

# **Evaluación del contenido de hidroximetilfurfural en miel comercial y artesanal de Los Ríos-Babahoyo**

*Evaluation of the hydroxymethylfurfural content in commercial and artisanal honey*

*from Los Ríos-Babahoyo*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7734033>

**AUTORES:** Enrique José Salazar Llorente<sup>1\*</sup>

Hugo Javier Alvarado Álvarez<sup>2</sup>

Jamileth Marianela Castro Cano<sup>3</sup>

Byanka Margarita Sosa Arias<sup>4</sup>

Sonia Alexandra Puga Lascano<sup>5</sup>

**DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA:** [ejsalazar@utb.edu.ec](mailto:ejsalazar@utb.edu.ec)

**Fecha de recepción:** 20/08/2022

**Fecha de aceptación:** 18/11/2022

## **RESUMEN**

El hidroximetilfurfural (HMF) es un compuesto que se produce después del tratamiento térmico de las mieles, es decir, no están presentes en las materias primas iniciales y pueden presentar un peligro potencial para la salud, se conocen como contaminantes de procesamiento químico. Este compuesto es un parámetro indicador de la calidad de la miel, que se produce espontáneamente y su concentración aumenta con el tiempo y otros factores; como el tratamiento térmico inadecuado durante el procesamiento, la temperatura

---

<sup>1\*</sup> Universidad Técnica de Babahoyo

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Babahoyo

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Babahoyo

<sup>4</sup> Universidad Técnica de Babahoyo

<sup>5</sup> Universidad Técnica de Babahoyo

de almacenamiento y el modo de transporte. El objetivo de esta investigación se centra en evaluar el contenido de HMF presente en 6 tipos de miel, 3 marcas comerciales y 3 marcas artesanales, las mieles fueron de eucalipto en flor y cítricos, el lugar donde se adquirieron las mieles es en la Provincia de Los Ríos, ya que, al ser una zona geográfica con abundante flora, los principales polinizadores son las abejas (*Apis Mellifera*). Además, se realizó el calentamiento de la miel a diferentes temperaturas e intervalos de tiempo para evaluar si el hidroximetilfurfural aumenta cuando se agrega calor a la miel. El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Técnica de Babahoyo, las mieles de abejas comerciales y artesanales fueron adquiridas entre 1 y 5 días antes del ensayo. Para el análisis HMF se obtuvo un espectrofotómetro de ondas UV, especificado en las normas INEN 1637, para determinar la absorbancia de la muestra estándar frente a la absorbancia de la muestra de referencia, a 284 y 336 nm en una celda de 1 cm. Los valores de HMF obtenidos para las 3 mieles de marca comercial, así como la miel de marca artesanal, están dentro de los límites permitidos por la Norma Técnica INEN 1572, que se 4 mg HMF/100 g de miel (40 mg HMF/Kg de miel) como límite máximo. Los valores promedio encontrados oscilan entre 0.08 – 1.77 mg HMF-/g de miel, mientras que la miel soporta el calentamiento. Sus valores medios oscilan entre 0,08 – 4,43 mg HMF/100 g de miel, donde se prolonga un alto contenido de HMF, superando el límite máximo de la Norma Técnica INEN 1572.

**Palabras clave:** espectrofotómetro 1; hidroximetilfurfural 2; radiación 3.

## ABSTRACT

Hydroxymethylfurfural (HMF) is a compound that is produced after heat treatment of honeys, that is, they are not present in the initial raw materials and can present a potential health hazard, they are known as chemical processing contaminants. This compound is an indicator parameter of the quality of honey, which is produced spontaneously and its concentration increases with time and other factors; such as improper heat treatment

during processing, storage temperature and mode of transportation. The objective of this research is focused on evaluating the content of HMF present in 6 types of honey, 3 commercial brands and 3 artisanal brands, the honeys were from flowering eucalyptus and citrus fruits, the place where the honeys were acquired is in the Province of Los Ríos, since being a geographical area with abundant flora, the main pollinators are bees (*Apis Mellifera*). In addition, heating of honey at different temperatures and time intervals was performed to assess whether hydroxymethylfurfural increases when heat is added to honey. The present work was carried out in the Phytopathology Laboratory of the Technical University of Babahoyo, the honeys of commercial and artisanal bees were acquired between 1 and 5 days before the trial. For the HMF analysis, a UV wave spectrophotometer was obtained, specified in the INEN 1637 standards, to determine the absorbance of the standard sample against the absorbance of the reference sample, at 284 and 336 nm in a 1 cm cell. The HMF values obtained for the 3 commercial brand honeys, as well as the artisanal brand honey, are within the limits allowed by the Technical Standard INEN 1572, which is 4 mg HMF/100 g of honey (40 mg HMF/Kg of honey) as a maximum limit. The average values found range between 0.08 – 1.77 mg HMF/g of honey, while the honey supports heating. Its average values range between 0.08 – 4.43 mg HMF/100 g of honey, where a high content of HMF is prolonged, exceeding the maximum limit Technical Standard INEN 1572.

**Keywords:** Spectrophotometer 1; hydroxymethylfurfural 2; radiation 3.

## INTRODUCCIÓN

El hidroximetilfurfural (HMF) es un indicador de la frescura de la miel, al igual que las actividades de la enzima invertasa y la diastasa. El HMF es un compuesto (aldehído) que se forma por deshidratación de azúcares, especialmente fructosa. Esta formación de HMF se produce de forma natural con el tiempo y se acelera si la miel se somete a altas temperaturas en los procesos de extracción, homogeneización, etc. <sup>1</sup>

Los compuestos generados después de un proceso térmico, es decir, que no estaban presentes en la materia prima original, y que pueden suponer un riesgo potencial para la salud, se denominan contaminantes de procesamiento químico. En los últimos años, dos nuevos contaminantes de procesamiento químico, la acrilamida y el hidroximetilfurfural, han despertado un gran interés en la comunidad científica debido a sus efectos toxicológicos si se encuentran en alta gama.

La apicultura es una actividad que se encarga de criar y cuidar las abejas, con el objetivo de obtener productos derivados de la extracción de néctar que realizan las abejas y que posteriormente se colocan en sus colmenas. Los principales productos obtenidos de la apicultura son: miel, propóleos, cera y jalea real, muchos de estos productos son y han sido utilizados con fines medicinales, nutricionales y curativos durante muchos años.<sup>3</sup>

La apicultura es una actividad de gran valor porque impulsa la economía al ser una fuente adicional de ingresos para miles de familias rurales ecuatorianas. Su importancia en la producción agrícola también se centra en la participación de las abejas en la polinización, un proceso que garantiza las cosechas.

El apicultor es la persona encargada de realizar prácticas apícolas, su trabajo depende de la época del año, ya que durante la primavera y el verano las abejas se encuentran en el momento de máxima actividad, mientras que en invierno se deben preparar las condiciones para la temporada siguiente. Durante el tiempo en que las abejas se alimentan (en el período de polinización de las flores) los apicultores deben estar a cargo del control de la población y la posterior extracción de miel.

En Ecuador, la apicultura ha sido una actividad que históricamente se ha caracterizado por ser realizada a pequeña escala, en zonas rurales, por pequeños y medianos apicultores. El boom apícola en Ecuador se produjo en 1993, con 38.500 colmenas. Según el último Registro Nacional de Explotaciones Apícolas publicado por la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad Agropecuaria (Agrocalidad), Ecuador al cierre de 2014, contaba con un total de 12.188 colmenas y 902 apicultores; con una concentración de

apicultores en las provincias de Pichincha, Loja, Imbabura y Manabí, estas provincias en su conjunto representarían el 60% de la producción apícola del país.

La miel es una sustancia producida por las abejas a partir de la transformación del néctar que se recolecta en la naturaleza, para alimentar a los miembros de la colmena, sin embargo, desde tiempos inmemoriales el ser humano se ha beneficiado como parte de su dieta debido a sus innumerables beneficios nutricionales e incluso medicinales.

La miel de abeja es el producto con mayor representación en la apicultura ecuatoriana con un 85%, la cera de abejas se produce en un 5%, el polen en un 3%, el propóleo en un 6%, la jalea real en un 1% y la apitoxina en un 0,1%. . El 100% de las explotaciones apícolas aproximadamente el 90% se encuentran en zonas rurales es apto para la agricultura y el 10% restante en zonas urbanas.

El Codex Alimentarius define la miel como "la sustancia dulce natural producida por las abejas *Apis mellifera* a partir del néctar de las plantas o de las secreciones de partes vivas de las plantas o excreciones de insectos chupadores de plantas". Además, indica que "la miel vendida como tal no debe contener ningún ingrediente adicional, incluidos aditivos alimentarios o cualquier adición que no sea miel.

La miel es una sustancia producida por las abejas a partir de la transformación del néctar que se recolecta en la naturaleza, para alimentar a los miembros de la colmena, sin embargo, desde tiempos inmemoriales el ser humano se ha beneficiado como parte de su dieta debido a sus innumerables beneficios nutricionales e incluso medicinales.

El consumo de miel de abeja tiene grandes beneficios para la salud de las personas, tiene cualidades antioxidantes y antianémicas, los productos derivados de la miel de abeja actualmente mantienen un auge en el uso de la medicina alternativa, la apitoxina (abeja venenosa) tiene propiedades analgésicas y antiinflamatorias, que se definen como apiterapia.

La fructosa es el principal azúcar que se encuentra naturalmente en la miel y las frutas y en pequeñas cantidades en algunas verduras. La fructosa es como la glucosa, un azúcar

monosacárido y el más dulce de todos los carbohidratos naturales; una molécula de glucosa y fructosa juntas producen azúcar de mesa (sacarosa) que es la mitad.

La glucosa es un monosacárido, es decir, una molécula de azúcar simple, que está presente libremente en alimentos como la fruta y la miel. Esta forma de azúcar es la principal fuente de energía que asegura el buen funcionamiento del cuerpo.

La abeja melífera o abeja melífera es un insecto de la familia de las alípidas, el grupo de las abejas melíferas está formado por solo cinco especies de abejas, esta especie es originaria de Europa, África y parte de Asia, las abejas melíferas son vitales para la polinización y el desarrollo de cultivos para la agricultura, la ganadería y la alimentación. El 84% de los cultivos alimentarios son polinizados por las abejas. Al menos cinco de cada diez cosas que comemos han tenido una relación directa con las abejas en un 75 a 80%.

La abeja *Apis mellifera*, también conocida como la abeja productora de miel, es una de las abejas más reconocidas entre las especies de abejas por sus rendimientos productivos y almacenamiento de miel, tiene glándulas productoras de cera ubicadas en el abdomen con las que hacen nidos utilizando cera de abejas. mala calidad o que están segregados por los trabajadores de la colmena.

Las características de una miel se determinan a través de diversas pruebas de laboratorio como el contenido fisicoquímico, sensorial y de polen. Este último es un indicador del origen geográfico y botánico de la miel, y ayuda a determinar si es multifloral –cuando la miel está formada por varias especies vegetales– o monofloral.

HMF contiene un grupo hidroxilo, un aldehído y un anillo de furano, por lo que sus posibles transformaciones incluyen reacciones como la oxidación, la hidrogenación, la hidratación, la descarbonilación o la esterificación.

El apicultor y especialmente la industria apícola utilizan tratamientos térmicos con el fin de lograr fluidez y homogeneidad para el proceso de envasado de la miel o en la eventual mezcla de miel de diferentes fuentes para lograr una miel agradable para el consumidor

y retrasar el proceso de cristalización, estos tratamientos y almacenamiento inadecuado afectan la calidad de la miel.

HmF puede formarse espontáneamente por diferentes procesos, por ejemplo, por reacciones de Maillard, también llamadas reacciones de pardeamiento no enzimáticas o químicas, reacciones de caramelización y por deshidratación catalizada por ácido de hexosas. En alimentos altamente concentrados en azúcares, como la miel, la reacción más factible es la caramelización, aunque las reacciones de Maillard también pueden ocurrir cuando se procesa la miel.

La miel pura o artesanal es la que va directamente del panal al frasco, los apicultores a veces la atemperan hasta un máximo de 30 grados y la filtran para eliminar restos de abejas, flores, etc., pero no se somete a ningún otro proceso que pueda alterar sus propiedades. nutrientes. La miel procesada o comercial se somete a altas temperaturas y presiones que estropean sus propiedades beneficiosas.

La miel comercial es la que se procesa con calor a alta temperatura seguido de un enfriamiento rápido, la pasteurización de la miel extiende su vida útil en forma líquida, mejora su apariencia y también mata las células de levadura que podrían cambiar el sabor de la miel. miel, la miel comprada en la tienda comercial se somete a un procesamiento excesivo, la pasteurización de la miel se realiza cuando la miel se calienta a unos 70 grados centígrados, debido a que esta miel comercial pierde todas sus características naturales.

El espectrofotómetro es un instrumento utilizado en el análisis químico que sirve para medir la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad del analito. En espectroscopia, el término luz se aplica no solo a la forma visible de radiación electromagnética, sino también a las formas ultravioleta (UV) e infrarroja (IR), que son invisibles. En la espectrofotometría de absorbancia, se utilizan las regiones ultravioleta y visible.

## **METODOLOGÍA**

La metodología se llevó a cabo en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Técnica de Babahoyo, en 6 tipos de miel, 3 de marcas comerciales y 3 de marcas artesanales para poder determinar la calidad de la misma, la miel de abejas comerciales y miel artesanal se adquirió 5 días antes, mientras que una miel artesanal se adquirió el mismo día recién cosechada.

Esta metodología se llevó a cabo en dos partes:

Primero: Para el análisis de HMF, se utilizó un espectrofotómetro de ondas UV para medir la radiación absorbida, este estudio se basó en los estándares NTE INEN 1637. Determinar espectrofotométricamente el contenido de hidroxitilfurfural (HMF), en el que la absorbancia varía en función del contenido de hidroximetilfurfural (HMF). Producto causado por el sobrecalentamiento de la miel de las abejas, debido a las malas prácticas en su manejo y almacenamiento inadecuado.

### **Instrumental**

Recipientes de precipitación, 250 cm<sup>3</sup>

Balanza analítica

Pipetas

Papel de filtro

Tubos de ensayo, 18 x 150mm.

Balones volumétricos, 250 cm<sup>3</sup>

Espectrofotómetro, para medir a 284 y 336 nm

### **Reactivos**

Solución de ferrocianuro de potasio: se disolvieron 15 g de ferrocianuro de potasio K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> · 3H<sub>2</sub>O, en 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada.

Solución de acetato | de zinc: se disolvieron 30 g de acetato de zinc Zn(OAc)<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O, en 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada.

Solución de bisulfato de sodio (0,20%): 0,20 g de bisulfato de sodio  $\text{NaHSO}_3$  se disolvieron en 100  $\text{cm}^3$  de agua destilada.

### Procedimiento experimental

El método utilizado para determinar el HMF en la miel se describe a continuación:

Se pesaron 5 g de miel en un vaso de precipitados, se transfirieron a un matraz aforado de 50  $\text{cm}^3$ , con aproximadamente 25  $\text{cm}^3$  de agua destilada.

Se agregaron 0,50  $\text{cm}^3$  de solución de ferrocianuro de potasio con una pipeta, se mezclaron bien, se agregaron 0,50  $\text{cm}^3$  de solución de acetato de zinc, llevado a un volumen de 50  $\text{cm}^3$  con agua destilada. Los primeros 10  $\text{cm}^3$  del filtrado se descartan.

Se tomaron dos tubos de ensayo (18 x 150 mm) y se agregaron 5  $\text{cm}^3$  del filtrado a cada uno.

En un tubo, se agregaron 5  $\text{cm}^3$  de agua (muestra), y al otro tubo que servirá como referencia, se agregaron 5  $\text{cm}^3$  de solución de  $\text{NaHSO}_3$ , mezclando bien.

La absorbancia de la muestra estándar se determina contra la absorbancia de la muestra de referencia, a 284 y 336 nm en una celda de 1 cm.

Si la absorbancia (A) es mayor que 0,6, la muestra estándar se diluyó con agua, y también la muestra de referencia con  $\text{NaHSO}_3$ , en la misma proporción. Se determinó la absorbancia A y, para los cálculos, considerar la dilución realizada.

### Cálculos

El contenido de hidroximetilfurfural en la miel se determinó de la siguiente manera:

$$\text{HMF} = \left( \frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{(A_1 - A_2) \times F \times 5}{P}$$

Ser:

$A_1$  = absorbancia de la muestra a 284 nm.

$A_2$  = absorbancia de la muestra a 336 nm.

Factor 14,97 =  $(126/16,830) (1000/10) (100/5)$

126 = peso molecular molar de HMF.

16.830 = molar a de HMF a 284 nm

$a$  = absorbibilidad molar para HMF. <sup>23</sup>

Segundo: se utilizó 1 miel comercial y 1 miel artesanal, que fueron sometidas a procesos térmicos a diferentes temperaturas durante diferentes intervalos de tiempo para determinar a qué temperatura está aumentando el HMF y si excede los límites de la norma INEN, que es de 4mg. HMF/100g de miel (40 mg HMF/Kg de miel), no sería adecuado y su calidad se vería afectada, una vez realizado el calentamiento, se llevó a cabo la misma metodología mencionada anteriormente en la primera parte, para evaluar el HMF.

### Instrumental

- Baño termostático de agua de laboratorio
- Vaso de precipitados de 100 ml
- Agitadores

### Procedimiento experimental

El proceso térmico al que fueron sometidas las mieles se detalla a continuación:

Se pesaron 100 g de miel de abeja comercial 1, se colocaron en un baño de agua a 25 °C durante 1 h, a 40 °C durante 3 horas, a 60 °C durante 3 horas y a 80 °C durante 3 horas.

Se pesaron 100 g de miel de abeja artesanal 1, se colocaron en un baño de agua a 25 °C durante 1 h, a 40 °C durante 3 horas, a 60 °C durante 3 horas y a 80 °C durante 3 horas.

### RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la primera parte de la metodología, para evaluar el hidroximetilfurfural en miel comercial y artesanal, fueron los siguientes:

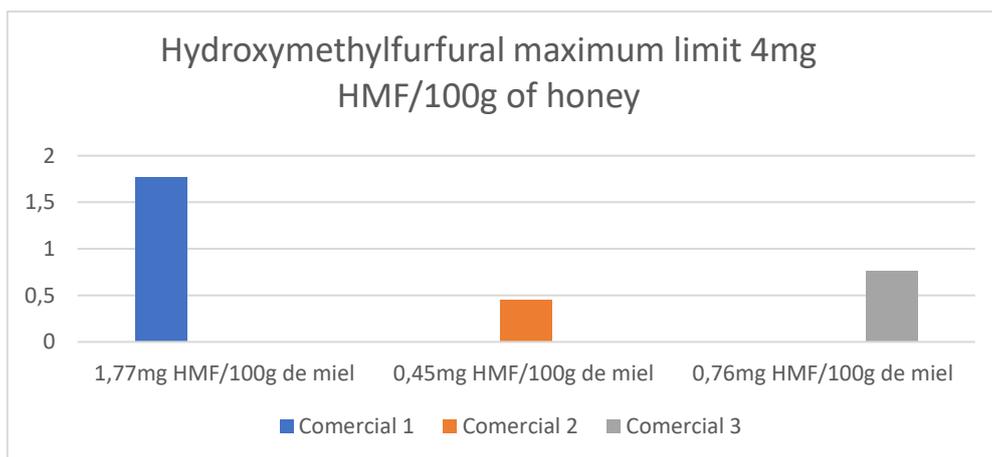
MARCAS DE ABE- JAS MELÍFERAS	Contenido de HMF		CONCENTRACIÓN HMF Norma Técnica INEN 1637 Límite máximo permitido
	Valores unitarios	Promedio	
	1,76		

<b>Comercial 1</b>	1,77	1,77	4mg HMF/100g de miel
	1,77		
<b>Comercial 2</b>	0,45	0,45	4mg HMF/100g de miel
	0,45		
	0,46		
<b>Comercial 3</b>	0,76	0,76	4mg HMF/100g de miel
	0,76		
	0,77		
<b>Cada marca se hizo por triplicado.</b>			

**Tabla 1.** Contenido de HMF presente en la miel comercial

**Fuente:** El autor

Tabla 1. En esta tabla, se observa que las marcas comerciales de miel se sometieron a un estudio por triplicado para tener valores más exactos, estos valores para hidroximetilfurfural están dentro del valor de referencia (4 mg HMF/g de miel), establecido en la norma INEN 1572, las mieles de tipo comercial han sido compradas en un supermercado de la Ciudad de Babahoyo a temperatura de conservación a temperatura ambiente.



**Gráfico 1.** Barras estadísticas de contenido de HMF en mieles comerciales.

**Fuente:** El autor

Gráfico 1. Este gráfico muestra que la miel comercial 1 tiene un alto contenido de HMF, más que la miel comercial 2 y 3, aunque no supera el valor de referencia (4 mgHMF/g de miel), establecido en la norma INEN. 1572, se puede determinar que las mieles comerciales sí contienen HMF en pequeñas cantidades después del procesamiento.

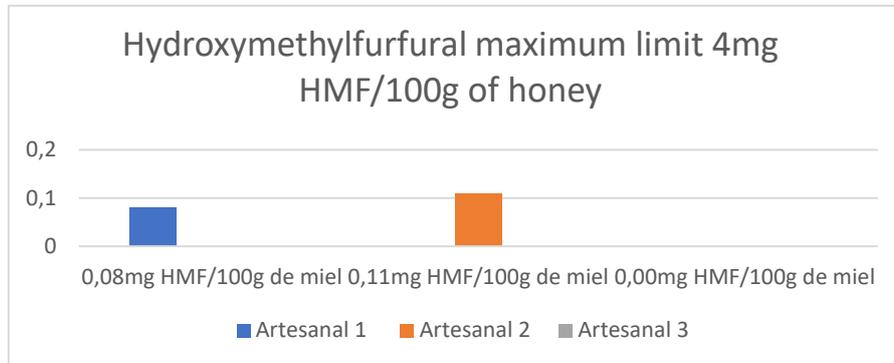
MARCAS DE ABE- JAS MELÍFERAS	Contenido de HMF		CONCENTRACIÓN HMF Norma Técnica INEN 1637 Límite máximo permitido
	Valores unitarios	Promedio	
hecho a mano 1	0,08	0,08	4mg HMF/100g de miel
	0,08		
	0,09		
hecho a mano 2	0,11	0,11	4mg HMF/100g de miel
	0,11		
	0,12		
Hecho a mano 3	0,00	0,00	4mg HMF/100g de miel
	0,00		
	0,00		
Cada marca se hizo por triplicado.			

**Tabla 2.** Contenido de HMF presente en la miel artesanal de abeja.

**Fuente:** El autor

Tabla 2. En esta tabla, se observa que, para las marcas de miel artesanal, se realizó un estudio por triplicado para tener valores más exactos, estos valores para hidroximetilfurfural están dentro del valor de referencia (4 mg/g de miel), establecido en la norma INEN 1572, mientras que la miel artesanal 3 no registra la presencia de HMF, dos de las mieles

artesanales fueron adquiridas en el Cantón Ventanas, y la otra en la Ciudad de Babahoyo a una temperatura de conservación ambiental.



**Gráfico 2.** Barras estadísticas de contenido de HMF en mieles artesanales

**Fuente:** El autor

Gráfico 2. Este gráfico muestra que la miel artesanal 2 tiene un alto contenido de HMF, más que la miel artesanal 1, aunque no supera el valor de referencia (4 mgHMF/g de miel), establecido en la norma INEN 1572, mientras que la miel artesanal 3 no presentó ningún nivel de HMF en su contenido, se puede determinar que ciertas mieles artesanales sí contienen HMF en pequeñas cantidades, quizás debido a un mal manejo y a la temperatura a la que se almacena, la miel artesanal 3 fue recién cosechada el día que se iba a realizar el experimento.

La segunda parte de los resultados fue cuando dos mieles se calentaron en un baño de agua aplicando diferentes temperaturas para diferentes intervalos de tiempo.

MARCAS DE ABEJAS MELÍFERAS	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (h)	CONCENTRACIÓN DE HMF 4mg HMF/100g de miel INEN 1637
Comercial 1	25 °C	1	1,77
	40 °C	3	2,03
	60 °C	3	3,87

	80 °C	3	4,4 3
--	-------	---	-------

**Tabla 3.** Datos de la concentración de hidroximetilfurfural en los diferentes tratamientos térmicos.

**Fuente:** El autor

Tabla 3. Esta tabla muestra que la miel comercial 1 sometida a una temperatura de 25 °C durante una hora está dentro de los niveles establecidos en la norma y no se obtuvo ninguna variación, a 40 °C durante tres horas aumenta el HMF, a 60°C durante tres horas el HMF sigue aumentando y a 80°C supera los rangos establecidos por las normas INEN de 4mg HMF/100g de miel.

MARCAS DE ABEJAS MELÍFERAS	TEMPE- RATURA (°C)	TIEMPO (h)	CONCENTRACIÓN DE HMF 4mg HMF/100g de miel INEN 1637
<b>Hecho a mano 1</b>	25 °C	1	0,08
	40 °C	3	1,50
	60 °C	3	3,04
	80 °C	3	4,10

**Tabla 4.** Datos de concentración de hidroximetilfurfural en los diferentes tratamientos térmicos.

**Fuente:** El autor

Tabla 4. Esta tabla muestra que la miel artesanal 1 sometida a una temperatura de 25 °C durante una hora está dentro de los niveles establecidos en la norma y no se obtuvo variación, a 40 °C durante tres horas aumenta el HMF, a 60°C durante tres horas el HMF sigue aumentando y a 80°C supera los rangos establecidos por las normas INEN de 4mg HMF/100g de miel.

### Cálculo de la desviación estándar

La desviación estándar es un índice numérico de la propagación de un conjunto de datos (o población), es decir, es un promedio de las desviaciones individuales de cada observación de la media. Cuanto mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los resultados obtenidos. La desviación estándar es un parámetro que explica la dispersión de los datos obtenidos. Para una muestra se calcula con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

Siendo  $X_i$  el valor obtenido de cada medición realizada,  $\bar{x}$  la media aritmética de las mediciones, y  $n$  el número de mediciones realizadas. En nuestro caso, las mediciones de cada una de las mieles analizadas se han realizado por triplicado. El cálculo de la desviación estándar se realizó en las muestras comerciales 1 y artesanal 2, muestras en las que se varían las temperaturas (40 °C, 60 °C y 80 °C) manteniendo el tiempo de exposición a una temperatura constante durante (3h).

MUESTRAS	Contenido de HMF	S	HMF (mg HMF/100g de miel)
Commercial 1	2,03	1,26	3,44 ± 1,26
	3,87		
	4,43		
Hecho a mano 1	1,50	1,31	2,88 ± 1,31
	3,04		
	4,10		

**Tabla 5.** Cálculo de la(s) desviación(es) estándar(es) en las muestras comerciales 1 y artesanales 1

**Fuente:** El autor

**Correlación de Pearson**

El coeficiente de correlación de Pearson es una prueba que mide la relación estadística entre dos variables continuas. Si la asociación entre los elementos no es lineal, entonces el coeficiente no está adecuadamente representado. El coeficiente de correlación puede tomar un rango de valores de +1 a -1. Un valor de 0 indica que no hay asociación entre las dos variables. Un valor mayor que 0 indica una asociación positiva. Es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, también lo hace el valor de la otra. Un valor menor que 0 indica una asociación negativa; es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, el valor de la otra disminuye.

La fórmula del coeficiente de correlación de Pearson es la siguiente:

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N}$$

Dónde:

"x" es igual a la variable número uno, "y" pertenece a la variable número dos, "zx" es la desviación estándar de la variable uno, "zy" es la desviación estándar de la variable dos, y "N" es el número de datos.

- Si r = cero significa que no hay asociación o correlación entre las dos variables.
- Si 0 < r < 0,25 = correlación débil.
- Si 0,25 ≤ r < 0,75 = correlación intermedia.
- Si 0,75 ≤ r < 1 = correlación fuerte.
- Si r = ±1 = correlación perfecta.

Variable	Variable	X2	Y2	XY
Temperatura	Hydroximetilfurfural			
X	Y			
40	2.03	1600	4.1209	81.2
60	3.87	3600	14.9769	232.2
80	4.43	6400	19.6249	354.4

**Tabla 6.** Datos para el coeficiente de correlación de Pearson en miel comercial 1

Fuente: El autor

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2][n(\sum y_i^2) - (\sum y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{3(667.8) - (180)(10.33)}{\sqrt{[3(11600) - (180)^2][3(38.7227) - (10.33)^2]}} = 0.9557$$

Para el análisis de resultados, según el coeficiente de correlación de Pearson = 0,9557, se puede decir que las variables X e Y presentan una fuerte correlación. Dado que el valor de r es positivo, indica una relación positiva entre las variables (el crecimiento en una variable se asocia con el crecimiento en la otra variable).

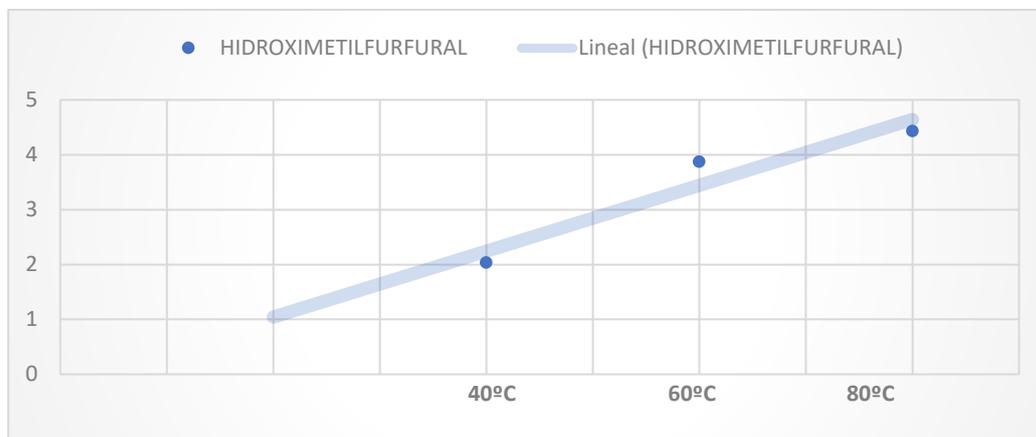


Gráfico 3. Diagrama de dispersión entre variables

Fuente: El autor

Variable	Variable	X2	Y2	XY
Temperatura	Hidroximetilfurfural			
X	Y			
40	1.5	1600	2.25	60
60	3.04	3600	9.2416	182.4
80	4.1	6400	16.81	328

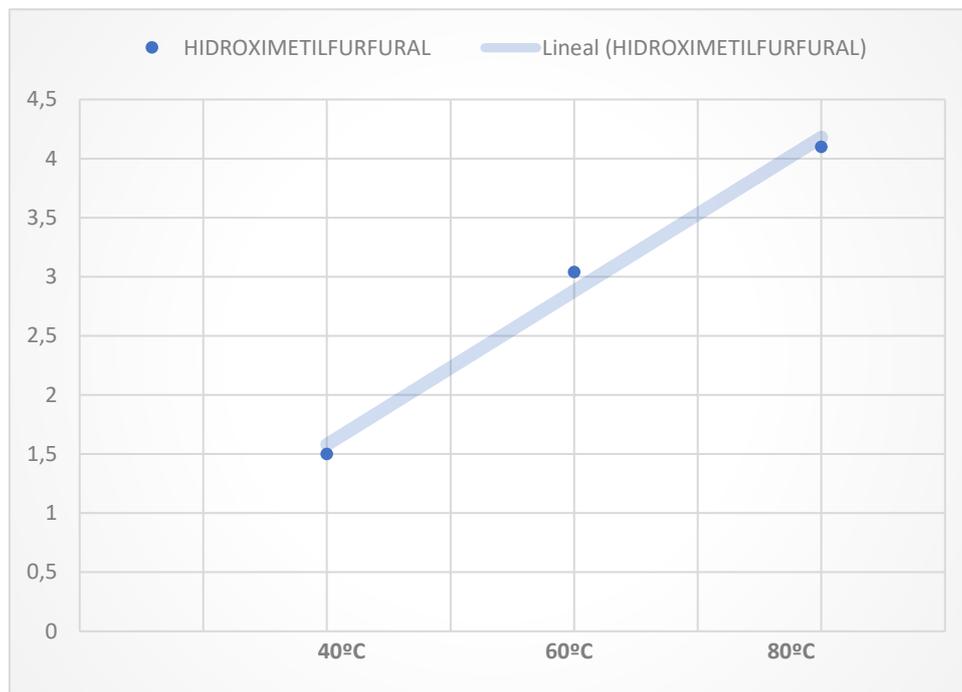
Tabla 7. Datos para el coeficiente de correlación de Pearson en miel artesanal 1

Fuente: El autor

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2][n(\sum y_i^2) - (\sum y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{3(570.4) - (180)(8.64)}{\sqrt{[3(11600) - (180)^2][3(28.3016) - (8.64)^2]}} = 0.9944$$

Para el análisis de resultados, según el coeficiente de correlación de Pearson = 0,9944, se puede decir que las variables X e Y presentan una fuerte correlación. Dado que el valor de r es positivo, indica una relación positiva entre las variables (el crecimiento en una variable se asocia con el crecimiento en la otra variable).



**Gráfico 4.** Diagrama de dispersión entre variables

**Fuente:** El autor

## DISCUSIÓN

Una vez finalizado el trabajo de investigación, la no presencia de HMF para la miel artesanal recién cosechada concuerda con lo mencionado en diversas literaturas, según (Jiménez, 2016) en las que indican que el HMF no es un componente normal en la miel fresco o recién cosechado.

Los valores relativamente bajos de HMF obtenidos en las 3 mieles comerciales y las 2 mieles artesanales, también concuerdan con sus valores, considerando que el HMF

aumenta espontáneamente con el almacenamiento a altas temperaturas; siendo estos conservados mediante su comercialización a temperaturas de alrededor de 20°C a 25°C, son estas condiciones las que no han permitido acelerar el aumento de HMF.

Según (Villar et al, 2019) en su artículo titulado "Determinación de hidroximetilfurfural en miel como parámetro indicador de su calidad", coinciden con los resultados obtenidos, donde la miel se calentaba a diferentes temperaturas e intervalos de tiempo, cuando las muestras de miel se exponían a diferentes temperaturas, se observó que la cantidad de HMF aumentaba progresivamente a medida que aumentaba la temperatura. Además, si la miel se expone a temperaturas muy altas durante períodos de tiempo más largos, excede el límite legal de (4 mg HMF / 100 g de miel).

Mélida Vargas Barrionuevo, en su trabajo titulado "Efecto térmico temporal de la miel de abeja sobre la variación de su calidad durante el almacenamiento". Él dice: La cantidad de hidroximetilfurfural que se forma en la miel depende de la temperatura a la que está expuesta y el tiempo de exposición.

Néstor Velásquez en su trabajo de investigación titulado "Evaluación de diferentes tiempos de calentamiento de la abeja melífera (*Apis mellifera*) para retrasar su cristalización y determinar los niveles de HMF (hidroximetilfurfural), en la asociación de apicultores del suroeste de Guatemala", nos dice que el calentamiento, como el cambio de temperatura, el mal manejo del empaque, el transporte y el almacenamiento, son factores que afectan la tasa de formación de HMF (Hidroximetilfurfural) en la miel, el contenido aumenta espontáneamente con el paso del tiempo, también se observó una diferencia notable en el aumento de HMF en las mieles que fueron sometidas a un tiempo de calentamiento prolongado.

## **CONCLUSIONES**

Las mieles que se venden comercial y artesanalmente si cumplen con la Norma Ecuatoriana INEN 1 572, respecto al contenido de HMF, que establece un límite máximo de 4mg HMF/g de miel de abejas.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las mieles comerciales presentaron un mayor contenido de hidroximetilfurfural que las mieles artesanales, aunque están dentro del límite de la norma, mientras que una de las mieles artesanales no presentó ningún nivel de contenido de hidroximetilfurfural, por lo que se determina que cuando la miel está recién extraída del panal no presenta estos niveles y se determina que el hidrometilfurfural aumenta debido a la exposición a altas temperaturas durante mucho tiempo. períodos de tiempo en su procesamiento, transporte y almacenamiento.

También se determinó que cuando la miel se somete a diferentes temperaturas, el hidroximetilfurfural aumenta, dependiendo del tiempo y la temperatura a la que se expone el producto, por lo que se considera que la miel sometida a procesamiento no debe superar los 80 °C durante más de 3 horas, debido a que el HMF sube y supera los límites permitidos.

En el análisis estadístico fue posible determinar que la temperatura está fuertemente correlacionada con el aumento de hidroximetilfurfural en la miel.

Hay que tener en cuenta que la miel debe almacenarse entre 20-25 °C, para que el HMF se mantenga dentro del rango y su producción sea muy lenta.

Agradecimientos: Mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Babahoyo por su orientación y dirección en todos los estudios realizados, al Ing. José Salazar por su apoyo a lo largo de este proceso de investigación.

Conflictos de intereses: No hay conflictos de intereses.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Arteaga, C. (2022). Problemas Sanitarios en Apis mellifera en la región Sierra del Ecuador. Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.es-poch.edu.ec/bitstream/123456789/16285/1/17T01700.pdf>
- Acurio, J. (14 de 01 de 2020). Food facts for healthy choices. Obtenido de <https://www.eufic.org/es/que-contienen-los-alimentos/articulo/que-es-la-fructosa-y-es-mala-para-ti/>
- Apicultura y miel. (12 de 02 de 2018). Obtenido de <https://apiculturaymiel.com/miel/la-miel-componentes-y-tipos/>
- Barhum, L. (30 de 12 de 2021). Medical News Today. Obtenido de <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/diabetes-tipo-2-y-miel>
- Beevoo. (11 de 02 de 2021). Obtenido de <https://beevoo.net/blog/abejas-melíferas-quiénes-son-y-por-que-es-importante-saber-reconocerlas/>
- Biodiversidad Mexicana. (11 de 04 de 2022). Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/mieles>.
- Carrillo, E., Rojas, L., & Noboa, T. (2021). Determinación de la demanda insatisfecha de miel de abeja en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago. *Conciencia Digital*, pág 3.
- BEHONEY. (21 de 04 de 2019). Obtenido de <https://behoney.es/miel-cruda-vs-miel-comercial/#:~:text=La%20Miel%20Comercial%20es%20la,el%20sabor%20de%20la%20miel.>
- Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Revista Científica Multidisciplinar*, pág 6-9.
- Granda, R. (19 de 12 de 2017). Análisis del potencial de la actividad apícola como desarrollado socioeconómico en sectores rurales. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7106/1/135301.pdf>
- Isauro, V., Willian, R., Blanca, V., & Verónica, M. (2020). El mercado de la producción de miel de abeja en la provincia del Guayas (Ecuador). *Revista Espacios*, pág 2.

- Jiménez, V. (2016). “Evaluación de Hidroximetilfurfural en diferentes marcas de miel de abeja, comercializadas en el supermercado de Guayaquil”. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12966/1/VICTOR%20JIMENEZ.pdf>
- Jiménez, V. (2016). “Evaluación de Hidroximetilfurfural en diferentes marcas de miel de abeja, comercializadas en el supermercado de Guayaquil”. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12966/1/VICTOR%20JIMENEZ.pdf>.
- Montiel, L. (2017). Recomendaciones para la calidad de miel: humedad, HMF y otros temas. Red para el desarrollo de la agricultura familiar de Latiniamérica y el Caribe, pág 5. Piedra, M. (20 de 05 de 2022). Maes Honey. Obtenido de <https://www.maeshoney.com/que-es-la-apicultura/>
- Martínez, J. (09 de 07 de 2018). Parámetros de la calidad de la miel. influencia de las condiciones del procesado. Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/107469/MART%C3%8DNEZ%20-%20PAR%C3%81METROS%20DE%20CALIDAD%20EN%20LA%20MIEL.%20INFLUENCIA%20DE%20LAS%20CONDICIONES%20DEL%20PROCESADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martín, C. (16 de 07 de 2022). Clínicas Aleria . Obtenido de <https://clinciasaleria.es/diferencias-entre-miel-pura-y-miel-procesada/>
- Piedra, M. (22 de 02 de 2022). La Vanguardia. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20211228/5027/limon-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html->.
- Ruiz, D., Pilamunga, G. I., & Fonseca., E. (2020). Afectación térmica de la miel de abeja en una metodología alternativa, monitoreando hidroxime-tilfurfural, número de diastasa y vitamina C. Conciencia Digital, pág 5.

- Rodriguez, L. (2021). Oxidación de alcohol furfurílico, furfural y 5-hidroximetilfurfural con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y catalizadores. *Ciencias Experimentales*, pág 9.
- Torres, A., Chimbo, J., & Vargas, J. (2022). Apicultura y bioeconomía: La miel de abeja como alternativa económica sostenible para pequeños productores. *Revista Semilla del Este*, pág 3.
- Toro, R., Hidalgo, V., Muñoz, R., & Robles, R. (2020). Análisis de las falencias del sector apicultor en la provincia del Guayas (Ecuador). *Revista Espacios*, pág 3.
- Velásquez, D., & Goetschel, L. (2019). Determinación de la calidad físico-química de la miel de abeja. *Enfoque UTE*, pág 2.
- Vilaña, A. (2013). Miel de abejas. Determinación del contenido de Hidroximetilfurfural (HMF). Quito: Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN).
- Villar, M., Villar, P., Cobo, S., Rodríguez, D., & Serrano, M. (2015). Determinación de hidroximetilfurfural en mieles como parámetro indicador de la calidad de las mismas. *Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, pág 3.
- Vargas, M. (2006). Efecto del tratamiento térmico temporal de la miel de abeja sobre la variación de su calidad. Ambato, Ecuador.
- Velásquez, N. (2013). “Evaluación de diferentes tiempos de calentamiento de la miel de abeja (*Apis mellifera*) para retardar su cristalización y determinar los niveles de HMF (Hidroximetilfurfural), en la asociación de apicultores del sur Occidente de Guatemala”. Guatemala. Obtenido de <https://core.ac.uk/reader/35293030>
- Vélez, P. (06 de 12 de 2019). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/ii-foro-apicola-del-litoral-reunira-a-mas-de-200-productores-en-los-rios/>.