



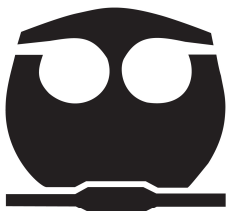
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**APORTE ANALÍTICO AL CONOCIMIENTO DE LA
CALIDAD DE LA MIEL. COMPARACIÓN ENTRE
ALGUNAS MIELES MEXICANAS Y EXTRANJERAS.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO DE ALIMENTOS
PRESENTA
AQUILES TLAONÍN DÍAZ ROLDÁN**



MÉXICO, D.F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: EUGENIO OCTAVIO REYES SALAS
VOCAL: LUIS ORLANDO ABRAJAN VILLASEÑOR
SECRETARIO: GEORGINA ARTEMISA DUARTE LISCI
1er. SUPLENTE: SILVIA CITLALLI GAMA GONZÁLEZ
2° SUPLENTE: HIRAM FERNANDO RAMÍREZ CAHERO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Departamento de Química Analítica DEPg.
Laboratorio 114. Sótano del Edificio B.
Universidad Nacional Autónoma de México.
Ciudad Universitaria.

ASESOR DEL TEMA:

DR. EUGENIO OCTAVIO REYES SALAS

SUSTENTANTE:

AQUILES TLAONÍN DÍAZ ROLDÁN

Para:

Aquiles Eneas y Martha Alicia, los amo con todo mi corazón

Agradecimientos

A la máxima casa de estudios y mi *alma mater*... la UNAM.

A mi padre Aquiles Eneas y mi madre Martha Alicia. Ustedes significan todo en mi vida y son mi máxima inspiración, los amo profundamente.

Gracias papá por cada consejo, cada palabra y por jamás perder la confianza en mi. Por enseñarme tantas cosas y ser mi más grande ejemplo. Eres sin duda el hombre al que más admiro. Ojalá algún día pueda ser tan grande como tú.

Gracias mamá porque representas la palabra amor en su máxima extensión, tienes un corazón enorme y lleno de nobleza. Gracias por demostrarme que el amor es lo más importante en la vida. Eres la persona más hermosa que conozco y la mejor madre.

Al Dr. Octavio Reyes, gracias por el apoyo, las enseñanzas y el conocimiento compartido. Por haberme permitido trabajar contigo. Por ayudarme a formar una nueva visión de la vida y demostrarme la importancia de la búsqueda de la verdad. Gracias por todos tus sabios consejos e instruirme como uno de tus alumnos. Infinitas gracias.

A los miembros del jurado, Luis Orlando Abrajan Villaseñor, Georgina Duarte Lisci, Silvia Citlalli Gama González e Hiram Fernando Ramírez Cahero. Gracias por las revisiones y correcciones a este trabajo.

Gracias Hiram por tu ayuda con las correcciones y por tu amistad.

A la Dra. María Antonia Dosal, por dejarme formar parte de su equipo de trabajo.

A la profesora Selma Sosa Sevilla, por todas las enseñanzas durante mi estadía en el laboratorio 114.

A todos y cada uno de los miembros de mi hermosa y amada familia.

A mi abuela Severiana, que desde pequeño siempre me ha cuidado y protegido. Gracias "agüe" por ser como una segunda madre.

A mi hermana Stefanie Yanik, gracias hermana, eres fuente de inspiración y uno de mis ejemplos a seguir, te amo con toda mi alma y siempre vamos a estar juntos.

Dedico especialmente a cada uno de mis primos hermanos.

Valentina, Rodrigo, Martín, Atzín, Daniela, Mariana "Joe", Emiliano, Camilo y Ricardito. Gracias por estar conmigo, por todo su cariño y porque son los mejores primos. Gracias por todos los momentos que hemos compartido. Esto se los dedico a cada uno de ustedes, los adoro y amo demasiado.

Al tío Carlos "Chele" por todos los grandes momentos y las aventuras vividas, eres como un hermano mayor y parte del (des) ejemplo. Gracias por ayudarme con las revisiones de este trabajo.

A mis tíos, Aurora, Raúl, Luz María, David, Gustavo, Maribel, Marco Antonio, Judith, Víctor, Alheed. Cada uno de ustedes ha influido en mí de alguna manera y son muy importantes.

A Gabriela, por todos y cada uno de los maravillosos momentos a tu lado, sin duda han sido los mejores de mi vida, sé que vienen muchos más y vamos a compartirlos juntos. Gracias por todo el amor y cariño, es mutuo.

A mí cuñado Armando Fuentes.

Gracias a todos mis amigos, por cada uno de los momentos que hemos compartido juntos. Son los mejores amigos del mundo, a:

Edgar Islas, gracias amigo por los buenos momentos, aventuras y por tu sincera amistad. Por todas esas charlas juntos y descubrir que la vida esta llena de cosas que valen la pena.

A mi amigo Carlos Casarrubias, con el que he compartido una de mis más grandes pasiones, la música.

Abel Ríos "Chapitas", por que desde hace muchos años eres más que mi amigo, has estado presente en muchos de los mejores momentos de mi vida.

Héctor Chimal y Juan Manuel Alanís. Gracias por estar siempre a mi lado, por siempre estar al pendiente de mí, aún nos esperan muchas cosas más.

A mis amigos vórtice: Osvaldo Carreón, Christian Leonardo, Dianita y Adán Ramírez. Los mejores años de rock.

A Joaquín Preza, por todo el apoyo y por todos esos buenos momentos juntos.

Víctor Hugo, Juan Carlos Charlie y Roberto Grimaldi, que desde la secundaria somos grandes amigos. A todos los chicos U.R.S.S.

Agradezco a mis amigos de prepa 3 Justo Sierra y con los que compartí grandes aventuras, José Carlos, Isaack David, Javier, Omar, Alejandro Bratt, Layla, Alejandra y Guillermina.

A la gloriosa Banca Química y a todos mis amigos de la Facultad. A Juan Manuel Borja, Carlos Enrique, Pablo Flores, Ramón Olea, Álvaro Huitzil, Alejandro Reyes, Joel Pacheco, Belem y Luigui. A todos mis amigos del cuarto piso del edificio A, a Noel y Don Raúl por todas esas mañanas de almuerzos en el piso de alimentos. A Sara del laboratorio 114.

Gracias a todos...

Por mi raza hablará el espíritu.



“Nada se parece tanto al alma humana
Como una abeja
Ella va de flor en flor
Como el alma de estrella en estrella
La abeja nos aporta la miel
Como el alma la luz estelar”

Víctor Hugo

ÍNDICE

	Página
1. Introducción.....	1
2. Justificación y objetivos.....	3
2.1 Justificación.....	3
2.2 Objetivos.....	4
3. Antecedentes.....	5
3.1 Aspectos generales.....	5
3.2 La miel en México.....	7
3.3 La abeja melífera.....	10
3.4 Tipos de miel.....	12
3.5 Elaboración.....	13
3.6 Composición de la miel.....	14
3.6.1 Agua.....	14
3.6.2 Carbohidratos.....	14
3.6.3 Proteínas.....	15
3.6.4 Enzimas.....	15
3.6.5 Aminoácidos.....	16
3.6.6 Ácidos.....	16
3.6.7 Minerales.....	16
3.6.8 Sustancias aromáticas.....	16
3.7 Color de la miel.....	18
3.8 Cristalización.....	19
3.9 Calentamiento de la miel.....	19
3.10 Almacenamiento.....	20
3.11 Pasteurización en la miel.....	20
3.12 Usos y propiedades de la miel.....	20
3.13 Inversión de la Sacarosa.....	21
3.14 Formación de Hidroximetilfurfural (HMF).....	22

4. Parte Experimental.....	25
4.1 Materiales e instrumentos de laboratorio.....	25
4.2 Muestras.....	26
4.3 Metodología.....	29
4.3.1 Determinación de humedad.....	30
4.3.2 Determinación de pH.....	31
4.3.3 Determinación de cenizas.....	31
4.3.4 Determinación de azúcares reductores.....	33
4.3.5 Determinación de sacarosa.....	34
4.3.6 Determinación de glucosa.....	35
4.3.7 Determinación de fructosa.....	36
4.3.8 Determinación de hidroximetilfurfural.....	37
5. Resultados.....	39
5.1 Humedad.....	39
5.2 pH.....	40
5.3 Cenizas.....	41
5.4 Azúcares reductores.....	43
5.5 Sacarosa.....	48
5.6 Glucosa.....	52
5.7 Fructosa.....	55
5.8 Otros azúcares.....	58
5.9 Hidroximetilfurfural.....	59
5.10 Resultados globales y discusión.....	63
6. Conclusiones.....	67
7. Anexos.....	69
8. Bibliografía.....	72



Apis mellifera

1. INTRODUCCIÓN

La miel es la sustancia dulce natural producida por las abejas a partir del néctar de las flores o de secreciones o de otras partes vivas de las plantas, que las abejas recogen, transforman, combinan con sustancias específicas propias y almacenan en panales; de los cuales se extrae el producto sin ninguna adición.¹

México se encuentra dentro de los diez principales productores y exportadores a nivel mundial de miel de abeja melífera, para la cual existen normativas parametrales que determinan su calidad. Estas normas deben presentar un cierto intervalo de variación, pues se trata de un producto natural y por consecuencia se puede alterar o modificar su composición. Por ello, se les pide a los apicultores cumplir con las normas vigentes para manufacturar, exportar y vender sus productos. Es importante considerar que el mercado nacional requiere y merece productos de calidad.

En la manufactura y almacenamiento la miel está expuesta a sufrir cambios y alteraciones que pueden modificar su naturaleza, formando compuestos como el 5-hidroximetilfurfural (HMF), debido a la descomposición térmica de los glúcidos como la fructosa (componente mayoritario en la miel), ya sea por calentamiento o a la exposición al sol. Estos cambios representan una disminución en la calidad de la miel.

Otro factor al que la miel está expuesta, es el de sufrir adulteraciones, como la adición de sacarosa (azúcar de mesa), o la de jarabe de maíz hidrolizado con alta fructosa (que llega a venderse como “miel de abeja”) con la finalidad de reducir costos, ya que los productos endulzados o elaborados con miel de abeja aumentan considerablemente de precio.

En México, los pequeños y medianos apicultores conocen poco o nada la información regulatoria y normativa para determinar la calidad de sus productos, esta situación es aprovechada por algunos comercializadores para pagar el precio que ellos establecen de un producto de excelente calidad.

Dentro de lo establecido en la Norma Mexicana de Miel (NMX-F-036 NORMEX 2006) los contenidos de HMF, azúcares reductores, sacarosa, glucosa, cenizas y acidez, son los principales parámetros cuantificables establecidos.

Es posible determinar estos parámetros mediante la electroquímica analítica, por lo que se propone una alternativa que facilite la determinación de las pruebas y, reduzca tiempo y costos en comparación a las técnicas normativas. Un ejemplo de ello es la determinación de HMF; basada en el método de Winkler, que emplea una solución de ácido barbitúrico para producir un derivado con el HMF, pero el uso de este ácido está restringido en nuestro país, además el empleo de otros reactivos y la producción de otros compuestos implica en sí, mayor margen de error.

Este trabajo propone un aporte analítico al estudio y conocimiento de las mieles de *Apis mellifera*, haciendo una comparación entre las mexicanas y las de otros países, además de proponer una opción alterna al control de calidad de este producto natural.



Alberto Durero

"Cupido el Ladrón de Miel"

(1514)

Tinta y acuarela sobre papel, 22 x 31 cm
Kunsthistorisches Museum, Viena

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1 Justificación

En la industria alimentaria, la miel de abeja es un edulcorante que eleva el precio de los productos, en comparación al empleo de otros azúcares como la sacarosa (azúcar de mesa) o jarabe de maíz alto en fructosa.

En diversos productos que utilizan edulcorantes, (sobre todo jarabes auxiliares para tratamiento de las vías respiratorias) en ocasiones se lee la indicación “Jarabe de miel” o “miel de...”, haciendo énfasis y aumentando el tamaño de la palabra “miel”, o se incluyen imágenes relacionadas con los productos apícolas (abejas, miel, panales, etc.). Al leer con cuidado las etiquetas comerciales, es posible percatarse que se trata de productos que no han sido elaborados con miel de abeja, sino que se trata de otro tipo de jarabes, como lo pueden ser de maíz, agave, maple; incurriendo en un etiquetado confuso y por lo tanto, en una falta que es penalizable por ley.

La miel es un producto natural complejo, está compuesta por azúcares, ácidos orgánicos, vitaminas, enzimas y otras sustancias; éstos, otorgan beneficios nutrimentales a los productos que la contienen, por lo que su empleo en jarabes, suplementos y dulces será siempre una buena opción.

La calidad de la miel en la Norma Mexicana, se determina mediante algunas pruebas fisicoquímicas y sensoriales. Las nuevas metodologías buscan simplificar y reducir tiempo y costos al estudio de la calidad de los productos alimentarios; por lo que el aporte científico al mejoramiento u optimización de las pruebas es de suma importancia.

En este sentido la electroquímica analítica se presenta como opción viable al estudio de calidad de la miel debido a que sus componentes principales presentan propiedades redox. Este documento toma como base trabajos anteriores realizados en el mismo laboratorio^{2,3} y continúa con el estudio analítico al conocimiento de la calidad de la miel.

2.2 OBJETIVOS

Objetivo general:

Desarrollar una metodología analítica para el estudio de la calidad de la miel y hacer una comparación entre mieles mexicanas y extranjeras que resulte sencilla, viable, accesible y efectiva, con el fin de poder determinar la calidad de las muestras.

Objetivos particulares:

*Establecer los métodos analíticos a realizar para determinar la calidad de la miel.

*Efectuar las determinaciones para conocer la calidad de la miel.

*Comparar los resultados obtenidos de mieles mexicanas y mieles extranjeras con lo establecido en la Norma Mexicana de Miel.

*Determinar la calidad de las muestras analizadas.



Apis mellifera mellifera



Apis mellifera ligustica

3. ANTECEDENTES

3.1 Aspectos generales

Las abejas y la miel han estado presentes en la vida de los seres humanos desde los tiempos más antiguos. Prueba de ello son las pinturas rupestres en La Cueva de la Araña en Bicorp (España), en donde se observa a un hombre extrayendo miel de un panal (figura 1).⁴



Fig.1 Pintura que data del paleolítico superior (35,000-10,000 a.C.)

Numerosos ejemplos de utilización de la miel y sus productos se pueden encontrar en las distintas civilizaciones.

La cultura Egipcia fue una de las primeras en domesticar y criar colonias de abejas, así como comerciar con la miel y la cera por la costa oriental de África. Para ellos, Cuando el “dios del Sol” lloraba, sus lágrimas se transformaban en abejas al tocar el suelo. Estos insectos tenían por lo tanto, un origen divino.⁵

En la iconografía egipcia hay diversas referencias a las abejas y a la recolección de la miel, sus bajorrelieves describen los tipos de colmena, la forma de extracción, métodos de almacenamiento y de conserva (figura 2).

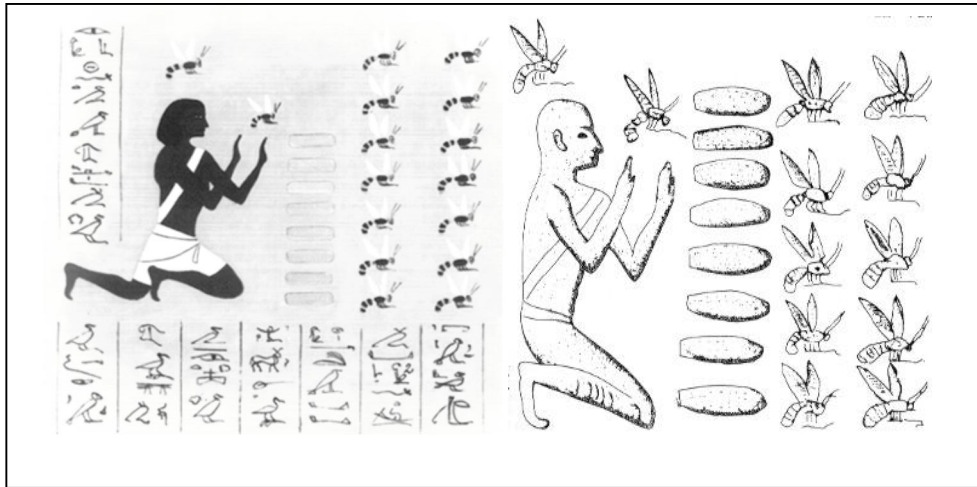


Fig 2. Imágenes de la práctica de la apicultura egipcia. Relieves de la tumba de Pa-bu-sa a Tebe (Egipto).

Herencia de una costumbre romana es la frase "*luna de miel*", donde la madre de la novia depositaba en la alcoba nupcial una vasija con miel, además de otros alimentos.⁴

Muerto Alejandro Magno, fue trasladado de Babilonia a Macedonia en un recipiente lleno de miel para conservar el cuerpo. Hay abundantes vestigios y hechos en la historia de la humanidad donde la miel ha sido utilizada como alimento, medicina y conservador de otros productos.

Los griegos y romanos también practicaron la apicultura e hicieron de ella un objeto de culto, los poetas dedicaron obras a las abejas y a su comportamiento.

El impulso a la apicultura se da a partir del siglo XV, cuando se empieza a investigar la vida de las abejas, su morfología, reproducción, entre otros.⁶

3.2 La miel en México

El antiguo pueblo maya fue uno de los principales productores de miel de abeja melipona, estas abejas son diferentes a las del género *Apis mellifera* ya que no tienen aguijón o lo tiene atrofiado, la naturaleza de la miel de abeja melipona es más húmeda y fluida. La abeja melífera no existía.

Los mayas cortaban los troncos donde existían panales, los transportaban a sus viviendas y los cuidaban hasta el momento de su cosecha. La protección a los panales seguramente enseñó al meliponicultor sobre la necesidad de recursos florales y susceptibilidad a factores climatológicos.⁷

En una de las edificaciones de Cobá ("lugar de las abejas"), está representado "el dios descendente", asociado con el dios maya de las abejas *Ah Muzencab* (figura 3). Se creía en Cobá, vivía un tipo sobrenatural de abejas llamadas *mulzencab*, y eran ellas quienes le informaban a *Nohyumcab* ("gran dios de las colmenas") de todo lo que pasaba en la casa de las abejas. Los dioses *Nohyumcab* y *Ah Muzencab* tenían forma de abejas grandes que regían sobre todas las demás. *Ah Muzencab* era asimismo quien cargaba el cielo y su nombre significa "el que protege o cuida la miel".⁶



Fig 3. Estela en Cobá (Quintana Roo, México), en la que se muestra al dios *Ah-Muzencab*, dios maya de la abeja.

Los mayas utilizaron la miel como el recurso principal en la fabricación del "balché", bebida que se utilizaba en festividades religiosas y que incluía corteza del balché (*Lonchocarpus longistylus pittier*); la corteza del árbol se ponía a secar al sol y después se dejaba fermentar con agua por algunos días. Durante los meses de *Tzec* (noviembre) y *Mol* (diciembre), los meliponicultores mayas celebraban las fiestas dedicadas al dios *Ah-Muzencab* para asegurar el "flujo" de néctar, importante para lograr una buena cosecha.⁶

Para los aztecas, la miel y la cera eran artículos de comercio, construían colmenas con materiales orgánicos como el carrizo, hojas de palma tejidas o madera. En algunos casos se usaban ollas de barro pobladas por ejemplo por *Scaptotrigona mexicana* o *Plebeia mexicana* (figura 4).⁸

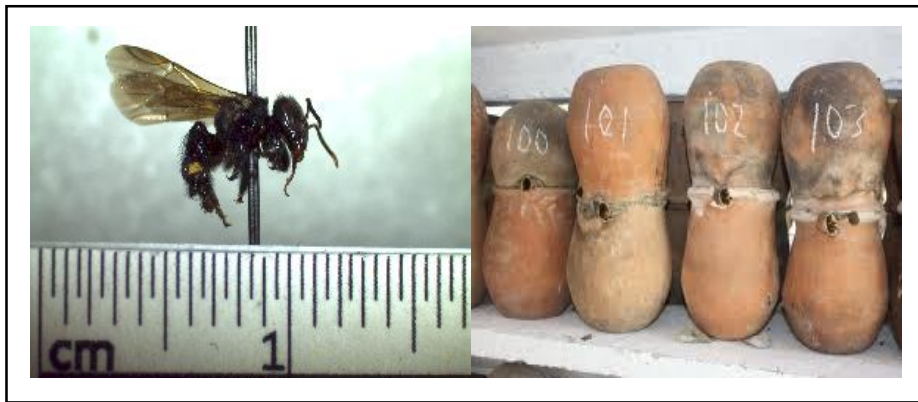


Fig 4. Del lado izquierdo, abeja nativa *Scaptotrigona mexicana*, nótese el color negro y el tamaño (inferior a 1 cm), del lado derecho nidos de esta abeja melipona, ubicados en ollas de barro.

En la cultura mexicana, los productos apícolas fueron muy apreciados. Durante el mes de festividades indígenas de "Panquetzaliztli" se modelaba una figura de *Huitzilopochtli* (dios solar), se hacía con semillas de amaranto y para amalgamar se mezclaba miel con sangre. El clímax de las festividades concluía con la repartición del cuerpo entre todo el pueblo; su ingestión representaba la comunión con la deidad y estrechaba el vínculo entre el hombre y sus creadores.⁹

La llegada a América de la abeja melífera no fue directa, se cree que las abejas europeas *Apis mellifera* (figura 5) se introdujeron primero en algunas islas del caribe a fines del siglo XVI.



Fig 5. Especies de abejas melíferas, de izquierda a derecha; *Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera adansonii* y *Apis mellifera scutellata*.

Los españoles en la época novohispana trajeron a México a la abeja europea por considerarla mejor productora, aunque en un principio su cultivo fue primitivo esta abeja enjambró pasando a una vida silvestre y propagándose por todo el país.

Posteriormente, con la introducción de la caña de azúcar y el desarrollo de las grandes haciendas azucareras de la Nueva España, la miel pasó a segundo lugar como producto y la necesidad de utilizarla como endulzante se redujo.

A mediados del siglo XIX, debido a la situación económica y política del país, la apicultura estuvo en un gran rezago.

La fácil adaptación de la abeja europea y la demanda del producto en el siglo XX fueron los factores principales que dieron origen a una industria de gran éxito. Para 1930 se menciona que los estados más representativos eran Yucatán, Veracruz y Puebla.

Al introducir instrumentos y aumentar la demanda de miel con fines de exportación, el auge de la apicultura se vio favorecida. Para la década de 1970, México era el segundo exportador de miel, después de China.

Actualmente, el mercado de la miel mexicana es esencialmente para exportación. La Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA), divide el país en cuatro principales zonas apícolas con base a sus características de clima, vegetación, volúmenes de producción y sistemas que se utilizan en la cría y explotación de abejas, éstas son: ⁶

ZONA NORTE. Baja California Norte y Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, y Aguascalientes. No se considera muy buena para la apicultura, pues tiene clima extremoso.

ZONA CENTRO. Guanajuato, Querétaro, Estado de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Distrito Federal. Se considera una zona regular, tiene buenos rendimientos por colmena.

ZONA DEL PACIFICO. Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit, y Sinaloa. El clima favorece la actividad apícola en gran medida.

ZONA SURESTE O PENINSULAR. Tabasco, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Es la mejor zona para la apicultura, con un gran número de productores.

Actualmente, México es uno de los diez principales productores y exportadores de miel a nivel mundial. Aunque la miel es un producto apto para mejorar los niveles alimenticios del país, su consumo es apenas de 300 g per cápita, cantidad muy baja si se compara con la de Alemania, que es de 1.20 Kg per cápita.¹⁰

3.3 La abeja melífera^{4,6}

La abeja europea (*Apis mellifera*), también conocida como abeja doméstica, es una especie de himenóptero de la familia Apidae; con una mayor adaptación es la principal productora de miel en el mundo. Originaria de Europa y África, fue introducida posteriormente en América y Oceanía. Son insectos sociales con tres diferentes tipos de individuos en la colonia; abeja reina, obrera y zángano.

La abeja reina es la única hembra fértil y deposita los huevos de los cuales nacerán todas las demás abejas. La abeja reina solamente sale de la colmena

durante los vuelos de fecundación, así como cuando se produce un enjambre para dar lugar a una nueva colonia. La reina deposita los huevos en las celdas de cera que construyen las obreras en forma hexagonal (figura 6).



Fig 6. Abeja reina (al centro) rodeada de su “corte”; abejas obreras encargadas de alimentar a las larvas.

Las abejas obreras son hembras infértiles, estas segregan la cera utilizada para construir los panales además de limpiar la colonia, criar a las larvas, vigilar el panal así como recolectar el polen y néctar para la producción de miel. Los zánganos son las abejas macho de la colonia, estos no recolectan néctar ni polen. El principal propósito de los zánganos es fertilizar a la nueva reina. Se tiene registro de más de 80 especies de abejas melíferas.

Actualmente se continúan los estudios de comportamiento, reproducción, estados larvarios, desarrollo, reproducción, comunicación y demás características de las abejas melíferas.

3.4 Tipos de miel¹¹

Por su obtención y características, la miel de abejas melíferas recibe las siguientes denominaciones:

-*Miel en panal o en secciones*: cuando se presenta en los panales naturales no desoperculados (opérculo: capa de cera que las abejas colocan a las celdas llenas de miel); generalmente este tipo de miel se vende a granel y en las localidades de poblados apicultores.

-*Miel virgen o miel de gota*: el producto que fluye espontáneamente de los panales al romperlos.

-*Miel cruda*: el producto extraído del panal por medios mecánicos.

-*Miel cruda centrifugada*: el producto obtenido exclusivamente por centrifugación en frío.

-*Miel gomosa*: el producto obtenido por presión en caliente.

-*Miel sobrecalentada o desenzimada*: la que se ha sometido a la acción de temperaturas superiores a 70°C.

Miel batida: La obtenida por golpeo en los panales.

Miles aromáticas: con las denominaciones que respondan al aroma natural, como por ejemplo a flor de naranjo.

Según la época de la producción, se diferencia entre miel de primavera, principal y tardía en sitios donde son posibles tres cosechas al año (como Yucatán).

-*Miel de primavera*: es producida hasta finales de mayo.

-*Miel principal*: producida en julio y junio.

-*Miel tardía*: producida en agosto y septiembre.

En otros lugares se habla sólo de miel de primavera y miel de otoño.

De acuerdo con el origen vegetal, se diferencia entre miel de flores y miel de rocío (mielada).

-*Miel de flores* (miel de brezo, tilo, acacia, trébol, romero, esparceta, colza, alforfón, árboles frutales etc.). En estado fresco, es un líquido translúcido y espeso que paulatinamente va concentrándose hasta cristalizar. La miel de esta clase generalmente tiene un color amarillo claro, por ejemplo, la miel de arce es amarilla clara, la de brezo rojiza, la de trébol entre amarilla clara

y rojiza, y la miel de pradera entre amarilla y castaña. La miel de flores tiene un sabor típico, que depende de la época de producción, es dulce y aromática.

-*Miel de rocío* o *mielada* (miel de abeto, aguacate y otros árboles). Se solidifica con dificultad. Suele ser menos dulce y no es raro que tenga olores y sabores resinosos. El color de esta miel suele ser oscuro, del rojizo al café.

3.5 Elaboración

La miel es elaborada por las abejas melíferas, que toman el néctar u otros jugos dulces de las plantas y les añaden sustancias propias de su organismo; esta mezcla es modificada y secretada sobre panales.

La elaboración inicia una vez recolectado de las flores, el néctar y el rocío dulce en la vesícula melífica, esta es una pequeña bolsa que tienen las abejas separadas del aparato digestivo, donde se mezclan con enzimas (invertasas) procedentes de las glándulas salivales. El néctar está formado básicamente por una disolución de sacarosa y otros azúcares. Una vez recolectado el néctar, es regurgitado pasándolo a otras obreras (agregando más enzimas), las cuales finalmente lo depositan en las celdillas de almacenamiento.

Estas enzimas iniciarán el proceso de transformación del néctar a miel.¹¹ Los cambios en las celdas consisten, en una deshidratación por evaporación de agua debido a una enérgica ventilación dentro de la colonia (gracias al aleteo de las abejas) y de una hidrólisis enzimática.

Cuando la humedad de la masa de la miel ha disminuido aproximadamente hasta un 16-20%, se cierran las celdillas con una película de cera (opérculo). Aquí la miel experimenta ulteriores transformaciones, sobre todo cambios de conformación de los azúcares. Estas transformaciones se conocen como maduración y son los cambios fisicoquímicos en la miel; por ejemplo, los que ocurren con la sacarosa, esta se hidroliza en fructosa y glucosa por acción de la enzima invertasa. Los tiempos de maduración son establecidos generalmente por

el apicultor, que necesita conocerla para extraerla del panal en óptimas condiciones y con el grado correcto de humedad.

3.6 Composición de la miel

La miel es un producto que varía en su composición debido a la flora de origen y zona de pecoreo de las abejas. Se trata esencialmente de una disolución acuosa concentrada de azúcares, que contiene además de una mezcla compleja de hidratos de carbono, diversas enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, sustancias aromáticas, pigmentos, cera y granos de polen.¹¹

3.6.1 Agua

La humedad de la miel está por lo general debajo del 20%.¹¹ Cuando el contenido de agua supera el 18% puede fermentar debido a que la concentración de los azúcares ya no es suficiente para impedir la multiplicación de las levaduras, que se desarrollan activamente a temperaturas comprendidas entre 15 y 25°C.

El contenido de agua es una de las características más importantes porque influye en el peso específico, viscosidad, sabor, entre otros.

3.6.2 Carbohidratos (Glúcidos)

Los azúcares representan el contenido mayoritario en la miel, varían aproximadamente del 60 al 80 % de su composición. Los principales son la fructosa (38%), glucosa (31%) y sacarosa (5%), aunque estos parámetros varían considerablemente entre una miel y otra. También se han identificado más de 20 oligosacáridos, tales como maltosa. El contenido de sacarosa oscila de acuerdo con el grado de maduración de la miel y por lo general es inferior al 5%.¹¹ La sacarosa es importante con fines de estándares de calidad, ya que un máximo de 5% es permitido por la mayoría de los países. Mielles con más del 8% de sacarosa, están asociadas a la adulteración por adición de esta (como azúcar de mesa) y es penalizable por ley. Sin embargo, debido a que se trata de un producto

natural, no necesariamente se trata de una adulteración, sino de las características de cada miel, o bien, que fueron cosechadas antes de los adecuados tiempos de maduración.

La composición de la fracción glúcida es determinada por las plantas a partir de las cuales se elaboró la miel, así como de las influencias regionales y estacionales. Cuando la miel acaba de ser extraída de los panales, las transformaciones aún están en acción y continúan manifestándose en tanto las enzimas permanezcan activas.¹²

Conforme se incrementa el tiempo de almacenamiento, las proporciones de azúcares van cambiando, a mayor tiempo mayor será la proporción de monosacáridos. Este aumento viene como resultado de dos mecanismos; la actividad enzimática y la inversión ácida de los disacáridos.¹³

3.6.3 Proteínas

Existen pequeñas cantidades de proteínas en la miel, al igual que todos sus constituyentes, la concentración varía entre los diferentes tipos de miel. Las proteínas proceden del material vegetal y de las abejas. Las mieles de prensado, actualmente poco comunes, son más ricas en sustancias nitrogenadas. El contenido proteico de las mieles centrifugadas es de casi el 0.04 al 2 % de proteínas.¹⁴

3.6.4 Enzimas

Las enzimas en la miel son agregadas casi en su totalidad por las abejas; las principales son:

Invertasa: esta enzima es producida por las glándulas faríngeas de la abeja melífera, cuya secreción se añade al néctar recolectado por las abejas. Con la enzima invertasa se pueden detectar daños causados a la miel por calentamiento (inactivación y/o desnaturalización).¹⁵ La invertasa transforma la sacarosa en fructosa y glucosa. Las mieles que se extraen sin esperar los adecuados tiempos de maduración presentan mayores contenidos de sacarosa.

Glucosa oxidasa: esta enzima también es agregada por las abejas al néctar, la enzima oxida a la glucosa en pequeñas cantidades a gluconolactona.¹⁶

Otras enzimas: *amilasas* y *catalasas*, de las cuales aún se sabe poco en cuanto a su efecto y contenido en las mieles.

3.6.5 Aminoácidos

El contenido de aminoácidos en la miel es bajo, la lisina es el que se encuentra en mayor proporción seguido por la prolina, arginina, glicina, cistina, entre otros. Los aminoácidos se encuentran en cantidades aproximadas de 100 mg/ 100 g de extracto seco.

3.6.6 Ácidos

El ácido principal de la miel es el glucónico, se forma a partir de la glucosa mediante fermentación aeróbica causada por las enzimas de ciertas bacterias (*Acetobacter*) y algunos mohos (*Aspergillus*). En pequeñas cantidades están presentes otros ácidos, como el acético, cítrico, succínico, fórmico, málico, maléico y oxálico.¹⁰ El hecho de que la acidez sea casi imperceptible hace su sabor agradable. Una miel con una acidez elevada puede considerarse que fermentó en un momento dado y el alcohol fue convertido a ácido acético por acción bacteriana (*acetobacterias*).

3.6.7 Minerales

El contenido de minerales varía notablemente con relación al origen botánico y las condiciones edáfico-climáticas. Del contenido de oligoelementos el dominante es el potasio, seguido de calcio, sodio, magnesio, hierro, entre otros.¹⁴

3.6.8 Sustancias aromáticas

En la miel se han aislado ésteres de ácidos alifáticos y aromáticos, aldehídos, cetonas y alcoholes¹⁰.

TABLA 1. Composición aproximada. Contenidos medios de nutrientes y energía por 100 g de producto, para mieles de *Apis mellifera*.^{3,14,17}

COMPONENTES	EN 100 GRAMOS DE MIEL
Energía	300 Kcal
Carbohidratos	60-82g
Proteínas	0.4-2.0 g
Grasas	0 g
Agua	17-20 g
Potasio	50 mg
Calcio	20 mg
Sodio	5 mg
Magnesio	3 mg
Hierro	0.8 mg
Ácido ascórbico	4 µg
Niacina	0.2 µg
Riboflavina	0.07 µg
Tiamina	0.01 µg

En la siguiente tabla se muestran los contenidos aproximados de los azúcares presentes en la miel, los carbohidratos mayoritarios así como los glúcidos presentes en menor porcentaje.

TABLA 2. Azúcares en miel de *Apis mellifera*.^{3,17}

Carbohidrato	Contenido (%)
Fructosa	27-45
Glucosa	22-42
Sacarosa	0.3-8
Otros	0.1-28

Del porcentaje de otros carbohidratos encontramos azúcares como la maltosa, isomaltosa, erlosa, panosa, entre otros. Los contenidos de los azúcares minoritarios varían entre cada muestra y no se cuenta con suficiente información o estudios acerca de los porcentajes de este tipo de glúcidos.

TABLA 3. Otros Carbohidratos presentes en la miel de *Apis mellifera*.^{3,10}

Carbohidrato	
Oligosacáridos	Maltosa
	Kojibiosa
	Isomaltotetrosa
	Isomaltopentosa
Disacáridos	Turanosa
	Isomaltosa
	Maltulosa
	Nigerosa
	Trehalosa
	Gentiobiosa
Trisacáridos	Erlosa
	Panosa
	Maltotriosa
	Isopanosa
	Gentiosa

3.7 Color de la miel

Es la primera cualidad que se puede percibir. Cada miel tiene un color distintivo el cual depende de su origen floral, el color habla también de la frescura y almacenamiento. Se puede alterar si se expone al calor, cuando envejece, o si se guarda en envases no adecuados.¹⁸

El color de la miel se mide con el colorímetro de Pfund utilizando una escala que va de 0 a 140 milímetros¹⁹, con la que se clasifican las diferentes tonalidades, la gama de colores inicia en el blanco agua para llegar al ámbar oscuro, cercano al del azúcar caramelizada. En general las mieles claras son suaves y más bien florales, mientras que las oscuras tienen sabores intensos (mieles de bosque o rocío).

Figura 7. Escala del color de la miel.



3.8 La cristalización

Es un fenómeno natural que sufre la miel, ya que se trata de una disolución sobresaturada de azúcares. Que una miel cristalice no está relacionado con la pérdida de la calidad. El tiempo que tarda en cristalizar depende de varios factores y puede ocurrir tanto en algunos días como en años. Los factores que influyen son la humedad y la concentración de azúcares. Una miel cristalizada es garantía de conservación de sus propiedades alimenticias, además nos indica que no ha sufrido un proceso de calentamiento que la haya degradado, haciéndole perder su frescura o una disminución de la calidad, sin embargo faltan estudios fisicoquímicos para conocer más a fondo este proceso en la miel.

3.9 Calentamiento de la miel

Calentar la miel para ser envasada no es absolutamente necesario. Cuando se calienta la miel ocurren varias cosas; se oscurece y se propicia o aumenta el contenido de hidroximetilfurfural (HMF) así como una disminución en el contenido enzimático (diastasa e invertasa) y desde luego, de vitaminas y otros compuestos orgánicos lábiles.²⁰ La presencia de HMF en cantidades mayores al valor promedio estándar internacional es indicación de una miel de calidad inferior. El efecto del calor es acumulativo; aún las recomendaciones en el etiquetado de ciertas mieles, como la de calentarla por algunos minutos, aumenta el contenido de HMF. Si hay que calentar la miel, será a la menor temperatura posible y por la menor cantidad de tiempo. Una miel con un contenido de diastasa e invertasa bajo

y niveles por encima del permitido de HMF se consideran como un producto de menor calidad.

3.10 Almacenamiento

Las mieles deben almacenarse a temperaturas que oscilen entre los 10 y 25 °C. La miel (de humedad por debajo del 20%) es el único alimento que no necesita conservantes y a su vez actúa como conservador de otros. Un almacenamiento prolongado bajo condiciones inadecuadas afecta a la calidad de la miel. Los factores más importantes a considerar en el almacenamiento son: fermentación y temperaturas elevadas, ya que por ejemplo el contenido de hidroximetilfurfural aumenta de acuerdo con la temperatura y el tiempo.²¹

3.11 Pasteurización en la miel

Es un procedimiento de calentamiento y enfriamiento que se hace a la miel para que no cristalice y tenga una presencia siempre líquida. Este rompe los cristales primarios de los azúcares impidiendo que sean la semilla de la cristalización natural.

La pasteurización mata las levaduras, destruye los cristales, un porcentaje elevado de la invertasa y vitaminas, modifica los azúcares y provoca la formación de HMF, sustancia característica de las mieles calentadas o viejas.

3.12 Usos y propiedades de la miel

Efectos farmacológicos: Ha sido utilizada en la medicina desde tiempos antiguos, una de las áreas donde más se habla sobre los beneficios de la miel es en el tratamiento de quemaduras y propiedades de cicatrización (aplicación tópica).²² La viscosidad de la miel es una barrera excelente contra microorganismos.

Tiene efectos sedantes sobre el sistema nervioso alterado, ayuda en algunos casos de depresión ligera e insomnio. Tiene propiedades diuréticas y favorece la digestión por su contenido enzimático.²³

Como vehículo de jarabes: Es frecuente el uso de miel de abeja a manera de vehículo para la elaboración de jarabes y suplementos alimenticios auxiliares en el tratamiento de padecimientos respiratorios.

Uso cosmético: Sus propiedades cicatrizantes y humectantes la convierten en un excelente ingrediente de pomadas y ungüentos para la piel. Diluida en leche tibia se aplica en el rostro y el cuerpo; mezclada con unas gotas de aceite de almendras para cutis seco o jugo de limón para cutis graso. Combinada con glicerina ayuda a aliviar irritaciones y quemaduras causadas por la insolación.^{24, 25}

En dulces y golosinas: La miel se emplea tradicionalmente como edulcorante en dulces y golosinas típicas mexicanas, como son las alegrías de amaranto, obleas y palanquetas.

Sobre el polen faltan estudios, en la mayoría de los casos se desconoce desde el punto de vista palinológico los orígenes botánicos y geográficos de la miel.²⁶

3.13 Inversión de la sacarosa (azúcar invertido)

La sacarosa, también llamada azúcar de mesa, es un disacárido formado por una molécula de glucosa y otra de fructosa. Su nombre químico es alfa-D-glucopiranosil(1->2)-beta-D-fructofuranósido y su fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$. Es un disacárido que no tiene poder reductor sobre el reactivo de Fehling y es el edulcorante más utilizado en los alimentos.²⁷

Los carbonos de sus dos unidades monosacáridas se unen entre sí covalentemente mediante un enlace glucosídico. Por esta razón, la sacarosa no es un azúcar reductor y tampoco posee un extremo reductor, dicho enlace es dicarbonílico.²⁸

La enzima encargada de romper el enlace es la sacarasa, conocida como invertasa, esta enzima convierte la sacarosa en glucosa y fructosa. Está presente en el intestino delgado y su ausencia provoca una enfermedad denominada intolerancia a la sacarosa, es de difícil diagnóstico y se confunde con la intolerancia a la lactosa.

La Norma Mexicana de Miel establece 5% de sacarosa como contenido máximo. Es posible realizar su determinación mediante la hidrólisis y posterior valoración (azúcares reductores totales). Es decir, la sacarosa no tiene poder reductor sobre el reactivo de Fehling pero sí lo tienen los monosacáridos constituyentes.

En alimentos, la sacarosa hidrolizada es uno de los ingredientes más solicitados en recetas de repostería, panadería, confitería y jarabes; es más dulce que la sacarosa y ayuda a mantener la humedad de los productos en los que se aplica.¹⁰

3.14 Formación de hidroximetilfurfural (HMF)

El 5-hidroximetilfurfural es un compuesto heterocíclico de tipo furano con un grupo carbonílico, formado durante la descomposición térmica de los glúcidos(figura 8).

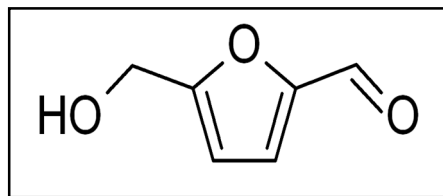


Fig.8 Estructura del HMF.

Los productos azucarados son sensibles al calor y pueden deteriorarse durante el almacenamiento. La miel como producto azucarado, es susceptible a estas transformaciones que afectan sus propiedades organolépticas.²⁹

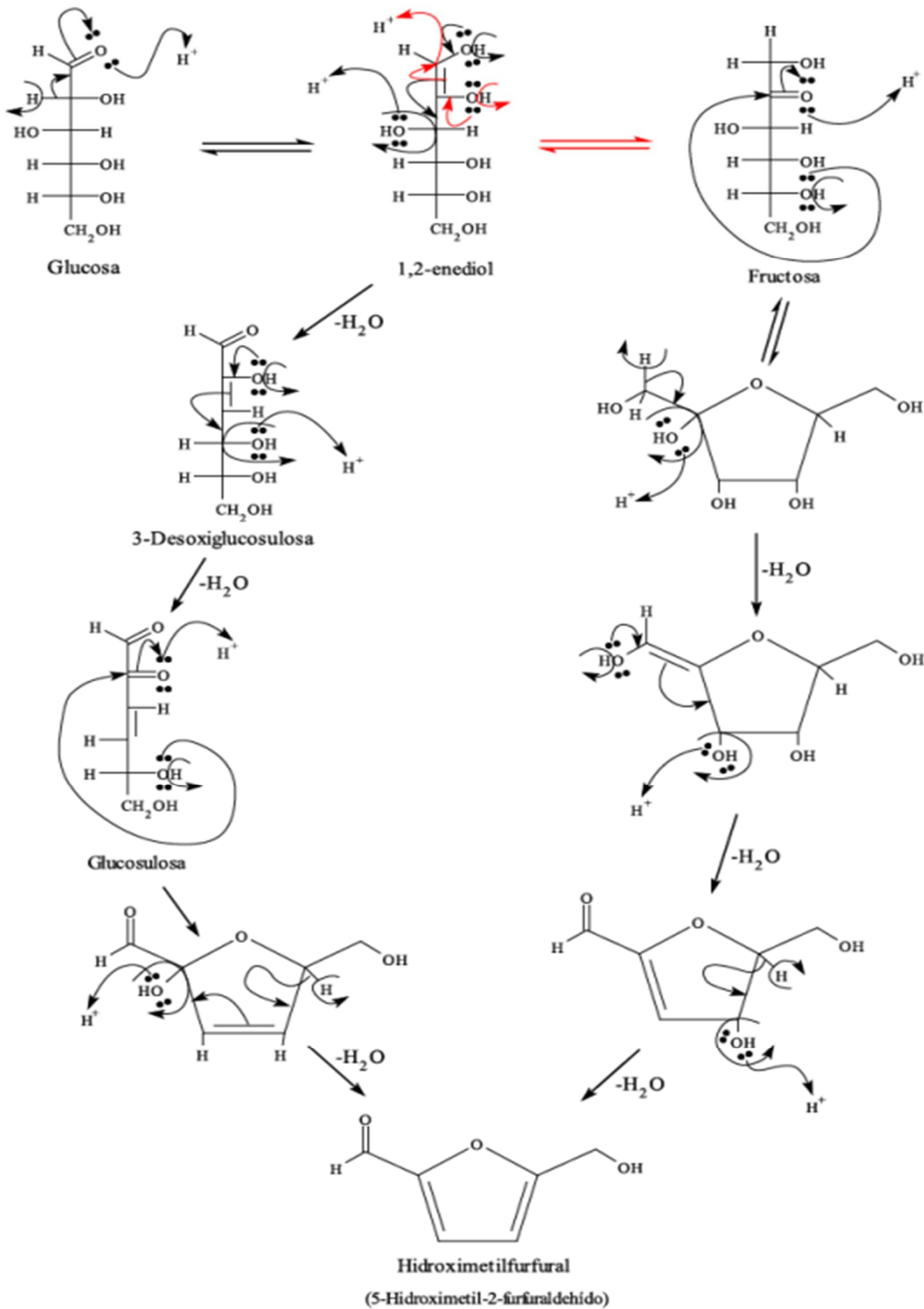
Si la miel se expone a ciertas condiciones de temperatura y tiempo, tanto la glucosa como fructosa pueden oxidarse para formar un compuesto sin valor nutricional, el HMF. Es por ello que una miel con niveles elevados de este compuesto se considera un alimento que ya no conserva sus propiedades naturales, además de disminuir su calidad nutricional, por lo que este se considera como un criterio determinante de calidad.³⁰

La cantidad de aumenta según la temperatura y el tiempo al que los alimentos estén expuestos.³¹ El HMF se forma también durante la reacción de Maillard la

cual es evidente en el pardeamiento físico de los alimentos. Se encuentra en alimentos que contengan glúcidos tales como la miel, jugos, pan, leche, galletas, bebidas alcohólicas entre otros. El café y los frutos deshidratados son los que reportan el mayor contenido de HMF.³² Los procesos térmicos como la pasteurización, ultrapasteurización, destilación y el horneado, favorecen la producción de este compuesto.³³

La Norma Mexicana de Miel (NMX-F-036 NORMEX 2006) establece 40 ppm como contenido máximo para mieles de hasta seis meses de haber sido cosechada y 80 ppm como contenido máximo para mieles después de 6 meses de su cosecha.

Mecanismo de formación del HMF





HOJA DEL CÓDICE DRESDEN.

En el aparece la representación del dios Ah Muzencab, dios descendente identificado con las abejas

4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1 Material y equipo de laboratorio

- Parrilla de agitación y calentamiento “Corning”.
- Milivoltímetro “Tacussel” S6N.
- Refractómetro “Atago N-3E”.
- Balanza analítica Mettler AE240
- pH metro “713 Metrohm”.
- Conductímetro “644 Metrohm”.
- Polarógrafo “797 VA COMPUTRACE de la marca METROHM”.
- Glucómetro “Accu Check” de la marca ROCHE
- Termómetro de -10 °C a 110 °C Brannan.
- Electrodo de trabajo: de gota de mercurio, de platino, calomel y de cobre.

Material de laboratorio de uso común: instrumentos volumétricos, micropipetas, vasos de precipitados, soporte universal, pinzas, agitadores magnéticos, tubos de ensayo, vidrios de reloj, material graduado, matraces, papel filtro, etc.

Tabla 4. Reactivos

REACTIVO	PUREZA	MARCA COMERCIAL
Sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	R.A. (99.5%)	J.T. BAKER
Tartrato de sodio y potasio	R.A.	J.T. BAKER
Azul de metileno	R.A.	G:T: Gury
Hidroximetilfurfuraldehído (HMF)	R.A.	SIGMA
Fructosa	R.A. (99%)	SIGMA-ALDRICH
Cloruro de Calcio	R.A.	Mallinckrodt
Solución buffer pH=10 (ácido bórico/cloruro de potasio-hidróxido de sodio)	R.A.	MERCK
Fructosa	R.A.	SIGMA-ALDRICH
Glucosa	R.A.	SIGMA-ALDRICH

4.2 Muestras

Las mieles mexicanas analizadas fueron proporcionadas por apicultores del Estado de Michoacán y pertenecen a un proyecto de la Universidad de Chapingo, no presentan etiquetado ni tabla de información nutrimental. Son mieles de colonias de abejas que pecorean primordialmente flores a campo abierto (“mil flores”) en las zonas circundantes al lago de Pátzcuaro.

Las mieles extranjeras fueron envasadas y etiquetadas comercialmente, la muestra española no presentó tabla de información nutrimental. La etiqueta de la miel italiana presentó relieves para lectura en braille.

Tabla 5. Muestras analizadas.

Muestra	Información	Descripción de la muestra
1	Miel francesa “ <i>Lune de miel</i> ”(miel de montagne, cosecha 2009)	Estado físico: líquido Color: ámbar Olor: intenso, característico
2	Miel japonesa (Yame City) cosecha 2009	Estado físico: líquido Color: ámbar claro Olor: intenso característico
3	Miel española “ <i>Gilso</i> ” (Zaragoza, cosecha 2010)	Estado físico: líquido, con algunos cristales Color: ámbar Olor: intenso, característico
4	Miel italiana “ <i>Mielizia</i> ”, <i>Miele di Arancio</i> (Sicilia y Calabria, cosecha 2007)	Estado físico: líquido espeso, ligeramente cristalizada. Color: blanco Olor: notas a naranja
5	Miel canadiense (verano 2009)	Estado físico: ligeramente cristalizada. Color: ámbar claro Olor: ligero y característico
6	Miel michoacana Mich-L-40 (primavera 2010)	Estado físico: Líquido, ligeramente cristalizada. Color: ámbar. Olor: intenso, característico

Parte experimental

7	Miel mexicana Mich-L-42 (primavera 2010)	Estado físico: líquido, ligeramente cristalizada. Color: ámbar claro Olor: muy ligero y característico.
8	Miel mexicana Mich-L-46 (primavera 2010)	Estado físico: líquido, ligeramente cristalizada Color: ámbar Olor: intenso y característico
9	Miel mexicana Mich-L-48 (primavera 2010)	Estado físico: líquido, ligeramente cristalizada Color: ámbar. Olor: intenso, se perciben notas a polen.
10	Miel mexicana Mich-L-50 (primavera 2010)	Estado físico: líquido, ligeramente cristalizada Color: ámbar Olor: intenso, característico
11	Miel mexicana Mich-L52p (primavera 2010)	Estado físico: líquido, ligeramente cristalizada Color: ámbar Olor: intenso, característico
12	Miel mexicana Mich-L-54 (primavera 2010)	Estado físico: líquido, ligeramente cristalizada Color: extra blanco Olor: Intenso, característico

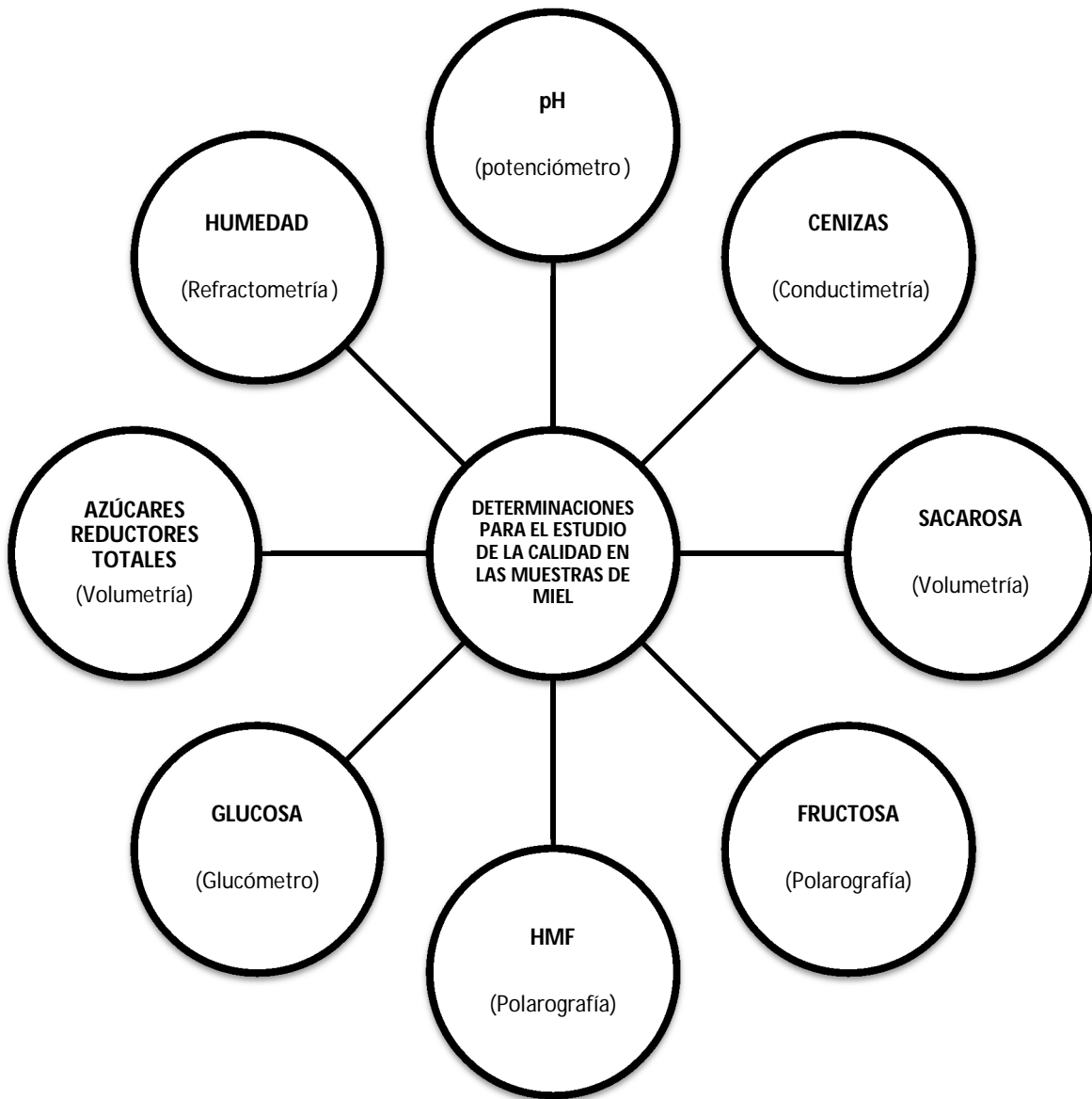
Figura 9. Muestras de miel analizadas en este estudio.



Muestra	País
1	Francia
2	Japón
3	España
4	Italia
5	Canadá
6	México
7	México
8	México
9	México
10	México
11	México
12	México

4.3 Metodología

Diagrama de las metodologías para el estudio de la calidad de las muestras de miel.



4.3.1 Determinación de humedad

La humedad en alimentos se realiza según lo establecido en la NOM-116-SSA1-1994, basada en un método gravimétrico, a diferencia, la Norma Mexicana para Miel NMX-F-036 NORMEX 2006 establece que el cálculo de humedad se puede realizar mediante el método refractométrico de Wedmore.

Se realiza utilizando un refractómetro a temperatura constante (20°C), colocando unas gotas de miel en el prisma, se enfoca y se lee la escala mediante el ocular, esta escala esta dada en grados Brix.

Si la determinación se hace a una temperatura diferente de 20°C , se debe corregir la lectura a la temperatura patrón, para refractómetros calibrados a 20°C se aplican los siguientes factores de corrección:

Para temperaturas superiores a 20°C , sumar 0.00023 por cada $^{\circ}\text{C}$.

Para temperaturas inferiores a 20°C , restar 0.0023 por cada $^{\circ}\text{C}$

En la miel, es posible relacionar el contenido de azúcares con la humedad, las lecturas de los grados Brix están dadas en porcentaje y por diferencia se calcula el contenido de azúcares presentes en la miel, se sustrae a 100 % la lectura obtenida (previamente corregida) y el resultado se expresa como porcentaje de humedad. Es posible hacer esta relación debido a que la miel se trata de una disolución concentrada de azúcares, en la cual el bajo contenido proteico y nulo graso, no influyen de manera significativa sobre el índice de refracción.

Se utilizan pequeños refractómetros de bolsillo, en un extremo se encuentra un prisma provisto de una bisagra y en el otro un ocular que podrá enfocarse en una escala (figura 10).



Fig. 10. Refractómetro empleado en este estudio marca ATAGO modelo N-3E.

Las lecturas en este trabajo se tomaron a 20° C por lo que no fueron necesarios los factores de corrección. En México la Norma establece 20% de humedad como contenido máximo.

4.3.2 Determinación de pH

Esta se hizo con diluciones de miel de concentraciones $0.1\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Calibrado el potenciómetro con las disoluciones amortiguadoras de $\text{pH}= 4$ y $\text{pH}=7$ se lee el valor en el equipo.

Con la finalidad de evitar fermentaciones, fue importante medir el pH en el momento en que las diluciones fueron preparadas. Al agregar agua a la miel se favorece el desarrollo de microorganismos, que pueden fermentar los azúcares y modificar el pH de la miel.³⁴

4.3.3 Determinación de cenizas

La norma establece que el contenido de cenizas se determina mediante el método gravimétrico, actualmente existen trabajos en los que se propone que esta determinación puede remplazarse al relacionar la conductividad eléctrica de la miel con los compuestos inorgánicos. Sin embargo el cálculo de cenizas por conductividad eléctrica puede considerarse como una determinación en transición, ya que el método gravimétrico sigue siendo el aceptado.

La conductividad eléctrica en miel es la medida de la cantidad de minerales, los ácidos orgánicos pueden considerarse conductores eléctricos secundarios. Si se

considera como un conductor eléctrico y se sabe que es una medida de su contenido en minerales, se puede establecer una relación entre la conductividad eléctrica y el contenido de sustancias minerales de la miel. Las cenizas en medio acuoso se transforman en iones capaces de conducir electricidad.

El contenido de sustancias minerales en la miel, se determinó en forma indirecta sobre la base de la conductividad eléctrica, se calculó a partir de la conductancia de la disolución de miel. Se midió el valor de la conductividad específica en $mS \cdot cm^{-1}$ y se relacionó directamente el porcentaje de cenizas con la expresión matemática propuesta por *Vorwohl G*³⁵ y *Piazza M et.al.*³⁶

Para la determinación de cenizas se usó la misma disolución que para pH, concentraciones de $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. A cada una de las muestras se les midió la conductancia a temperatura ambiente. Para obtener la conductancia de la miel, se sustrajo el valor de la conductancia del agua empleada (agua desionizada), se multiplicó por la constante de celda y se pasaron estos valores a miliSiemens. La cantidad de sólidos presentes se evaluó a partir de las medidas conductimétricas con esta ecuación:

$$X = (0.14) + (1.74) (A)$$

Donde X es la conductividad específica en $en \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ y A es el contenido de cenizas en $\text{g}/100\text{g}$ de miel.

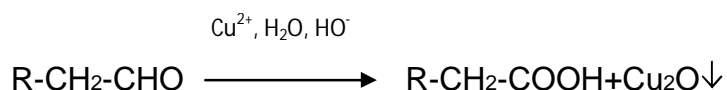
$$A = \left(\frac{\text{Conductividad específica (expresada en } mS \cdot cm^{-1}) - 0.14}{1.74} \right) = \% \text{ Cenizas}$$

4.3.4 Determinación de azúcares reductores (Reacción de Fehling)

El método de Fehling, es el análisis para azúcares reductores especificado en la Norma Mexicana de Miel, utilizando la modificación del procedimiento de *Lane* y *Eynon*.³⁷

Es una valoración redox que se basa en el carácter reductor de los monosacáridos. Este método consiste en valorar el cobre (II) presente en la disolución A del reactivo de Fehling, en medio alcalino (reactivo B de Fehling) a temperaturas de ebullición con una disolución de azúcares reductores.

Si el glúcido que se investiga es reductor, se oxidará dando lugar a la reducción del sulfato de cobre (II), de color azul, a óxido de cobre (I), de color rojo-“ladrillo”. De manera general el reactivo de Fehling se utiliza para identificar grupos aldehído en un compuesto, la reacción es la siguiente:



En un vaso de precipitados se mezclaron 5.0 mL del reactivo A de Fehling (CuSO_4 0.2616 M) y 5.0 mL del reactivo B de Fehling (tartrato de sodio-potasio y NaOH).

Se colocó el vaso de p.p. sobre una parrilla de calentamiento con agitación y se controló la temperatura con ayuda de un termómetro (esta debía oscilar entre los 91 y 93 °C).

Se preparó una disolución con 0.5 g de miel llevados a un aforo de 200.0 mL con agua destilada. De esta se llenó una bureta de 25.0 mL y cuando se alcanzaron temperaturas de ebullición, se comenzó la titulación del Cu (II) con la disolución de miel. Tradicionalmente el punto de equivalencia se determina por el vire del indicador azul de metileno; en este trabajo se empleó simultáneamente un sistema potenciométrico (con un electrodo de cobre como indicador) y el punto de equivalencia se determinó con más seguridad y precisión por el cambio de potencial. Con el gasto al vire se calculó el porcentaje de azúcares reductores.

Esta determinación es fundamental, pues de ella depende conocer el contenido de azúcares con poder reductor (fructosa y glucosa).

4.3.5 Determinación de sacarosa

La sacarosa es un disacárido compuesto por una molécula de fructosa y una de glucosa unidas por un enlace glucosídico, esta no tiene poder reductor sobre el reactivo de Fehling. Al hidrolizar la molécula de sacarosa se rompe en los dos carbohidratos con poder reductor.

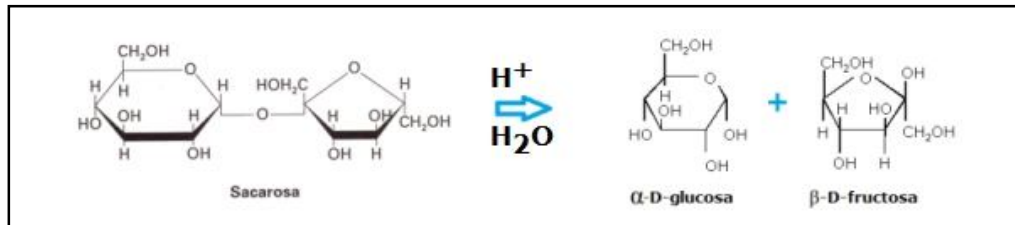


Fig. 11 Hidrólisis de la sacarosa

Este proceso también se conoce como inversión de la sacarosa y tiene interés desde el punto de vista alimentario, ya que la sacarosa hidrolizada o azúcar invertido tiene mayor poder edulcorante.

En la miel, el contenido de este carbohidrato varía, siendo 5% el valor máximo permitido en la Norma. Sin embargo existen mieles que se encuentran por encima de este porcentaje sin representar una adulteración o pérdida de la calidad.

Es posible hidrolizar la sacarosa por ácidos diluidos o por enzimas como la invertasa. La formación de glucosa y fructosa será proporcional al contenido de sacarosa. El método empleado fue por hidrólisis ácida.

El contenido de sacarosa se determinó mediante la valoración de Fehling; se hidrolizaron las diluciones de miel agregando ácido diluido. Se calculó como la diferencia entre los azúcares reductores y los azúcares reductores después su inversión.

En la hidrólisis enzimática, la sacarosa se trata con la enzima invertasa conocida como sacarasa. Esta enzima se encuentra de manera natural en la miel, por lo que el contenido de sacarosa varía de forma natural, estos cambios ocurren principalmente durante su almacenamiento en las celdillas del panal (maduración).

4.3.6 Determinación de glucosa

La glucosa es un monosacárido presente en la miel, de fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$, es una hexosa al tener 6 átomos de carbono y una aldosa al poseer un grupo carbonilo en el extremo de la molécula. Esta aldohexosa, también llamada dextrosa se encuentra libre en las frutas y en la miel.

La glucosa es el compuesto orgánico más abundante de la naturaleza, es la fuente primaria de síntesis de energía de las células mediante su oxidación catabólica y es el componente principal de polímeros de importancia estructural como la celulosa y de polímeros de almacenamiento energético como el almidón y el glucógeno.

Los almidones de maíz, papa y trigo son las principales materias primas para la obtención de glucosa, se realiza enzimáticamente con α amilasas y amilogucosidasa microbiana. La enzima, obtenida de *Aspergillus niger*, actúa a pH 4.5 y 60 °C, proporcionando hidrolizados con el 94-96% de glucosa, el cual una vez purificado se concentra y se cristaliza.³⁸

En este trabajo se determinó la glucosa mediante un glucómetro y empleando una curva de calibrado. A partir de disoluciones patrón con concentración conocida de glucosa, se trazó la curva y con la ecuación de la recta se pudo conocer los valores de glucosa en las muestras de miel. El dispositivo utilizado es el modelo Accu Check de la marca Roche y es empleado comúnmente como medidor de glucosa en sangre. Este instrumento se basa en la medición de la refracción de la luz reflejada desde el reactivo después de una reacción de oxidación de la enzima glucosa oxidasa. El resultado es un compuesto colorido proporcional al contenido de glucosa.

Para la determinación de glucosa en miel es posible usar este instrumento con concentraciones de miel de 10^{-1} g/mL. El equipo tiene un intervalo de medición de 10 a 600 mg/dL de glucosa y emplea tiras reactivas impregnadas de la enzima glucosa oxidasa.

4.3.7 Determinación de fructosa

Para el cálculo de este azúcar se utilizó la electroquímica analítica y el método de adiciones patrón. Se sabe que la molécula de fructosa tiene propiedades redox, por lo que fue posible cuantificarla mediante polarografía, esta es una medida voltamperométrica que tiene por objeto la obtención e interpretación de curvas de intensidad de corriente en función de un potencial.

Se prepararon de cada muestra disoluciones de 10 g de miel y con agua desionizada se llevaron a un aforo de 25.0 mL. Para los patrones de fructosa (concentración aproximada 0.02 M) se utilizó el reactivo analítico "Sigma-Aldrich". Como electrolito soporte se utilizaron 10.0 mL de CaCl_2 1 M. También se puede usar KNO_3 1M, LiClO_4 1M, HNO_3 0.5M, HCl 0.5 M, NH_3 / NH_4NO_3 1M y H_2SO_4 0.5M debido a que son los medios que mayor distancia (campo de estudio) entre la barrera catódica y señal de reducción de fructosa presentaron.

A continuación se describe el procedimiento:

En la celda electrolítica del equipo polarográfico (797 VA COMPUTRACE de la marca METROHM) se colocaron 10.0 mL del electrolito soporte (CaCl_2 1 M) en el equipo y se burbujeó durante 400 segundos nitrógeno (N_2), con el fin de eliminar el oxígeno disuelto en el electrolito soporte. El nitrógeno se mantiene en la disolución de la celda y se traza el polarograma correspondiente al medio (curva residual); en general, este tiempo de burbujeo es suficiente para que no aparezca ninguna señal en el dominio de electroactividad estudiado.

Se realizaron las curvas patrón de fructosa por el método de *polarografía diferencial de impulsos* que emplea la técnica DMD "dopping mercury electrode", por sus siglas en inglés, electrodo de gota de mercurio. El dominio de

electroactividad se trazó de los de -1000 a -1900 mV, con una velocidad de barrido de 6 mV/s; y se detectó la señal de reducción de fructosa de los -1400 a -1600 mili volts.

Una vez trazada la curva residual se agregó a la celda el volumen de la muestra, después se añadió el patrón y por cada adición trazó el polarograma correspondiente; se hicieron las adiciones de 50 μ L (debido a que la fructosa es el componente mayoritario en la miel) tanto de la disolución patrón como de la muestra. Entre cada adición se burbujeó 15 segundos N_2 . La cantidad de fructosa en la miel se calculó como porcentaje en masa.

4.3.8 Determinación de hidroximetilfurfural (HMF)

La determinación de HMF se realizó mediante el uso de la electroquímica analítica y el método de adiciones patrón. Se detectó la señal de reducción del HMF mediante el trazado de los polarogramas de intensidad de corriente contra potencial, utilizando el método de *polarografía diferencial de impulsos* y la técnica de electrodo de gota de mercurio.

La reducción electroquímica se realiza en el grupo formilo (dobles ligaduras) dando lugar a una señal en la zona de reducción al formar el compuesto 1 [2, 5-di-(hidroximetil) furano].

Se siguió el mismo procedimiento que en el de la determinación de fructosa, pero con los siguientes cambios:

-Se empleó como electrolito soporte, 10.0 mL de la disolución amortiguadora de boratos pH= 10; se burbujeó 400 segundos.

-Se emplearon disoluciones de miel con 10 g en 25.0 mL de agua desionizada.

-La adición de la disolución de miel a la celda fue de 1.0, a 3.0 mL (debido a que se trata de un componente minoritario).

-Las adiciones patrón se hicieron de volúmenes de 10 μ L, 0.01 mol/L⁻¹ (concentración aproximada de la disolución patrón de HMF empleada).

-Se trazó el polarograma con un barrido de potencial de -1000 mV a -1900 mV y con una velocidad de barrido de 6 mV/s. La señal de reducción de HMF se detectó de los -1200 a -1300 mili volts.

-La cantidad de HMF se calculó como partes por millón (mg/Kg), a partir de las mediciones de las corrientes máximas obtenidas al potencial de pico de reducción del HMF.

Como electrolito soporte se pueden utilizar los medios amortiguadores de boratos y fosfatos, disoluciones 0.5 M de perclorato de litio, acetatos, hidróxido de litio y nitrato de potasio. Los medios amortiguadores son los que mejores señales presentan debido a la mayor distancia entre la barrera catódica y la señal del HMF (ΔE) en el trazado del polarograma.

La determinación de HMF es el mejor parámetro para determinar el manejo y almacenamiento al que ha estado expuesta la miel. La Norma establece como método oficial al método de Winkler³⁹, el cual emplea reactivos con ácido barbitúrico, su uso restringido en México.



Fotos: Flickr, galería de Ricardo AB, Derechos reservados 2009.

En el mundo se tiene registro de más de 20, 000 especies de abejas

- 1.-*Melipona colimana* Ayala
- 2.-*Eulonchoprias oaxacana*
- 3.-*Bombus haueri*
- 4.-*Euglossa mixta*
- 5.-*Scaptotrigona hellwegeri*
- 6.-*Geotrigona acapulconis*
- 7.-*Aztecantidium xochipillium*
- 8.-*Trigonisca pipioli*
- 9.-*Ctenioschelus* sp
- 10.-*Megalopta tetewana*
- 11.-*Tetragona mayarum*
- 12.-*Bombus dilligens*

5. RESULTADOS

5.1 Humedad

La determinación de humedad se realizó con un refractómetro, se colocó la miel (sin tratamiento) en el instrumento y se cubrió todo el prisma con la finalidad de medir los grados Brix. El refractómetro empleado estaba calibrado a 20 °C; las lecturas fueron tomadas a esa temperatura por lo que no fue necesario aplicar factores de corrección, se sustrajo a 100 (expresado como %) el valor leído en el refractómetro y ese valor correspondió al porcentaje de humedad. Los resultados obtenidos en las muestras analizadas fueron los siguientes:

Tabla 6. Resultados del porcentaje de humedad.

Muestra	°Brix	% Humedad
1 (Francia)	82.60	17.4
2 (Japón)	81.00	19.0
3 (España)	81.80	18.2
4 (Italia)	82.00	18.0
5 (Canadá)	81.40	18.6
6 (Mx40)	84.00	16.0
7 (Mx42)	84.30	15.7
8 (Mx46)	83.20	16.8
9 (Mx48)	82.40	17.6
10 (Mx50)	84.00	16.0
11 (Mx52)	83.50	16.5
12 (Mx54)	84.00	16.0

Ejemplo, para la muestra 1:

$$82.60-100=17.4\% \text{ humedad}$$

Con base en la Norma Mexicana de Miel que establece 20 % de humedad como valor máximo, las muestras estudiadas en este trabajo cumplieron con la Norma Mexicana de la miel NMX-F-036-2006.

5.2 pH

Se pesaron aproximadamente 2.5 g de miel y se llevaron a un aforo de 25.0 mL, con la finalidad de obtener concentraciones de $0.1 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$.

Previamente calibrado el potenciómetro con las disoluciones amortiguadoras de pH=4 y pH=7, se midió el pH de las diversas disoluciones de miel.

Tabla 7. Resultados del pH en las muestras de miel.

Muestra	pH
1 (Francia)	4.04
2 (Japón)	3.86
3 (España)	4.06
4 (Italia)	3.88
5 (Canadá)	3.89
6 (Mx40)	4.94
7 (Mx42)	4.56
8 (Mx46)	4.74
9 (Mx48)	4.41
10 (Mx50)	3.88
11 (Mx52)	3.95
12 (Mx54)	3.72

Conocer el pH de la miel es importante, pues de manera natural tiene un pH ácido entre 3.5. y 6.5.

5.3 Cenizas

La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la completa ignición o incineración de la materia orgánica de un alimento.

Una forma alterna utilizada en este estudio y que es aceptada en apicultura, fue mediante la determinación de la conductividad de la miel.

Para esta determinación se usó la misma disolución que para la prueba de pH. Se midió la conductancia de las disoluciones de miel en μS (microsiemens), se multiplicó por la constante de celda y se pasaron estos valores a milisiemens. Se introdujeron en la ecuación para la determinación de cenizas calculada como conductividad específica, sustrayendo el valor de la conductividad del agua, en donde

$$X = (0.14) + (1.74) (A)$$

Tenemos que:

$$A = \left(\frac{\text{Conductividad específica (expresada en } \text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}) - 0.14}{1.74} \right) = \% \text{ Cenizas}$$

Donde "X" es la conductividad específica en $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ y "A" el porcentaje de cenizas

Tabla 8. Resultados obtenidos del contenido de cenizas en las muestras analizadas.

MUESTRA	CONC. (g*mL ⁻¹)	CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA X (μS*cm ⁻¹)	X _{disoln} - X _{H2O} (μS*cm ⁻¹)	CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA (mS*cm ⁻¹)	%CENIZAS
1 (Francia)	0.10044	215	211.1	0.2111	0.0408
2 (Japón)	0.10028	91.0	87.1	0.0871	0.0304
3 (España)	0.10010	223	219.1	0.2191	0.0454
4 (Italia)	0.10025	110	106.1	0.1061	0.0194
5 (Canadá)	0.10008	86.5	82.6	0.0826	0.0329
6 (Mx40)	0.10023	340	336.1	0.3361	0.1127
7 (Mx42)	0.10002	319	315.1	0.3151	0.1006
8 (Mx46)	0.10046	395	391.1	0.3911	0.1443
9 (Mx48)	0.10006	320	316.1	0.3161	0.1012
10 (Mx50)	0.10052	160	156.1	0.1561	0.0092
11 (Mx52)	0.10035	180	176.1	0.1761	0.0207
12 (Mx54)	0.10062	118	114.1	0.1141	0.0148

*Conductividad del agua desionizada: 3.9 μS

Ejemplo, para la muestra 1:

De la lectura obtenida en el conductímetro en microsiemens se resta la conductancia del agua desionizada:

$$215 \mu\text{S (muestra de miel)} - 3.9 \mu\text{S (agua desionizada)} = 211.1 \mu\text{S}$$

Este valor esta dado en conductancia; para obtenerlo como conductividad específica, fue necesario multiplicarlo por la constante de celda ($k_c=1.0\text{cm}^{-1}$) y así obtener unidades de conductividad específica.

$$(211.1\ \mu\text{S})(1.0\ \text{cm}^{-1})=211.1\ \mu\text{Scm}^{-1}$$

Se dividió entre mil para pasar a milisiemens: $\frac{211.1}{1000} = 0.2111\ \text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$

Finalmente se introdujo en la ecuación para obtener el porcentaje de cenizas a partir del valor de la conductividad específica:

$$\frac{(0.2111 - 0.14)}{1.74} = 0.0408\ \% \text{ cenizas}$$

La Norma Mexicana de Miel establece 0.6% (0.6 g de cenizas/ 100g de miel) como porcentaje máximo de cenizas, por lo que todas las muestras cumplieron con este parámetro, pues ninguna rebasó el 0.15 %.

5.4 Azúcares reductores

El porcentaje de azúcares reductores en la miel se determinó mediante la reacción de Fehling, la cual identifica carbohidratos con poder reductor y consiste en una titulación con Cu^{II} , reacción en la cual cinco moles de cobre reaccionan con una mol de los azúcares reductores mayoritarios presentes en la miel (fructosa y glucosa).

La fructosa (encontrada en mayor porcentaje) y la glucosa tienen poder reductor, por lo que su determinación es posible realizarla mediante una valoración redox.

Para realizar la valoración de Fehling se necesitaron los reactivos "A" y "B"; el "A" es una disolución de $\text{CuSO}_4\cdot 5\ \text{H}_2\text{O}$ (concentración aproximada 0.28 molar) y el reactivo "B" se trata del medio básico (tartrato de sodio-potasio y NaOH) en que se lleva a cabo la reacción. El reactivo "A" se estandarizó con EDTA (ácido

etilendiaminotetraacético) para conocer con seguridad las moles de cobre que reaccionarán con los carbohidratos reductores. La valoración se hizo con EDTA (valorado) 0.09481 molar seguida potenciométricamente con un electrodo de cobre.

Gráfica de la valoración del CuSO_4 con EDTA.

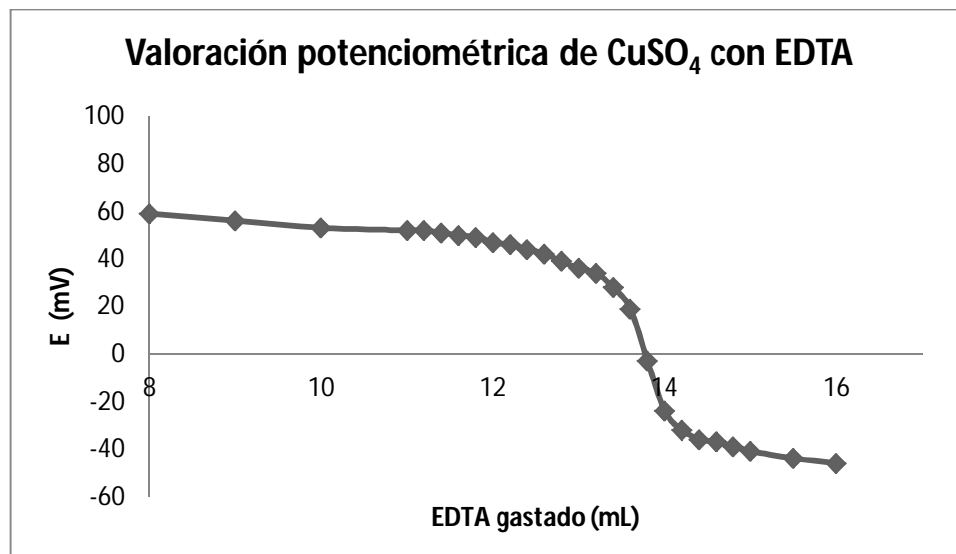


Fig.12 Curva de valoración potenciométrica del reactivo A de Fehling (alícuota de 5 mL) con EDTA de concentración 0.09481 mol/L.

La estequiometría es 1:1, por lo que la equivalencia de la reacción está a la mitad del cambio de pendiente de la curva potenciométrica (13.8 mL gastados de EDTA). Para conocer la concentración de cobre de la disolución se realizó el siguiente cálculo:

$$\frac{(\text{Conc. EDTA} * \text{Vol. gastado al punto. de equivalencia})}{(\text{Vol. alícuota de CuSO}_4)}$$

$$\frac{(0.09481)(13.8)}{(5.0)} = 0.2616 \text{ conc. molar del sulfato de cobre}$$

Fue necesario realizar la valoración de la disolución de cobre para conocer la concentración real; el reactivo indica en la etiqueta 99.5 % de pureza.

Mol en 1 litro

$$\frac{(0.28 \rightarrow 100\%)}{(0.2616 \rightarrow x)}$$

$$"X" = 93.43\%$$

93.43 % es la pureza real del reactivo.

Con la concentración real del reactivo "A" de Fehling ($0.2616 \text{ mol/L}^{-1} \text{ Cu}^{2+}$), se calcularon los moles que hay en 5 mL de reactivo, pues este fue el volumen de la alícuota a reaccionar con los azúcares.

$$(0.005 \text{ litros}) (0.2616 \text{ mol/L}) = 0.0013 \text{ mol Cu}^{2+} = 1.308 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Por lo tanto, si 5 moles de cobre reaccionan con una del monosacárido, tenemos que la Estequiometria es:

5 mol Cu^{2+} reaccionan con \rightarrow 1 mol de monosacáridos (glucosa o fructosa)

0.0013 mol reaccionan con \rightarrow "X" mol de monosacáridos

$$X = 2.616 \times 10^{-4} \text{ moles de monosacáridos reaccionantes.}$$

El volumen de la disolución de azúcares reductores gastado al punto de equivalencia contuvo 2.616×10^{-4} moles. Con este valor y el contenido de miel en el mismo volumen pudo conocerse el porcentaje de azúcares reductores.

Monosacáridos reaccionantes:

$$(2.616 \times 10^{-4} \text{ moles de monosacárido})(180.16 \text{ PM de gluc/fruc}) = 0.0471 \text{ g de azúcares reductores gastados al punto de equivalencia.}$$

Para obtener los gramos del monosacárido reductor en la miel, se multiplicaron los gramos de glucosa o fructosa por el volumen del aforo y se dividieron entre el volumen al vire del punto equivalencia de la reacción, con lo que se obtuvieron los gramos de azúcares reductores en la muestra de miel. Al dividir esta cantidad de azúcares entre la miel inicial y multiplicar por cien, se obtuvo el porcentaje de azúcares reductores.

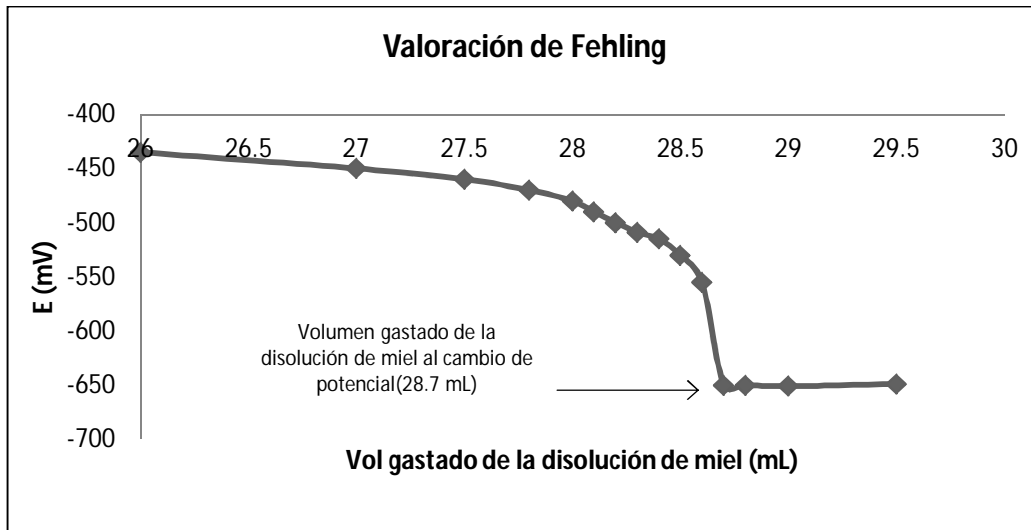


Fig.13 Valoración potenciométrica del reactivo A de Fehling (0.2616 M) con una disolución de miel de la muestra francesa *Lune de miel* (0.5002 g/200mL).

Ejemplo: para la muestra 1, se gastaron 28.7 mL de la disolución de miel para llegar al punto de equivalencia.

0.0471 g de monosacárido $\left(\frac{200\text{mL (del aforo con H}_2\text{O)}}{28.7\text{mL (punto de equivalencia)}}\right) = 0.3284$ g del monosacárido presentes en los 200 mL de la disolución con miel. Ya que en esos 200 mL se pesaron 0.5002 g de miel, se tiene:

$$\frac{(0.3284 \text{ g de monosacaridos reaccionantes})}{(0.5002 \text{ g de miel pesados})} * 100\% = \mathbf{65.65\% \text{ de azúcares reductores totales}}$$

Tabla 9 Resultados del porcentaje de azúcares reductores totales.

Muestra	Azúcares Reductores (%)
1 (Francia)	65.65
2 (Japón)	73.43
3 (España)	57.41
4 (Italia)	72.29
5 (Canadá)	74.60
6 (Mx40)	71.52
7 (Mx42)	72.69
8 (Mx46)	73.66
9 (Mx48)	73.60
10 (Mx50)	72.55
11 (Mx52)	71.71
12 (Mx54)	74.89

La norma establece 63.88% como contenido mínimo de azúcares reductores, por lo que con base en los resultados, la muestra 3 (miel de España) no cumplió con este parámetro. Se puede suponer que no se esperaron los adecuados tiempos de maduración o de adulteración por adición de sacarosa. Las demás muestras cumplieron con el contenido mínimo de azúcares reductores establecidos en la Norma Mexicana de la Miel.

5.5 Sacarosa

El contenido de sacarosa se determinó de manera similar al porcentaje de azúcares reductores totales; previamente fue necesario romper la molécula en los monosacáridos por los que está conformada y que tienen poder reductor (glucosa y fructosa). Para ello se sometieron a hidrólisis ácida las diluciones de miel en agua que valoraron el reactivo "A" de Fehling.

Se pesaron 0.5 g de miel en 100.0 mL de agua destilada, de esta disolución se tomaron 40.0 mL con pipeta volumétrica y se transfirieron a un matraz volumétrico de 50.0 mL, después se agregaron 2 mL de HCl diluido (al 10%) dejándose reaccionar en exposición a luz solar. Transcurridas 48 horas (tiempo suficiente para su hidrólisis) se llevó al aforo y se realizó la valoración. En la disolución están presentes los azúcares reductores libres, más los provenientes de la inversión.

Para los cálculos del contenido de sacarosa fue necesario considerar los gramos de miel presentes en los 40 mL de la disolución primaria.

Ejemplo para la muestra 1:

La concentración del reactivo "A" de Fehling fue de 0.2761 M.

$(0.005 \text{ L volumen de la alícuota}) \cdot (0.2761 \text{ M del reactivo "A" Fehling}) = 0.0013$ son moles de Cu^{II} que reaccionan en los 5 mL.

La estequiometría es de 5:1, tenemos:

$5 \text{ mol Cu}^{\text{II}} \rightarrow 1 \text{ mol Azúcares}$

$0.0013 \text{ mol de Cu} \rightarrow \text{"X"}$

$\text{"X"} = 0.000271$ moles de monosacáridos reaccionantes.

Multiplicando los moles de los monosacáridos reaccionantes por el peso molecular de la fructosa se obtienen los gramos de azúcares que reaccionaron:

$$(0.000271) \cdot (180.16) = 0.04862 \text{ g de azúcares que reaccionan al punto de equivalencia.}$$

Ejemplo para la muestra 1: Primero se hizo el cálculo de los gramos de miel en los 40 mL que se sometieron al tratamiento ácido.

$$\frac{0.5102 \text{ g} \rightarrow 100.0 \text{ mL}}{\text{"X"} \text{ g} \rightarrow 40.0 \text{ mL}}$$

$$\text{"X"} = 0.2040 \text{ g de miel en } 40.0 \text{ mL}$$

Una vez añadidos los 2 mL de ácido y haber transcurrido 48 horas, se llevó al aforó de 50.0 mL y se realizó la valoración de Fehling. Para obtener los gramos del monosacárido reductor, se multiplicaron los gramos de glucosa o fructosa por el aforo y se dividió entre el volumen al punto de equivalencia de la reacción.

Gráfica de la valoración potenciométrica en donde se observa el punto de equivalencia.

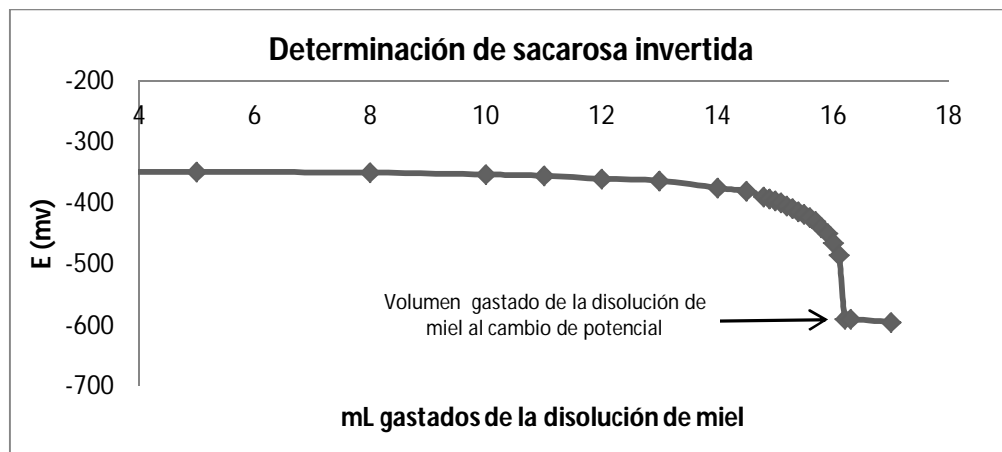


Fig. 14 Curva de valoración potenciométrica del reactivo A de Fehling (5 mL de Cu(II) 0.2761 mol/L⁻¹) con una disolución hidrolizada de miel francesa "Lune de miel" (0.2040g / 50 mL).

Del cociente de los gramos del monosacárido reaccionante multiplicados por el aforo y divididos entre el volumen al punto de equivalencia, se obtuvo la masa de los azúcares que reaccionaron con los 5 mL del reactivo "A" de Fehling.

$$\frac{(0.0486 \text{ g de monosacárido reaccionante})(50.0\text{mL de aforo})}{(16.2 \text{ pto. equivalencia})}$$
$$= 0.1500 \text{ g de azúcares reductores en la muestra de miel}$$

Al dividir los gramos de los azúcares que reaccionaron entre la masa de miel contenida en los 50 mL y multiplicarlos por 100, se obtuvo el porcentaje de los azúcares reductores totales, más los provenientes de la inversión de la sacarosa.

$$\frac{(0.1500\text{g de azúcares que reaccionaron})}{(0.2040 \text{ g de miel presentes en los 50 mL})} * 100$$
$$= 73.56\% \text{ de azúcares reductores totales (más los provenientes de la inversión de la sacarosa)}$$

Finalmente se restó al valor de la determinación de azúcares reductores más los invertidos el de los azúcares reductores sin invertir (obtenido de la sección 5.4), el resultado es el porcentaje de sacarosa presente en la miel.

$$(73.55\% \text{ azúcares reductores + invertidos}) - (65.65\% \text{ azúcares reductores sin invertir}) = 7.9\% \text{ de sacarosa}$$

Tabla 10. Resultados del contenido de sacarosa en las mieles.

MUESTRA	SACAROSA (%)
1 (Francia)	7.90
2 (Japón)	0.50
3 (España)	16.23
4 (Italia)	2.08
5 (Canadá)	1.00
6 (Mx40)	4.05
7 (Mx42)	4.17
8 (Mx46)	2.93
9 (Mx48)	4.22
10 (Mx50)	0.69
11 (Mx52)	1.97
12 (Mx54)	3.61

La norma establece 5 % como contenido máximo de sacarosa, por lo que las muestras 1 y 3, excedieron el contenido permitido. El porcentaje de sacarosa de la muestra 3 fue mayor al 16 %.

5.6 Glucosa

La determinación de glucosa se realizó mediante una curva de calibración. De los límites de detección del equipo, se prepararon patrones de concentración conocida de glucosa, con los cuales se trazó la curva de calibrado. Se determinó la glucosa en las muestras con una disolución de 1 g de miel en 100.0 mL de agua desionizada. Se colocaron unas gotas de la disolución en las tiras reactivas y se realizó la lectura en el equipo (glucómetro).

Ejemplo de los cálculos:

Para la curva de calibrado

El intervalo que detecta el equipo va de 10 a 600 mg/dL, o bien, de 100 a 6000 mg/L.

Se pesó 0.5620 g de D-(+)-glucosa y se llevó a un aforo de 100.0 mL con agua desionizada. De esta disolución se tomaron diversos volúmenes para los patrones de glucosa, trazando así siete puntos, 1, 2, 4, 5, 6, 8 mL de esta disolución y se llevaron a un aforo de 10.0 mL con agua desionizada. Para el último punto se usó la disolución de glucosa directamente para hacer la medición y corresponde al patrón de glucosa presente en 10.0 mL de agua.

Tabla 11. Curva de calibrado de glucosa.

Curva de calibración de glucosa (patrones preparados por dilución)			
Concentración (mg/mL)	Concentración (mg/L o ppm)	Lectura del glucómetro (mg/dL)	Glucosa presente en los patrones (mg/L o ppm)
5.62	5620	383	3830
4.49	4490	298	2980
3.37	3370	222	2220
2.81	2810	183	1830
2.24	2240	155	1550
1.12	1120	75	750
0.562	562	38	380

Con estos puntos se trazó la siguiente curva:

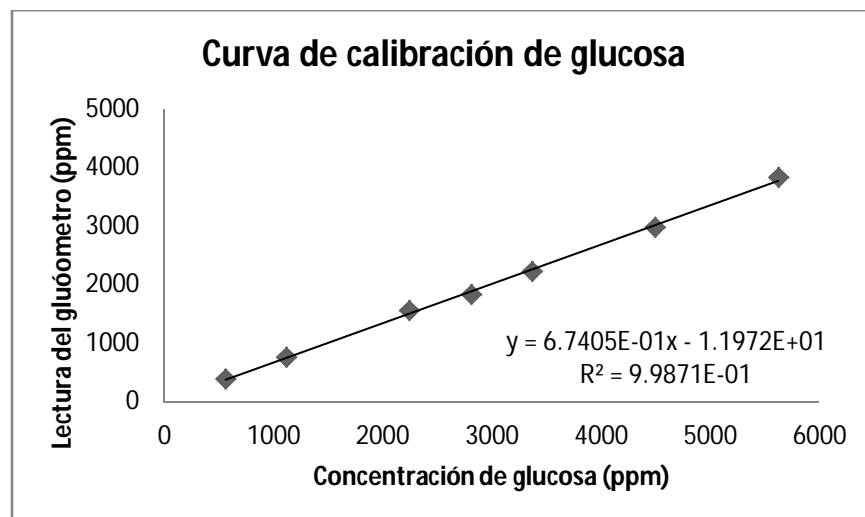


Figura 15 Curva de calibrado

Ejemplo para la muestra 1:

Se pesó 1.0256 g de miel y se llevó a un aforo de 100.0 mL con agua desionizada, se colocó la tira reactiva en el equipo con unas gotas de la disolución de miel para efectuar la medición. Se obtuvo la lectura de 165 mg/dL. Con este valor y la ecuación de la recta se despeja la incógnita:

Ecuación de la recta:

$$y = 67.74 X - 1.1972$$

Despejando la incógnita

$$X = \frac{\left(165 \frac{mg}{dL}\right) + (1.1972)}{67.74} = 2.4533 \text{ obteniendo así unidades de } mg/mL$$

2.4533 mg/mL ó 0.002453 g.

$$\frac{(0.002453)(100)}{(1)} = 0.2453 \text{ g}$$

$$\frac{(0.2453 \text{ g})(100)}{(1.0256 \text{ g de miel pesados})} = 23.91 \% \text{ de glucosa presente en la muestra}$$

Tabla 12. Resultados del contenido de glucosa en las muestras estudiadas expresadas como porcentaje.

Muestra	Glucosa (%)
1 (Francia)	23.91
2 (Japón)	26.03
3 (España)	18.21
4 (Italia)	22.87
5 (Canadá)	28.78
6 (Mx40)	31.25
7 (Mx42)	30.01
8 (Mx46)	27.98
9 (Mx48)	33.59
10 (Mx50)	34.9
11 (Mx52)	30.10
12 (Mx54)	38.7

Los contenidos porcentuales de glucosa variaron entre cada muestra, para las mieles mexicanas se observaron porcentajes elevados en comparación con las extranjeras.

5.7 Determinación de fructosa

Con los voltamperogramas trazados se leyeron los valores máximos de la señal de reducción de la fructosa y se tomaron los datos de intensidad de corriente al pico de potencial (de -1400 a -1600 mV aproximadamente).

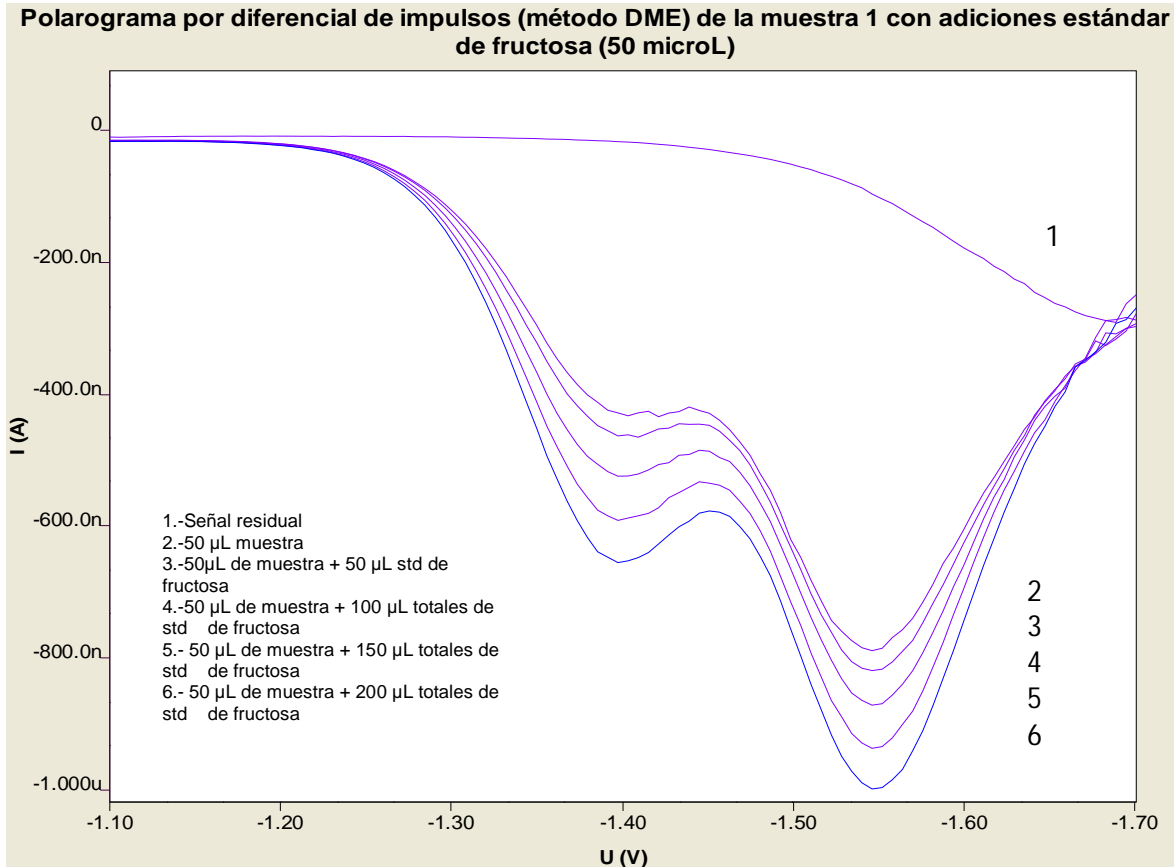


Fig. 16 Señal de reducción de la fructosa. Barrido de potencial de -1100 a -1700 mV con una velocidad de barrido de 6 mV/s.

Cálculo de fructosa para la muestra 1:

La disolución patrón de fructosa tuvo una concentración de 3.53×10^{-3} g/mL.

Para calcular los μ g de fructosa por μ L:

$$\text{Fructosa en la miel} = 3.531 \times 10^{-3} \text{ mg}/\mu\text{L} \frac{(1000 \mu\text{g})}{(1 \text{ mg})} = 3.531 \mu\text{g de fructosa}/\mu\text{L}$$

Para un volumen de 50 µL:

$$(50 \mu\text{L}) (3.531 \mu\text{g de fructosa}) = 176.5 \mu\text{g de fructosa por cada adición de } 50 \mu\text{L}$$

Obtenidos los µ gramos de fructosa por cada adición, se trazó la gráfica de µg de fructosa contra la intensidad de la corriente observada ($i_{\text{exp}} - i_{\text{res}}$).

Tabla 13. Curva de calibrado de fructosa.

ADICIONES	µg totales de fructosa agregados	i_{exp} (A)
50 µL de muestra 1	0	3.65E-07
50 µL STD	176.5	4.00E-07
100 µL STD	353	4.39E-07
150 µL STD	529.5	4.68E-07
200 µL STD	706	4.90E-07

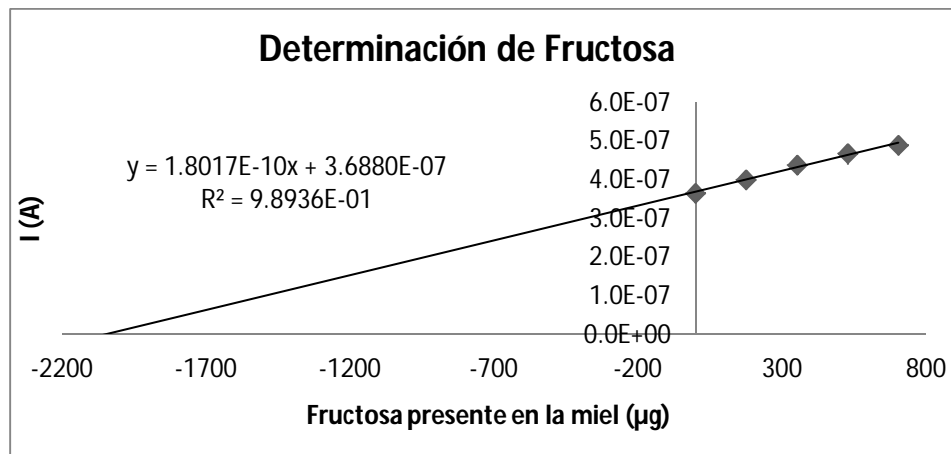


Fig. 17 Curva de adiciones estándar de fructosa (50 micro litros) de la muestra 1 (francesa "Lune de miel").

Del cociente de la ordenada al origen y de la pendiente de la regresión lineal, se obtuvo la cantidad de fructosa en la miel.

$$\text{Fructosa en la miel} = \frac{3.68800E-07}{1.80170E-10} = 2046.95 \mu\text{g}$$

$$\text{Cantidad de miel} = (50 \times 10^{-3} \text{mL}) \times (0.1120 \text{g/mL}) = 0.00056 \text{g} = 5.056 \text{mg de miel}$$

Finalmente, el porcentaje de fructosa se calcula dividiendo la cantidad de este glúcido, entre la cantidad de miel que se colocó en la celda y multiplicado por 100.

$$\% \text{ Fructosa} = (2046.95 \mu\text{g} / 5056 \mu\text{g de miel}) \times 100 = 40.48\% \text{ de fructosa}$$

Tabla 14. Resultados del contenido de fructosa presente en las muestras de miel analizadas.

MUESTRA	% FRUCTOSA
1 (Francia)	40.48
2 (Japón)	31.98
3 (España)	36.62
4 (Italia)	32.08
5 (Canadá)	36.69
6 (Mx40)	31.91
7 (Mx42)	32.32
8 (Mx46)	44.70
9 (Mx48)	36.15
10 (Mx50)	33.19
11 (Mx52)	40.49
12 (Mx54)	35.43

La fructosa es el monosacárido que se encuentra reportado como el azúcar mayoritario en las mieles. Siendo un producto natural, la variación de fructosa se debe a múltiples factores, como la región y floración a las que las abejas han estado en contacto. Se observan porcentajes más altos de fructosa en las mieles nacionales, de hasta un 44% lo que indica mieles de buena calidad.

5.8 Otros azúcares

Con los resultados de azúcares reductores totales, el porcentaje de glucosa y el de fructosa se calculó el contenido de otros glúcidos con poder reductor sobre el reactivo A de Fehling. El cálculo se hizo como la resta del porcentaje de azúcares reductores totales a la suma de las determinaciones de glucosa y fructosa.

Tabla 15. Otros azúcares presentes en la miel.

Muestra	Fructosa (%)	Glucosa (%)	Suma Fructosa/Glucosa ("A")	Azúcares reductores totales ("B")	Otros azúcares ("A-B")
1 (Francia)	40.48	23.91	64.39	65.65	1.26
2 (Japón)	31.98	26.03	58.01	73.43	15.42
3 (España)	36.62	18.21	54.83	57.41	2.58
4 (Italia)	32.08	22.87	54.95	72.29	17.34
5 (Canadá)	36.69	28.78	65.47	74.6	9.13
6 (Mx40)	31.91	31.25	63.16	71.52	8.36
7 (Mx42)	32.32	30.01	62.33	72.69	10.36
8 (Mx46)	44.7	27.98	72.68	73.66	0.98
9 (Mx48)	36.15	33.59	69.74	73.6	3.86
10 (Mx50)	33.19	30.89	63.40	72.55	9.51
11 (Mx52)	40.49	30.1	70.59	71.71	1.12
12 (Mx54)	35.43	32.99	68.42	74.89	6.47

Ejemplo para la muestra 1: $65.65-64.39=1.26$ de otros azúcares reductores

6.9 Hidroximetilfurfural (HMF)

Para el cálculo de la cantidad de HMF en la miel se procedió de manera similar que en la determinación de fructosa; se empleó un medio amortiguado de boratos de pH=10 (10.0mL) y se trabajó con adiciones patrón.

Cálculo de HMF para la muestra 1:

Se pesaron 10.0801 g de miel y se llevó a un aforo de 25.0 mL, por lo que se tuvieron 0.4032 gramos de miel por cada mL; esto permitió conocer la masa agregada a la celda para la determinación.

Si cada volumen de HMF de la disolución patrón agregado a la celda se convierte en masa en términos de μg de HMF, se pueden calcular las partes por millón (ppm) presentes en la miel con cada adición del estándar. Fue necesario multiplicar la concentración del patrón de HMF con unidades de Molaridad $\mu\text{mol}/\mu\text{L}$ (1.244×10^{-2}) y multiplicar por la masa molar de HMF (126.11 con unidades de $\mu\text{g}/\mu\text{mol}$). Se dividió entre la masa de miel contenida en el volumen adicionado a la celda (1.0 mL).

Para un volumen de 10 μL de patrón agregado:

$$\text{HMF en la miel} = \frac{(10\mu\text{L})(0.01244)(126.11)}{(0.4032)} = 38.90 \mu\text{g/g miel} = 39\text{ppm}$$

En la siguiente gráfica se observa el polarograma de la señal de reducción del HMF; se trazó por diferencial de impulsos y el método de electrodo de gota de mercurio, de -1000 mV a -1500 mV y con una velocidad de barrido de 6 mV/s. La señal de reducción se observó cerca de los -1300 mV.

Se obtuvieron los valores de intensidad a partir de las mediciones de las corrientes máximas obtenidas al potencial de pico de la señal de reducción del HMF.

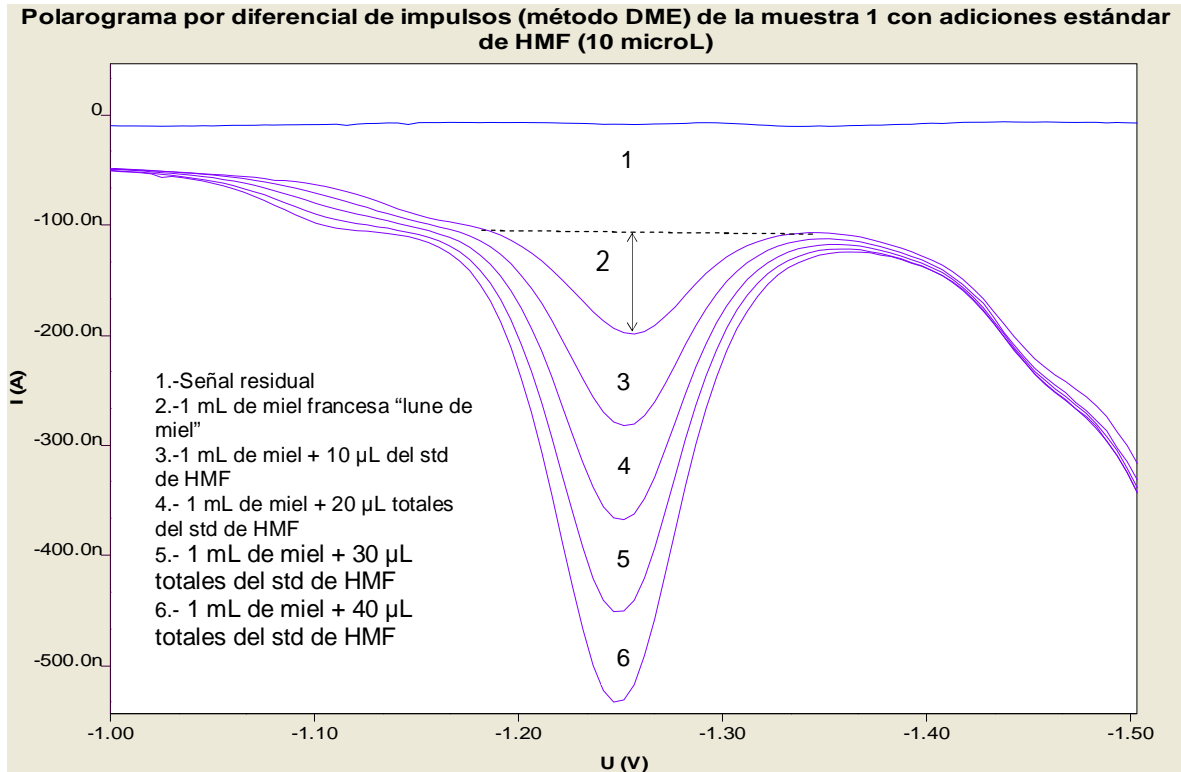


Fig. 18 Señal de reducción del HMF. Polarograma obtenido por diferencial de impulsos de la muestra francesa Lune de miel con adiciones (10 µL) del patrón de HMF. Barrido de potencial de -1000 a -1500 mV, con una velocidad de barrido de 6 mV/s.

Con la cantidad de HMF en cada adición estándar (10 µL), se hizo la siguiente tabla, que representa las partes por millón de cada adición contra las lecturas de intensidad de corriente en la curva de calibrado. Tabla 16 Curva de HMF.

Adiciones	HMF agregado (ppm)	I (A)
1mL miel	0	1.09×10^{-7}
10µL HMF	39	1.89×10^{-7}
20µL totales de HMF	78	2.71×10^{-7}
30µL totales de HMF	117	3.52×10^{-7}
40µL totales de HMF	156	4.33×10^{-7}

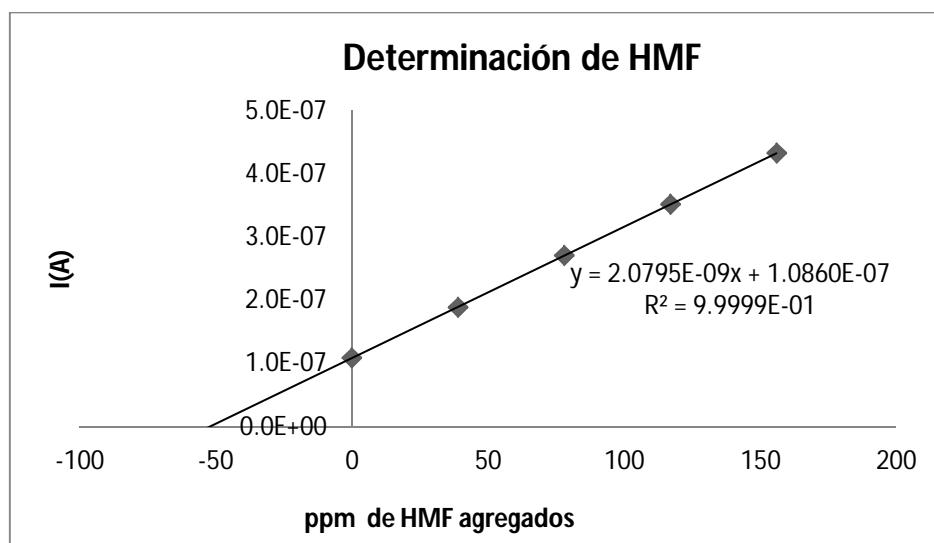


Fig. 19 Curva de adiciones estándar de HMF de la muestra 1 (miel francesa "Lune de miel").
Intensidad de corriente (A) contra ppm de HMF (39 ppm en cada adición de 10 μ litros)

Del cociente de la ordenada al origen y de la pendiente de la regresión lineal, se obtuvo la cantidad de HMF presente en la miel (ppm).

$$\text{HMF proveniente de la miel} = \frac{1.0860E-7}{2.0795E-9} = 52.22 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{ ó } 52 \text{ ppm}$$

Tabla 17. Resultados del contenido de HMF en las muestras de miel (ppm o mg/Kg).

MUESTRA	HMF (ppm)
1 (Francia)	52
2 (Japón)	26
3 (España)	57
4 (Italia)	44
5 (Canadá)	24
6 (Mx40)	<LD
7 (Mx42)	8
8 (Mx46)	<LD
9 (Mx48)	7
10 (Mx50)	32
11 (Mx52)	18
12 (Mx54)	20

<LD: Por debajo del límite de detección

La norma establece como máximo 40 ppm para muestras de seis meses de haber sido cosechadas y 80 ppm de HMF para mieles después de tiempo. En esta investigación, las muestras tuvieron más de seis meses de haber sido cosechadas, por lo que se cumplió con la Norma Mexicana de miel. Las muestras 6 y 12 estuvieron por debajo del límite de detección, las muestras 3 y 7 fueron las que contuvieron más HMF.

6.10 Resultados globales y discusión

Tabla 18. Resultados globales.

MUESTRA	HUMEDAD %	pH	CENIZAS %	AZÚCARES REDUCTORES %	FRUC %	GLUC (%)	SAC (%)	OTROS AZÚCARES REDUCTORES (%)	HMF (ppm)
1 (Francia)	17.4	4.04	0.0408	65.65	40.48	23.91	7.90	1.26	52
2 (Japón)	19.0	3.86	0.0304	73.43	31.98	26.03	0.50	15.42	26
3 (España)	18.2	4.06	0.0454	57.41	36.62	18.21	16.2	2.58	57
4 (Italia)	18.0	3.88	0.0194	72.29	32.08	22.87	2.08	17.34	44
5 (Canadá)	18.6	3.89	0.0329	74.60	36.69	28.78	1.00	9.13	24
6 (Mx40)	16.0	4.94	0.1127	71.52	31.91	31.25	4.05	8.36	<LD
7 (Mx42)	15.7	4.56	0.1006	72.69	32.32	30.01	4.17	10.36	8
8 (Mx46)	16.8	4.74	0.1443	73.66	44.70	27.98	2.93	0.98	<LD
9 (Mx48)	17.6	4.41	0.1012	73.60	36.15	33.59	4.22	3.86	7
10 (Mx50)	16.0	3.88	0.0092	72.55	33.19	30.89	0.69	9.51	32
11 (Mx52)	16.5	3.95	0.0207	71.71	40.49	30.10	1.97	1.12	18
12 (Mx54)	16.0	3.72	0.0148	74.89	35.43	32.99	3.61	6.47	20

<LD: Por debajo del límite de detección

En esta investigación, se emplearon metodologías propuestas en la Norma Mexicana NMX-F-036 NORMEX 2006 para la determinación de humedad, pH y azúcares reductores. En la determinación de azúcares reductores se realizan experimentos complementarios para confirmar trabajos previos, que indican que en la valoración de Fehling la estequiometría de AzRed:Cu es de 1:5, para detectar el punto de equivalencia con más certeza.

La determinación de HMF y fructosa se realizan por métodos electroquímicos que aún no se encuentran en normas por las siguientes razones:

Para fructosa, no se pide su determinación en la Norma, pero aporta mayor conocimiento a la calidad de la miel y en el caso del HMF, el método oficial es el de Winkler, que data de 1955 y se basa en el empleo de dos reactivos químicos adicionales para generar un derivado del HMF, cuyo color debe medirse en un breve lapso. En esa época, ningún método analítico tenía previas características como sensibilidad y límite de detección. El método electroquímico desarrollado y aplicado en esta tesis presenta excelentes características analíticas, además de sencillo y directo.

Los criterios que se tomaron para establecer la calidad de las muestras fueron: contenido de HMF, azúcares reductores totales y sacarosa. El contenido de HMF proporciona información de las prácticas de manufactura y almacenamiento.

La humedad se encontró por debajo del 20 % en todos los casos, criterio que se cumple conforme a la Norma.

Muestra 1 (Francia): presentó un elevado contenido en HMF y un contenido bajo de azúcares reductores.

Muestra 2 (Japón): tuvo un elevado contenido de azúcares reductores y uno aceptable de HMF, como particularidades, se obtuvo un contenido alto de otros azúcares reductores.

Muestra 3 (España): bajo de azúcares reductores y un elevado contenido de HMF y sacarosa, presentándose como una muestra que no cumplió con los criterios de calidad.

Muestra 4 (Italia): presentó elevado contenido de HMF y el más alto de otros azúcares con poder reductor.

Muestra 5 (Canadá): presentó un bajo contenido de HMF, un elevado porcentaje azúcares reductores y 1 % de sacarosa, siendo la de mejor calidad de las mieles extranjeras.

Muestra 6 (Mx): tuvo un contenido elevado de azúcares reductores, no se detectó HMF, presentándose como una miel de buena calidad.

Muestra 7 (Mx): se observaron márgenes elevados de otros azúcares, buenos contenidos en los demás parámetros, así como poco HMF.

Muestra 8 (Mx): la miel de mejor calidad gracias a que no presento HMF y tuvo un elevado porcentaje de azúcares, principalmente fructosa.

Las muestras mexicanas 9, 10, 11 y 12 presentaron un bajo contenido de HMF y elevados contenidos de glúcidos (fructosa). El contenido de sacarosa no superó al 5 % que es el dato establecido en la Norma Mexicana de Miel como máximo permitido. Presentándose como mieles de buena calidad.

Por ultimo, se calificó a las mieles con base en los parámetros establecidos anteriormente, asignando una letra "A" a las muestras de buena calidad y una "E" a las de mala calidad.

Tabla 19. Calidad de las muestras.

Muestra	Calificación
1 (Francia)	D
2 (Japón)	C
3 (España)	D
4 (Italia)	C
5 (Canadá)	B
6 (Mx40)	A
7 (Mx42)	B
8 (Mx46)	A
9 (Mx48)	B
10 (Mx50)	B
11 (Mx52)	B
12 (Mx54)	B

A=Muy buena calidad

B=Buena calidad

C=Regular

D=Mala calidad

E=Muy mala calidad

Obtención de miel



Fotos: beekeeping

Extracción del alza con al menos 80% de celdillas operculadas
Desoperculado
Centrifugado
Filtración
Envasado

7. CONCLUSIONES

- Con base en la Norma Mexicana de Miel NMX-F- 036-NORMEX-2006 concluyo que todas las muestras cumplieron con el porcentaje de humedad, al estar por debajo del 20%; así como con el contenido máximo permitido de cenizas de 0.6%.
- La valoración potenciométrica permitió comprobar la estequiometría de la reacción de Fehling entre el hidrato de carbono y el ión cúprico es 1:5.
- Fue posible determinar los azúcares reductores totales por el método de Fehling; los valores encontrados correspondieron principalmente al contenido de glucosa y fructosa. Las muestras cumplieron con el contenido de azúcares reductores (63.88% mínimo), excepto la muestra 3.
- Se determinó el contenido de sacarosa por el método de inversión, las mieles mexicanas se encuentran dentro de lo permitido en la Norma (5% máximo), el contenido en las extranjeras varía; la muestra 3 presenta un elevado porcentaje de este azúcar.
- Los contenidos de fructosa y HMF fue posible determinarlos mediante técnicas electroquímicas. Las determinaciones se realizaron por polarografía diferencial de impulsos mediante el método de adiciones patrón con un electrodo goteante de mercurio (“dropping mercury electrode”).
- La Norma no establece el porcentaje de fructosa, el contenido en las muestras analizadas va del 27 al 45 %. Las mieles mexicanas fueron las que mayores porcentajes presentaron de este azúcar.

- Todas las muestras cumplieron con los parámetros permitidos de HMF para mieles con más de seis meses de haber sido cosechadas (menos de 80 ppm de HMF).
- La suma del porcentaje de glucosa y fructosa, en algunos casos no correspondió con el de los azúcares reductores totales, la diferencia pudo atribuirse a que se trató de otro tipo de azúcares con poder reductor sobre el reactivo de Fehling.
- Se observaron mejores resultados en las mieles mexicanas en comparación a las de otros países, gracias a un alto contenido de azúcares (principalmente fructosa) y bajos contenidos de HMF, las muestras 6 y 8 se presentaron como las de mejor calidad.
- Puedo aseverar que las técnicas empleadas en este estudio funcionaron para determinar la calidad de miel.
- Presento a la electroquímica analítica como una buena opción al estudio de calidad de la miel, que facilita los procesos, ahorra tiempo y costos en comparación con los métodos establecidos en la Norma Mexicana de Miel.



APÍCULTURA ARTÍSTICA.
Maurice Chaudière

8. ANEXOS

Anexo A

Especificaciones físicas y químicas establecidas en la Norma Mexicana de miel.¹

ESPECIFICACIONES	MÍNIMO	MÁXIMO
Contenido aparente de azúcar reductor expresado como % (g/100g) de azúcar invertido.	63.88	-
Contenido de sacarosa % (g/100g).	-	5.00
Contenido de glucosa % (g/100g).	-	38.00
Humedad % (g/100g)	-	20.00
Sólidos insolubles en agua % (g/100g)	-	0.30
Cenizas % (g/100g)	-	0.60
Acidez expresada como miliequivalentes de ácido/kg.	-	40.00
Hidrometilfurfural (HMF), expresado en mg/kg en miel envasada. De más de 6 meses.	-	80.00
Hidrometilfurfural (HMF), expresado en mg/kg en miel envasada. De menos de 6 meses.	-	40.00

Microbiológicas

Límites máximos permisibles en la miel.

PARÁMETRO	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	MÉTODO
Cuenta total bacteriana	1000 UFC/g	NOM-092-SSA1-1994
Hongos	Menos de 100 UFC/g	NOM-111-SSA1-1994
Levaduras	Menos de 100 UFC/g	NOM-111-SSA1-1994

Materia extraña objetable

El producto objeto de esta norma debe estar libre de fragmentos o excretas de insectos y de roedores, así como cualquier otra materia extraña.

Aditivos, inhibidores y adulterantes

No se permite el uso de aditivos alimentarios para su conservación, diluirla con agua, ni mezclarla con almidones, melazas, glucosa, dextrinas, fructosa u otros azúcares. No se permite el uso de inhibidores microbianos.

Contaminantes químicos

El producto objeto de esta norma no debe contener ningún contaminante químico en cantidades que constituyan un riesgo para la salud.

Sensoriales

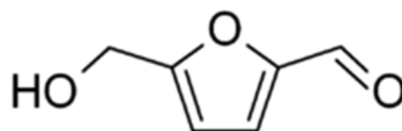
Color	Propio, característico. Variable de: blanca agua, extra Blanca, blanca, extra clara ámbar, Ámbar clara, ámbar y oscura.
Olor	Propio característico
Sabor	Dulce característico

La miel de abeja no debe tener sabor o aroma desagradable, absorbidos de materias extrañas durante su extracción, sedimentación, filtración y/o almacenamiento, ni síntomas de fermentación.

Anexo BMonografía del Hidroximetilfurfural (HMF)^{40,41}

El nombre científico de este compuesto es 5-(hidroximetil)-2-furancarboxaldehído. También se le conoce como 5-(hidroximetil)-2-furancarbondal, 5-(hidroximetil)-2-furfural, hidroximetil furfuraldehído, hidroximetilfurfural o simplemente HMF.

El HMF es un sólido cristalino o líquido amarillento oscuro, tiene un olor parecido al de la manzanilla, ligeramente volátil por lo que debe conservarse en refrigeración. Se vende comercialmente con un intervalo de pureza del 95 al 99%, es usado en la producción de medicamentos, surfactantes, polímeros, solventes y plaguicidas.



Su fórmula molecular: C₆H₆O₃

Peso molecular: 126.11.

Punto de ebullición de 110°C a 0.02 mm Hg,

Punto de fusión de 31.5°C

Densidad de 1.2062.

Es soluble en agua, metanol, etanol, acetona, entre otros.

El hombre está expuesto al HMF a través de preparaciones farmacéuticas, humo de cigarro, alimentos y bebidas. No se conocen límites de exposición al HMF por organismos internacionales de salud, solo existen algunos estudios en ratas en donde puede actuar como promotor de cáncer de colon y a dosis elevadas.

Además de la miel, se ha identificado en el café, frutos deshidratados, cerveza, leche, cereal, jugos de frutas, entre otros.



Tacuinum Sanitatis

Manual medieval de salud

9. Bibliografía

- 1.-Norma Mexica de Miel, NMX-F-036 NORMEX 2006
- 2.-Caballero P. Héctor D., *“Nuevos criterios de calidad para miel basados en procedimientos electroquímicos”* (Tesis de licenciatura) UNAM, 2009.
- 3.-Preza De la Vega J., *“Estudio Electroquímico de azúcares en miel”* (Tesis de licenciatura) UNAM 2007, 1-79.
- 4.-Crane, Eva, *The World History of Beekeeping and Honey Hunting*, Routledge, N.Y. Printed in Great Britain, 1999.
- 5.-www.lunedemiel.tm.fr/es/(consultada el día 26 de abril de 2012).
- 6.-Ángeles T. Carlos, *La producción apícola en México* (Seminario de Historia de la Medicina Veterinaria y Zootecnia). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM 2005
- 7.- Medellín M. S., L. E. Campos, J. A. González, y G.V. Camara, *Meliponicultura maya: perspectivas para su sostenibilidad*, documento promocional, FMVZ, Universidad Autónoma de Yucatán, México, 1990.
- 8.-Felipe Solís y Ángel Gallegos *El Templo Mayor de México-Tenochtitlan*. Pasajes de la Historia No. 1 El reino de Moctezuma, Agosto 2000.
- 9.-Sahagún Bernardino, *Historia general de las cosas de la Nueva España* 3 ed. México: CONACULTA, 2000.
- 10.-Xolalpa A. Aurora, *“Evaluación de las características de inocuidad y calidad en mieles mexicanas”* (Tesis de maestría, UNAM, 2010), 1-80.
- 11.- H.-D. Belitz, W. Grosch, *“Química de los alimentos”*, 2ª edic. España: Acribia, 1997, 946, 946-953.
- 12.- Ambrosio Pineda Godofredo, et. al., *“Calidad de miel de abeja producida en zonas apícolas de: Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco, D.F.”* (Informe: “Gestión de la Calidad e Inocuidad de los productos Agrícolas”, Universidad Autónoma Metropolitana, diciembre 2006), 3-5, 12.
- 13.-Astiasarán A.I. y Martínez H.J.A., *Alimentos. Composición y Propiedades*, España: McGraw-Hill, 1999, 229.
- 14.-Osborne D.R. y Voogt P., *Análisis de los nutrientes de los alimentos*, España: Acribia 1986, 92.

- 15.- Fennema O., *Química de los Alimentos*. España: Acribia, 1993.
- 16.-Wong W. Dominic, *Química de los alimentos: mecanismos y teoría*. España: Acribia, 1995, 235-237.
- 17.-Bogdanov Stefan, *Book of Honey*, chapter 5. Bee product science. (www.bee-hexagon.net, consultada el día 02 de mayo del 2012)
- 18.-Cartel informativo XV congreso de miel. Chiapas, 2012.
- 19.- <http://apicultura.wikia.com/wiki/Pfund> (consultada el día 03 de mayo de 2012)
- 20.-Lüllmann, C. *Annual Reports of the institute for Honey Analysis*, 1989.
- 21.-Piro, R. Capolongo, F. Baggio, A. Guidetti, G. Mutinelli, F, *Honey storage: kinetics of hydroxymethylfurfural production and of the degradation of enzymes (diastase and invertase)*. Apicoltore Moderno, 1996.
- 22.- Molan, P., Honey Research Unit, University of Waikato, Nueva Zelanda. Cómo actúa la miel sobre las heridas. Primer Congreso Alemán de apiterapia, 2009.
- 23.- SAGARPA, Notiabeja, Septiembre-Octubre 2008, 2-7
- 24.-<http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/Miel/intro.ht>
- 25.-www.beekeeping.com
- 26.-Martínez, E. Zozoya. Analisis palinológicos para la certificación del origen botánico de lotes comerciales de miel. X Seminario de Apicultura, Puerto de Veracruz. Memorias: 5p.
- 27.-Badui D. Salvador “*Química de los alimentos*” 3^a edic, México: Editorial Alhambra Mexicana, 1995.
- 28.-Braverman J.B.S. “*La bioquímica de los alimentos*” 2^a edic. México: El manual moderno, 1993, 88-145.
- 29.-Coe P., Medicine from the hive. “*An introduction to apitherapy*”, Lilipoh, the spirit in life. U.S.A.: 2008.
- 30.-Lewkowski J., “*Synthesis, chemistry and applications of 5-hydroxymethylfurfural and its derivatives*” Arrivoc, 2001.
- 31.-Juarez M.D. “*Determinación electroquímica de HMF (5-(hidroximetil)-2-furancarboxialdehido) en miel de abeja*” (Tesis de licenciatura UNAM, 2003), 1-83.
- 32.-Bachmann, S.Meier, M. Kaenzing, A. *5-Hydroxymetyl-2-furfural (HMF) in Lebensmitteln*. Lebensmittelchemie, 1997.

- 33.-González, Luis. Castello, P. Gagliardino, J. Rossi, J. *La glicación de las proteínas y su participación en enfermedades humanas*. Revista de divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy, 2000.
- 34.- Consentino, S. Tuberoso, C. *Influence of different storage contions on honey quality*. Rivista di Scienza dell Alimentazione. Italia, 1996.
- 35.-Vorwohl G., Die Beziehung zwischen der elektrischen Leitfähigkeit der Honige und ihrer trachtmässigen Herkunft, Ann de Abielle 7 (1964), 301-309.
- 36.-Piazza M., Accorti M.G. y Oddo L.P. “*Electrical conductivity, ash, colour and specific rotatory power in Italian unifloral honeys*” Apicoltura 7(1991), 51-63
- 37.-Lane, J.H., Eynon L., J. Soc. Chem. Ind. 1923.42, 32t,
- 38.-Charley H. *Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. México: Limusa Noriga Editores, 2004,113.
- 39.-Winkler O. “Beitrag zum nachweis und zur bestimmung von oxymethylfurfurool in honing und kunsthoning”, Lebensmittel-Untersuchngund-Forschung 120 (1955), 161-167.
- 40.-Aldrich Chemical Co. Material Safety Data Sheet: 5-(Hydroxymetyl) furfural, 99%, 1994.
- 41.-Budavari S. ed. The Merck Index, 11th ed. Rahway, NJ, Merck & Co., Inc., 1989.