 that $\chi^2 \geq$ chi-square

<i>df</i>	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	1.64	2.71	5.84	6.41	6.64	10.83
2	5.99	4.60	5.99	7.82	9.21	15.82
3	4.84	6.25	7.82	9.84	11.54	16.27
4	5.99	7.76	9.49	11.67	15.28	18.46
5	7.88	9.24	11.07	13.59	15.09	20.52
6	8.56	10.64	12.59	15.05	16.81	22.46
7	9.80	12.02	14.07	16.82	18.48	24.52
8	11.05	13.56	15.61	18.17	20.09	26.12
9	12.24	14.68	16.92	19.68	21.87	28.88
10	15.44	15.99	18.51	21.16	25.21	29.69
11	14.65	17.28	19.68	22.62	24.72	51.28
12	15.81	18.55	21.05	24.05	26.22	52.91
15	16.98	19.81	22.56	25.47	27.69	54.55
14	18.15	21.06	25.68	26.87	29.14	56.12
16	19.31	22.51	26.00	28.26	30.58	57.70
16	20.48	25.54	26.50	29.83	32.00	59.29
17	21.62	24.77	27.69	31.00	35.41	40.76
18	22.78	25.99	28.87	32.36	34.80	42.51
19	23.90	27.20	30.14	33.69	36.19	45.82
20	25.04	28.41	31.41	35.02	37.57	45.52
21	26.17	29.63	32.67	36.54	38.95	46.80
22	27.50	30.81	33.92	37.66	40.29	48.27
23	28.45	32.01	35.17	38.97	41.64	49.75
24	29.65	33.20	36.42	40.27	42.98	51.18
25	30.68	34.38	37.65	41.57	44.31	52.62
26	31.80	35.56	38.88	42.86	45.64	54.05
27	32.91	36.74	40.11	44.14	46.96	55.48
28	34.03	37.92	41.34	45.42	48.28	56.89
29	35.14	39.09	42.56	46.69	49.59	58.30
30	36.25	40.26	43.77	47.96	50.89	59.70

Reprinted from E.S. Pearson and C.M. Thompson, Table of percentage points of the chi-square distribution, *Biometrika*, Vol. 32, 1944, by permission of the Biometrika Trustees.

to get 1-tailed, divide α by 2

Witdon Etzmann, 10

Anexo 4. Cuadro de probabilidades de análisis físico-químicos.

Probabilidades: análisis físico-químicos			
Análisis	Madurez	Temperatura	Mad*Temp *
Viscosidad	0.3573	0.8617	0.0051
Humedad	0.9943	0.1751	0.239
L	0.0015	0.9969	0.9609
a	0.0027	0.9334	0.9751
b	0.0277	0.999	0.9864
Aw	0.1881	0.2937	0.5494
pH	0.0082	0.9263	0.4142

* Mad*Temp= Interacción entre madurez y temperatura.

Anexo 5. Cuadro de probabilidades para atributos de evaluación sensorial

Probabilidades: Evaluación sensorial			
Atributo	Madurez	Temperatura	Mad*Temp *
Color	0.0039	0.4476	0.8913
Consistencia	0.3204	0.2627	0.6386
Sabor	0.0056	0.0128	0.8778
Dulzura	0.0061	0.1368	0.9814
Acidez	0.1111	0.1094	0.3684
AG	0.0887	0.0014	0.7584

* Mad*Temp= interacción entre madurez y temperatura

Anexo 6. Cuadro de correlaciones entre atributos sensoriales y aceptación general.

Atributo	Correlaciones	
	Pearson[□]	Nivel de correlación
Sabor	0.85	Positiva alta
Dulzura	0.75	Positiva media
Acidez	0.64	Positiva media
Consistencia	0.52	Positiva baja
Color	0.41	Positiva baja

[□]Grado de asociación entre 2 variables.