

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

**Análisis fisicoquímico de 8 marcas de miel de abeja con y sin Norma INEN-1572:2016  
comercializadas en la zona sur del Distrito Metropolitano de Quito, para verificar  
posibles adulteraciones.**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE QUÍMICO (A)**


**Ingrid Lucero Quinatoa Escobar**

Quito, 2023

**CERTIFICACIÓN DEL DOCENTE- DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
CARRERA DE QUÍMICA**

Yo, Pablo Efraín Pozo Pantoja Mgtr, con cédula de ciudadanía 1001219904, certifico que el presente trabajo de integración curricular **Análisis fisicoquímico de 8 marcas de miel de abeja con y sin Norma INEN-1572:2016 comercializadas en la zona sur del Distrito Metropolitano de Quito, para verificar posibles adulteraciones**, elaborado por la estudiante Ingrid Lucero Quinatoa Escobar, con cédula de identidad 1721783908 ha concluido de acuerdo con las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Atentamente,



**DIRECTOR / TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
C.C. 1001219904  
FECHA: 28/06/2023**

**DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis en primer lugar a Dios, por darme la oportunidad de llegar a este momento tan importante en mi vida como estudiante. A mis padres Ángel Quinatoa y Aida Escobar por su amor incondicional y por creer en mí desde el primer día, por sus sacrificios y apoyo constante que han sido la clave de mi éxito. A mis hermanos por estar pendientes en todo cada paso que doy. Este logro es gracias a cada uno de ustedes que fueron mi luz en momentos oscuros y por nunca dejarme sola.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios, por darme la capacidad e inteligencia por permitirme seguir cumpliendo una meta más de mi vida.*

*Agradezco a mis padres porque sin su esfuerzo y apoyo incondicional, nada de lo que estoy logrando sería posible. La confianza, consejos y aliento que me ofrecen cada vez que me quiero rendir, a ustedes les debo todo lo que logrado y he hecho en mi corta existencia, este logro no es únicamente mío, es de los tres y para los tres, gracias por acompañarme desde el primer día que comencé un de los más grandes sueños y permanecer hasta el final pese a todos los obstáculos que hemos enfrentado lo estamos logrando.*

*A mis hermanos que, gracias a sus consejos, por compartir sus experiencias, sobre todo por su apoyo para que día a día vaya mejorando y dejarme en claro que puedo contar con ustedes en las buenas y malas.*

*Agradezco a mi tutor, por su paciencia, tiempo y conocimiento que me brindo durante este proceso, por estar cada vez que necesitaba resolver una duda.*

*Agradezco a mis lectores, por su paciencia, consejos y recomendaciones que durante este proceso fue de gran ayuda para que todo este trabajo quede excelente.*

*Agradezco a sala de preparaciones Raquel y Melissa que fueron un apoyo fundamental para resolver mis dudas, en cada momento durante el desarrollo de este trabajo.*

*Finalmente, pero no menos importante a mis queridos amigos Paulo Bustamante, Deyaneira Yáñez, Andrés Yupangui y Lesly Ayala, que pese a mi genio me han apoyado en todos los momentos buenos y malos, gracias por las risas que nunca faltaron así sea en el peor momento, pero siempre útiles para alegrarnos el corazón. No tengo más palabras solo diré gracias por llegar a mi vida. Los quiero mucho.*

# INDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>IV</b>
<b>1. RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>7</b>
<b>5.1. Muestreo</b> .....	<b>8</b>
<b>5.2. Determinación de cenizas</b> .....	<b>8</b>
<b>5.3. Determinación de humedad</b> .....	<b>8</b>
<b>5.4. Determinación de densidad</b> .....	<b>9</b>
<b>5.5. Determinación de acidez total</b> .....	<b>10</b>
<b>5.6. Determinación de conductividad eléctrica</b> .....	<b>10</b>
<b>5.7. Determinación del número de diastasa</b> .....	<b>10</b>
5.7.1. Normalización de almidón .....	<b>10</b>
5.7.2. Preparación de la muestra .....	<b>11</b>
5.7.3. Lectura de la muestra en UV-Vis.....	<b>11</b>
<b>5.8. Determinación de HMF</b> .....	<b>11</b>
5.8.1. Determinación de HMF por FT-IR .....	<b>11</b>
5.8.2. Determinación de HMF por UV-VIS.....	<b>12</b>
<b>5.9. Determinación de Azúcares reductores y sacarosa</b> .....	<b>12</b>
5.9.1. Preparación de Reactivo de Fehling A/B y azul de metileno 1% .....	<b>12</b>
5.9.2. Titulación incremental – Lane-Eynon.....	<b>13</b>
<b>5.9.3. Sacarosa</b> .....	<b>13</b>
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>14</b>
Análisis de resultados .....	<b>14</b>
<b>7. DISCUSIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>8. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>22</b>
<b>9. REFERENCIAS:</b> .....	<b>22</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>25</b>

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Requisitos físicos y químicos para la miel de abejas.....	5
<i>Figura 2. Formación de HMF en miel.....</i>	<i>6</i>
Figura 3. Índice de refracción de miel y contenido de humedad. ....	9
Figura 4. a) Espectro infrarrojo del HMF puro, el espectro indica absorbancia vs Número de onda. ..	20
Figura 5. b) Espectro infrarrojo de HMF puro, el espectro indica % Transmitancia vs Número de onda. .....	21

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Resultados Parámetros fisicoquímicos, Muestras 1-8.....	14
Tabla 2. Resultados: cumplimiento de Parámetros fisicoquímicos. ....	16

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Porcentaje de cenizas presentes en 4 muestras de miel con cumplimiento de NTE-INEN 1572. ....	26
Anexo 2. Porcentaje de cenizas presentes en 4 muestras de miel que no cumplen con la NTE-INEN 1572. ....	27
Anexo 3. Porcentaje de Humedad de 8 tipos de miel comercializadas en DMQ. ....	27
Anexo 4. Densidad de 8 tipos de miel comercializadas en DMQ. ....	28
Anexo 5. Contenido de acidez total. ....	30
Anexo 6. Conductividad de 8 tipos de mieles estudiadas. ....	30
Anexo 7. Contenido de Diastasa en diferentes marcas de miel. ....	30
Anexo 8. Espectro UV-Vis muestra 1. ....	31
Anexo 9. Espectro UV-Vis muestra 2. ....	31
Anexo 10. Espectro UV-Vis muestra 3. ....	32
Anexo 11. Espectro UV-Vis muestra 4. ....	32
Anexo 12. Espectro UV-Vis muestra 5. ....	33
Anexo 13. Espectro UV-Vis muestra 6. ....	33
Anexo 14. Espectro UV-Vis muestra 7. ....	34
Anexo 15. Espectro UV-Vis muestra 8. ....	34
Anexo 16. Datos de azúcares reductoras de 8 tipos de mieles. ....	35
Anexo 17. Datos de contenido de sacarosa en 8 tipos de mieles. ....	35
Anexo 18. Datos de contenido de HMF en los diferentes tipos de miel estudiada. ....	36
Anexo 19. Bandas identificadas en el espectro de infrarrojo de miel de abeja. ....	36
Anexo 20. Espectro infrarrojo de muestra de miel 1. ....	37
Anexo 21. Espectro infrarrojo de muestra de miel 2. ....	37
Anexo 22. Espectro infrarrojo de muestra de miel 3. ....	38
Anexo 23. Espectro infrarrojo de muestra de miel 4. ....	38
Anexo 24. Espectro infrarrojo de muestra de miel 5. ....	39
Anexo 25. Espectro infrarrojo de muestra de miel 6. ....	39
Anexo 26. Espectro infrarrojo de muestra de miel 7. ....	40
Anexo 27. Espectro infrarrojo de muestra de miel 8. ....	40

## 1. RESUMEN

La adulteración de alimentos se debe principalmente para obtener beneficios económicos debido a que se puede incurrir en el uso de ingredientes de calidad inferior hasta acciones no intencionadas debidas a la negligencia o instalaciones inadecuadas, problemas de envasado, almacenamiento y transporte. Otro factor que puede influir en la adulteración suele ser por motivos económicos, también puede producirse para reducir costes y aumentar los beneficios. La miel actualmente es tomada como un sustituto ideal del azúcar convencional debido a sus diversas propiedades beneficiosas para la salud. Estos edulcorantes naturales tienen propiedades antioxidantes y antibacterianas, además, de minerales y vitaminas los cuales los convierten en la opción ideal de edulcorante. La mayor parte de la composición de la miel está formada por azúcares, la adulteración por la incorporación de edulcorantes de bajo coste y jarabes comerciales a la miel es una de las prácticas fraudulentas más comunes. El objetivo de esta investigación para verificar el cumplimiento de la normativa existente en el país NTE INEN-1572, comercializadas en la zona sur del Distrito Metropolitano de Quito, para verificar su posible adulteración. Se determinó humedad, cenizas, densidad, acidez total, conductividad eléctrica, número de diastasa, Hidroximetilfurfural, azúcares reductoras y sacarosa a todas las muestras de miel. Para los parámetros número de diastasa e hidroximetilfurfural fue necesario el tratamiento de la muestra de miel y el uso de un espectrofotómetro UV-VIS y FTIR. Los resultados obtenidos indican que la única miel que no fue adulterada en ningún parámetro estudiado fue la miel # 3 ya que cumple con los valores establecidos por la NTE-INEN-1572. La miel #2 y 4 posiblemente fueron adulteradas con alguna clase de jarabe de azúcar debido a que fueron las muestras con un % alto de contenido de sacarosa. Se concluye que las mieles que tienen su respectivo etiquetado y cumplen con registro sanitario como lo indica la NTE-INEN-1572 no cumplen a cabalidad con todos los parámetros como en humedad, número diastasa y sacarosa ya que estos excedieron los valores determinados por la normativa. Por otro lado, de las 4 muestras de miel que fueron recolectadas en los mercados, se detectó que sola una muestra de miel tiene varias adulteraciones, siendo una de las principales la sacarosa. Por lo que se sugiere que mantener los cuidados pertinentes en los procesos de recolección de miel, envasado y almacenamiento del producto para que el alimento sea apto para el consumo humano.

Palabras claves: Adulteración, Azúcar, INEN, Miel, Normativa.

## 2. ABSTRACT

Food adulteration is mainly due to obtain economic benefits due to the use of inferior quality ingredients to unintentional actions due to negligence or inadequate facilities, packaging, storage and transportation problems. Another factor that can influence adulteration is usually for economic reasons, it can also occur to reduce costs and increase profits. Honey is nowadays taken as an ideal substitute for conventional sugar due to its various health-promoting properties. These natural sweeteners have antioxidant and antibacterial properties, as well as minerals and vitamins which make them an ideal choice of sweetener. Most of the composition of honey is made up of sugars, adulteration by the incorporation of low-cost sweeteners and commercial syrups to honey is one of the most common fraudulent practices. The objective of this research was to verify compliance with existing regulations in the country NTE INEN-1572, marketed in the southern area of the Metropolitan District of Quito, to verify its possible adulteration. Moisture, ash, density, total acidity, electrical conductivity, diastase number, hydroxymethylfurfural, reducing sugars and sucrose were determined for all honey samples. For the parameter's diastase number and hydroxymethylfurfural it was necessary to treat the honey sample and use a UV-VIS and FTIR spectrophotometer. The results obtained indicate that the only honey that was not adulterated in any of the parameters studied was honey #3, since it complies with the values established by NTE-INEN-1572. Honey #2 and 4 were possibly adulterated with sugar syrup because they were the samples with a high % of sucrose content. It is concluded that the honeys that have their respective labeling and comply with sanitary registration as indicated in NTE-INEN-1572 do not fully comply with all the parameters such as moisture, diastase number and sucrose, since these exceeded the values determined by the regulations. On the other hand, of the 4 samples of honey that were collected in the markets, it was detected that only one sample of honey has several adulterations, one of the main ones being sucrose. Therefore, it is suggested to maintain the pertinent care in the processes of honey collection, packaging and storage of the product so that the food is suitable for human consumption.

Key words: Adulteration, Sugar, INEN, Honey, Regulations.

### 3. INTRODUCCIÓN

La abeja melífera occidental, *Apis mellífera*, es originaria del viejo mundo, pero fue traída al continente americano por colonizadores europeos en el siglo XVII, principalmente para la producción de miel y para la polinización de cultivos, siendo actualmente el animal más utilizado para esta tarea. Desde entonces y hasta 1956 se consideraba que sólo había abejas melíferas de razas europeas en los países americanos (Kent, 1988<sup>a</sup>). Sin embargo, en la literatura se menciona que, investigadores brasileños introdujeron al estado de Sao Paulo en Brasil, reinas de *Apis mellífera scutellata*, una raza de abejas melíferas del sur del continente africano; ya que creían que era mejores para la producción de miel en climas tropicales y no solo en climas templados como la raza europea (Kent, 1988b). Por lo que se puede deducir que dentro de América Latina se encuentran tanto la raza europea y africana en un número mayor de colonias, gracias a investigaciones sobre el impacto de la introducción de las abejas africanas se ha revelado que esta raza produce más zánganos para su reproductividad convirtiéndose en la raza más abundante del continente.

En 2015 el MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.) mencionó que Ecuador podría ser un exportador de miel en un futuro ya que consta con 200 mil colmenas, de las cuales son explotadas 912, e indican que no existen más explotaciones apícolas debido a la falta de conocimiento sobre apicultura y beneficios que trae al agricultor y consumidor (MAGAP, 2015). Además, el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), en el mismo año, indica que Ecuador consume 601 toneladas de miel por año, pero apenas produce 200 toneladas. Debido a esto, según datos del Banco Central del Ecuador (BCE), entre 2000 y 2011 se importaron 1.615 toneladas métricas de miel, con precios que oscilaron entre \$ 4.500 y \$ 5.030 por tonelada (El Telégrafo, 2016).

En 2018 la Revista Líderes indica que la Asociación de Apicultores de Pichincha que costa con 85 miembros genera en promedio 35 kilos de miel/colmena (Líderes, 2018). Esta asociación registrada de apicultores en Pichincha tiene alrededor de 15 820 colmenas (Agrocalidad, 2015). Sí, se realiza un cálculo simple aproximadamente en Pichincha se producen 553,700 kilos anuales.

La miel se ha utilizado como alimento durante al menos seis mil años y durante gran parte de ese tiempo fue la única fuente de dulce para gran parte de la población mundial (Da Silva et al., 2016). La composición, el color, el aroma y el sabor de la miel dependen principalmente de las flores, las regiones geográficas, el clima y las especies de abejas que

intervienen en su producción, además, se ven afectados por las condiciones meteorológicas, el procesamiento, la manipulación, el envasado y el tiempo de almacenamiento (Dranca et al., 2022).

Uno de los problemas más importantes en relación con la calidad de la miel es la adulteración mediante la adición de sustancias no permitidas (Dranca et al., 2022). Dado que la mayor parte de la composición de la miel está formada por azúcares, por lo que, la adulteración por la incorporación de edulcorantes de bajo coste y jarabes comerciales a la miel es una de las prácticas fraudulentas más comunes. Los jarabes más comunes que se utilizan para las adulteraciones incluyen jarabes de azúcar a base de almidón (jarabe de maíz de alta fructosa, jarabe de azúcar de caña, jarabe de arroz y jarabe de alta fructosa de almidón de yuca), jarabes invertidos producidos a partir de remolacha o de cañas, etc. (Valinger et al., 2021).

El nivel de calidad que un producto ofrece a los consumidores es un aspecto fundamental de la competencia en muchos mercados. La confianza de los consumidores en la seguridad y calidad de los alimentos que compran y consumen es un importante apoyo al desarrollo económico de las organizaciones productivas de alimentos (Petrović et al., 2017). La necesidad que demanda la población consumidora de proporcionar alimentos inocuos y de calidad constante a un precio atractivo, impone la elección de un modelo de aseguramiento de la calidad adecuado a las propiedades específicas del producto y de los procesos de producción. La miel actualmente es tomada como un sustituto ideal del azúcar convencional debido a sus diversas propiedades beneficiosas para la salud. Estos edulcorantes naturales tienen propiedades antioxidantes y antibacterianas, además, de minerales y vitaminas los cuales los convierten en la opción ideal de edulcorante. Con el fin de reducir el consumo de azúcar refinada la cual es la principal causante de obesidad, diabetes y enfermedades cardíacas (Petrović et al., 2017).

Para evitar diferentes tipos de adulteraciones en las mieles comercializadas, deben pasar por una evaluación de calidad que está a cargo de NTE-INEN. Con el fin de organizar parámetros de calidad y seguridad de los productos que se comercializan en el país, con la creación de una serie de normativas acorde con los avances tecnológicos, para garantizar el cumplimiento de los derechos ciudadanos relacionados con la protección de la salud, vida, seguridad, protección del medio ambiente, siguiendo los lineamientos de la Organización Mundial del Comercio (OMC). Los certificados de conformidad INEN,

asegura que un producto cumple con la norma o reglamento técnico establecido para los distintos productos, obteniéndose a través de 3 formas: Certificación por lote de producción, Certificación por muestra de producto y sello de calidad INEN (INEN al Servicio de Un País de Calidad – Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2022).

Por lo antes expuesto, y que la miel comercializada en el país esté dentro de las normativas que solicita este organismo de control, se debe realizar análisis de algunos parámetros fisicoquímicos, que están descritos en la Norma INEN-1572

Requisitos	Unidades	Valor		Métodos de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Contenido de humedad	% <sup>a</sup>	-	20	NTE INEN 1632
Contenido de azúcares reductores (suma de fructosa más glucosa) <sup>b</sup>	% <sup>a</sup>	65	-	NTE INEN 1633
Contenido de sacarosa aparente	% <sup>a</sup>	-	5	NTE INEN 1633
Contenido de sólidos insolubles en agua		-	0,1 (miel distinta a la prensada) 0,5 (miel prensada)	NTE INEN 1635
Acidez libre	meq/kg	-	50	NTE INEN 1634
Actividad de la diastasa <sup>c</sup>	-	3	8	NTE INEN 1638
Contenido de hidroximetilfurfural	mg/kg	-	40	NTE INEN 1637
Contenido de cenizas	% <sup>a</sup>	-	0,5	NTE INEN 1636
Conductividad eléctrica	mS/cm	-	0,8	ANEXO A

<sup>a</sup> Corresponde a la fracción de masa expresada en porcentaje.  
<sup>b</sup> La relación fructosa/glucosa debe ser mayor a 1 para *Apis mellifera*, determinada con el método de NTE INEN 1633.  
<sup>c</sup> La actividad de diastasa es calculada como el número de diastasa (unidad de Schade o unidad de Gothe), el cual se define como la cantidad de enzima contenida en un gramo de muestra, la cual hidroliza 0,01 g de almidón en una hora.

Figura 1. Requisitos físicos y químicos para la miel de abejas. Fuente: NTE-FTIR

Como lo indica la figura 1 uno de los principales parámetros que se analizan son: el HMF(Hidroximetilfurfural) se produce a partir de los oligo y polisacáridos que pueden dar lugar a hexosas tras la hidrólisis. Sin embargo, el HMF parece producirse más selectivamente a partir de ceto-hexosas como la fructosa (Shapla et al., 2018a). Por lo tanto, el nivel de HMF es un indicativo de una posible adulteración debido a que, su origen en la miel es debido al nivel de pH ácido, agua y a su composición como lo es la fructosa y glucosa. Los niveles de HMF son elevados cuando la miel es sometida a procedimientos térmicos inadecuados (Mercedes Villar Navarro et al., 2015).

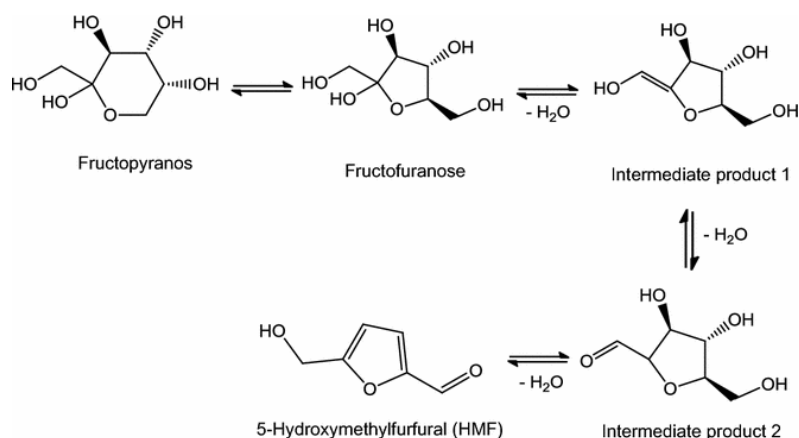


Figura 2. Formación de HMF en miel. Fuente: <https://acortar.link/OB9J51>

La presencia de enzimas en la miel se conoce desde hace muchos años. Una de las enzimas más conocidas es la diastasa o amilasa (Cervera & Cervera, 1994). El origen de esta enzima en la miel se ha atribuido a las secreciones salivales de las abejas o a su presencia en el polen o el néctar. Las diastasas o amilasas son proteínas enzimáticas aportadas por las abejas durante la elaboración de la miel, con funciones hidrolíticas sobre azúcares complejos a los que transforman en azúcares simples. Su actividad es máxima en el momento de su extracción y decrece con el tiempo (Persano Oddo et al., 1990).

Los azúcares representan la mayor parte de su composición (95-99 kg/100 kg de los sólidos de la miel) (Sajwani et al., 2007). La fructosa y la glucosa son los azúcares más abundantes que se encuentran, pero se suelen mencionar otros, como la sacarosa, la maltosa y demás. Entre los colorantes de la miel se encuentran la clorofila, las xantofilas, la antocianina, el tanino, el caroteno y los minerales. La miel oscura contiene más sales minerales que las más claras. El contenido de azufre y cloro en la miel favorece el grado de pigmentación (Sajwani et al., 2007). Por otro lado, la conductividad eléctrica de la miel está correlacionada con el contenido de sales minerales y ácidos orgánicos y muestra importantes alteraciones dependiendo del origen botánico de la miel y, por lo tanto, la conductividad eléctrica puede utilizarse eficazmente para distinguir entre mieles de néctar y mieles de mielada (Valinger et al., 2021).

La espectroscopia ultravioleta-visible (UV-Vis) es una de las técnicas analíticas más populares porque es muy versátil y capaz de detectar casi todas las moléculas. La luz UV-Vis pasa a través de una muestra y se mide la transmitancia de la luz por una muestra. A partir de la transmitancia (T), la absorbancia puede calcularse como  $A = -\log(T)$ . Se obtiene un espectro

de absorbancia que muestra la absorbancia de un compuesto a diferentes longitudes de onda (Owen, 2000). La miel será sometida a esta medición debido a que la actividad enzimática se mide controlando los cambios en la absorbancia de la luz a una longitud de onda específica (Kamboj et al., 2019).

El análisis FTIR mide el rango de longitudes de onda en la región infrarroja que son absorbidas por un material, la capacidad de absorber la energía de la luz infrarroja en varias longitudes de onda se mide para determinar la composición y estructura molecular del material (Mathias, 2022). Si el material de estudio es desconocido, es posible identificarlo buscando el espectro IR en una base de datos que tiene una amplia gama de espectros de referencia. En las muestras de miel se identificará cada los tipos de enlace de la molécula Hidroximetilfurfural.

La NTE-INEN- 1572 indica la metodología de los diferentes análisis, los cuales se van a llevar a cabo para el estudio de diferentes marcas de miel. Todos estos parámetros mencionados son los principales indicativos de posibles adulteraciones, por lo que es importante su determinación para constatar que no incumplan con la normativa.

#### **4. OBJETIVO**

##### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar el análisis de 8 muestras de mieles de abeja con y sin registro sanitario, mediante pruebas fisicoquímicas, para verificar el cumplimiento de la normativa existente en el país NTE INEN-1572, comercializadas en la zona sur del Distrito Metropolitano de Quito, para verificar su posible adulteración.

##### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la presencia de hidroximetilfurfural, diastasa, acidez, sacarosa y azúcares reductores, como factores principales para el estudio de posibles adulteraciones.
- Determinar la humedad, índice de refracción y color, como factores secundarios.
- Determinar la conductividad, contenido de cenizas como factores de análisis de calidad.
- Establecer si existe adulteración de las diferentes muestras de miel, en base a la normativa vigente NTE INEN-1572:2016

#### **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Muestreo**

El muestreo fue aleatorio simple, debido a que se adquirieron 4 diferentes marcas de miel que cumplen con la NTE-INEN-1572 y 4 muestras que no cuentan ninguna tipo de etiquetado. Fueron recolectadas en supermercados y mercados del sur de Quito. Las mieles fueron adquiridas luego de visitar los establecimientos y determinar las marcas más populares que estaban en exhibición. En total siendo analizadas 8 muestras de miel, los análisis se realizaron por triplicado los diferentes ensayos.

### **5.2. Determinación de cenizas**

Se pesó 3-5 gramos de muestra, previamente homogenizada, en un crisol previamente tarado, se evaporó a sequedad con ayuda de una plancha de calentamiento a 60-65° C, hasta que la miel se tornó de color negro y se secó por completo. Finalmente, el residuo seco se calcinó en la mufla (Snol 8,2/1100) a 550°C por 3 horas, se dejó enfriar en la mufla hasta temperatura ambiente, se verificó la presencia de cenizas blancas y se procedió al pesaje de la muestra, hasta obtener un peso constante.

### **5.3. Determinación de humedad**

La prueba se inició homogenizando la miel por agitación, para usar el refractómetro (Mettler Toledo) se colocó agua destilada en el prisma del equipo, con el fin de que este alcance una temperatura de 20 °C, luego se colocó un poco de muestra en el prisma del equipo y se procedió a hacer la lectura. Se anotó el índice de refracción para compararlo con la figura 3.

Índice de Refracción	Contenido de humedad	Índice de refracción	Contenido de humedad	Índice de refracción	Contenido de humedad
(20°C)	(%)	(20°C)	(%)	(20°C)	(%)
1,5044	13,0	1,4935	17,2	1,4830	21,4
1,5038	13,2	1,4930	17,4	1,4825	21,6
1,5033	13,4	1,4925	17,6	1,4820	21,8
1,5028	13,6	1,4920	17,8	1,4815	22,0
1,5023	13,8	1,4915	18,0	1,4810	22,2
1,5018	14,0	1,4910	18,2	1,4805	22,4
1,5012	14,2	1,4905	18,4	1,4800	22,6
1,5007	14,4	1,4900	18,6	1,4795	22,8
1,5002	14,6	1,4895	18,8	1,4790	23,0
1,4997	14,8	1,4890	19,0	1,4785	23,2
1,4992	15,0	1,4885	19,2	1,4780	23,4
1,4987	15,2	1,4880	19,4	1,4775	23,6
1,4982	15,4	1,4875	19,6	1,4770	23,8
1,4976	15,6	1,4870	19,8	1,4765	24,0
1,4971	15,8	1,4865	20,0	1,4760	24,2
1,4966	16,0	1,4860	20,2	1,4755	24,4
1,4961	16,2	1,4855	20,4	1,4750	24,6
1,4956	16,4	1,4850	20,6	1,4745	24,8
1,4951	16,6	1,4845	20,8	1,4740	25,0
1,4946	16,8	1,4840	21,0		
1,4940	17,0	1,4835	21,2		

Figura 3. Índice de refracción de miel y contenido de humedad. Fuente: NTE-INEN 1632

#### 5.4. Determinación de densidad

Se taró el picnómetro, se lavó el picnómetro con solución sulfocrómica más de 3 veces, con agua destilada y finalmente con acetona. Se dejó que el picnómetro se seque completamente y se pesó. Luego se pesó con agua destilada previamente calentada en baño maría a 27 °C por 30 minutos. A continuación, se lavó y secó el picnómetro, se llenó con la muestra de miel, se colocó en baño maría a 27 °C, con ayuda de un termómetro se midió la temperatura de la miel que hasta marque 27 °C, se secó el picnómetro y se colocó el tapón de vidrio esmerilado, finalmente se pesó el picnómetro.

##### Cálculos

Para determinar el porcentaje de cenizas se utilizó la siguiente ecuación:

$$D = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \quad (5.1)$$

Donde:

D: densidad relativa a 27°C

m: masa del picnómetro vacío, en gramos

m<sub>1</sub>: masa de picnómetro con agua destilada, en gramos

$m_2$ : masa de picnómetro con la muestra de miel de abeja, en gramos

## 5.5. Determinación de acidez total

Se inició con la preparación de la muestra, se homogenizó la miel con agitación. En algunos casos que se evidenció cristalización de la miel, se procedió a utilizar baño maría a 60-65 °C. Luego se tomó un vaso de precipitación de 250 ml se taró y pesó 10 gramos de la muestra, se diluyó con 75 ml de agua destilada con ayuda de una probeta, se mantuvo en agitación y se midió el pH (pH Metter Toledo). A continuación, se tituló con una solución de 0,05 N de NaOH, se detuvo la adición de NaOH cuando el pH llegó a 8,5. Inmediatamente se añadió 10 ml de NaOH, se retomó la titulación con HCl 0,05 N con una bureta de 25 ml, hasta que el pH fue de 8,3.

### Cálculos

Para determinar la acidez total se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez libre} = \frac{(\text{cm}^3 \text{ de NaOH} - \text{cm}^3 \text{ del título en blanco}) * 50}{\text{gramos de la muestra}} \quad (5.2)$$

$$\text{Lactonas} = \frac{(10 - \text{cm}^3 \text{ de HCl}) * 50}{\text{gramos de la muestra}} \quad (5.3)$$

$$\text{Acidez Total} = \text{acidez libre} + \text{lactonas} \quad (5.4)$$

## 5.6. Determinación de conductividad eléctrica

Se inició con la preparación de la muestra, en un vaso de precipitación 100 ml se pesó 10 gramos de miel y se diluyó con agua destilada, se colocó en un matraz aforado de 50 ml y se aforó con agua destilada. La calibración del medidor de conductividad (Metrohm 912), se realizó con ayuda del estándar de calibración KCl (TRACEABLE ONE-SHOT™ 101.60 microhm/cm); en un vaso de precipitación de 100 ml se colocó 35 ml de la disolución de la muestra que debía estar a 20 °C, se colocó la celda de conductividad en el vaso con la muestra, finalmente se leyó la conductancia en  $\mu\text{S}$  (micro siemens) cuando se alcanzó el equilibrio térmico.

## 5.7. Determinación del número de diastasa

### 5.7.1. Normalización de almidón

Se realizó una lectura en el equipo UV-Vis (Genesys 10 series), haciendo una curva de calibración de la solución de almidón al 10% con el fin de determinar la dilución con agua necesaria para obtener una absorbancia de 0,760.

### 5.7.2. Preparación de la muestra

En un vaso de precipitación de 50 ml, se pesó 5 gramos de miel previamente homogenizada, se diluyó con 10 ml de agua destilada, junto con 2,5 ml de solución tampón (punto 4.3 NTE-INEN 1638) la solución se transfirió a un matraz de aforo de 25 ml con 1,5 ml de solución cloruro de sodio (punto 4.4 NTE-INEN 1638). Finalmente, en un Erlenmeyer de 100 ml se colocó 5 ml de solución de almidón (punto 4.5 NTE-INEN 1638) en otro Erlenmeyer de 100 ml se colocó 10 ml de la solución miel.

### 5.7.3. Lectura de la muestra en UV-Vis

Los Erlenmeyer anteriormente mencionados se colocaron en baño maría a 40 °C durante 15 minutos, luego de este tiempo se colocó el almidón en la miel y se agitó. Se contabilizó 5 min después de la mezcla, con ayuda de una pipeta se colocó 1 ml de la mezcla, se colocó en un vaso de precipitación de 100 ml que contenía 10 ml de solución diluida de yodo (punto 4.2 NTE-INEN 1638) se mezcló y se realizó una disolución al volumen que fue determinado en la normalización de almidón. Se realizó la lectura en el espectrofotómetro UV-VIS. Si la absorbancia era mayor a 0,235 se debía seguir tomando alícuotas de 1 ml tomando en cuenta el tiempo, hasta que la absorbancia sea menor a 0,235.

#### Cálculos

Para determinar número de diastasa se utilizó la siguiente ecuación:

$$ND = \frac{300}{t} \quad (5.5)$$

Donde:

ND: es el número de diastasa

t: tiempo de reacción correspondiente a la absorbancia de 0,235, en minutos.

## 5.8. Determinación de HMF

### 5.8.1. Determinación de HMF por FT-IR

Primero se preparó la muestra, homogenizando y agitando. Para este proceso se utilizó el equipo de FTIR (Perkin Elmer) de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Escuela de Química, se siguió el manual de uso determinado por la escuela para este equipo, una vez listo el programa en la computadora acoplada al equipo se realizó la lectura del blanco (agua destilada), luego se realizó la lectura de la miel, se procedió a limpiar el prisma donde se colocó la muestra con isopropanol.

### 5.8.2. Determinación de HMF por UV-VIS

Se realizó previamente las soluciones de ferrocianuro de potasio 15%, acetato de zinc 30% y finalmente de bisulfato de sodio 0,20%. La preparación de la muestra de miel se homogenizó. En un vaso de precipitación se colocó 5 g de miel, se diluyó con agua destilada y se colocó en un balón de aforo de 50 ml. En este balón se agregó 0,5 ml de la solución de ferrocianuro de potasio, junto con 0,5 ml de acetato de zinc, se aforó con agua destilada; esta preparación se filtró. En un tubo de ensayo se colocó 0,5 ml del filtrado y 5 ml de la solución diluida de miel. El segundo tubo de ensayo se utiliza como referencia y se colocó 5 ml de bisulfato de sodio. Una vez realizado este proceso se realiza la lectura en el equipo tanto de la muestra como de la referencia a 284 y 336 nm.

#### Cálculos

El contenido de hidroximetilfurfural en miel de abeja se determina con la siguiente ecuación:

$$HMF = \frac{(A_{284} - A_{336}) * 14,94 * 5}{\text{gramos de muestra}} \quad (5.6)$$

Donde:

A284: es la absorbancia de la muestra a 284 nm

A336: es la absorbancia de la muestra a 336 nm

## 5.9. Determinación de Azúcares reductores y sacarosa

### 5.9.1. Preparación de Reactivo de Fehling A/B y azul de metileno 1%

Se preparó los reactivos de Fehling A y B como se indica el método de Lane-Eynon (AOAC 31 304), se realizó la normalización de solución de Fehling. Para la preparación de solución patrón de azúcar invertido al 1% se disolvió 9,5 g de sacarosa junto con agua destilada en un vaso de 250 ml, se procedió a transferir en la solución un matraz de aforo de 100 ml junto con 5 ml de HCl. Se dejó en reposo durante 8 días en refrigeración para luego diluir a un volumen de 1000ml.

La preparación de solución de azul de metileno al 1% se agregó 1 g de azul de metileno en un matraz de aforo de 100 ml y se aforó con agua destilada.

### 5.9.2. Titulación incremental – Lane-Eynon

Como la concentración de azúcar en la muestra de miel fue desconocida se utilizó el método de titulación incremental dado por Lane- Eynon. Se colocó en Erlenmeyer de 250 ml, 10 ml de la solución de Fehling junto con 15 ml de la solución de miel se llevó a ebullición por 2 minutos en una plancha de calentamiento, se dejó en ebullición durante 15 segundos y se agregó con una bureta de 25 ml la solución de azúcar invertida hasta que la coloración de la mezcla sea ligeramente azul. Luego se agregó 3 o 4 gotas del azul de metileno y se continuó con la titulación hasta que la coloración azul desapareciera.

#### Cálculos

Para determinar la concentración de azúcares reductores se utilizó la siguiente ecuación:

$$C = \frac{2}{P_1} * \frac{1000}{Y_1} \quad (5.7)$$

Donde:

C: son los gramos de azúcares reductores

P<sub>1</sub>: peso en gramos de la muestra utilizada en la dilución

Y<sub>1</sub>: volumen en ml de la solución diluida de miel consumida en la titulación

### 5.9.3. Sacarosa

Se repitió la preparación de azúcar invertida, en un Erlenmeyer de 250 ml, se colocó 5 ml de la Fehling A y 5 ml de B, junto con 15 ml de la solución de miel, y se procedió con la titulación incremental. Se anotó el volumen necesario para completar con la reducción de Cu.

### 5.10. Análisis de datos

El análisis de datos se llevó a cabo con el sistema operativo Microsoft Excel, donde los datos recopilados de cada parámetro fueron tabulados, además, se calculó la media y desviación estándar de los datos que fueron analizados por triplicado como en cenizas, humedad y densidad.

Por otro lado, en análisis de los datos de Número de diastasa que se midió por UV-Vis, se realizó gracias a la interpretación de la gráfica (figura 6-13) de Absorbancia vs Tiempo.

Finalmente, para analizar los espectros de IR de Hidroximetilfurfural, se realizó con ayuda de la huella digital de HMF encontrada en la literatura, comparando los intervalos de los diferentes enlaces que constan en la huella digital.

## 6. RESULTADOS

### Análisis de resultados

Tabla 1. Resultados Parámetros fisicoquímicos, Muestras 1-8. Fuente: Autor

		MUESTRAS							
Parámetros	UNIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8
Cenizas	% de masa	0,53	0,54	0,51	0,50	6,45	3,22	14,57	7,00
Humedad	% de masa	23,40	18,20	19,00	17,80	17,80	22,60	20,60	17,80
Densidad Relativa	gramos	1,43	1,43	1,40	1,41	1,42	1,40	1,40	1,41
Acidez									
pH		3,56	4,93	4,71	4,15	3,10	3,59	3,97	3,72
Lactonas	meq/1000g	6,50	3,45	7,30	14,31	16,50	15,32	10,18	10,54

Acidez Total	meq/1000g	25,00	20,40	20,50	42,20	45,30	47,00	39,00	39,80
Conductividad	mS/cm	0,394	0,579	0,326	0,235	0,206	0,366	0,327	0,438
Número de Diastasa		6,67	5,00	5,00	8,57	12,00	15,00	12,00	20,00
Azúcares reductoras Totales	% de masa	70,47	70,90	94,08	65,72	59,17	76,88	84,17	70,88
Sacarosa	% de masa	3,77	6,16	4,35	6,57	5,89	4,71	8,11	7,04
HMF	mg/kg	11,98	1,48	2,26	2,37	1,88	2,89	12,22	6,77

Tabla 1 base de datos con resultados obtenidos para cada uno de los parámetros fisicoquímico-analizados en 8 muestras, acorde a la metodología establecida.

El porcentaje de cenizas de las 4 primeras muestras de miel, confirma que existe un control y manejo de este parámetro como lo dicta la normativa INEN 1572, la cual es de suma importancia para que la miel pueda ser distribuida por estas empresas. Por otra parte, las cifras obtenidas de las 4 últimas muestras, demuestran que este grupo no cuenta con un control sobre el parámetro como lo exige la normativa. Excediendo la cantidad máxima permitida de 0,5% de cenizas.

El porcentaje de humedad se asignó con ayuda de la figura 3. Se pudo constatar que de las muestras 2, 3, 4, 5 y 8 cumplen con los valores permitidos por la normativa, se considera que las muestras 1, 6 y 7 posiblemente fueron adulteradas debido a que el valor máximo de humedad en la miel es de 20%.

La densidad de la miel de las 4 primeras muestras no excede el valor máximo permisible es de 1,45g. Finalmente en las 4 últimas muestras, se indica que los valores son muy altos con respecto al valor permitido dictado por la normativa INEN-1572.

Los resultados obtenidos de acidez total indicaron que los rangos de acidez de las 8 muestras fueron de 24,84 hasta 47 meq/kg, la normativa indica que el valor máximo de este parámetro debe ser de 50 meq/kg, por lo que se considera que las muestras no incumplen con la normativa en el parámetro evaluado. Otro parámetro donde las muestras de miel cumplen con el rango establecido por la normativa, es la conductividad eléctrica los valores no sobrepasan el límite permisible de 0,8 mS/cm. El Hidroximetilfurfural es el último parámetro donde

las 8 muestras están dentro del rango permitido por la normativa, el valor máximo es de 40 mg/kg..

El número de diastasa presentes en las 4 últimas muestras incumplen con la normativa INEN-1572, debido a que el valor permitido es de 3 a 8.

La muestra de miel que no cumple con el valor mínimo de azúcares reductores fue la muestra número 5 la cual tiene 59,16% de presencia de azúcares reductores en su composición, las 7 muestra restantes tiene un rango de 65,71-94,07% siendo un indicativo de cumplimiento de este parámetro.

Finalmente se determinó que la única muestra que cumple con los parámetros dictados por NTE-INE-1572 es la muestra 3 se considera que no tienen ningún tipo de adulteración en su composición. Obsérvese que en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados: cumplimiento de Parámetros fisicoquímicos. Fuente: Autor

Parámetro	MUESTRAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cenizas	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
Humedad	X	✓	✓	✓	✓	X	X	✓
Densidad Relativa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Acidez Total	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conductividad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Número de Diastasa	✓	✓	✓	X	X	X	X	X
Azúcares reductoras Totales	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓
Sacarosa	✓	X	✓	X	X	✓	X	X
HMF	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 2 cumplimiento para cada parámetro que es evaluado por la normativa INEN- 1572:

- Miel (cumple), identificada con ✓
- Miel (no cumple), identificado con X

## 7. DISCUSIÓN

En los análisis fisicoquímicos que se realizaron, se obtuvo que dentro de las marcas con NTE-INEN-1572, cumplen con los valores permitidos en un 100% en los siguientes parámetros cenizas, densidad, acidez total, conductividad e HMF. Las marcas de mieles que fueron recolectadas en los mercados populares del sur de Quito que no contienen etiquetas, sus parámetros cumplidos en un 100% fueron densidad, acidez total, conductividad e HMF. Por otro lado, los parámetros que tuvieron un cumplimiento de la normativa fueron humedad y número de diastasas en un 75% de las muestras con NTE-INEN-1572; en las mieles sin marca el único parámetro que cumplió con los valores permitidos fue azúcares reductores quien obtuvo un 75% de la población estudiada. Además, existe un 50% de la e mieles con NTE-INEN que cumple con los valores máximos de sacarosa; el mismo porcentaje se obtuvo en las mieles sin marca, pero en este caso el parámetro que cumplió con los valores que exige la normativa fue humedad. Finalmente, el 25% de la población de miel sin marca cumple con los valores permitidos de sacarosa. Los análisis que se realizaron en el trabajo de disertación tienen como fin garantizar que las mieles que se encuentra en el mercado cumplan con los estándares de calidad y seguridad que son establecidos por el país, para evitar que productos adulterados sean consumidos y proteger así a la salud del consumidor.

El contenido de cenizas de la miel es un indicativo del contenido de sus compuestos minerales, sales y otros compuestos (Majewska et al., 2019). Las cenizas también pueden estar relacionadas con la presencia de impurezas o residuos, como tierra o arena, y su presencia puede indicar la posible adulteración de la miel. En la normativa INEN-1572 indica que el valor máximo de porcentaje de cenizas es 0,5%. Los resultados obtenidos en el estudio de la 4 primeras mieles que son la que fueron adquiridas en los supermercados del Distrito Metropolitano de Quito sector sur, indican que cumplen con los valores permitidos, lo que podría ser un indicativo que las muestra de miel no tienen minerales extras a su composición ni impurezas.

El contenido de humedad de la miel es considerado un parámetro importante el cual indica las condiciones de almacenamiento y posibles adulteraciones de la miel en su proceso de producción (Fechner et al., 2016). En el Ecuador las normativa indica que el contenido de

humedad debería estar por debajo de 20% pero en 3 de las muestra estudiadas se superó. En el caso de las mieles de supermercado la miel 1 tuvo un 23.4 % de humedad, la muestra 6 tuvo un 22.6% y la muestra 7 tuvo un 20.6%. El mayor contenido de agua puede provocar una fermentación no deseada de la miel durante su almacenamiento como resultado de la actividad de la levadura sintetiza alcohol etílico y dióxido de carbono (Habib et al., 2014). El alcohol puede oxidarse aún más a ácido acético y agua, lo que contribuye al sabor agrio de la miel (Majewska et al., 2019).

La densidad de la miel es un parámetro el cual relaciona el contenido de solidos solubles, siendo un indicador de la madurez de la miel (Habib et al., 2014). La densidad también es útil para saber si la miel tuvo un agregado de agua en su producción. En el estudio todas las muestras cumplen con el valor permitido según lo indica la NTE-INEN-1572.

La acidez total es una medida del deterioro de la condición de la miel. Este parámetro está ligado a la presencia natural de ácidos orgánicos en la miel, los cuales se mantienen en equilibrio con ésteres internos, lactonas y algunos iones inorgánicos como: fosfatos, sulfatos y cloruros; además, se debe considerar la fuente floral y al especie de abeja (Grigoryan, 2016; Živkov Baloš et al., 2018). Los resultados obtenidos en todas las muestras nos indican que cumplen con los valores determinados por la NTE-INEN-1572. Sí, hubiese existido un valor alto de acidez total podría implicar que en algún momento la miel comenzó a fermentar y que el alcohol producido se transformó en ácidos orgánicos (Grigoryan, 2016). Sin embargo, no es la única razón, también se indica en la literatura a que, si la miel fue adulterada con jarabe de azúcar esta tendría una acidez menor a 1, por lo contrario si fue adulterada con azúcar invertido esta miel ácida, considerando los rangos establecidos por la normativa ecuatoriana INEN-1572 (Živkov Baloš et al., 2018).

La conductividad eléctrica es un factor importante en el control de calidad, valor nutricional y pureza de la miel, se indica que esta propiedad depende de la cantidad de ácido y cenizas que están presentes en la miel; además, ayuda para estudiar el origen botánico de la miel (Sharin et al., 2021). El límite de conductividad eléctrica en la miel es máximo 0,8 mS/cm, se señala que las mieles más oscuras presentan valores más altos de conductividad. Los resultados que se obtuvieron en el estudio cumplieron con los valores permitidos que dicta la NTE-INEN-1572. Lo que indica que las mieles que obtuvieron el porcentaje de cenizas dentro del rango determinado por la normativa se considera que se correlacionan con la conductividad eléctrica, tal como se menciona en estudios anteriores.

La diastasa es una importante enzima presente en la miel, responsable de la conversión del almidón en glucosa (Haouam et al., 2019). La cantidad de diastasa presente en la miel es un indicador importante de su frescura y calidad; la miel con mayor contenido de diastasa se considera más fresca y de mayor calidad, mientras que la miel con menor contenido de diastasa puede haber sido calentada o mal almacenada, lo que puede afectar a su sabor y valor nutritivo (Ranneh et al., 2021). En la tabla 2 se evidenció que, de las 8 muestras, 5 mieles excedieron el valor máximo de número de diastasas lo que corrobora que existió un mal manejo en la producción o existió un mal almacenamiento por parte del centro de distribución. Además, la diastasa también es importante para la estabilidad de la miel, ya que puede descomponer los azúcares y evitar la cristalización (Huang et al., 2019). Por lo tanto, la cantidad de diastasa presente en la miel es un factor importante para tener en cuenta a la hora de evaluar su calidad. Finalmente, se considera que hubo solo 3 muestras que cumplieron con los valores establecidos por la normativa que rige en el Ecuador, las cuales se encuentran en la tabla 2.

La cantidad de azúcares reductores son los tipos de azúcares que pueden ser descompuestos por enzimas y levaduras en azúcares más simples como glucosa y fructosa (Singh & Singh, 2018). La presencia y la cantidad de azúcares reductores indican el nivel de néctar sin procesar en la miel, lo que es un signo de su calidad (Fakhlai et al., 2020; *GENERAL STANDARD FOR FOOD ADDITIVES*, 1995; Singh & Singh, 2018). La miel con un alto contenido de azúcares reductores suele indicar una alta calidad y pureza, mientras que los niveles bajos de azúcares reductores pueden ser un indicador de adulteración o de un producto de baja calidad (Fakhlai et al., 2020). En el anexo 16 se indica los valores que se obtuvo luego de la experimentación, donde la única muestra que no cumple con el valor mínimo de 65% de presencia de azúcares reductoras establecido por la normativa ecuatoriana, es un indicativo de que pudo ser adulterada directa o indirecta. Durante la adulteración directa, se agrega una determinada proporción de jarabes a la miel cosechada para aumentar su sabor dulce, mientras que en la adulteración indirecta las abejas se sobrealimentan con jarabes de azúcar para aumentar la producción de miel en las colmenas (Fakhlai et al., 2020).

La sacarosa es un factor principal de análisis de la miel debido a que es un indicador de adulteración, se da en el momento de añadir jarabes que contienen elevadas cantidades de sacarosa los más frecuentes son jarabe de maíz con alto contenido de fructosa (JMAF), el jarabe de azúcar de maíz (COSS), el jarabe de azúcar invertido (ISS) y el jarabe de azúcar de caña (CASS) (Se et al., 2018). En tabla 2 se indica que las muestras 2, 4, 5, 7 y 8 sobrepasan el límite del contenido de sacarosa, lo que indica que fueron adulteradas, se necesitaría una evaluación

más profunda para saber el origen de esta adulteración. Se considera que la posible causa de las adulteraciones es disminuir el precio de la miel en el mercado para obtener mejores ganancias en ventas.

El Hidroximetilfurfural es un compuesto que se forma a partir de la fructosa al descomponerse en presencia de un ácido (Shapla et al., 2018b). La miel recién extraída contiene niveles bajos de HMF, el HMF tiende a aumentar sus niveles a medida que la miel es expuesta al calor y al almacenamiento (Fakhlaei et al., 2020). Cuando una miel tiene niveles altos de HMF es un indicio de que la miel se ha sobrecalentado o almacenado de forma inadecuada durante un largo periodo de tiempo (Se et al., 2018). La normativa ecuatoriana controla este parámetro para garantizar que la miel sea de alta calidad y que su almacenamiento sea el más indicado. De acuerdo con el INEN-1572 el contenido máximo aceptable de HMF en la miel es igual 40 mg/kg, y la miel de alta calidad debe tener menos de 20 mg/kg. Por lo tanto, todas las muestra de miel son de alta calidad y tiene un contenido de HMF que oscila entre 1,48 -11,98 mg/kg.

El HMF se forma en presencia de hexosas reductoras y proteínas, aminoácidos por deshidratación térmica catalizada por ácidos de fructosa o sacarosa y está presente en la miel en concentraciones típicamente < 100 ppm (Stöbener et al., 2019). Normalmente, las diferencias en el análisis espectral FTIR de las mieles naturales, están probablemente relacionados con el contenido de ácidos carboxílicos en los distintos tipos de miel origen floral y la ubicación geográfica (Stöbener et al., 2019).

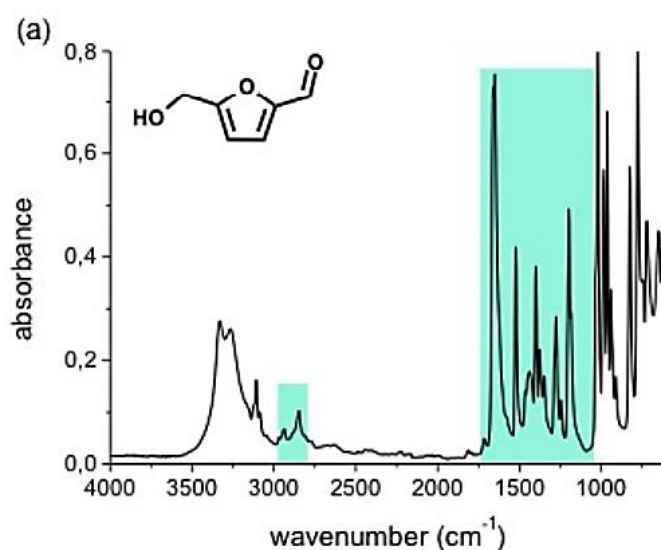


Figura 4. a) Espectro infrarrojo del HMF puro, el espectro indica absorbancia vs Número de onda. Fuente:

<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.05.092>

b)

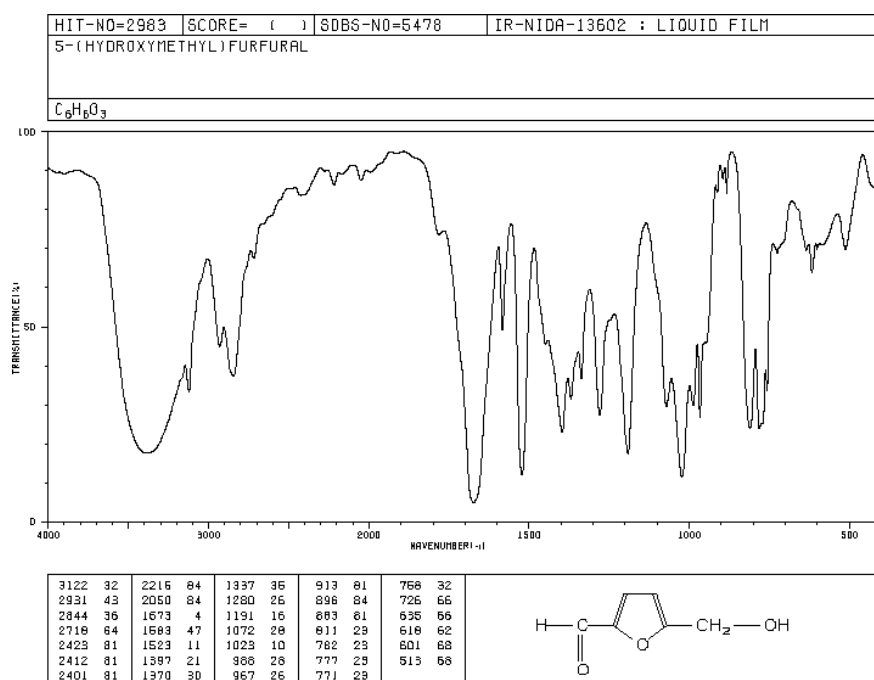


Figura 5. b) Espectro infrarrojo de HMF puro, el espectro indica % Transmitancia vs Número de onda. Fuente:

[https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN\\_67-47-0\\_IR1.htm](https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN_67-47-0_IR1.htm)

Las zonas espectrales marcadas en turquesa indican la gama espectral ventajosa para el análisis del HMF. En el artículo de Stöbener, et al. (2019) se midió un espectro infrarrojo de HMF puro para compararlo con los espectros de la miel. El espectro del analito puro se utiliza para la preselección del rango espectral y la verificación (Lichtenberg-Kraag et al., 2002.; Stöbener et al., 2019). Este espectro del analito puro muestra varias bandas vibracionales estrechas en el rango espectral de 3500 - 2700 cm<sup>-1</sup>, y 1850 -800 cm<sup>-1</sup> (Fig. 2).

En la experimentación se determinó que los ácidos carboxílicos tienen un estiramiento similar en el caso de los alcoholes, la banda de vibración de estiramiento O-H en los ácidos carboxílicos es muy amplia y se produce en el campo de 3300-2500 cm<sup>-1</sup> con el máximo en 3000 cm<sup>-1</sup> (Lichtenberg-Kraag et al., 2002.; Stöbener et al., 2019). La banda de aproximadamente 1500-750 cm<sup>-1</sup> corresponde a la región de absorción de los principales componentes de la miel, en particular la región más adecuada para cuantificar el azúcar de la miel (sacarosa, glucosa & fructosa) y los ácidos orgánicos (Stöbener et al., 2019 ; Lichtenberg-Kraag et al., 2002). El rango de bandas de 1250 a 1140 cm<sup>-1</sup> corresponde a la vibración de estiramiento del C-H en carbohidratos o vibración de estiramiento del CO en carbohidratos (Stöbener et al., 2019). Los espectros de infrarrojo de todas las mieles de abeja fueron similares a la huella digital de HMF

encontrada en la literatura tabla 14. Se observó que existe pequeñas diferencias en los picos del espectro, sin embargo, se considera que las mieles no tienen un nivel alto de HMF en su composición. Dado que se midió la concentración de HMF con la metodología usada por NTE-INEN-1572, donde las concentraciones son relativamente bajas lo que indica que las mieles no fueron sometidas a altas temperaturas.

## 8. CONCLUSIÓN

En este trabajo fue posible determinar que la única miel que cumple con todos los parámetros dictados por la normativa INEN-1572.

Como se esperaba, las mieles que no cuentan con registro sanitario y que se comercializan en los mercados, fueron las mieles con mayor posibilidad de adulteraciones en sacarosa, humedad, cenizas y número de diastasas, incluso, las mieles de abeja “etiquetadas” (100% puras). Otra posible causa de que los valores de estos parámetros excedieron el límite permitido pudo ser causado por mal almacenamiento por parte de los comerciantes o consumidores.

Las muestras de miel #2 y 4 se considera que posiblemente fueron adulteradas con alguna clase de jarabe de azúcar debido a que fueron las muestras con un % alto de contenido de sacarosa. Pese a que tienen aprobado INEN-1572.

Se considera que la fase en donde la miel es adulterada, ocurre en el proceso de envasado debido a que en ocasiones por aumentar la producción se aumenta agua y azúcar lo que altera los valores permitidos como lo comprobamos con este estudio.

## 9. REFERENCIAS:

- Cervera, S., & Cervera, M. (1994). *Dialnet-IndiceDeDiastasasYContenidoEnHidrosimetilfurfuralE-110290*.
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. In *Food Chemistry* (Vol. 196, pp. 309–323). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- Dranca, F., Ropciuc, S., Pauliuc, D., & Oroian, M. (2022). Honey adulteration detection based on composition and differential scanning calorimetry (DSC) parameters. *LWT*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113910>

- Fakhlai, R., Selamat, J., Khatib, A., Razi, A. F. A., Sukor, R., Ahmad, S., & Babadi, A. A. (2020). The Toxic Impact of Honey Adulteration: A Review. *Foods*, *9*(11).  
<https://doi.org/10.3390/FOODS9111538>
- Fechner, D. C., Moresi, A. L., Ruiz Díaz, J. D., Pellerano, R. G., & Vazquez, F. A. (2016). Multivariate classification of honeys from Corrientes (Argentina) according to geographical origin based on physicochemical properties. *Food Bioscience*, *15*, 49–54.  
<https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2016.05.002>
- GENERAL STANDARD FOR FOOD ADDITIVES. (1995). <http://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/jecfa-additives/en/>.
- Grigoryan, K. (2016). Safety of Honey. *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*, 217–246.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800605-4.00012-8>
- Habib, H. M., Al Meqbali, F. T., Kamal, H., Souka, U. D., & Ibrahim, W. H. (2014). Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. *Food Chemistry*, *153*, 35–43.  
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.12.048>
- Haouam, L., Dailly, H., Bruneau, E., & Tahar, A. (2019). The quality of honeys influenced by the traditional heating method. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, *8*(6), 1276–1280. <https://doi.org/10.15414/JMBFS.2019.8.6.1276-1280>
- Huang, Z., Liu, L., Li, G., Li, H., Ye, D., & Li, X. (2019). Nondestructive Determination of Diastase Activity of Honey Based on Visible and Near-Infrared Spectroscopy. *Molecules*, *24*(7).  
<https://doi.org/10.3390/MOLECULES24071244>
- INEN al servicio de un país de calidad – Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. (2022). <https://www.normalizacion.gob.ec/inen-al-servicio-de-un-pais-de-calidad/>
- Kamboj, R., Sandhu, R. S., Kaler, R. S. S., Bera, M. B., & Nanda, V. (2019). Optimization of process parameters on hydroxymethylfurfural content, diastase and invertase activity of coriander honey. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(7), 3205. <https://doi.org/10.1007/S13197-019-03774-X>
- Kent, R. B. (1988a). The Introduction and Diffusion of the African Honeybee in South America. In *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers* (Vol. 50).  
<https://about.jstor.org/terms>
- Kent, R. B. (1988b). The Introduction and Diffusion of the African Honeybee in South America. In *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers* (Vol. 50).  
<https://about.jstor.org/terms>
- Lichtenberg-Kraag, B., Hedtke, C., & Bienefeld, K. (n.d.). *Infrared spectroscopy in routine quality analysis of honey*. <https://doi.org/10.1051/apido:2002010>
- Majewska, E., Drużyńska, B., & Wołosiak, R. (2019). Determination of the botanical origin of honeybee honeys based on the analysis of their selected physicochemical parameters coupled with chemometric assays. *Food Science and Biotechnology*, *28*(5), 1307–1314.  
<https://doi.org/10.1007/S10068-019-00598-5/FIGURES/3>
- Mathias, J. (2022). *How Does FTIR Analysis Work? | Innovatech Labs*.  
<https://www.innovatechlabs.com/newsroom/672/stuff-works-ftir-analysis/>

- Mercedes Villar Navarro, D., M<sup>a</sup> del Pilar Villar Navarro, D., Dolores Rodríguez Bernal, M., Cobo Wajer, S., & Serrano, M. (2015). *DETERMINACIÓN DE HIDROXIMETILFURFURAL EN MIELES COMO PARÁMETRO INDICADOR DE LA CALIDAD DE LAS MISMAS PROYECTO JÓVENES CON INVESTIGADORES CURSO 2014-2015 SEVILLA*. 7–8.
- Owen, T. (2000). *Fundamentos de la espectroscopía UV-visible moderna*. 3–6.
- Persano Oddo, L., Baldi, E., Accorti, M., & Persano Oddo Baldi M Accorti, L. E. (1990). Diastatic activity in some unifloral honeys. In *Apidologie* (Vol. 21, Issue 1). Springer Verlag. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00890807>
- Petrović, Z., Milićević, D., Nastasijević, I., Dordević, V., Trbović, D., & Velebit, B. (2017). The role of food quality assurance and product certification systems on marketing aspects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 85(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012011>
- Ranneh, Y., Akim, A. M., Hamid, H. A., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z. A., Albuja, M., & Bakar, M. F. A. (2021). Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies* 21:1, 21(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/S12906-020-03170-5>
- Sajwani, A. M., Eltayeb, E. A., Farook, S. A., & Patzelt, A. (2007). Sugar and protein profiles of omani honey from muscat and batinah regions of Oman. *International Journal of Food Properties*, 10(4), 675–690. <https://doi.org/10.1080/10942910601118904>
- Se, K. W., Ghoshal, S. K., Wahab, R. A., Ibrahim, R. K. R., & Lani, M. N. (2018). A simple approach for rapid detection and quantification of adulterants in stingless bees (*Heterotrigona itama*) honey. *Food Research International*, 105, 453–460. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2017.11.012>
- Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2018a). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. In *Chemistry Central Journal* (Vol. 12, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s13065-018-0408-3>
- Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2018b). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal* 2018 12:1, 12(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/S13065-018-0408-3>
- Sharin, S. N., Sani, M. S. A., Jaafar, M. A., Yuswan, M. H., Kassim, N. K., Manaf, Y. N., Wasoh, H., Zaki, N. N. M., & Hashim, A. M. (2021). Discrimination of Malaysian stingless bee honey from different entomological origins based on physicochemical properties and volatile compound profiles using chemometrics and machine learning. *Food Chemistry*, 346, 128654. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.128654>
- Singh, I., & Singh, S. (2018). Honey moisture reduction and its quality. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3861. <https://doi.org/10.1007/S13197-018-3341-5>
- Stöbener, A., Naefken, U., Kleber, J., & Liese, A. (2019). Determination of trace amounts with ATR FTIR spectroscopy and chemometrics: 5-(hydroxymethyl)furfural in honey. *Talanta*, 204, 1–5. <https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2019.05.092>
- Valinger, D., Longin, L., Grbeš, F., Benković, M., Jurina, T., Gajdoš Kljusurić, J., & Jurinjak Tušek, A. (2021). Detection of honey adulteration – The potential of UV-VIS and NIR spectroscopy coupled with multivariate analysis. *LWT*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111316>

Živkov Baloš, M., Popov, N., Vidaković, S., Ljubojević Pelić, D., Pelić, M., Mihaljev, Ž., & Jakšić, S. (2018). ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND ACIDITY OF HONEY. *Arhiv Veterinarske Medicine*, 11(1), 91–101.

## ANEXOS

### Anexo 1 tablas de datos de análisis fisicoquímicos

#### Cenizas

Muestra	Peso de muestra	Peso de crisol	Peso de muestra+crisol	Peso final	Porcentaje de cenizas
	(g)	(g)	(g)	(g)	%
1.1	2,0864	15,6618	17,7482	15,6728	0,5272
1.2	2,4309	15,7125	18,1434	15,7255	0,5348
1.3	2,2971	16,6398	18,9369	16,6518	0,5224
				Promedio	0,5281
				$\sigma$	0,0062
2.1	2,7762	16,8864	19,6626	16,9012	0,5331
2.2	2,5838	17,5225	20,1063	17,5365	0,5418
2.3	2,4324	15,9494	18,3818	15,9627	0,5468
				Promedio	0,5406
				$\sigma$	0,0069
3.1	2,252	17,8133	20,0653	17,8249	0,5151
3.2	2,6956	15,3127	18,0083	15,3265	0,5119
3.3	2,0251	15,8254	17,8505	15,8358	0,5136
				Promedio	0,5135

				$\sigma$	0,0016
4.1	2,6422	14,8108	17,4530	14,8243	0,5109
4.2	3,9752	14,5587	18,5339	14,5787	0,5031
4.3	4,6792	17,2079	21,8871	17,2313	0,5001
				Promedio	0,5047
				$\sigma$	0,0056

Anexo 1. Porcentaje de cenizas presentes en 4 muestras de miel con cumplimiento de NTE-INEN 1572. Fuente: Autor

Muestra	Peso de muestra	Peso de crisol	Peso de muestra+crisol	Peso final	Porcentaje de cenizas
Miel	(g)	(g)	(g)	(g)	%
5.1	3,3390	15,6541	18,9931	15,7546	3,0099
5.2	2,6839	15,7067	18,3906	16,011	11,3380
5.3	3,1737	16,6288	19,8025	16,7884	5,0288
				Promedio	6,4589
				$\sigma$	4,3443
6.1	3,9674	16,8771	20,8445	16,9725	2,4046
6.2	2,7934	17,5114	20,3048	17,611	3,5655
6.3	3,3270	15,9455	19,2725	16,0682	3,6880
				Promedio	3,2194
				$\sigma$	0,7083
7.1	3,2849	17,8137	21,0986	18,2823	14,2653
7.2	3,0004	15,3023	18,3027	15,7305	14,2714
7.3	3,0920	15,8024	18,8944	16,2715	15,1714
				Promedio	14,5694

				$\sigma$	0,5214
8.1	3,2948	14,8108	18,1056	15,1433	10,0917
8.2	3,1674	14,5456	17,7130	14,6610	3,6434
8.3	3,6636	17,2073	20,8709	17,4744	7,2906
				Promedio	7,0086
				$\sigma$	3,2334

Anexo 2. Porcentaje de cenizas presentes en 4 muestras de miel que no cumplen con la NTE-INEEN 1572. Fuente: Autor

### Humedad

Muestra	Índice de refracción			Promedio	% Humedad	$\sigma$
Miel						
1 NTE-INE	1,482	1,462	1,491	1,478	23,4	0,0148
2 NTE-INE	1,491	1,49	1,491	1,491	18,2	0,0006
3 NTE-INE	1,488	1,488	1,491	1,489	19,0	0,0017
4 NTE-INE	1,491	1,493	1,493	1,492	17,8	0,0012
5	1,492	1,492	1,492	1,492	17,8	0,0000
6	1,491	1,482	1,491	1,488	22,6	0,0052
7	1,485	1,485	1,484	1,485	20,6	0,0006
8	1,492	1,492	1,492	1,492	17,8	0,0000

Anexo 3. Porcentaje de Humedad de 8 tipos de miel comercializadas en DMQ. Fuente: Autor

## Densidad

Muestra	Peso (g)	Peso picnómetro + agua (g)	Peso picnómetro + miel (g)	Peso picnómetro + miel (g)	Peso picnómetro + miel (g)	Peso picnómetro + miel (g)	Densidad	$\sigma$
Miel	picnómetro					Promedio		
1 NTE- INE	16,256	40,755	51,423	51,344	51,338	51,368	1,433	0,036
2 NTE- INE	16,256	40,755	51,326	51,351	51,380	51,352	1,433	0,018
3 NTE- INE	15,897	41,237	51,449	51,392	51,531	51,457	1,403	0,049
4 NTE- INE	15,897	41,237	51,723	51,602	51,759	51,695	1,413	0,062
5	15,897	41,237	51,803	51,682	51,749	51,745	1,415	0,042
6	16,056	41,434	51,568	51,622	51,760	51,650	1,403	0,073
7	16,056	41,434	51,686	51,709	51,728	51,708	1,405	0,014
8	17,012	41,896	52,279	52,185	52,187	52,217	1,415	0,041

Anexo 4. Densidad de 8 tipos de miel comercializadas en DMQ. Fuente: Autor

## Acidez Total

Muestra	Peso de muestra (g)	pH	Acidez libre	Lactonas	Acidez Total
1	10,518	3,56	18,071	6,182	24,253
	10,501	3,58	19,522	7,133	26,655
	10,523	3,55	17,581	6,182	23,763
Promedio	10,514	3,56	18,391	6,499	24,890
2	10,222	4,88	17,240	3,448	20,688
	10,042	4,94	16,255	2,955	19,210

	10,189	4,97	17,240	3,940	21,180
Promedio	10,151	4,93	16,9	3,448	20,4
3	10,089	4,74	20,320	10,408	30,728
	10,088	4,67	5,947	3,965	9,912
	10,089	4,73	13,381	7,434	20,815
Promedio	10,089	4,71	13,2	7,3	20,5
4	10,475	4,14	27,950	15,740	43,690
	10,501	4,16	27,855	12,401	40,256
	10,473	4,16	27,855	14,786	42,640
Promedio	10,483	4,15	27,9	14,309	42,2
5	10,124	4,11	29,123	17,306	46,428
	10,098	4,21	28,628	15,328	43,956
	10,115	4,18	28,777	16,811	45,588
Promedio	10,112	4,17	28,843	16,482	45,3
6	10,106	3,57	31,773	14,330	46,103
	10,124	3,6	31,625	16,306	47,931
	10,126	3,59	31,674	15,318	46,992
Promedio	10,119	3,59	31,691	15,318	47,0
7	10,161	3,98	28,724	13,360	42,084
	10,823	3,95	28,867	8,111	36,979
	10,453	3,98	28,724	9,066	37,790
Promedio	10,479	3,97	28,772	10,179	39,0
8	10,685	3,7	29,293	10,229	39,523
	10,821	3,73	29,154	11,624	40,778

	10,754	3,72	29,200	9,764	38,965
Promedio	10,753	3,72	29,216	10,539	39,8

Anexo 5. Contenido de acidez total. Fuente: Autor

## Conductividad

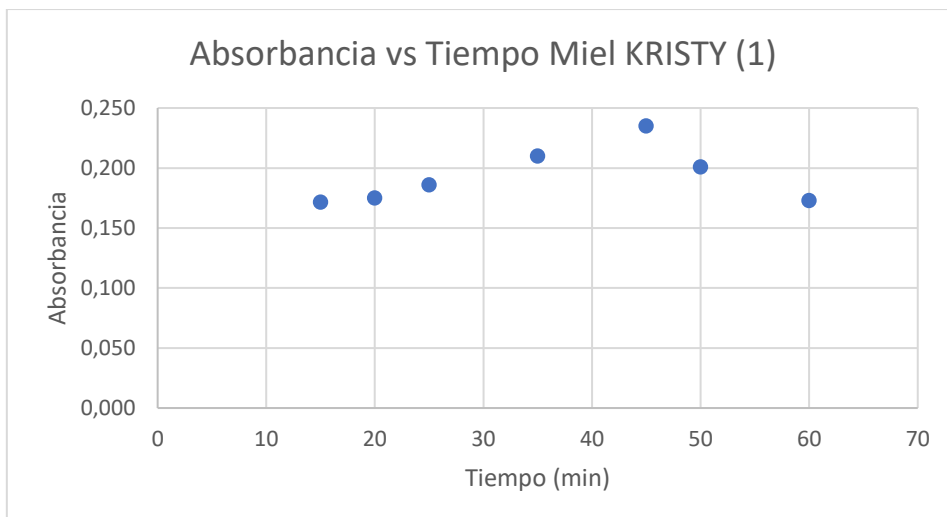
Muestra	Temperatura	Conductancia	
Miel	°C	μS/cm	mS/cm
1	20,4	394,1	0,394
2	20,4	578,7	0,579
3	20,8	326,1	0,326
4	20,9	235,3	0,235
5	20,9	205,6	0,206
6	20,2	365,5	0,366
7	20,2	327,1	0,327
8	20,2	437,6	0,438

Anexo 6. Conductividad de 8 tipos de mieles estudiadas. Fuente: Autor

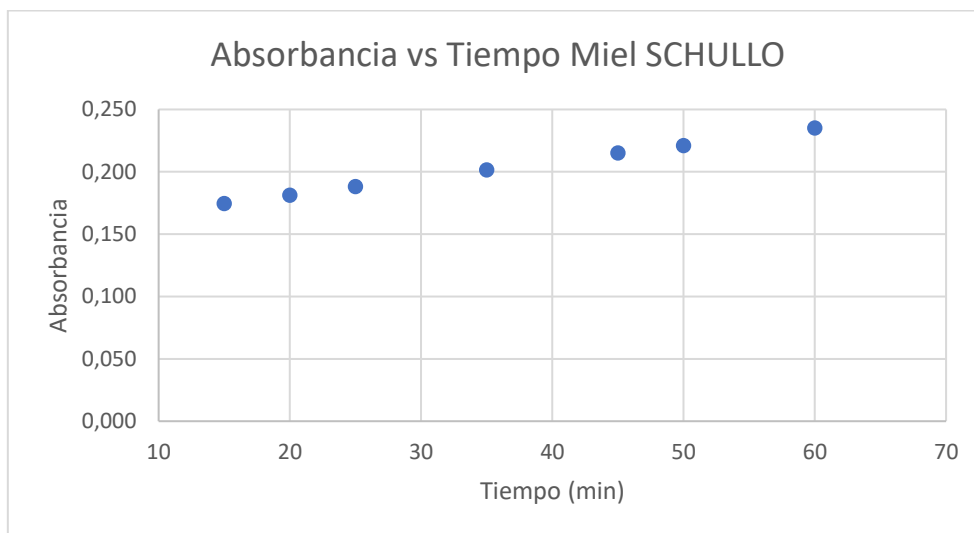
## Número de Diastasa

Muestra	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Número de Diastasa (ND)
Miel								
Tiempo (min)	15	20	25	35	45	50	60	
1	0,172	0,175	0,186	0,210	0,235	0,201	0,173	6,67
2	0,175	0,181	0,188	0,201	0,215	0,221	0,235	5,00
3	0,212	0,215	0,218	0,224	0,230	0,235	0,232	6,00
4	0,078	0,116	0,154	0,235	0,218	0,195	0,165	8,57
5	0,168	0,192	0,235	0,218	0,198	0,183	0,156	12,00
6	0,205	0,235	0,229	0,200	0,185	0,178	0,172	15,00
7	0,185	0,200	0,235	0,213	0,194	0,175	0,141	12,00
8	0,235	0,209	0,196	0,174	0,151	0,143	0,121	20,00

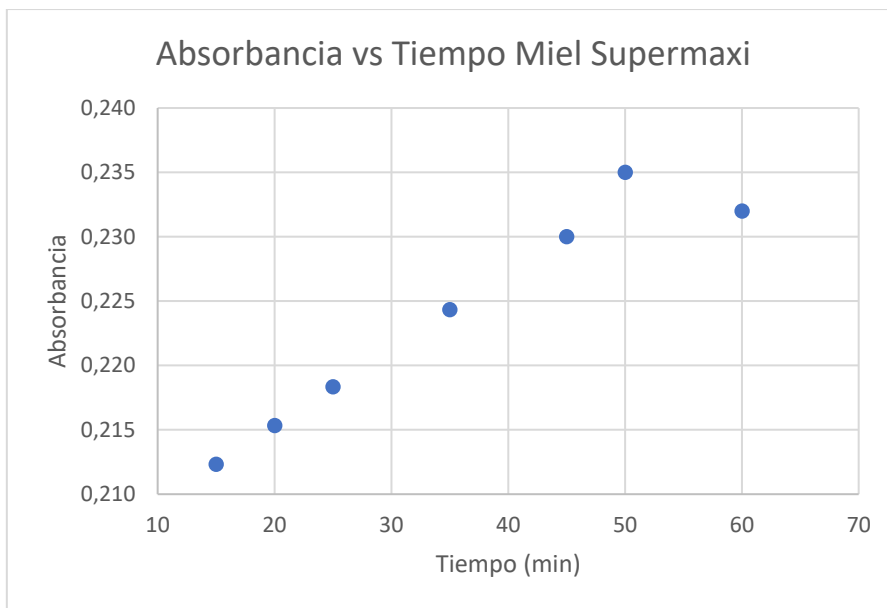
Anexo 7. Contenido de Diastasa en diferentes marcas de miel. Fuente: Autor



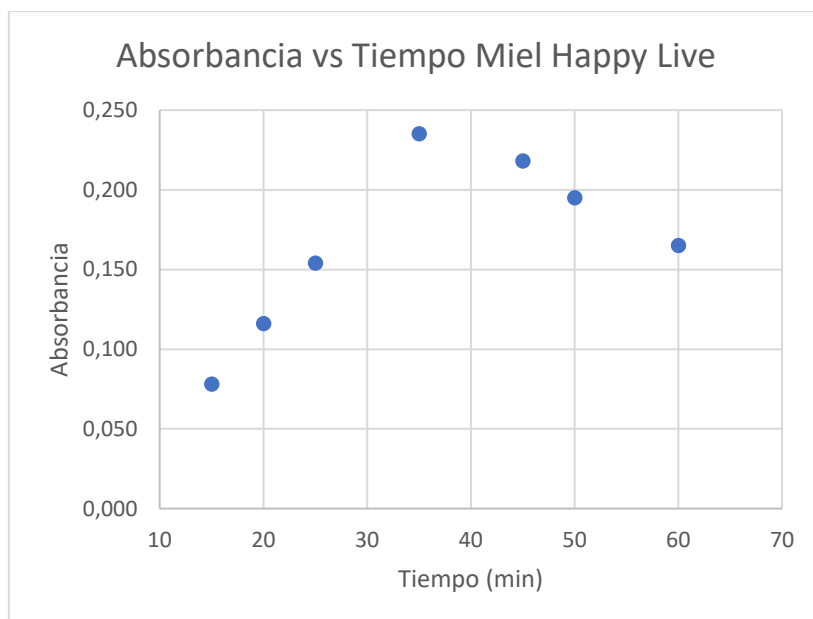
Anexo 8. Espectro UV-Vis de muestra 1. Fuente: Autor



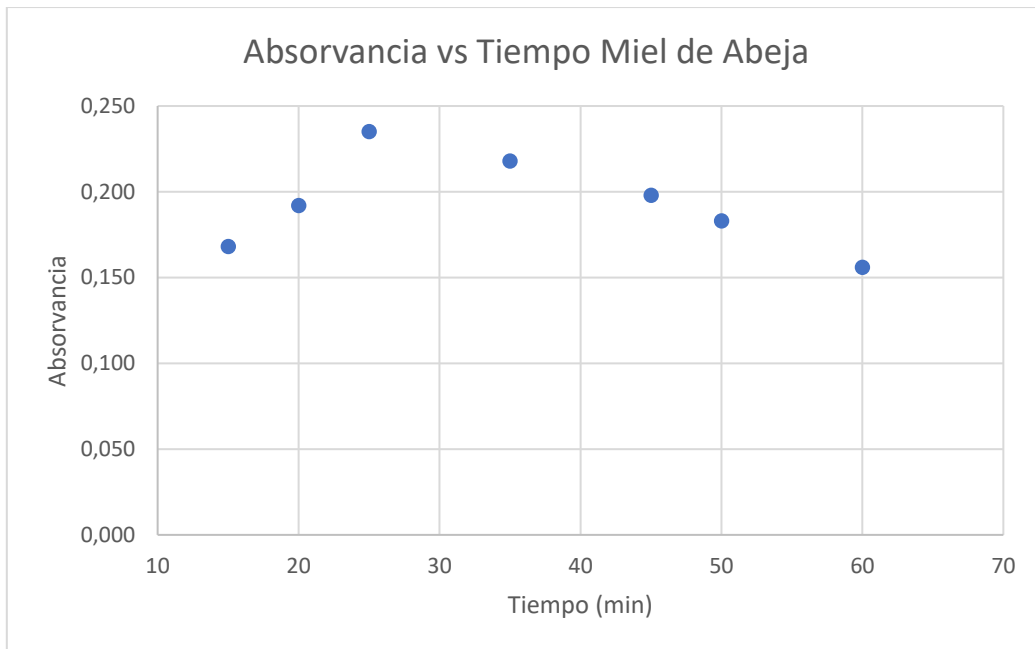
Anexo 9. Espectro UV-Vis de muestra 2. Fuente: Autor



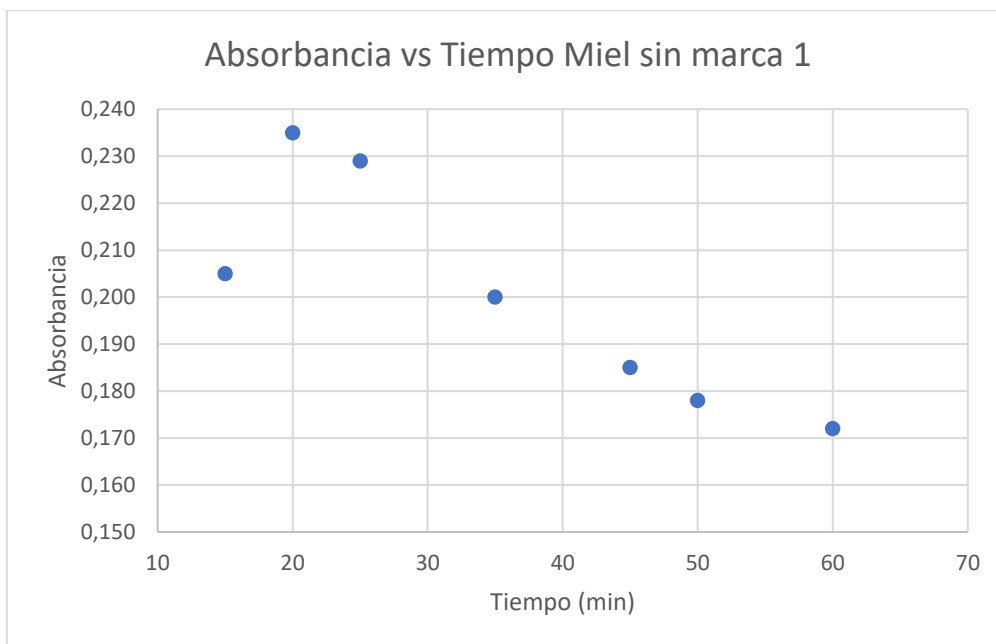
Anexo 10. Espectro UV-Vis de muestra 3. Fuente: Autor



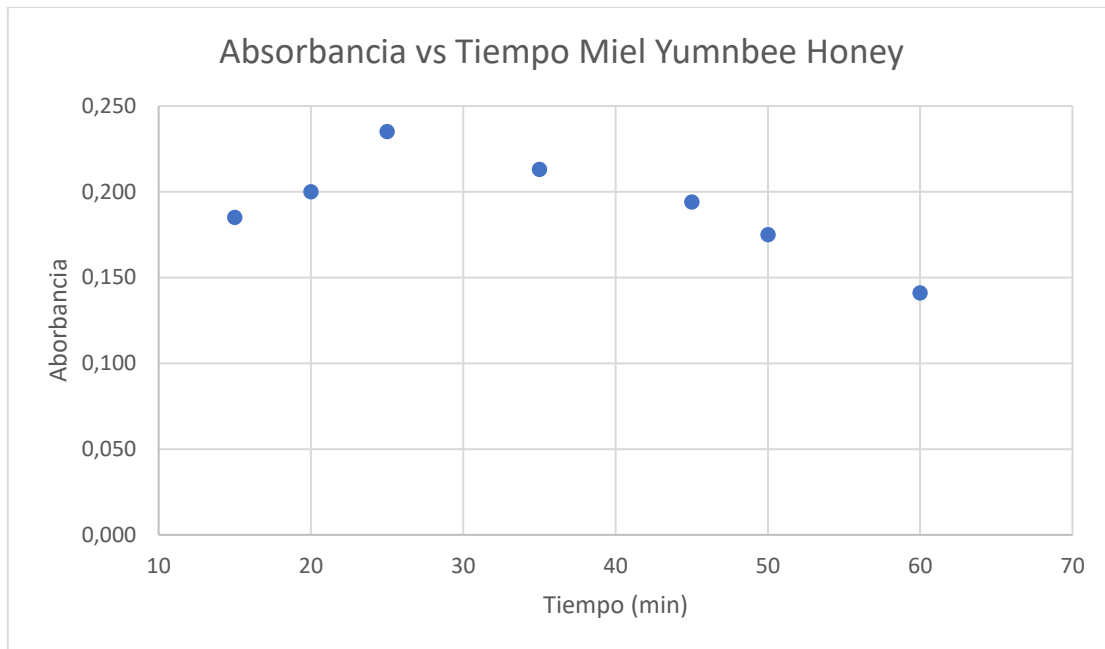
Anexo 11. Espectro UV-Vis de muestra 4. Fuente: Autor



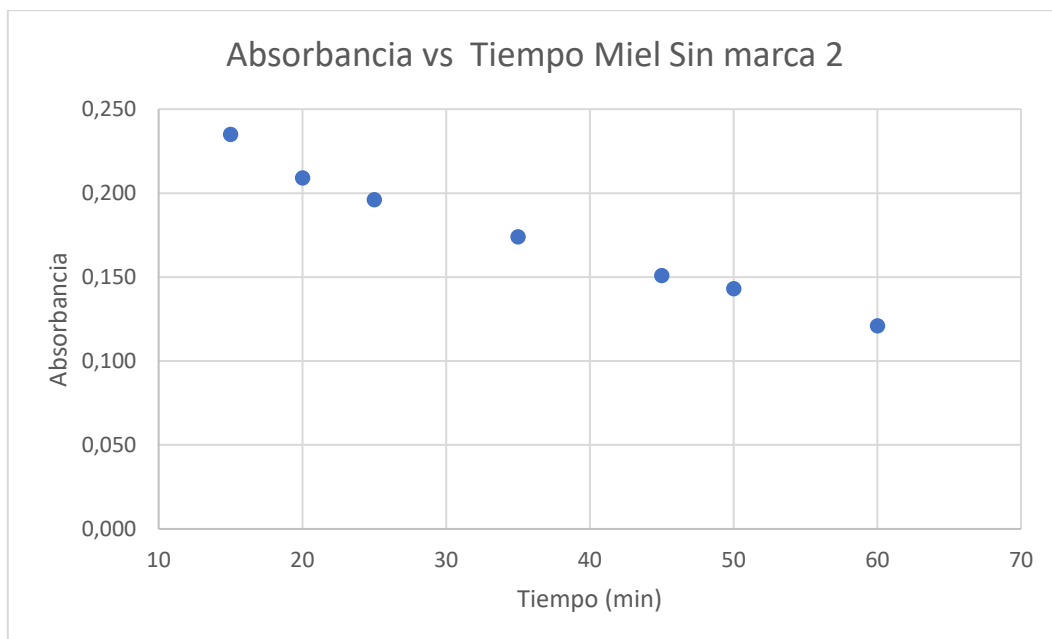
Anexo 12. Espectro UV-Vis de muestra 5. Fuente: Autor



Anexo 13. Espectro UV-Vis de muestra 6. Fuente: Autor



Anexo 14. Espectro UV-Vis de muestra 7. Fuente: Autor



Anexo 15. Espectro UV-Vis de muestra 2. Fuente: Autor

### Azúcares reductoras

Muestra Miel	Peso de muestra	Volumen (ml) de solución diluida de miel	Contenido de Azúcares reductoras
1	23,651	15	70,469
2	25,186	14	70,901
3	22,145	12	94,077
4	25,361	15	65,718
5	24,854	17	59,169
6	25,015	13	76,877
7	24,751	12	84,172
8	25,195	14	70,876

Anexo 16. Datos de azúcares reductoras de 8 tipos de mieles. Fuente: Autor

### Sacarosa

Muestra Miel	Peso de muestra	Volumen (ml) de solución diluida de miel	Sacarosa
1	26,562	25	3,765
2	25,361	16	6,161
3	24,985	23	4,350
4	25,365	15	6,571
5	24,982	17	5,887
6	25,257	21	4,713
7	25,691	12	8,109
8	25,375	14	7,037

Anexo 17. Datos de contenido de sacarosa en 8 tipos de mieles. Fuente: Autor

**Hidroximetilfurfural (HMF)**

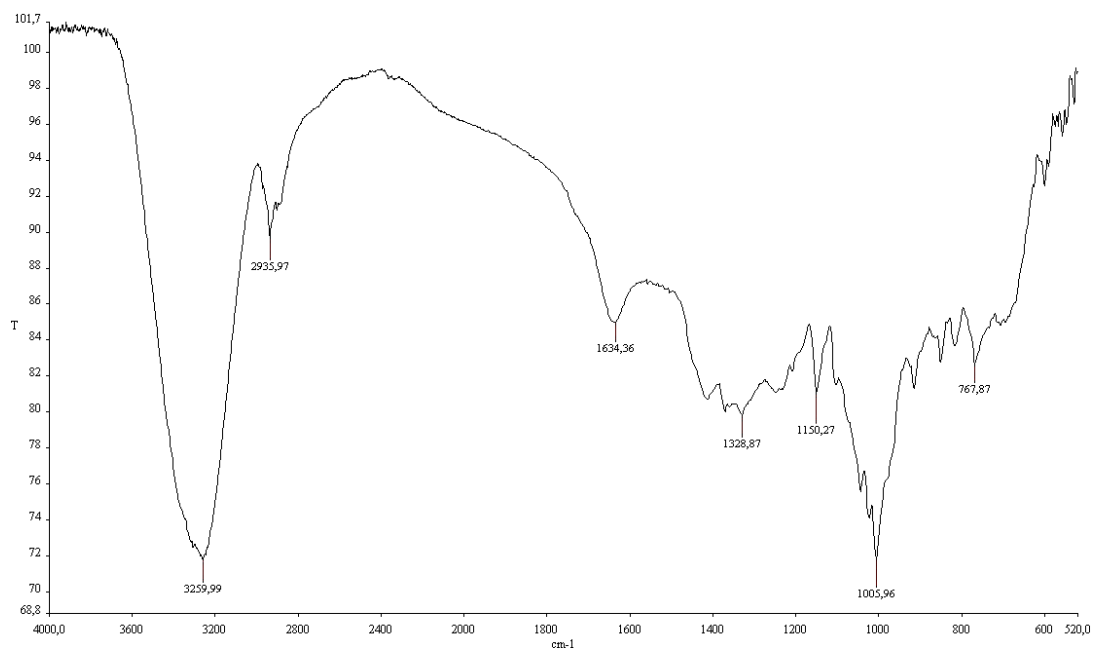
Muestra	A284	A336	Peso miel (g)	HMF
Miel				
1	1,256	0,335	5,752	11,98
2	0,265	0,159	5,367	1,48
3	0,367	0,211	5,165	2,26
4	0,954	0,795	5,023	2,37
5	1,985	1,841	5,745	1,88
6	0,365	0,158	5,359	2,89
7	2,789	1,957	5,098	12,22
8	0,753	0,294	5,074	6,77

Anexo 18. Datos de contenido de HMF en los diferentes tipos de miel estudiada. Fuente: Autor

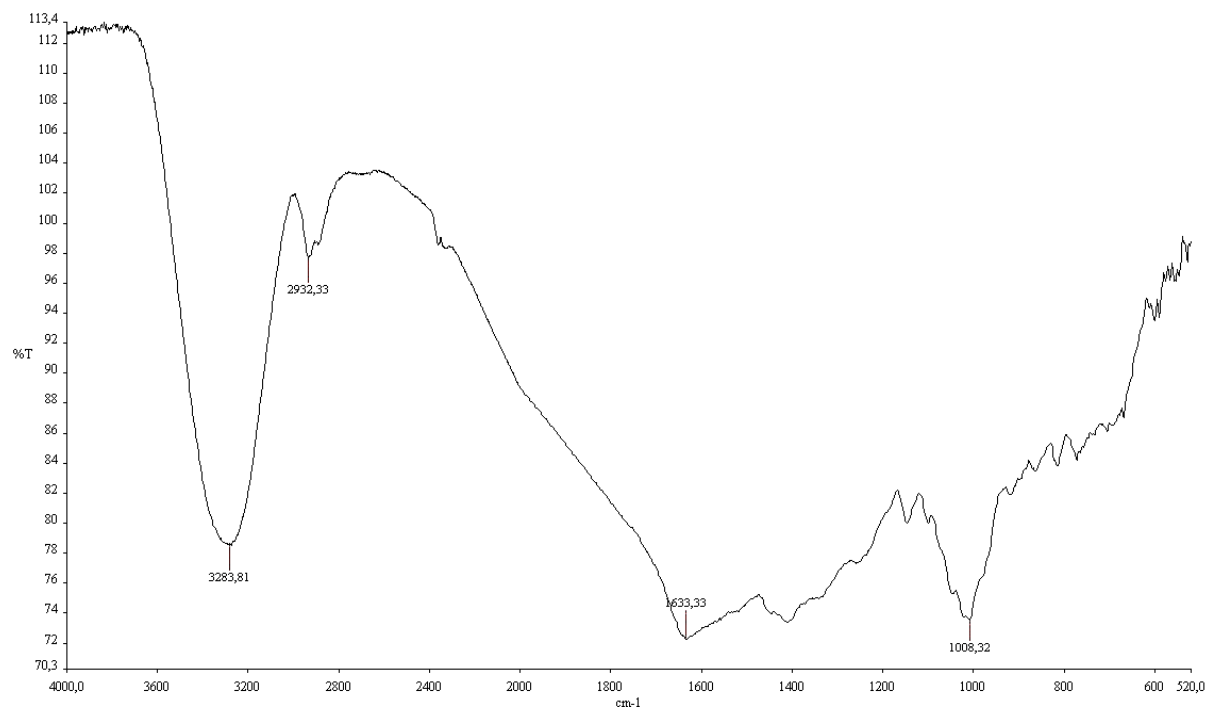
Identificación en la figura	Intervalo (cm <sup>-1</sup> )	Tipos de enlace	Tipo de vibración
<b>a</b>	3300-3000	O-H	Estiramiento
<b>b</b>	3000-2800	C-H O-H	Estiramiento
<b>c</b>	1700-1550	O-H	Bandeo
<b>d</b>	1470-1150	C-C-H C-O-H O-C-H	Bandeo
<b>e</b>	1100-950	C-O C-C	Estiramiento
<b>f</b>	950-780	C-O C-C O-H	Estiramiento

Anexo 19. Bandas identificadas en el espectro de infrarrojo de miel de abeja. Fuente: Autor

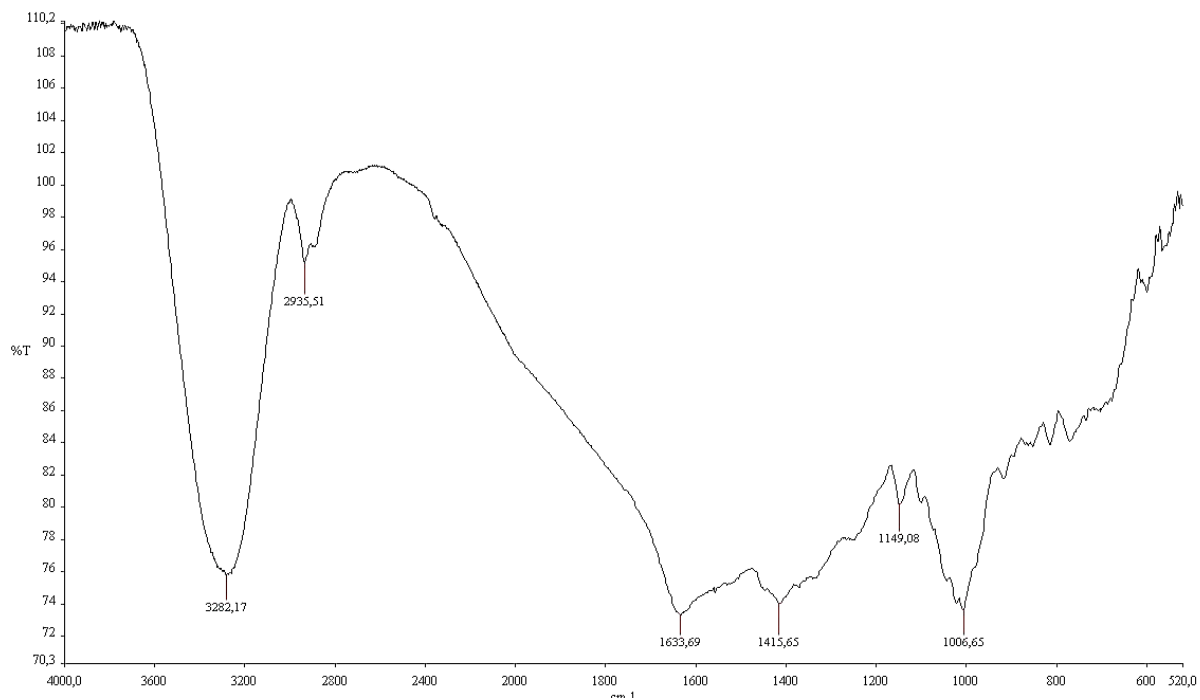
## Lectura de Hidroximetilfurfural presente en muestra de miel mediante FT-IR



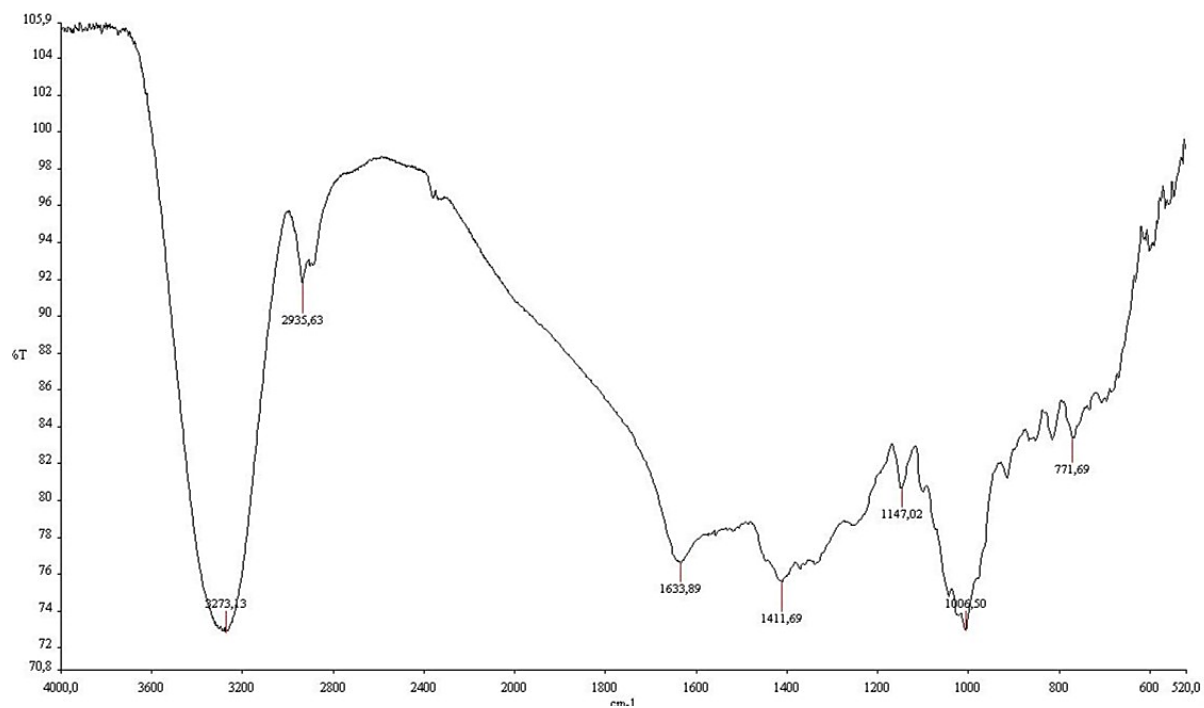
Anexo 20. Espectro infrarrojo de muestra de miel 1. Fuente: Autor



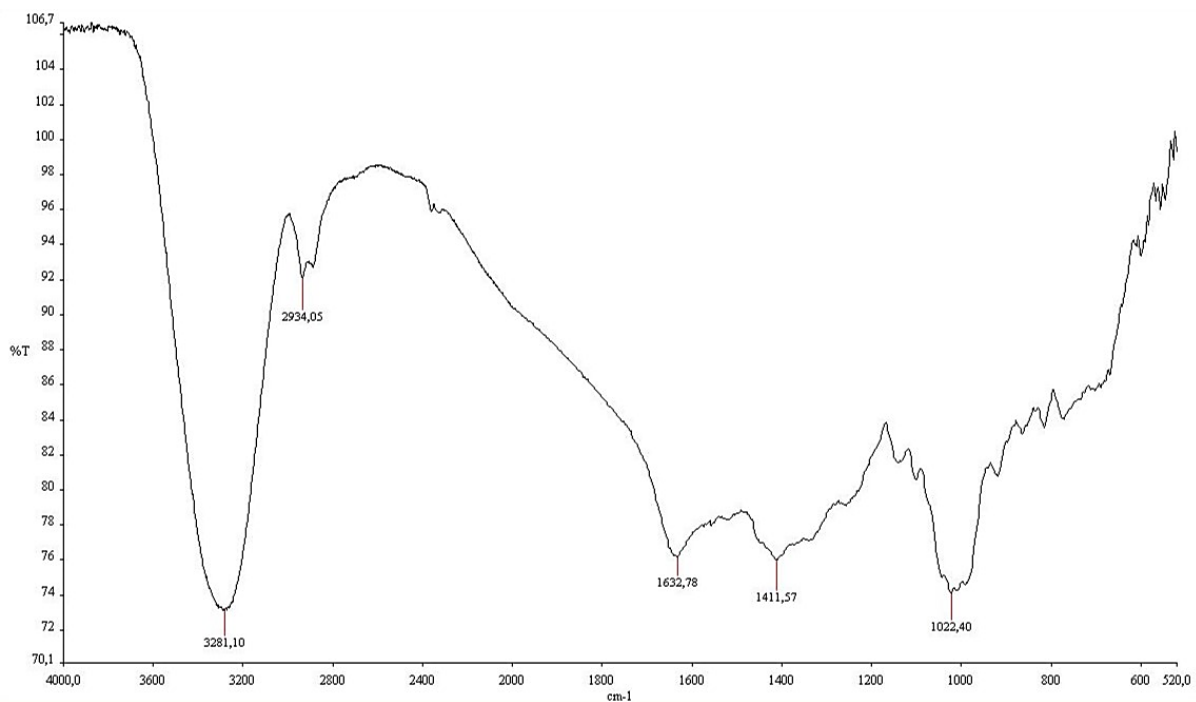
Anexo 21. Espectro infrarrojo de muestra de miel 2. Fuente: Autor



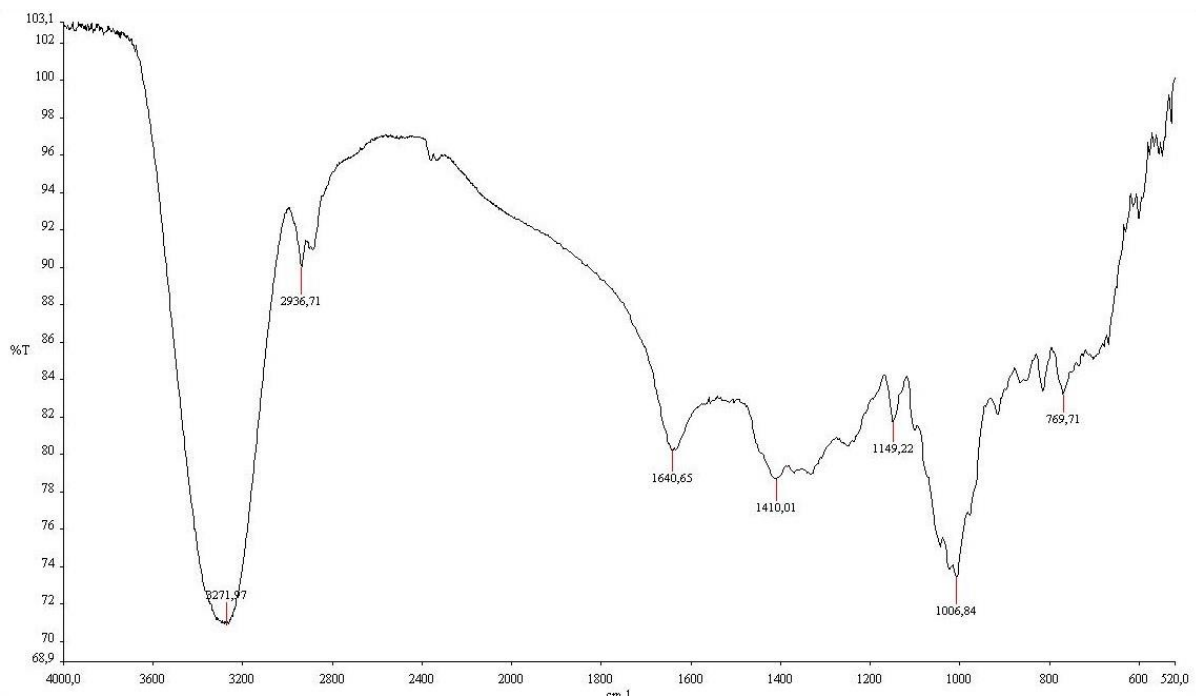
Anexo 22. Espectro infrarrojo de muestra de miel 3. Fuente: Autor



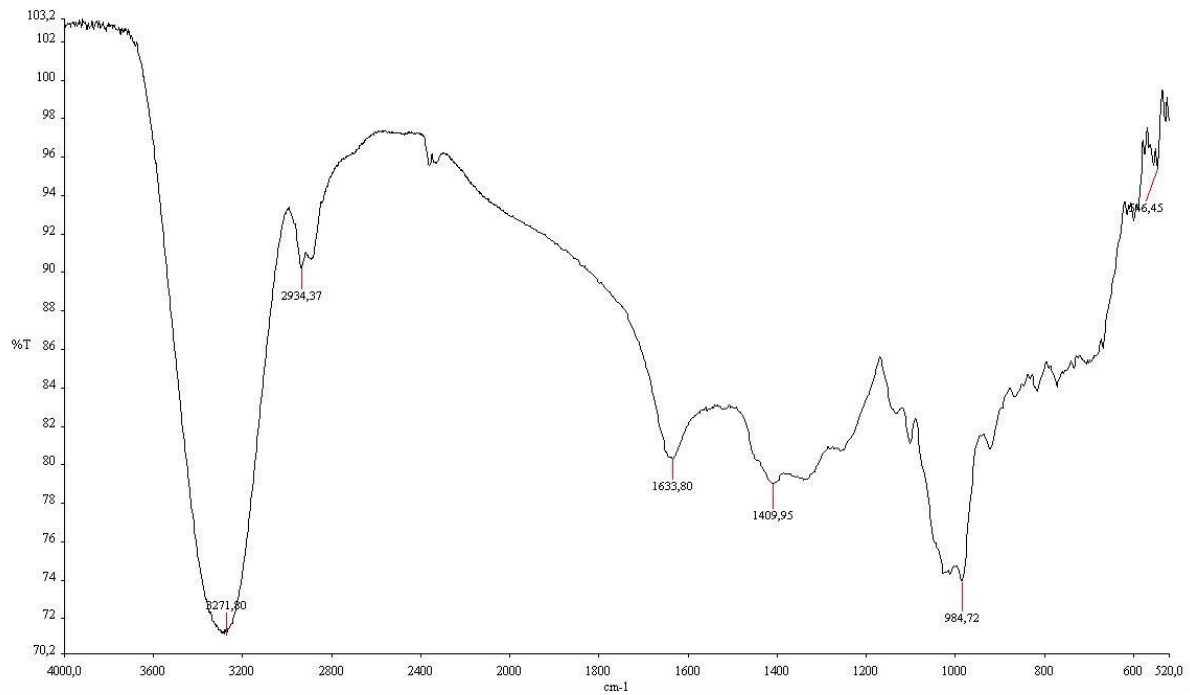
Anexo 23. Espectro infrarrojo de muestra de miel 4. Fuente: Autor



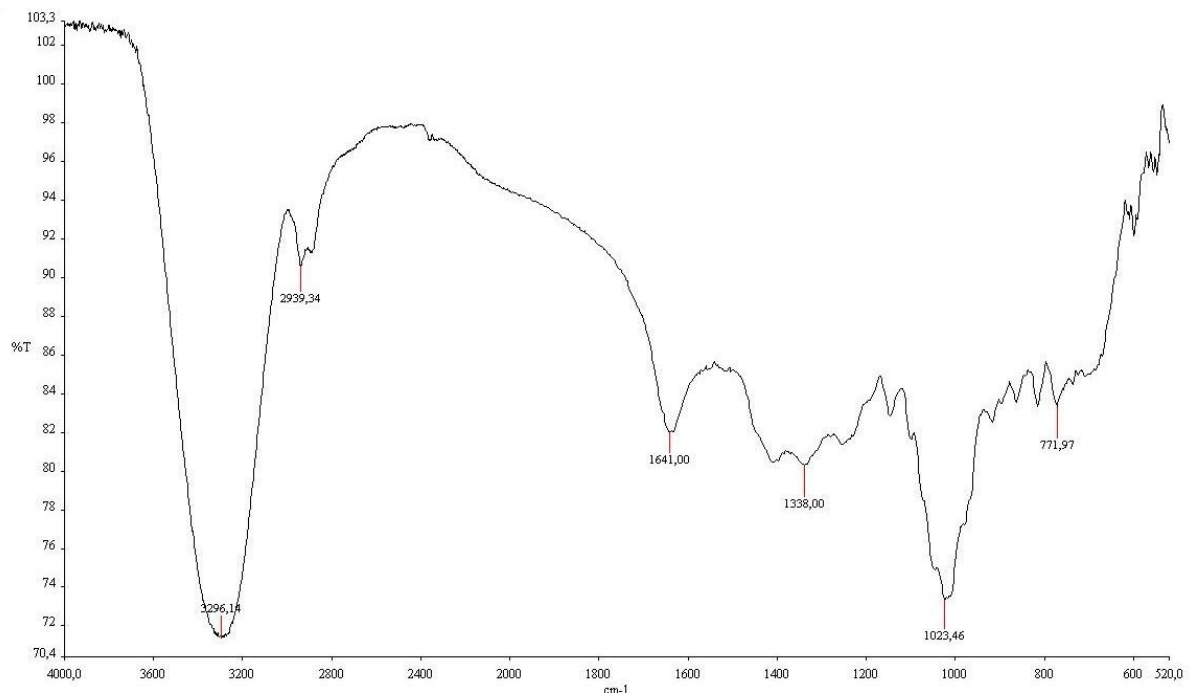
Anexo 24. Espectro infrarrojo de muestra de miel 5. Fuente: Autor



Anexo 25. Espectro infrarrojo de muestra de miel 6. Fuente: Autor



Anexo 26. Espectro infrarrojo de muestra de miel 7. Fuente: Autor



Anexo 27. Espectro infrarrojo de muestra de miel 8. Fuente: Autor