



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

POSGRADO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS EN EL TRÓPICO

**DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE AROMA Y SABOR
DE MIELES MULTIFLORALES DEL ESTADO DE
TABASCO, MÉXICO**

GEINER FRANCISCO ÁLVAREZ SÁNCHEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2023



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE AROMA Y SABOR DE MIELES MULTIFLORALES DEL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO**, realizado por el alumno: **Geiner Francisco Álvarez Sánchez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

Dr. Juan Manuel Zaldívar Cruz

CO-DIRECTOR

Dr. Enrique Sauri Duch

ASESOR

Dr. Ángel Sol Sánchez

ASESOR

Dr. Pedro Antonio Moscoso Ramírez

ASESORA

Dra. Xariss Miryam Sánchez Chino

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO, JUNIO, 2023

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE AROMA Y SABOR DE MIELES MULTIFLORALES DEL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO

Geiner Francisco Álvarez Sánchez, D.C.

Colegio de Postgraduados, 2023

RESUMEN

La apicultura es una actividad de gran relevancia a nivel mundial no solo por brindar el servicio ambiental de polinización sino también por la producción de miel el cual es el principal producto de la colmena que se comercializa en 135 países. En México, la apicultura se realiza en las 32 entidades federativas siendo reconocido en 2020 como el noveno país productor y exportador de miel a nivel mundial. Existe vacíos de información sobre las propiedades sensoriales de las mieles mexicanas que permita una mejor descripción del producto y agregue valor al mismo. El aroma y sabor característico de las mieles difieren debido a factores geográficos, climáticos y botánicos. Por ello, el análisis sensorial de las mieles es de vital importancia cuando se evalúa su calidad, autenticidad, origen y valor comercial. El presente estudio tuvo por objetivo caracterizar el aroma y sabor de mieles de cuatro subregiones del estado de Tabasco. Para ello se recolectaron 20 muestras de miel de la temporada otoño 2019 de las subregiones Chontalpa, Centro, Sierra y Ríos. Posteriormente se realizó el entrenamiento y selección de siete personas para integrar un panel de evaluación sensorial, con el cual se llevó a cabo la descripción sensorial de las mieles de Tabasco utilizando el método del perfil de Marcazzan et al. (2014). El panel describió las propiedades olfativas-gustativas de las mieles tabasqueñas utilizando diez descriptores de aroma y cuatro descriptores de olor, formando cinco perfiles sensoriales y concluyendo que en una misma subregión geográfica se encuentran mieles con características olfativas y gustativas diferentes.

Palabras clave: miel, aroma, sabor, panel sensorial y perfil sensorial.

DETERMINATION OF THE AROMA AND FLAVOR PROFILE OF MULTIFLORAL HONEYS FROM THE STATE OF TABASCO, MEXICO

Geiner Francisco Álvarez Sánchez, D.C.

Colegio de Postgraduados, 2023

ABSTRACT

Beekeeping is an activity of great relevance worldwide not only for providing the environmental service of pollination but also for the production of honey which is the main product of the hive that is marketed in 135 countries. In Mexico, beekeeping is carried out in the 32 States being recognized in 2020 as the ninth country producing and exporting honey worldwide. There are information gaps on the sensory properties of Mexican honeys that allow a better description of the product and add value to it. The characteristic aroma and taste of honeys differ due to geographical, climatic and botanical factors. Therefore, sensory analysis of honeys is of vital importance when evaluating their quality, authenticity, origin and commercial value. The aim of this study was to characterize the aroma and taste of honeys from four subregions of the state of Tabasco. 20 honey samples from the fall 2019 season were collected from the Chontalpa, Centro, Sierra and Ríos subregions. Subsequently, seven people were trained and selected to integrate a sensory evaluation panel, with which the sensory description of Tabasco honeys was carried out using the profile method of Marcazzan et al. (2014). The panel described the olfactory and taste properties of Tabasco honeys using ten aroma descriptors and four odour descriptors, forming five sensory profiles and concluding that in the same geographical subregion honeys with different olfactory and gustatory characteristics are found.

Key words: honey, aroma, flavor, sensory panel and sensory profile.

DEDICATORIAS

A Dios, que con su amor y bendición me ha dado la fortaleza de seguir a delante y me ha permitido finalizar esta etapa de mi vida.

A mi madre Graciela Sánchez López, por su apoyo, sus consejos, sus valores, por los ejemplos de perseverancia y constancia, y por la motivación constante que me ha permitido ser superándome, pero más que nada, por su amor y ejemplo de vida.

A mi familia, por su comprensión y apoyo para seguir adelante.

A mi esposa Heydi Lorena Arias de la Cruz por siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas, por su comprensión, paciencia, amor y apoyo incondicional para seguir a delante.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de Doctorado.

Al Doctor Juan Manuel Zaldívar Cruz por todo su apoyo, disposición y consejos que ayudaron a culminar mis estudios de Doctorado.

A mi consejo particular; al Dr. Enrique Sauri Duch, Dr. Ángel Sol Sánchez, Dr. Pedro Antonio Moscoso Ramírez y Dra. Xariss Miryam Sanchez Chino, por su apoyo, consejos, disposición de tiempo y facilidades otorgadas para realizar este proyecto de investigación.

Al personal académico y administrativo del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, por el apoyo brindado durante mi formación académica y la realización de esta tesis.

A los miembros del panel de análisis sensorial de mieles por su tiempo y disposición para realizar este trabajo; Heydi Lorena Arias de la Cruz, Mateo Osorio Miranda, Diego Armando Alejo López, Luis Fernando Mendoza Salazar, Christian Orlando Alvarez Sanchez, Angela del Carmen Torres Jiménez, y Mariam Jiménez.

¡A TODOS, GRACIAS!

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
CONTENIDO	vii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPITULO I. SISTEMA AGROALIMENTARIO APÍCOLA MEXICANO: ANÁLISIS	
DESCRIPTIVO	5
1.1 ABSTRACT	5
1.2 RESUMEN	6
1.3 INTRODUCCIÓN	7
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS	8
1.4.1 Hoja de balance alimentario (HBA)	9
1.4.2 Desempeño del sistema agroalimentario apícola (SAA) en México	9
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
1.5.2 Desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola desde un contexto global ..	10
1.5.3 Desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) desde un contexto local	13
1.5.4 Cambios y tendencias del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) en México entre 2006 y 2016	15
1.6 CONCLUSIONES	17
CAPITULO II. EVALUACIÓN SENSORIAL DE MIELES DE DIFERENTES	
SUBREGIONES DEL ESTADO DE TABASCO	19

2.1 RESUMEN	19
2.2 INTRODUCCIÓN.....	20
2.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.3.1 Muestras de miel	23
2.3.2 Determinación del perfil de aroma y sabor de las muestras de miel.....	23
2.3.3 Entrenamiento y selección de los integrantes del panel.....	24
2.3.4 Análisis sensorial de muestras de mieles tabasqueñas	25
2.3.5 Diseño y análisis estadístico	27
2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
2.4.1 Entrenamiento y selección de los integrantes del panel.....	27
2.4.2 Evaluación del desempeño del panel durante las sesiones de análisis sensorial	29
2.4.3 Determinación del perfil de aroma y sabor de mieles tabasqueñas	32
2.5 CONCLUSIONES.....	38
CONCLUSIONES GENERALES	41
LITERATURA CITADA	43
ANEXOS	50

LISTA DE CUADROS

CAPITULO I

Cuadro 1.1 Estadísticas de los principales países productores de miel para el año 2019 (FAO, 2021).....	11
Cuadro 1.2 Variables de desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) en México para el año 2020 por entidad federativa (SIAP, 2021).	14

CAPITULO II

Cuadro 2.1 Escala de valoración de intensidades de sabores básicos (Ciappini et al., 2013).	25
Cuadro 2.2 Atributos y descriptores gustativos y olfativos para la descripción sensorial de mieles y estándares de referencia utilizados en el entrenamiento del panel (modificado de Marcazzan et al., 2014).....	26
Cuadro 2.3 Resultados del análisis de varianza multivariado (MANOVA).....	30
Cuadro 2.4 Análisis de varianza univariado (ANOVA) de los descriptores percibidos por los evaluadores para describir el aroma y sabor de las mieles tabasqueñas.....	31

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. Rueda de olores y aromas de la Comisión Internacional de la Miel (tomado de piana et al., 2004).....	3
Figura 1.1 Hoja de balance alimentario (HBA) de México entre 1990 y 2018 (FAO, 2021).	12
Figura 1.2 Distribución geográfica de las variables de desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) en México; a) Número de colmenas (NC) para el año 2016 y, b) Volumen de producción (VP), c) Valor económico (VE) y d) Precio promedio (PP) para el año 2020.	15
Figura 1.3 Desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) en México entre 2006 y 2016: VE = Valor económico (millones de pesos), IU = Ingreso unitario (pesos colmena ⁻¹), VP = Volumen de producción (miles de t), PP = Precio promedio (pesos), RT = Rendimiento (kg colmena ⁻¹), NC = Número de colmenas (miles de colmenas).	17

CAPITULO II

Figura 2.1 Distribución geográfica de los sitios de muestreo (modificado de INEGI, 2018)	23
Figura 2.2 Desempeño de los evaluadores en el reconocimiento de aromas de referencia.	28
Figura 2.3 Resultados del análisis exploratorio de los datos de las muestras y descriptores sensoriales, a) Gráfico de componentes principales y b) Gráfico de conglomerados.	34
Figura 2.4 Perfiles olfativos-gustativos de las muestras de miel agrupados por conglomerados; a) conglomerado 1, b) conglomerado 2, c) conglomerado 3, d) conglomerado 4, d) conglomerado 5.....	36

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. ACONDICIONAMIENTO DEL LABORATORIO DE ANALISIS SENSORIAL.....	50
Figura A1. Diseño de las cabinas de prueba individual.....	50
Figura A2. Instalación (a y b) y distribución de las cabinas de prueba en el laboratorio de análisis sensorial (c).....	50
Anexo B. ENTRENAMIENTO DEL PANEL DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE MIEL....	51
Figura B1. Prueba de reconocimiento de sabores básicos; materiales (a) y panelistas durante la prueba (b).	51
Cuadro B1. Formulario utilizado durante las pruebas de detección de sabores básicos.....	51
Figura B2. Prueba de ordenamiento de sabores básicos; materiales (a) y panelistas durante la prueba (b).	52
Cuadro B2. Formulario utilizado durante las pruebas de ordenamiento de sabores básicos.	52
Figura B3. Prueba de reconocimiento de aromas de referencia; viales con aromas de referencia (a) y panelistas durante el reconocimiento de aromas (b y c).	53
Figura B4. Evaluación del reconocimiento de aromas; materiales (a) y panelista durante la evaluación (b).....	53
Cuadro B3. Formulario utilizado durante las pruebas de identificación de olores de referencia. 53	
Anexo C. ANÁLISIS SENSORIAL DE LAS MUESTRAS MIEL.	54
Figura C1. Evaluación sensorial de muestras de miel; preparación de las muestras de miel (a), materiales (b) y panelistas realizando la evaluación sensorial (c y d).	54
Cuadro C1. Formulario utilizado durante las sesiones de evaluación sensorial de muestras de miel.....	55
Anexo D. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ORDENAMIENTO DE SABORES BÁSICOS.....	56
Cuadro D1. Resultados de las pruebas de ordenamiento de sabores básicos mediante el test de Page (ICONTEC, 2015).	56

Anexo E. DATOS Y MÉTODOS DE SELECCIÓN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE COMPONENTES PRINCIPALES Y CONGLOMERADOS.....	57
Cuadro E1. Valores promedios de los principales descriptores utilizados por el panel de evaluación sensorial para describir las muestras de miel.....	57
Figura E1. Autovalores, porcentaje de varianza y varianza acumulada de los componentes principales	58
Figura E2. Número óptimo de conglomerados por el método del codo a) y el método de la silueta b).....	59

INTRODUCCIÓN GENERAL

Se define como miel a la sustancia dulce producida principalmente por las abejas a partir del néctar de las flores o de exudaciones de otras partes de las plantas que las abejas recolectan, transforman y almacenan en el panal (Pashte et al., 2020). Este alimento se aprecia por su alto valor nutritivo además de conferir beneficios sobre la salud humana, por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Alvarez-Suarez et al., 2014; Pashte et al., 2020); está compuesto aproximadamente de un 38 % de fructosa, 31 % de glucosa, 10 % de otros tipos de azúcar, 18 % agua y 3 % de otros compuestos como vitaminas, flavonoides, ácidos orgánicos, proteínas, minerales, y compuestos volátiles que inducen los sabores y aromas característicos de este producto (Bueno-Costa et al., 2016; Rahman et al., 2017; Tahir et al., 2016; Tian et al., 2018; Pashte et al., 2020).

La apicultura es una actividad de gran relevancia a nivel mundial no solo por brindar el servicio ambiental de polinización, sino también por la producción de miel que es el principal producto de la apicultura comercializado en aproximadamente 135 países (Castellanos-Potenciano et al., 2016; FAO, 2021).

En México, la apicultura tiene una gran importancia socioeconómica y ecológica, ya que es considerada como una de las principales actividades pecuarias generadora de divisas, pues la producción de miel se realiza en las 32 entidades federativas del país en más de 1.5 millones de colmenas, las cuales obtuvieron una producción de 54 000 t para el año 2020 (SIAP, 2021), con este nivel de producción, México se consolidó como el noveno país productor de miel a nivel mundial y el segundo lugar en América superado solo por Argentina (FAO, 2021).

Con respecto al estado de Tabasco, la actividad apícola se realiza en sus 17 municipios con una producción para el año 2020 de 405 t de miel destinadas principalmente al comercio local (SIAP, 2021), y los estudios de calidad de la miel se han centrado en análisis fisicoquímicos, melisopalinológicos, perfil de antioxidantes y propiedades antibacterianas y no se tienen registros sobre sus características de aroma y sabor (Castellanos-Potenciano et al., 2012; Córdova-Córdova et al., 2013; Jacinto-Pimienta et al., 2016; Ruiz-Navajas et al., 2011; Viuda-Martos et al., 2010).

En general las propiedades sensoriales de la miel como el aroma y sabor dependen principalmente de los azúcares y otros compuestos minoritarios como los ácidos y compuestos volátiles los cuales varían entre las mieles por sus diferentes orígenes geográficos, la flora nativa, las condiciones climáticas y los hábitos de pecoreo de las abejas (Alvarez-Suarez et al., 2014; Barra et al., 2010; Bueno-Costa et al., 2016; Tian et al., 2018). por lo tanto, las diferencias sensoriales entre las mieles de diferentes orígenes geográficos se deben a las diferentes composiciones de polen o néctar, que tienen la mayor influencia en la composición química (Price et al., 2019).

La clasificación del aroma de las mieles es de vital importancia cuando se evalúa su calidad, autenticidad y valor comercial. Esta clasificación puede realizarse de forma analítica y sensorial, la primera se basa en el uso de la cromatografía de gases para la identificación y cuantificación de compuestos orgánicos volátiles (Kortesniemi et al., 2018); mientras que el análisis sensorial es la evaluación y calificación de características organolépticas mediante percepciones visuales, olfativas, gustativas y táctiles, y es una parte complementaria de los análisis fisicoquímicos tradicionales (Ciappini et al., 2013; Marcazzan et al., 2018; Piana et al., 2004).

Los primeros científicos que aplicaron el análisis sensorial a la miel fueron Michel Gonnet y Gabriel Vache en 1979. Posteriormente en 1998 la Comisión Internacional de la Miel (IHC) estudió el análisis sensorial aplicado a la miel, dando como resultados la propuesta de un método para la evaluación de la correspondencia botánica y la creación de una rueda de aromas para mieles europeas (Figura 1) organizada en sectores (familias) y subsectores (subfamilias) de aromas, que ha sido de utilidad para describir los perfiles aromáticos de mieles de diferentes orígenes geográficos y el desarrollo de nuevas metodologías para el análisis sensorial de miel (Piana et al., 2004; Marcazzan et al., 2018).

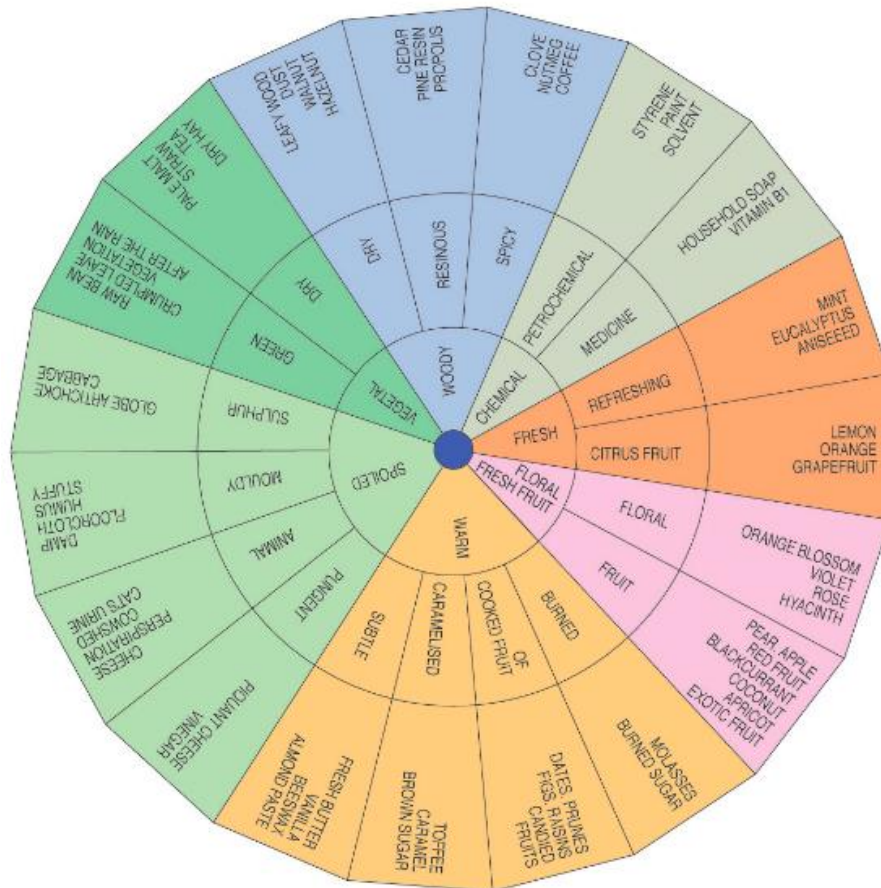


Figura 1. Rueda de olores y aromas de la Comisión Internacional de la Miel (tomado de Piana et al., 2004).

Actualmente el análisis sensorial se utiliza principalmente para el control de la calidad de la miel, pues permite distinguir el origen botánico e identificar y cuantificar ciertos defectos como la fermentación, la presencia de impurezas, los olores del humo y el sabor metálico, a un menor costo y menor tiempo que los análisis habituales de laboratorio, no obstante para realizarlo se requiere de personal previamente capacitado para reconocer, describir y calificar atributos sensoriales de un producto (Ciappini et al., 2013; Cuevas-Glory et al., 2007; Marcazzan et al., 2018; Price et al., 2019; Tian et al., 2018).

Aunado a esto, el análisis sensorial podría ser aplicado por los apicultores durante la recolección, el procesamiento y envasado de la miel con la finalidad de conservar la frescura, los olores y sabores de la miel recién cosechada y ofrecer al consumidor final un producto de mejor calidad (Marcazzan et al., 2018).

Con base en lo anterior y debido a los vacíos de información existente con respecto al perfil de aroma y sabor de las mieles tabasqueñas, el presente estudio tuvo por objetivo aplicar una metodología para el entrenamiento y selección de un panel de evaluación sensorial y posteriormente caracterizar el perfil de aroma y sabor de mieles multiflorales de las diferentes subregiones del estado de Tabasco, México.

CAPITULO I. SISTEMA AGROALIMENTARIO APÍCOLA MEXICANO: ANÁLISIS DESCRIPTIVO

MEXICAN APICULTURAL AGROALIMENTARY SYSTEM: DESCRIPTIVE ANALYSIS

Alvarez-Sánchez, Geiner F.¹; Zaldívar-Cruz, Juan M.^{1*}; Sauri-Duch, Enrique.²; Sol-Sánchez, Angel.¹; Moscoso-Ramírez, Pedro A.¹; Sánchez-Chino, Xariss M.³

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Ranchería Río Seco y Montaña, H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. ²Instituto Tecnológico de Mérida. Mérida, Yucatán, México. C. P. 97118. ³Colegio de la Frontera Sur - Unidad Villahermosa. Ranchería Guineo 2da. Sección, Villahermosa, Tabasco, México. C. P. 86280.

***Autor por correspondencia:** zaldivar@colpos.mx

1.1 ABSTRACT

Objective: Perform a descriptive analysis of the historical and current situation of honey production in Mexico using national and international statistical information.

Design/methodology/approach: The Food Balance Sheet, obtained from the FAOSTAT website and livestock production statistics in Mexico, retrieved from the SIAP website was used. 10 variables were chosen: production, import, export, per capita consumption, number of hives, volume of production, economic value, the price paid to producer, yield and unit income. The analysis consisted of the description of variables in the last year of registration at a global and local level, as well as the changes and trends according to the available historical records.

Results: In 2020, Mexico was the ninth producing country with 54,000 t, with the capacity to export about 50%. Between 2006 and 2016, the number of hives increased by 6%, while production volume and yield decreased by 1.6 and 7.5%, respectively. In contrast, for the same period (2006 to 2016) the economic value, the price paid to the producer and the unit income increased 14, 5.7 and 8.5%, respectively.

Limitations on study/implications: This type of study depends on the records of the statistical information systems that may change depending on the variable.

Findings/conclusions: The apiculture develops throughout the country, causing Mexico to be self-sufficient in the national consumption of honey, and maintain a participation in the international market. Therefore, it presents optimization opportunities especially in the central and northern part of the country where the number of hives and the volume of production are the lowest.

Keywords: apiculture, honey, descriptive analysis.

1.2 RESUMEN

Objetivo: Realizar un análisis descriptivo de la situación histórica y actual de la producción de miel en México.

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizó la Hoja de Balance Alimentario obtenida del sitio web de FAOSTAT y las estadísticas de producción de miel en México recuperadas del sitio web del Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP). Se eligieron 10 variables: producción, importación, exportación, consumo per cápita, número de colmenas, volumen de producción, valor económico, precio pagado al productor, rendimiento e ingreso unitario. El análisis consistió en la descripción de las variables en el último año de registro a nivel global y local, así como los cambios y tendencias según los registros históricos disponibles.

Resultados: En el año 2020 México fue el noveno país productor de miel con 54,000 toneladas (t) y capacidad de exportar alrededor del 50%. Entre 2006 y 2016 el número de colmenas aumentó 6%, mientras que el volumen de producción y el rendimiento disminuyeron 1.6 y 7.5% respectivamente. En contraste el valor económico el precio pagado al productor y el ingreso unitario aumentaron 14, 5.7 y 8.5% respectivamente.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Este tipo de estudios depende de los registros de los sistemas de información estadísticas cuya disponibilidad depende de la variable de interés.

Hallazgos/conclusiones: La apicultura se desarrolla en todo el país logrando que México sea autosuficiente en el consumo nacional de miel y mantenga una participación en el mercado internacional. Por lo tanto, presenta oportunidades de optimización sobre todo en la zona centro y norte del país donde el número de colmenas y el volumen de producción son los más bajos.

Palabras clave: apicultura, miel, análisis descriptivo.

1.3 INTRODUCCIÓN

La apicultura es una actividad de gran relevancia a nivel mundial no solo por brindar el servicio ambiental de polinización del cual dependen aproximadamente 286 especies cultivadas (Castellanos-Potenciano et al., 2016); sino también por la producción de miel el cual es el principal producto que se comercializa en 135 países (FAO, 2021).

En la actualidad en México la apicultura ha adquirido gran relevancia socioeconómica ya que representa una fuente importante de empleos e ingresos en el medio rural y de divisas para el país (Magaña et al., 2007); pues la actividad apícola se realiza en las 32 entidades federativas (31 estados y la Ciudad de México) siendo reconocido en 2020 como el noveno país productor (54,000 t) y exportador (32,000 t) de miel a nivel mundial (FAO, 2021).

Obtener esta información sobre el desempeño de la producción apícola en México solo es posible gracias a los sistemas de información estadística (SIE), cuyo uso e interpretación adecuada de las estadísticas agropecuarias permiten la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones óptimas en favor de la eficiencia y mejores rendimientos en los sectores agropecuarios, agroindustrial y forestal (Chávez et al., 2017).

En México existen diversas instituciones dedicadas a la generación de información y estadísticas agrícolas como el Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP), sin embargo, a pesar de contar con las fuentes de información, éstas han sido poco utilizadas en la investigación científica como parte de la descripción del sistema agroalimentario apícola.

Basado en lo anterior, el propósito de esta investigación fue realizar un análisis descriptivo y referenciado de la situación histórica y actual (1990-2020) de la producción de miel en México haciendo uso de la información estadística de instituciones nacionales e internacionales para obtener las evidencias que incentiven el desarrollo del sistema apícola.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este estudio se analizaron tres SIE: la Base de Datos Estadísticos Corporativos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT), el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

FAOSTAT ofrece datos estadísticos a nivel mundial de una gran variedad de temas y para los efectos de este estudio se seleccionó la Hoja de Balance Alimentario (HBA). El SIAP es el encargado de generar estadística e información geográfica en materia agroalimentaria en México, donde se pueden obtener desde reportes de producción, descripciones monográficas, estadísticas,

hasta, imágenes satelitales y mapas dinámicos. Mientras que el INEGI genera estadística básica sobre indicadores demográficos, sociales y económicos.

1.4.1 Hoja de balance alimentario (HBA)

La Hoja de Balance de Alimentos (HBA) son bases de datos útiles para evaluar la capacidad alimentaria de un país o entidad con respecto a la disponibilidad de alimentos. La HBA se obtuvo del sitio web de la FAOSTAT en el apartado Food Balance Sheets, donde se seleccionaron cinco variables (Producción, Importación, Exportación, Demanda nacional y Consumo per cápita) reportadas en un periodo de 29 años (de 1990 a 2019) (FAO, 2021).

Una vez descargada la base de datos se integraron en una hoja de cálculo, se homogenizaron los campos y unidades de medida para finalmente generar una tabla de datos con 680 mil registros. El análisis exploratorio de los datos se realizó utilizando tablas dinámicas en Excel.

1.4.2 Desempeño del sistema agroalimentario apícola (SAA) en México

Los datos estadísticos a nivel nacional se obtuvieron de 31 archivos del sitio web del SIAP correspondientes a las estadísticas de la producción pecuaria de 1990 a 2020 (SIAP 2021); los datos de superficie pecuaria se obtuvieron del Censo Agrícola Ganadero y Forestal del año 2016 del sitio web del INEGI. Posteriormente, los datos se integraron en una hoja de cálculo con el fin de identificar errores ortográficos, inconsistencias y omisiones. Finalmente se generó una tabla de datos con 665 mil registros.

Con esta base de datos se establecieron un total de cuatro variables de interés; Número de colmenas (NC), volumen de producción (VP), valor económico de la producción (VE), y precio promedio pagado al productor (PP), y adicionalmente se generaron dos variables más; el rendimiento (RT)

al dividir el VP entre el NC y el ingreso unitario (IU) que resultó de dividir el VE entre el NC. El análisis exploratorio de los datos y los cálculos se realizaron utilizando tablas dinámicas en Excel.

La descripción del SAA tuvo como propósito delinear los aspectos más relevantes del sistema y se dividió en dos niveles; el primero consistió en la descripción estadística de las variables de interés para el año 2016 (esto se debe a que el último año de registro del número de colmenas fue 2016, a pesar de que el resto de las variables se tienen datos hasta 2020), y el segundo nivel de descripción tomó en cuenta los cambios y tendencias de las variables de interés ocurridas de 2006 a 2016, para esta evaluación los valores monetarios fueron deflactados al año base 2010 utilizando el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC).

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.2 Desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola desde un contexto global

En 2019 la producción de miel a nivel mundial fue de 2.4 millones de t, de las cuales China aportó 457,000 t (24.7% del total mundial), siendo este país el principal productor de miel en el mundo. México contribuyó con 64,000 t, equivalentes al 3.5% de la producción global. Esta producción de miel, lo ubicó como el noveno país productor de miel a nivel mundial, el tercer lugar en el continente americano, y el segundo lugar en Latinoamérica, superado solo por Argentina que aportó 79,000 t de miel equivalentes al 4.3% del total global (Cuadro 1.1).

El consumo per cápita de miel a nivel mundial para el mismo año fue de 0.43 kg mientras que en México fue de 0.14 kg, siendo este valor tres veces menor que el promedio de los principales países productores (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1 Estadísticas de los principales países productores de miel para el año 2019 (FAO, 2021).

Principales países productores	Producción (miles de t*)	Participación porcentual	Consumo per cápita (kg persona ⁻¹ año ⁻¹)
China	457	24.7	0.22
Turquía	108	5.8	1.17
Argentina	79	4.3	0.03
Irán	78	4.2	0.92
Ucrania	71	3.8	0.41
EUA	70	3.8	0.64
India	67	3.6	0.01
Rusia	65	3.5	0.41
México	64	3.5	0.14
Etiopía	50	2.7	0.43
Global	2427	100	0.43 ⁺

*t = toneladas, ⁺ = media global.

La demanda nacional aparente (DNA) fue de 24,000 t la cual se cubrió con el 37.5% de la producción nacional y el 62.5% de la producción restante se exportó (Figura 1.1), estos valores de producción y consumo han tenido altibajos entre 1990 y 2018.

La producción anual de miel en México se ha mantenido prácticamente estable entre las 50 y 60 mil t de miel, el punto crítico de la producción se observó en 1995 y 1996 donde se obtuvieron 49,000 t, mientras que el punto máximo se presentó en 1991 con una producción de 66,000 t de miel (Figura 1.1).

Durante el mismo periodo la DNA, aunque con altibajos presentó un ligero incremento del 4% al pasar de 23,000 t en 1990 a 24,000 t en 2018. Contrario a esto el consumo per cápita anual presentó un decremento de 46% entre ambos años al pasar de 0.26 kg en 1990 a 0.14 kg en 2018 con altibajos a lo largo del periodo, con un consumo máximo de 0.36 kg persona⁻¹ año⁻¹ en 2001 y un consumo mínimo de 0.14 kg persona⁻¹ año⁻¹ en 2015 (Figura 1.1).

Al igual que la producción y el consumo per cápita, las exportaciones de miel también presentaron un decremento del 9% al pasar de 44,000 t en 1990 a 40,000 t en 2018 (Figura 1.1), a pesar de esto México sigue ocupando un lugar importante en el mercado internacional pues el volumen de

producción aún es lo suficientemente alto para mantener su vocación de exportador pues cada año coloca en el mercado internacional alrededor del 50% de su producción de miel (Chan-Chi et al., 2018). Una labor cada vez más difícil de lograr debido a las estrictas normas de calidad e inocuidad de los mercados internacionales que encarecen los costos de producción y obligan a los apicultores a modificar el manejo tradicional de la colmena y adquirir insumos de mejor calidad para solucionar los problemas sanitarios con la finalidad de mantener su presencia en el mercado internacional (Magaña et al., 2016).

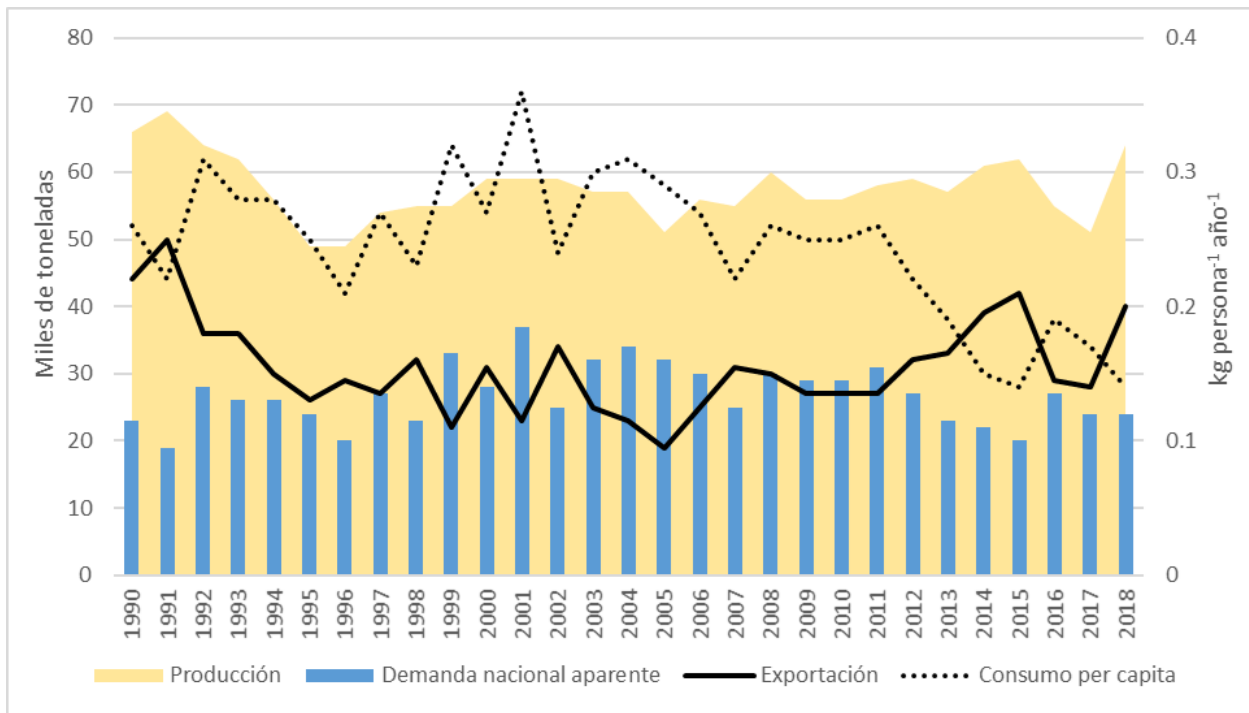


Figura 1.1 Hoja de balance alimentario (HBA) de México entre 1990 y 2018 (FAO, 2021).

En cuanto a las importaciones, éstas prácticamente no han sido necesarias para satisfacer la demanda nacional pues solamente en 2001 y 2002 se importaron 1,000 t de miel (Figura 1.1).

1.5.3 Desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) desde un contexto local

En 2020 la apicultura se desarrolló en las 32 entidades federativas del país y en 1,525 municipios siendo Jalisco, Yucatán, Chiapas, Campeche, Veracruz y Oaxaca, los estados con el mayor número de municipios productores de miel (Cuadro 1.2).

El número de colmenas (NC) en 2016 fue de 1,859,350 a nivel nacional (Cuadro 1.2). Los estados con mayor NC se encuentran en el sur y sureste de la República Mexicana, siendo Yucatán el estado con mayor NC establecidas con 250,073 representando un 13.4% del total nacional (Cuadro 1.2), en contraste los estados con menor NC se concentran hacia el norte y noroeste del país (Figura 1.2a).

Para 2020 el volumen de producción (VP) de miel fue de 54,165.3 t que alcanzó un valor económico (VE) de 2,187 millones de pesos. Jalisco fue el estado con mayor VP con 6,059.2 t equivalentes al 11.2% de la producción nacional y un VE de 283.2 millones de pesos (Cuadro 1.2), el resto de los estados con mayor VP y mayor VE nuevamente se encuentran en el sur y sureste de la república mexicana (Figura 1.2b y 1.2c).

Respecto al precio promedio (PP) por kilogramo de miel a nivel nacional se estimó en \$44.3 kg⁻¹ de miel (Cuadro 1.2). En cuanto a la distribución geográfica en la Figura 1.2d se observa que los mejores PP se concentran hacia el norte y centro del país, esto posiblemente se deba a los bajos niveles de producción, pues en esta zona geográfica también se encuentran los estados que ocupan los últimos lugares en el NC y VP, siendo Michoacán el estado con el máximo PP estimado en \$52.8 kg⁻¹ de miel (Figura 1.2d).

Cuadro 1.2 Variables de desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) en México para el año 2020 por entidad federativa (SIAP, 2021).

Entidad	Municipios	NC	VP (t)	VE (m\$)	PP (\$ kg ⁻¹)
Aguascalientes	11	17500	517.9	23.6	45.5*
Baja California	5	8672	297.9	14.7	48.7*
Baja California Sur	4	4680	201.7	9.6	47.6*
Campeche	13	205377*	5374.5*	165.5*	30.7
Chiapas	82	161822*	5434.5*	220.7*	41.6
Chihuahua	18	34061*	637.2	30.8	47.4*
Ciudad de México	7	9337	96.1	5.0	51.9*
Coahuila	19	17000*	222.3	11.3	51.2*
Colima	9	4000	494.3	22.9	46.0*
Durango	24	16884*	471.5	23.4	52.5*
Guanajuato	34	39523	654.1	32.2	49.5*
Guerrero	60	81194*	1963.3*	90.4*	47.7
Hidalgo	67	23454	1399.0*	59.6	42.7
Jalisco	109	120128*	6059.2*	283.2*	46.6*
México	73	40657*	876.1	44.2*	50.3*
Michoacán	113	67842*	2041.9*	105.9*	52.8*
Morelos	33	66180*	1954.2*	86.6*	43.4
Nayarit	16	11312	460.3	19.5	44.3
Nuevo León	8	4720	257.7	11.7	45.4*
Oaxaca	244	116860*	4592.3*	185.0*	40.9
Puebla	166	91951*	2449.6*	106.6*	43.7
Querétaro	15	2028	63.4	2.7	43.1
Quintana Roo	9	120188*	2132.8*	52.1*	23.2
San Luis Potosí	46	44202*	1145.5*	52.8*	47.8*
Sinaloa	19	19237	179.4	7.7	42.9
Sonora	28	19184	565.6	27.1	48.0*
Tabasco	17	10542	405.0	18.2	45.1*
Tamaulipas	24	22854	708.9	28.6	40.5
Tlaxcala	55	32003	454.0	19.7	43.3
Veracruz	122	138009*	4645.2*	202.8*	43.9
Yucatán	103	250073*	5528.6*	138.9*	25.0
Zacatecas	54	57876	1881.4*	83.8*	45.2*
Total nacional	1525	1859350	54165.3	2187.0	
Promedio nacional		58104.7	1692.7	68.3	44.3

NC: número de colmena para el año 2016 (último año de registro disponible), VP: volumen de producción, VE: valor económico de la producción, PP: precio promedio pagado al productor, t: toneladas, *: valores por encima de la media nacional.

Los PP registrados en el país difieren mucho de lo que se llega a pagar por kilogramo de miel al exportarlo, y esto se debe a que el precio que se le paga al apicultor lo determina por lo general el exportador mayorista o quien le vende a algún comercializador internacional, en esto influye tanto

lo que ocurre con la demanda en el mercado internacional (importación), como con el margen de ganancia que busca dicho agente comercial, es decir, el apicultor prácticamente no tiene poder de negociación en la mayoría de los mercados (Magaña et al., 2016).

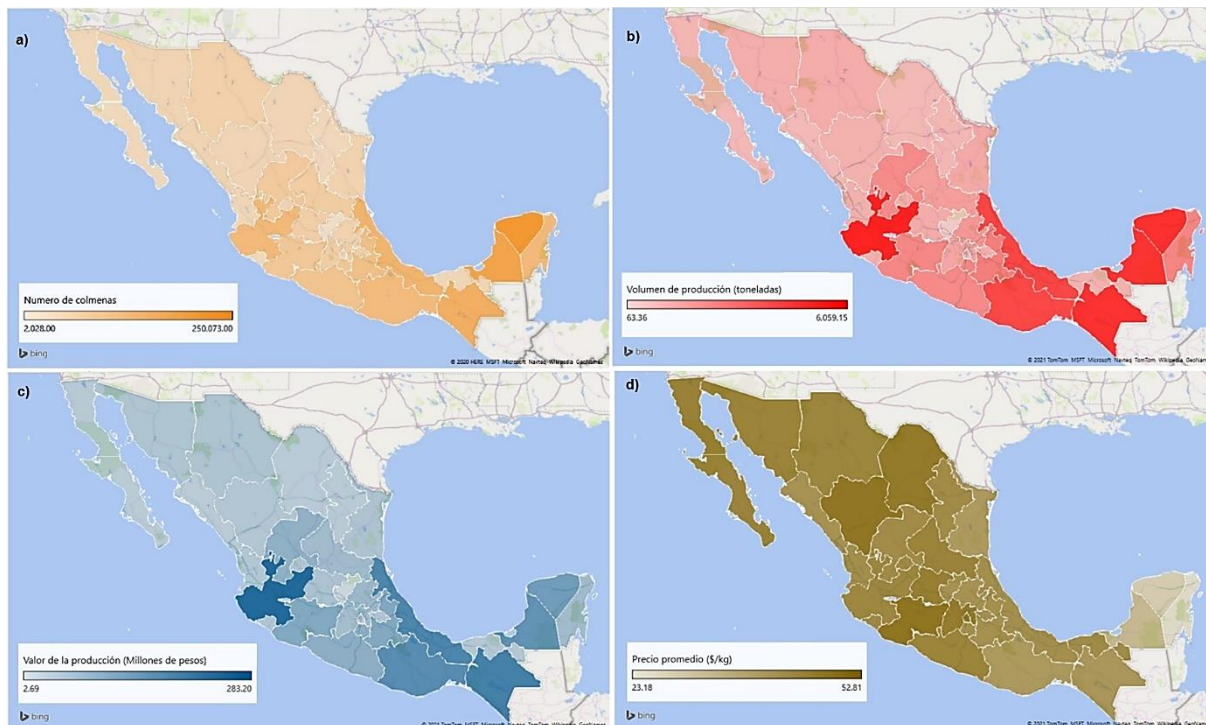


Figura 1.2 Distribución geográfica de las variables de desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) en México; a) Número de colmenas (NC) para el año 2016 y, b) Volumen de producción (VP), c) Valor económico (VE) y d) Precio promedio (PP) para el año 2020.

1.5.4 Cambios y tendencias del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) en México entre 2006 y 2016

El SAA apícola ha tenido un pequeño aumento en el NC productivas a nivel nacional pasando de 1,747,033 colmenas en 2006 a 1,859,350 colmenas en 2016, este incremento es equivalente al 6% del valor inicial (Figura 1.3) y supondría de igual manera un aumento en el VP de miel a nivel nacional, sin embargo, se presentó un descenso del VP pues mientras que en 2006 se produjeron 58,121.3 t de miel, para el año 2016 solo se produjeron 57,202.4 t representando una reducción de alrededor de 919 t, equivalentes al 1.6% del VP inicial (Figura 1.3), aunque no está claro a qué se

debe esta disminución en la producción, es posible que pueda atribuirse a diversos factores como enfermedades, plagas, uso de agroquímicos en cultivos cercanos, e incluso el retraso en la floración de las plantas néctar-poliníferas debido al cambio climático (Baena-Díaz et al., 2022).

De igual manera se observó un descenso en el RT promedio por colmena, mientras en 2006 el rendimiento era de 33.3 kg de miel por colmena en 2016 fue de 30.8 kg de miel por colmena, representando una disminución de 7.5%. (Figura 1.3).

El análisis del valor económico de la producción (VE) del SAA apícola inicio con la deflactación de los precios mediante el Índice Nacional de Precios al Consumidor usando como base el año 2010 (Banxico, 2018). De 2006 a 2016 se presenta una tendencia notablemente al alza en el VE de la producción al pasar de 1,728.5 millones de pesos en 2006 a 2,009.7 millones de pesos en 2016, es decir, un aumento de más de 281 millones de pesos equivalentes al 14% del VE inicial (Figura 1.3), lo cual es resultado del incremento del 5.7% en el PP a nivel nacional para el mismo periodo al pasar de \$44.3 a \$47 kg⁻¹ de miel, lo cual generó un aumento del IU pasando de \$989.4 a \$1,080.9 por colmena (Figura 1.3).

El ligero decrecimiento que ha tenido la actividad apícola nacional en cuanto al VP, NC y RT se debe a que ha tenido que enfrentar problemas de diversa índole que han afectado el nivel de su productividad.

Las causas estructurales de la problemática se pueden agrupar en tres puntos principales: 1) la africanización de las abejas y la presencia del ácaro *Varroa destructor*, constituyen el principal problema sanitario de las colonias de abejas ya que reducen considerablemente la población y el rendimiento de miel (Baena-Díaz et al., 2022); 2) el retraso de las épocas de floración y la reducción de los recursos florales disponibles debido al aumento de la temperatura media y el

retraso de las épocas de lluvias provocados por el cambio climático; y 3) el estancamiento de la competitividad de la miel mexicana en el mercado mundial, debido a la falta de adopción de mejores tecnologías de manejo y envasado de la miel, así como la falta de interés en la caracterización y diferenciación del producto que pudieran agregar valor (Campos-García et al., 2018).

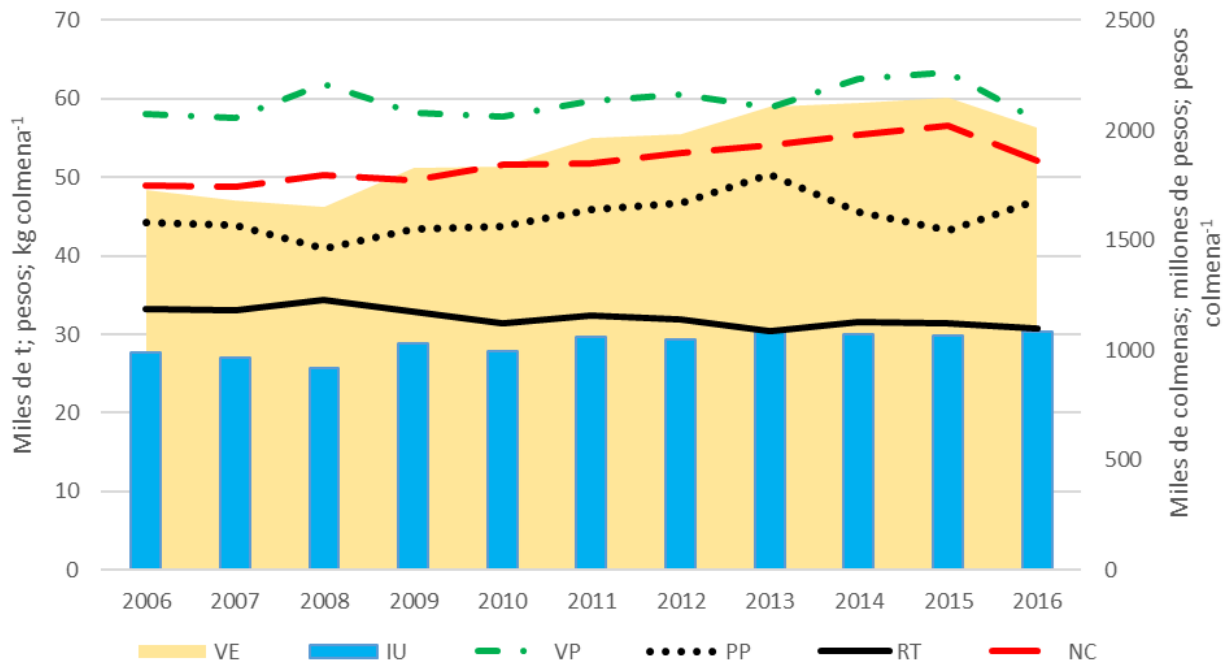


Figura 1.3 Desempeño del Sistema Agroalimentario Apícola (SAA) en México entre 2006 y 2016: VE = Valor económico (millones de pesos), IU = Ingreso unitario (pesos colmena⁻¹), VP = Volumen de producción (miles de t), PP = Precio promedio (pesos mexicanos), RT = Rendimiento (kg colmena⁻¹), NC = Número de colmenas (miles de colmenas).

1.6 CONCLUSIONES

México es un país de gran tradición apícola pues prácticamente en todos sus estados se desarrolla la apicultura, con la capacidad de satisfacer la demanda nacional de miel sin necesidad de recurrir a la importación debido al bajo consumo per cápita (140 g persona⁻¹ año⁻¹). Lo que le permite

colocar en el mercado internacional alrededor del 50% de su producción, ubicándolo dentro del top 10 de los países con mayor volumen de producción de miel.

Geográficamente la zona sur sureste del país alberga a los estados con los mejores resultados en el NC, VP y VE, sin embargo, los estados del centro y norte del país tienen los mejores PP por kilogramo de miel.

Como cualquier otro sistema agroalimentario el SAA ha experimentado altibajos en las variables de desempeño a lo largo de los años, en términos generales de 2006 a 2016 el VP y el RT promedio por colmena disminuyeron 1.6 y 7.5%, respectivamente, en contraste el NC, VE, PP y el IU presentaron incrementos del 6, 14, 5.7 y 8.5%, respectivamente, esto indica que el SAA presenta oportunidades de optimización en el manejo que pueda incrementar los niveles de producción y eventualmente sumar al desarrollo de los municipios y comunidades dedicadas a la apicultura.

CAPITULO II. EVALUACIÓN SENSORIAL DE MIELES DE DIFERENTES SUBREGIONES DEL ESTADO DE TABASCO

Alvarez-Sanchez, G. F.¹; Zaldívar-Cruz, J. M.¹; Sauri-Duch, E.²; Sol-Sanchez, A.¹; Moscoso-Ramírez, P. A.¹; Sánchez-Chino, X. M.³

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. 86500 H. Cárdenas, Tabasco. ²Instituto Tecnológico de Mérida. C.P. 97118. Mérida, Yucatán. ³El Colegio de la Frontera Sur. C.P. 86280. Villahermosa, Tabasco.

2.1 RESUMEN

El aroma y sabor característico de las mieles difieren debido a factores geográficos, climáticos y botánicos. El análisis sensorial de las mieles es de vital importancia cuando se evalúa su calidad, autenticidad, origen y valor comercial. El presente estudio tuvo por objetivo caracterizar el aroma y sabor de mieles de cuatro subregiones del estado de Tabasco, mediante el entrenamiento de un panel de análisis sensorial. Se realizaron 28 sesiones de entrenamiento a diez catadores para desarrollar la capacidad de reconocimiento de estándares aromáticos y el poder discriminatorio de muestras de miel utilizando distintos descriptores sensoriales. Al final del entrenamiento se seleccionaron siete de diez participantes para realizar la evaluación sensorial utilizando el método del perfil de Marcazzan et al. (2014). Los resultados del desempeño del panel de evaluación se analizaron mediante análisis de varianza univariado y multivariado. Con los descriptores utilizados por el panel se realizó un análisis de componentes principales y un análisis de conglomerados para definir el mapa sensorial de las muestras y agruparlas de acuerdo a la similitud de sus descriptores. Con los resultados del análisis sensorial y el análisis estadístico se logró determinar que solo 14 de los 36 descriptores fueron de utilidad para describir las propiedades olfativas-gustativas de las mieles tabasqueñas, es decir, diez descriptores de aroma y cuatro descriptores de sabor, con los

cuales se formaron cinco perfiles sensoriales agrupados principalmente en función del tipo de sabor percibido, concluyendo que en una misma subregión geográfica se encuentran mieles con características olfativas y gustativas diferentes.

Palabras clave: Perfil sensorial, miel, aroma, sabor, *Apis mellífera*.

2.2 INTRODUCCIÓN

La miel es un fluido dulce y viscoso que producen las abejas a partir del néctar de las flores o de exudaciones de otras partes de las plantas, es un alimento nutritivo utilizado desde la antigüedad con importancia económica mundial (Manyi-Loh et al., 2011; Pashte et al., 2020). Dentro de su composición se han identificado azúcares, vitaminas, flavonoides, ácidos orgánicos, proteínas, minerales, y compuestos volátiles de diferentes clases químicas (Rahman et al., 2017; Tahir et al., 2016).

Esta fracción de compuestos volátiles junto con los azúcares y ácidos orgánicos son los responsables de inducir el sabor y aroma característico de la miel, siendo el origen geográfico, la flora nativa, las condiciones climáticas y los hábitos de pecoreo de las abejas, los principales factores que determinan el número y concentración de los compuestos volátiles presentes en una miel (Alvarez-Suarez et al., 2014; Barra et al., 2010; Bueno-Costa et al., 2016; Kivima et al., 2021; Tian et al., 2018).

El estudio del aroma y sabor de la miel se realiza con métodos cromatográficas para la identificación y cuantificación de compuestos volátiles o mediante el análisis sensorial, el cual se utiliza como una herramienta analítica para el control de calidad de la miel al reconocer defectos como la fermentación, impurezas y olores y sabores desagradables, además, de conocer las

preferencias y rechazos de los consumidores (Ciappini et al., 2013; Cuevas-Glory et al., 2007; Marcazzan et al., 2018; Piana et al., 2004; Price et al., 2019).

En este contexto, ampliar el conocimiento sobre las propiedades sensoriales de las mieles locales contribuye a aumentar su valor, diversificar el producto y evitar fraudes a los consumidores por la adulteración de la miel, pues las características sensoriales son los primeros atributos distinguidos por los consumidores (Ghorab et al., 2021).

El análisis sensorial de la miel tomó relevancia científica en 2001 con la creación de una rueda de aromas y la propuesta de un método de evaluación sensorial por parte de la Comisión Internacional de la Miel (IHC) (Piana et al., 2004). A partir de esto, en Europa se han caracterizado sensorialmente las mieles monoflorales de acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) castaño (*Castanea sativa* Mill), trébol (*Trifolium pratense* L.), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), brezo (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), lavanda (*Lavandula* spp.), naranjo (*Citrus* spp.) pino (*Pinus* spp.) y romero (*Rosmarinus officinalis* Spenn) entre otros (Machado et al., 2020; Marcazzan et al., 2014; Marcazzan et al., 2018; Piana et al., 2004).

Posteriormente el análisis sensorial en mieles se ha realizado en algunos países latinoamericanos como Argentina, Uruguay, Chile (Montenegro et al., 2008) y México (Alfaro et al., 2010).

México es uno de los principales países exportadores de miel en el mundo, la producción de este producto se agrupa en cinco regiones geográficas (Sureste, Norte, Pacífico, Golfo y Altiplano) cada una con distintas condiciones edafológicas y diversas especies vegetales que dan origen a una gran diversidad de mieles con características variadas (Pacheco-López et al., 2017).

A pesar de esto la gran mayoría se comercializan sin distinción de su origen botánico, geográfico o caracterización sensorial y la poca información que se tiene al respecto corresponde a las mieles

monoflorales de tahonal (*Viguiera dentata* (Cav.) Spreng), chaká (*Bursera simaruba* (L.) Sarg), dzidzilché (*Gymnopodium floribundum* Rolfe), jabín (*Piscidia piscipula* (L.) Sarg), catzin (*Acacia gaumeri* S. F. Blake) y pucté (*Bucida buceras* L.) de la península de Yucatán, localizado en el sureste de México (Alfaro et al., 2010).

Con respecto al estado de Tabasco, la actividad apícola se realiza en sus 17 municipios al poseer las condiciones adecuadas como la amplia diversidad botánica y un clima cálido húmedo con lluvias todo el año y una temperatura media anual de 27°C, que le permitió registrar para el año 2020 una producción de 405 t de miel destinadas principalmente al comercio local (INEGI, 2017; SIAP, 2021). A pesar de esto solo se han realizado estudios físico-químicos, melisopalinológicos y propiedades antibacterianas y no se tienen registros sobre la caracterización sensorial de la miel (Castellanos-Potenciano et al., 2012; Córdova-Córdova et al., 2013; Jacinto-Pimienta et al., 2016).

Esto se debe a que la evaluación organoléptica generalmente es realizada por un panel de catadores entrenados que han desarrollado un lenguaje específico para reconocer, describir y calificar atributos o características específicas (descriptores) de un producto (Tian et al., 2018; Vaclavik & Christiana, 2014).

Con base en lo anterior y debido a la existencia de vacíos de información con respecto al perfil de aromas y sabor de las mieles tabasqueñas, el presente estudio tuvo por objetivo caracterizar el perfil de aroma y sabor de mieles multiflorales de diferentes subregiones del estado de Tabasco, México, mediante el entrenamiento de un panel de análisis sensorial.

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS

2.3.1 Muestras de miel

Para el análisis sensorial, se colectaron 20 muestras de miel en apiarios de cuatro subregiones del estado de Tabasco (Centro, Chontalpa, Sierra, y Ríos) (Figura 2.1) en octubre 2019 y se almacenaron en condiciones de oscuridad y temperatura ambiente hasta su análisis sensorial.

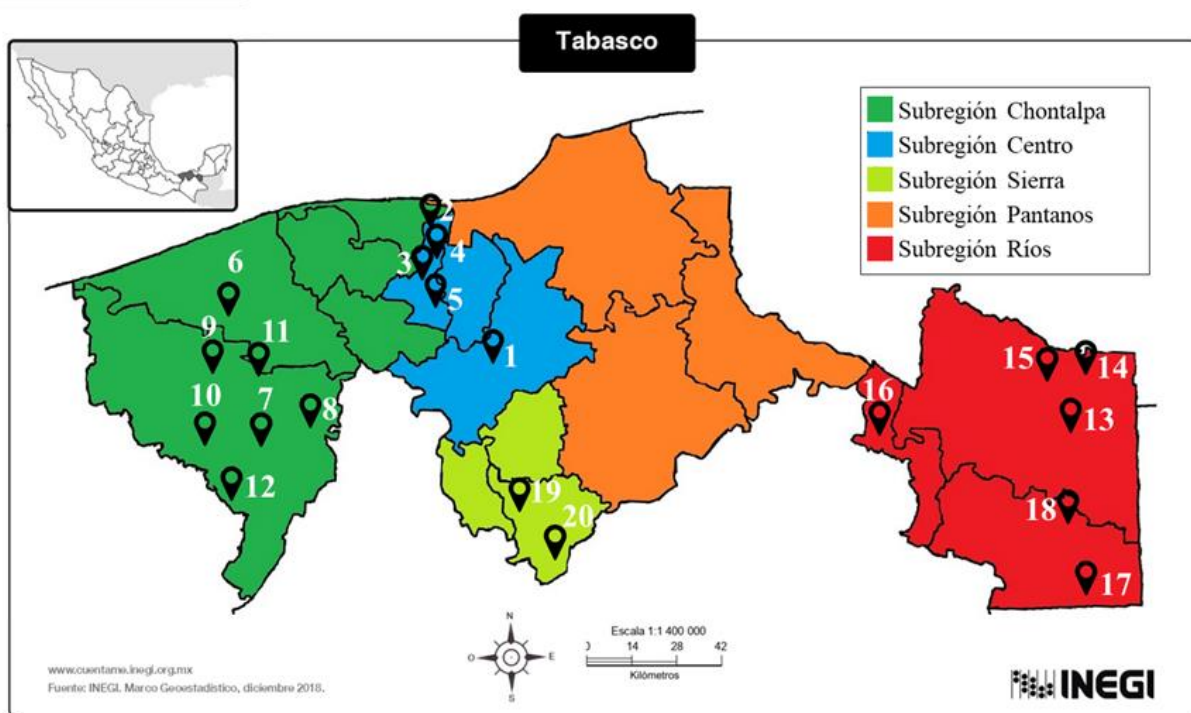


Figura 2.1 Distribución geográfica de los sitios de muestreo (modificado de INEGI, 2018); 1) Ranchería Miraflores, 2) Poblado Mecoacán, 3) Ranchería Benito Juárez, 4) Ranchería Rivera Alta, 5) Ranchería Santuario, 6) Campo Experimental km 21, 7) Ranchería Gilberto Flores, 8) Ranchería Paredón, 9) Colonia Ocuapan, 10) Ranchería El Encomendero, 11) Ranchería Laguna de los Limones, 12) Ejido Economía, 13) Ejido San José, 14) Villa El Triunfo, 15) Ejido Gustavo Diaz Ordaz, 16) Sección El Avispero, 17) Ejido Hermenegildo Galeana, 18) Ejido Santa Elena, 19) Ejido Zunú-Patastal, 20) Ranchería Francisco I. Madero.

2.3.2 Determinación del perfil de aroma y sabor de las muestras de miel

La caracterización sensorial de las muestras de miel se realizó en dos etapas; entrenamiento y selección de los integrantes de un panel de evaluación sensorial y obtención del perfil de aroma y sabor de las muestras de miel. Todas las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Alimentos del

Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco acondicionado con cabinas de trabajo individual (Anexo A), con temperatura ambiente de 22 a 25°C, iluminación constante, acústica y olores controlados (Marcazzan et al., 2018).

2.3.3 Entrenamiento y selección de los integrantes del panel

En el entrenamiento participaron 10 candidatos, siete hombres y tres mujeres de 24 a 40 años de edad que realizaron pruebas de detección de sabores básicos y ordenamiento de sus diferentes intensidades, así como el reconocimiento de aromas de referencia (Ciappini et al., 2013; Montenegro et al., 2008).

El objetivo de la prueba de detección fue identificar evaluadores con capacidad para diferenciar sabores básicos a las concentraciones establecidas en la Cuadro 2.1. Se realizó en una sesión de máximo 10 minutos. Cada evaluador probó cuatro muestras codificadas correspondientes a los sabores básicos en orden aleatorio (50 mL por solución) y describió el tipo de sabor percibido en un formulario (Anexo B) (Ciappini et al., 2013; Montenegro et al., 2008).

En las siguientes sesiones los evaluadores realizaron pruebas de ordenamiento de sabores básicos utilizando los valores y diluciones del Cuadro 2.1. Se realizaron cuatro sesiones (una por cada sabor básico) de 10 minutos cada una. En cada sesión los evaluadores probaron cinco muestras codificadas en orden aleatorio (50 mL de cada solución), describieron el tipo sabor percibido y ordenaron la intensidad de menor a mayor en un formulario (Anexo B). Los resultados se analizaron mediante el test de Page (ICONTEC, 2015).

Posteriormente los evaluadores conocieron y memorizaron 32 aromas de referencia (Cuadro 2.2) en ocho sesiones de 30 minutos cada una, en cada sesión se proporcionaron cuatro viales transparentes con 0.3 mL de un estándar de aroma diferente (Sigma-Aldrich). Seguido de esto se

realizaron cuatro sesiones de evaluación de 30 minutos cada una, donde los evaluadores olieron ocho viales ámbar con 0.3 mL de un estándar de aroma diferente (Cuadro 2.2) y describieron el aroma percibido en un formulario (Anexo B) (Ciappini et al., 2013; Kortensniemi et al., 2018; Rodríguez et al., 2015).

Cuadro 2.1 Escala de valoración de intensidades de sabores básicos (Ciappini et al., 2013).

Sabor	Parámetro	Valor de intensidad	Diluciones
Dulce	Nada dulce	1	Agua
	Algo dulce	2	50 g/L sacarosa
	Dulce	3	100 g/L sacarosa*
	Muy dulce	4	200 g/L sacarosa
	Extremadamente dulce	5	350 g/L sacarosa
Salado	Nada salado	1	Agua
	Algo salado	2	1 g/L cloruro de sodio
	Salado	3	2 g/L cloruro de sodio*
	Muy salado	4	5 g/L cloruro de sodio
	Extremadamente salado	5	10 g/L cloruro de sodio
Ácido	Nada ácido	1	Agua
	Algo ácido	2	0.062 g/L ácido cítrico
	Ácido	3	0.125 g/L ácido cítrico*
	Muy ácido	4	0.25 g/L ácido cítrico
	Extremadamente ácido	5	0.50 g/L ácido cítrico
Amargo	Nada amargo	1	Agua
	Algo amargo	2	0.05 g/L cafeína
	Amargo	3	0.10 g/L cafeína*
	Muy amargo	4	0.20 g/L cafeína
	Extremadamente amargo	5	0.40 g/L cafeína

*Soluciones de referencia usados en la prueba de identificación de sabores básicos.

Para la selección de los miembros de panel se debió acreditar la prueba de ordenamiento de sabores básicos además de no tener problemas de sensibilidad gustativa y reconocer el 70 % de los aromas de referencia.

2.3.4 Análisis sensorial de muestras de mieles tabasqueñas

De cada muestra de miel se tomaron 30 g, se colocaron en recipientes de vidrio color ámbar de 150 mL con taparrosca y se identificaron con códigos aleatorios de tres dígitos. El análisis sensorial se basó en el método del perfil de Marcazzan et al. (2014). Se realizaron ocho sesiones de 30

minutos donde los evaluadores olieron y probaron las muestras de miel (cinco por sesión) para determinar la presencia e intensidad de los descriptores sensoriales evaluados (Cuadro 2.2) emitiendo su calificación sobre escalas horizontales no estructuradas de 10 cm de longitud donde 0 es la ausencia del descriptor y 10 es la máxima intensidad del descriptor sensorial (Anexo C) (Ciappini et al., 2013; Marcazzan et al., 2018; Piana et al., 2004; Rodríguez et al., 2015).

Cuadro 2.2 Atributos y descriptores gustativos y olfativos para la descripción sensorial de mieles y estándares de referencia utilizados en el entrenamiento del panel (modificado de Marcazzan et al., 2014).

Atributo	Definición	Aroma de referencia*/Descriptor
Intensidad olfativa global	Intensidad percibida por receptores olfativos por vía nasal o retranasal	-
Químico	Aroma no relacionado con alimentos con cierto grado de agresividad	Pintura (Tolueno), solvente (1-Nonanol), jabón (Octanal) y vitamina B1 (1-butanol)
Fresco	Aromas refrescantes o que recuerden a alimentos cítricos	Menta (Mentol), eucalipto (Eucaliptol), anís (Trans-anetol), limón (Nonanal) y naranja (Citral)
Floral-frutal	Aroma que recuerda a las flores	Azahar (Metil-antranilato), violeta (b-ionona) y rosas (Alcohol fenétlico)
	Aroma que recuerda a las frutas	Frutos rojos (Frambión), coco (γ-Nonalactona) y durazno (γ-Undecalactona)
Cálido	Aroma que recuerda a los alimentos de sabor dulce	Ciruela pasa (b-damascenona), caramelo (Furaneol), azúcar (Sotolon), mantequilla (2,3-butanadiona) y vainilla (Vainillina)
Fétido	Aroma que recuerda al mundo animal o descomposición.	Vinagre (Ácido acético), queso (Ácido butírico), humedad (4-metilfenol) y azufre (DMSO)
Vegetal	Aroma que recuerda a las plantas no aromáticas	Vegetación (2-hexanol), té verde (Trans-2-hexenal) y paja (Cumarina)
Amaderado	Aroma que recuerda a algo fresco, balsámico, cosmético, no relacionado con alimentos	Avellana (2-metilpiridina), cedro (Cedrol), pino (α-pineno), propóleo (Borneol), clavo de olor (Eugenol)
Dulzor	Sabor producido por soluciones de sacarosa	10 g/L sacarosa
Acidez	Sabor producido por soluciones de ácido cítrico	0.125 g/L ácido cítrico
Salinidad	Sabor producido por soluciones de cloruro de sodio	2 g/L cloruro de sodio
Amargor	Sabor producido por soluciones de cafeína	0.10 g/L cafeína

* Guyot-Declerck, 2003; Marcazzan et al., 2014; Tian et al., 2018; Uckun & Selli, 2017.

2.3.5 Diseño y análisis estadístico

En el análisis sensorial se evaluaron por duplicado 20 muestras de miel en ocho sesiones (cinco muestras por sesión) siguiendo un diseño experimental de bloques completos al azar.

Con los resultados se realizó un Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA) con los efectos Muestra, Panel, Sesión y sus interacciones Muestra*Panel, Muestra*Sesión y Panel*Sesión para evaluar el desempeño del panel en su conjunto y, un Análisis de Varianza Univariado (ANOVA) para comprobar la significancia de los efectos, determinar la utilidad de cada descriptor y evaluar la capacidad de discriminación, la repetibilidad y el consenso del panel en la evaluación de las propiedades sensoriales de las muestras de miel (Lê & Worch, 2015).

Posteriormente, con los datos de los descriptores utilizados en consenso por los panelistas en todas las sesiones se realizó un análisis de componentes principales (ACP) y un análisis de conglomerados de k-medias para agrupar muestras con características similares y generar los perfiles sensoriales (Lê & Worch, 2015).

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software libre R (R Core Team, 2021).

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.4.1 Entrenamiento y selección de los integrantes del panel

En la prueba de detección de sabores básicos los diez participantes obtuvieron un 100 % de respuestas correctas para cada tipo de sabor. Ningún participante presentó problemas de sensibilidad gustativa y continuaron con el entrenamiento.

En las pruebas de ordenamiento de sabores básicos todos los participantes encontraron diferencias entre las muestras de sabor dulce y salado ordenando adecuadamente sus diferentes intensidades,

en el ordenamiento del sabor ácido y amargo tres participantes presentaron dificultades para diferenciar algunas intensidades (Anexo D), a pesar de esto el análisis mediante el Test de Page determinó que el orden asignado en conjunto por los evaluadores correspondió al orden ascendente de las intensidades establecidas para los sabores básicos de acuerdo con los lineamientos del ICONTEC, (2015). Por lo tanto, se considera que todos los participantes tienen la capacidad de identificar las diferentes intensidades de sabor dulce, salado, ácido y amargo.

En la prueba de identificación de aromas de referencia cuatro evaluadores reconocieron entre el 70 y 75 % de los estándares (Figura 2.2). Ciappini et al. (2013) mencionan que los evaluadores deben tener al menos un 70 % de respuestas correctas en esta prueba para formar parte de un panel entrenado. Por ello fue necesario repetir las sesiones de entrenamiento y evaluación, de esta forma se consiguió que siete evaluadores superaran el porcentaje de reconocimiento mínimo requerido con porcentajes de 78 a 100 % (Figura 2.2).

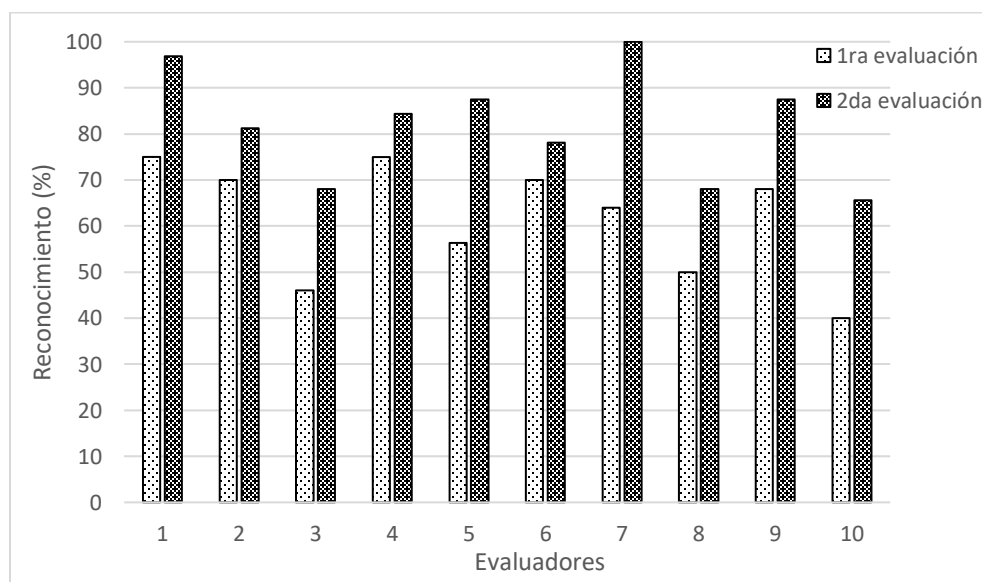


Figura 2.2 Desempeño de los evaluadores en el reconocimiento de aromas de referencia.

Según Piana et al. (2004) un panel para evaluar el sabor y aroma debe estar conformado por al menos siete miembros entrenados. De esta forma el panel que evaluó las muestras de miel quedó

integrado por siete evaluadores, cuatro hombres y tres mujeres de entre 24 y 40 años de edad que obtuvieron resultados satisfactorios en las pruebas de detección de sabores básicos, pruebas de ordenamiento de intensidades de sabores y la identificación de los aromas de referencia.

2.4.2 Evaluación del desempeño del panel durante las sesiones de análisis sensorial

Los análisis de varianza multivariado y univariado (MANOVA y ANOVA) se realizaron con los datos de 24 de los 37 descriptores, debido a que estos fueron utilizados por el panel en al menos una ocasión. Los 13 descriptores descartados corresponden a los siguientes aromas; pintura, anís, naranja, azahar, violeta, rosas, frutos rojos, coco, durazno, azúcar, vinagre, azufre y avellana. Esto indica que las muestras analizadas no poseen estos descriptores aromáticos y por esta razón no se incluyen en el análisis estadístico.

Los resultados del MANOVA (Cuadro 2.3) muestran que existen diferencias estadísticas significativas para los efectos “Muestra”, “Panelista”, “Sesión” y la interacción “Muestra*Panelista”.

En el efecto “Muestra” nos indica que estas fueron percibidas por el panel de manera diferente, es decir, que las muestras de miel difieren en sus descriptores olfativos-gustativos, mientras que para el efecto “Panel”, por lo menos un panelista utiliza la escala de evaluación diferente al resto, y en el efecto “Sesión” la escala de evaluación no ha sido utilizada de forma consistente en al menos una sesión y que los panelistas no tuvieron la misma percepción de las mieles con respecto al descriptor sensorial de interés (efecto “Muestra*Panelista”). El efecto no significativo para las interacciones “Muestra*Sesión” y “Panelista*Sesión” indican que las muestras y la escala de notación fueron percibidas y utilizadas de manera similar de una sesión a otra (Lê & Worch, 2015).

Cuadro 2.3 Resultados del análisis de varianza multivariado (MANOVA).

Efecto	Estadística de prueba	F aproximada	Grados de libertad del modelo	Grados de libertad del error	p-valor (>F)
Muestra		34.715	456	1162.11	<2e-16***
Panelista		5.715	144	434.52	<2e-16***
Sesión	Lambda de Wilks	1.365	96	291.71	0.025*
Muestra*Panelista		2.615	2736	1933.28	<2e-16***
Muestra*Sesión		1.023	384	1030.78	0.388
Panelista*Sesión		1.01	576	1337.21	0.491

* = Efecto significativo con un α de 0.05, *** = Efecto altamente significativo con un α de 0.01.

Para comprobar la significancia de los efectos, determinar la utilidad de los descriptores y evaluar la capacidad de discriminación, la repetibilidad y el consenso del panel se realizó un ANOVA. Los resultados del análisis muestran diferencias estadísticas significativas para todos los descriptores en el efecto “Muestra” (Cuadro 2.4), es decir, que todas las muestras de miel fueron percibidas como diferentes en cada uno de los descriptores sensoriales, este efecto corresponde a la capacidad de discriminación del panel (Altendorff et al., 2019; Lê & Worch, 2015).

Para el efecto “Panel” existen diferencias estadísticas significativas para 13 descriptores (Cuadro 2.4), en otras palabras, que al menos un panelista percibió con mayor o menor intensidad estos descriptores con respecto al resto de los panelistas (Altendorff et al., 2019; Lê & Worch, 2015). Mientras que el efecto “Sesión” se muestran diferencias estadísticas significativas para seis descriptores (Cuadro 2.4) esto indica que la escala de evaluación no ha sido utilizada de forma consistente en al menos una sesión para estos descriptores, esta situación en el efecto “Panel” y “Sesión” es algo frecuente en la evaluación sensorial, esto se soluciona realizando más sesiones de entrenamiento hasta llegar a un acuerdo entre los panelistas (Montenegro et al. 2008).

En el efecto de la interacción “Muestra*Panelista” no se observaron diferencias estadísticas significativas para 14 de los 24 descriptores; 10 descriptores de aroma y cuatro descriptores de sabor (Cuadro 2.4) lo que indica que existe consenso entre los miembros del panel en la selección

de estos descriptores y sus intensidades para diferenciar las propiedades olfativas-gustativas de las muestras de miel (Altendorff et al., 2019; Lê & Worch, 2015).

Para estos mismos 14 descriptores no se observaron diferencias estadísticas significativas para las interacciones “Muestra*Sesión” y “Panelista*Sesión” los cuales indican que estos descriptores se perciben de manera similar de una sesión a otra y que los panelistas usan la escala de evaluación de manera similar de una sesión a otra, por lo tanto, para estos descriptores el panel cumple con la repetibilidad entre sesiones.

Cuadro 2.4 Análisis de varianza univariado (ANOVA) de los descriptores percibidos por los evaluadores para describir el aroma y sabor de las mieles tabasqueñas.

Descriptor	Muestra (M)	Panelista (P)	Sesión (S)	M*P	M*S	P*S
IOG ¹	<2e-16***	0.839	0.426	1.000	0.505	0.541
Dulce	<2e-16***	0.044*	0.923	0.542	0.923	0.889
Salado	<2e-16***	0.985	0.978	0.140	0.335	0.225
Acido	<2e-16***	0.403	0.922	0.822	1.000	0.766
Amargo	<2e-16***	0.034*	0.133	0.075	0.050	0.051
Solvente	<2e-16***	4.2e-06***	0.340	<2e-16***	0.183	0.593
Jabón	3e-05***	8e-04***	0.339	2e-04***	0.401	0.491
Vitamina	5.81e-15***	0.671	0.772	0.993	0.193	0.771
Menta	4e-04***	1e-04***	0.627	2.95e-10***	0.360	0.385
Eucalipto	9.36e-10***	0.582	0.010*	0.929	0.940	0.105
Limón	<2e-16***	0.975	0.996	1.000	1.000	0.341
Ciruela	<2e-16***	1.1e-10***	0.006***	<2e-16***	0.076	0.978
Caramelo	<2e-16***	0.061	0.208	0.060	0.994	0.573
Mantequilla	<2e-16***	1e-11***	0.423	<2e-16***	0.486	0.857
Vainilla	8.9e-16***	0.036*	0.666	0.998	0.296	0.618
Queso	<2e-16***	0.047*	0.352	0.654	0.864	0.998
Humedad	<2e-16***	<2e-16***	2e-04***	<2e-16***	0.007***	0.157
Vegetación	2.92e-11***	0.239	0.031*	0.967	0.152	0.080
Te	<2e-16***	4.4e-09***	0.129	<2e-16***	0.445	0.540
Paja	3.5e-15***	0.448	0.028*	0.993	0.245	0.472
Cedro	<2e-16***	0.038*	0.711	0.700	0.889	0.073
Pino	<2e-16***	<2e-16***	0.089	<2e-16***	0.015*	0.474
Propóleo	<2e-16***	0.076	0.032*	0.577	0.071	0.525
Clavo	<2e-16***	1.8e-08***	0.714	<2e-16***	0.722	0.657

¹ = Intensidad olfativa global, * = Efecto significativo con un α de 0.05, ** = Efecto altamente significativo con un α de 0.01.

En los descriptores con evidencia estadística significativa en la interacción “Muestra*Panelista” se interpreta que los panelistas opinan diferente en esos descriptores, por lo tanto, no hay consenso y dichas variables no se incluyen en el siguiente análisis estadístico. De esta manera se creó una base de datos con 10 descriptores de aroma (vitamina, eucalipto, limón, caramelo, vainilla, queso, vegetación, paja, cedro y propóleo) y cuatro descriptores de sabor (dulce, salado, ácido y amargo) utilizada en el siguiente análisis estadístico (Anexo E).

2.4.3 Determinación del perfil de aroma y sabor de mieles tabasqueñas

Para generar los perfiles sensoriales de las muestras de miel se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados de k-medias.

El diagrama de los dos primeros componentes principales (CP) se observa en la Figura 2.3a, y explican un 57.6 % de la variabilidad total de los datos (Anexo E1).

Hacia el sector superior derecho se agrupan las muestras caracterizadas por tener un sabor dulce asociado con aromas a vainilla, vegetación y caramelo. En el sector inferior derecho se visualizan las muestras con sabor salado y ácido relacionados en mayor intensidad con los aromas limón y eucalipto. Mientras que en el sector izquierdo se encuentran solo las muestras de sabor amargo asociado con aromas a cedro, propóleo, vitamina, queso y paja.

Esta dispersión de los descriptores y muestras dieron un indicio de la posible formación de cuatro grupos con características diferentes, sin embargo, el análisis de conglomerados clasificó las muestras en cinco grupos (Anexo E2) con características olfativas-gustativas similares (Figura 2.3b).

El primer conglomerado agrupa tres muestras de la subregión Chontalpa (8, 10 y 11) que corresponden a un sabor dulce y ligeramente ácido con aroma a eucalipto y limón (categoría

“fresco”) (Figura 2.4a). Un perfil similar fue reportado en la miel de cítricos de la Unión Europea de sabor dulce y ligeramente ácido con aroma fresco, floral y frutal (Persano-Oddo & Piro, 2004).

El sabor dulce y ligeramente ácido fue reportado en Italia y Sudán para las mieles de acacia; en Guatemala para las mieles de hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) y bojón (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken); y en México para las mieles de campanilla (*Ipomoea purpurea* (L.) Roth), jabín (*Piscidia piscipula* (L.) Sarg) y catzín (*Acacia gaumeri* S. F. Blake), sin embargo, sus descriptores de aroma varían entre cálido, químico, floral, frutal, vegetal, amaderado y fétido (Alfaro et al., 2010; Marcazzan et al., 2014; Tahir et al., 2016; Zavala-Olalde et al., 2013).

En el segundo conglomerado se encuentran las cuatro muestras restantes de la subregión Chontalpa (6, 7, 9 y 12), todas de sabor amargo y ligeramente dulce con aroma a vitamina (categoría “químico”) y queso (categoría “fétido” o “animal”) (Figura 2.4b), de manera similar en Italia se reportó que la miel de castaño (*Castanea sativa* Mill) poseía un sabor amargo y ligeramente dulce con aroma químico, cálido y animal (Marcazzan et al., 2014).

El aroma químico se ha percibido también en mieles de acacia y eucalipto (*Robinia pseudoacacia* L., y *Eucalyptus* spp.) procedentes de Sudán (Tahir et al., 2016); en miel de campanilla (*Ipomea purpurea* (L.) Roth) en México (Zavala-Olalde et al., 2013); y en Croacia para las mieles de tilo (*Tilia platyphyllos* Scop) y castaño (*Castanea sativa* Mill) (Siegmond et al., 2017). Mientras que el aroma fétido, se ha reportado en la Unión Europea para las mieles de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) y diente de león (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F. H. Wigg); en Guatemala para la miel de laurel (*C. alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken); y en mieles multiflorales de Venezuela (Araujo et al., 2020; Castro-Vázquez et al., 2009; Marcazzan et al., 2014; Persano-Oddo & Piro, 2004; Zavala-Olalde et al., 2013).

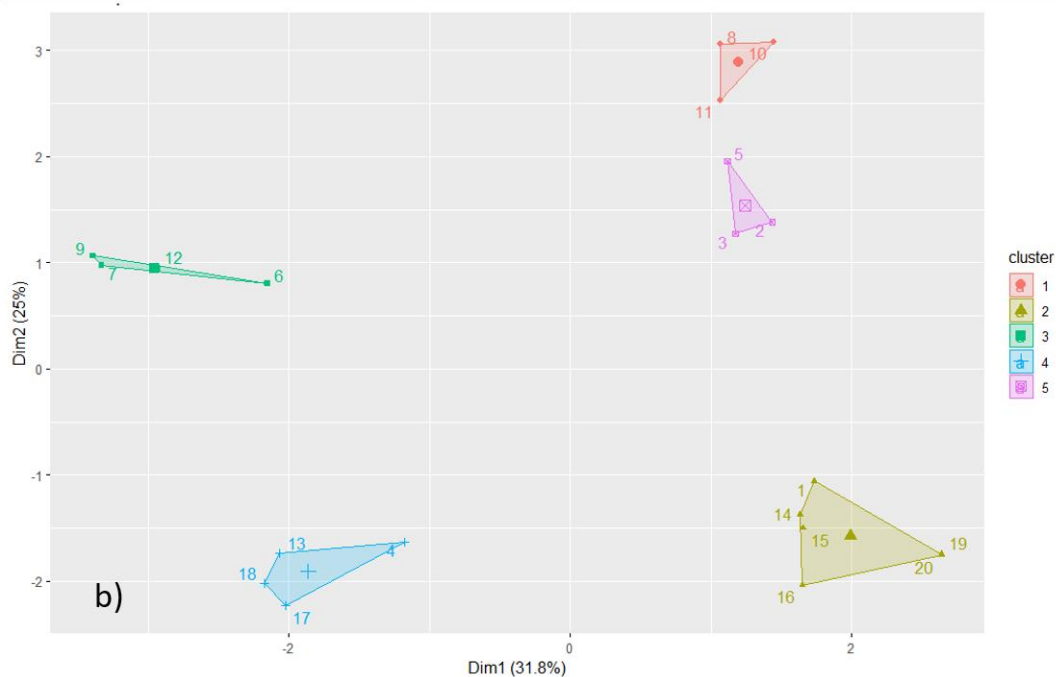
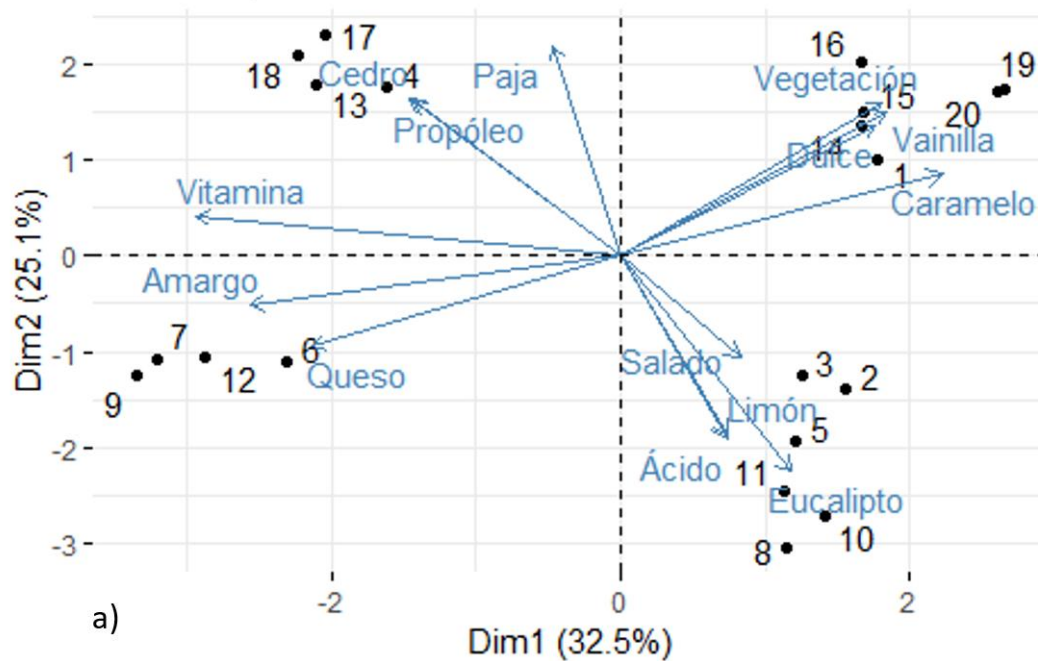


Figura 2.3 Resultados del análisis exploratorio de los datos de las muestras y descriptores sensoriales, a) Gráfico de componentes principales y b) Gráfico de conglomerados.

El tercer conglomerado está conformado por tres muestras de la subregión Centro (2, 3 y 5) de sabor dulce y ligeramente salado con aroma a eucalipto (categoría “fresco”) y caramelo (categoría “cálido”) (Figura 2.4c), este tipo de sabor solo ha sido reportado en Europa para las mieles de

eucalipto (*Eucalyptus* spp), sin embargo, su caracterización de aroma difiere al ser descritas con aroma fétido, amaderado, cálido, frutal y vegetal. (Marcazzan et al., 2014; Persano-Oddo & Piro, 2004; Rodriguez et al., 2015).

El cuarto conglomerado agrupa tres muestras de miel de la subregión Ríos (14, 15 y 16); dos de la subregión Sierra (19 y 20); y una de la subregión Centro (1), todos de sabores medianamente dulces y aromas a caramelo (categoría “cálido”), vegetación y paja (categoría “vegetación”) (Figura 2.4d), este perfil es similar al de las mieles de tahonal (*Viguiera dentata* (Cav.) Spreng), chaká (*Bursera simaruba* (L.) Sarg) y dzidzilché (*Gymnopodium floribundum* Rolfe) de Yucatán, México, de sabor dulce con aromas a caramelo, herbal y floral (Alfaro et al., 2010). Estos descriptores son comúnmente utilizados para referirse al aroma de mieles monoflorales y multiflorales de diferentes orígenes geográficos (Araujo et al., 2020; Castro-Vázquez et al., 2010; Castro-Vázquez et al., 2012; Marcazzan et al., 2014; Persano-Oddo & Piro, 2004; Rodriguez et al., 2015; Tahir et al., 2016; Zavala-Olalde et al., 2013).

El quinto conglomerado agrupa una muestra de la subregión Centro (4) y tres muestras de la subregión Ríos (13, 17 y 18) de sabor dulce y ligeramente amargo con aroma a vitamina (categoría “químico”), paja (categoría “vegetación”), cedro y propóleo (categoría “amaderado”) (Figura 2.4e). Un perfil similar fue reportado en Yucatán, México por Alfaro et al. (2010) quienes describieron la miel de pucté (*Bucida buceras* L.) como dulce y ligeramente amarga con aroma medicinal (químico).

El sabor dulce y amargo se ha reportado en mieles españolas de castaño (*Castanea sativa* Mill) y brezo (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) (Castro-Vázquez et al., 2010, 2012); y en mieles europeas de diente de león (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F. H. Wigg) y tilo (*Tilia* spp.) (Bodor et al.,

2020; Persano-Oddo & Piro, 2004); mientras que sus descriptores aromáticos varían entre químico, vegetal y amaderado.

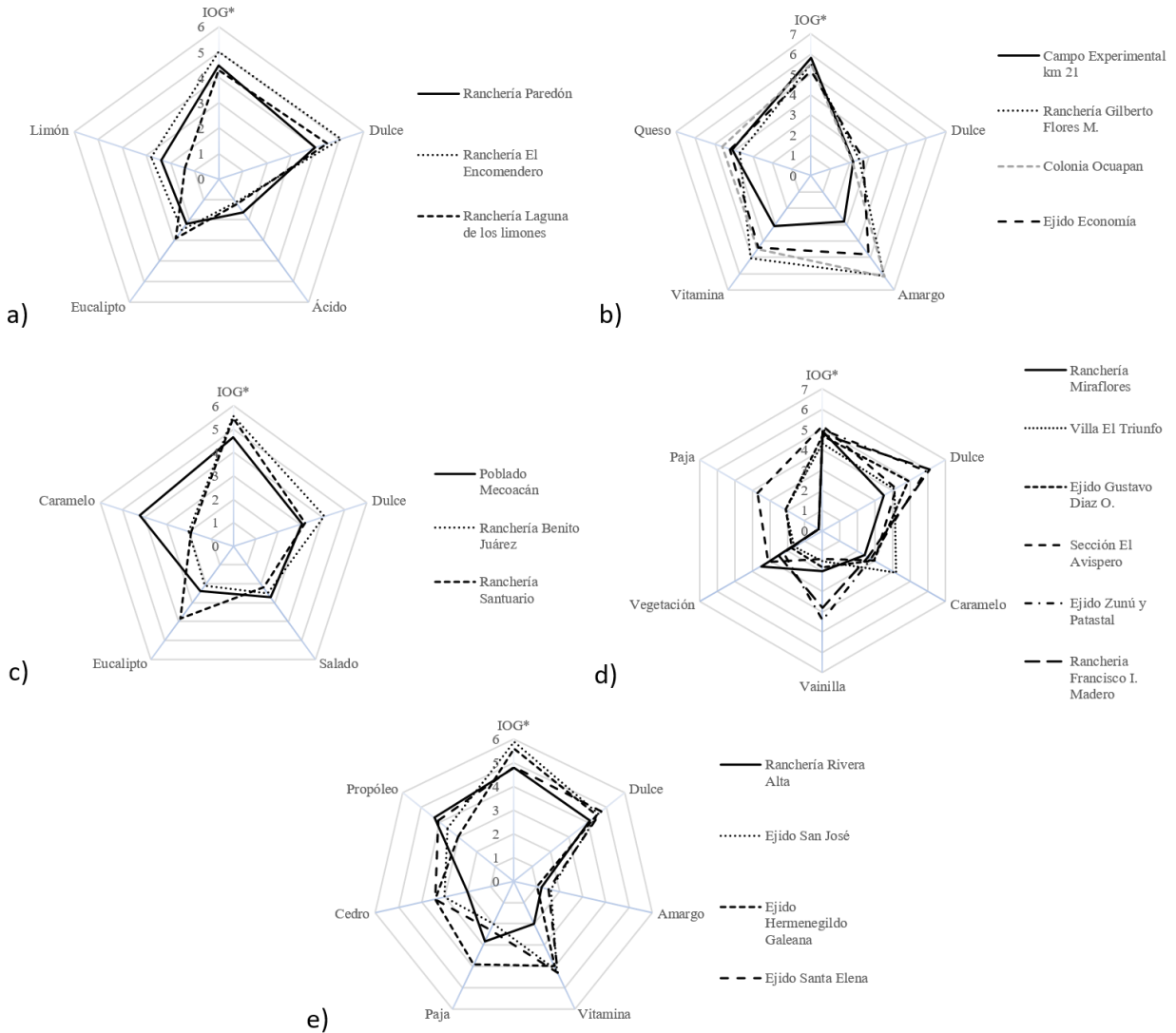


Figura 2.4 Perfiles olfativos-gustativos de las muestras de miel agrupados por conglomerados; a) conglomerado 1, b) conglomerado 2, c) conglomerado 3, d) conglomerado 4, d) conglomerado 5. * = Intensidad Olfativa Global.

Es necesario considerar que los descriptores “caramelo” y “vainilla” presentes en cuatro muestras de la subregión Centro (1, 2, 3 y 5), tres muestras de la subregión Ríos (14, 15 y 16) y dos muestras de la subregión Sierra (19 y 20) podrían deberse a los furanos como el furfural, alcohol furfurílico,

e hidroximetil furfural (HMF), los cuales surgen de la degradación de aminoácidos y azúcares a través de la reacción de Maillard debido a las altas temperaturas o el almacenamiento prolongado (Tahir et al., 2016; Vázquez et al., 2007).

En el caso del descriptor “propóleo” presente en una muestra de la subregión Centro (4) y tres muestras de la subregión Ríos (13, 17 y 18) posiblemente se deba a la presencia de propóleo en la miel, esto ocurre cuando los restos de propóleo o resina que no son retirados de las alzas y bastidores pasan a los contenedores de miel después de la extracción e incluso durante el filtrado o sedimentación (Contreras & Benavidez, 2017; Montenegro et al., 2008); la presencia del aroma resinoso e invasivo del propóleo normalmente encubre los aromas suaves de la miel lo que provoca una sensación desagradable en el consumidor (Osés et al., 2016).

Por otra parte, el descriptor “vitamina” presente en cuatro muestras de la subregión Chontalpa (6, 7, 9 y 12), tres de la subregión Ríos (13, 17 y 18) y una de la subregión Centro (4) puede ser vinculado a una fuente floral tal como mencionan Fernandes et al. (2020), quienes describieron una miel con aroma a madera y medicina, señalando a la especie *Humiria balsamifera* Aubl (planta común en Maranhão, Brasil) como la responsable de contribuir a su aroma y sabor, mientras que Siegmund et al. (2017) en Croacia atribuyeron el aroma medicinal de las mieles de tilo (*Tilia platyphyllos* Scop) y castaño (*Castanea sativa* Mill) a las altas concentraciones de carvacrol y timol por el uso de aceites esenciales en las colmenas para el control del ácaro *Varroa destructor*, tal como se reportó anteriormente por Serra-Bonvehí, et al. (2016) para mieles de España.

Por lo tanto, es necesario realizar estudios melisopalinológicos y el análisis de compuestos volátiles para determinar el origen de este aroma en las mieles tabasqueñas.

El descriptor “queso” presente en cuatro muestras de la subregión Chontalpa (6, 7, 9 y 12) fue utilizado por Castro-Vázquez et al. (2009) para referirse al aroma de la miel española de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) siendo la acetoina (3-hidroxi-2-butanona) el compuesto aromático relacionado con este aroma. Zavala-Olalde et al. (2013) también utilizaron este descriptor para referirse al aroma de la miel de laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) de Guatemala. En México, se ha reportado la presencia de *C. alliodora* en mieles monoflorales de Yucatán, Puebla y Oaxaca, así como en las mieles multiflorales de Huimanguillo, Tabasco, lo cual daría un indicio del posible origen floral de este descriptor en las mieles de la subregión Chontalpa. (Córdova-Córdova et al., 2013; Ramírez-Arriaga et al., 2011; Ramírez-Arriaga & Martínez-Hernández, 2007; Villanueva-Gutiérrez et al., 2009).

El resto de los descriptores (vegetación, paja, eucalipto, cedro y limón) han sido reportados como características típicas de la miel otorgadas por los fitoquímicos presentes en el néctar de la flora melífera (Ciappini et al., 2013; Kortensniemi et al., 2018; Price et al., 2019; Rodríguez et al., 2015; Tian et al., 2018). Sin embargo, son pocos los estudios sensoriales de la miel a nivel internacional que han reportado aroma y sabor a nivel de descriptores, ya que estos se limitan a describir las propiedades olfativas y gustativas a nivel de categoría (químico, fresco, floral, frutal, cálido, fétido, vegetal y madera) centrandose su interés en mieles monoflorales como las mieles de acacia, castaño, trébol, eucalipto, brezo, lavanda, naranjo, pino, cítricos y romero entre otros (Ciappini et al., 2013; Kortensniemi et al., 2018; Marcazzan et al., 2014; Piana et al., 2004; Price et al., 2019; Rodríguez et al., 2015; Tian et al., 2018).

2.5 CONCLUSIONES

Las mieles de las cuatro subregiones del estado de Tabasco, México, se clasificaron como mieles de mediana intensidad olfativa. Las mieles de una misma subregión presentaron características

olfativas y gustativas diferentes que permitieron formar cinco perfiles sensoriales; mieles de sabor dulce y ligeramente ácido con aroma a eucalipto y limón, mieles de sabor amargo y ligeramente dulce con aroma a vitamina y queso, mieles de sabor dulce y ligeramente salado con aroma a eucalipto y caramelo, mieles de sabores medianamente dulces y aromas a caramelo, vegetación y paja, y mieles de sabor dulce y ligeramente amargo con aroma a vitamina, paja, cedro y propóleo.

Esta diversidad de aromas y sabores en una misma subregión se debe principalmente a la diversidad floral que se presenta de una zona de producción a otra, además es importante considerar que la influencia de factores externos como el clima de la zona de producción, las condiciones de manejo de los apiarios, así como la extracción y el almacenamiento pueden provocar cambios en el aroma natural de la miel.

Este estudio es el primer reporte del análisis sensorial de mieles multiflorales de una región tropical de México (Tabasco), lo cual podría sentar las bases para la definición de estándares de calidad sensorial en mieles multiflorales que les permita competir en el mercado nacional e internacional.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados por financiar esta investigación.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Orcid

Geiner Francisco Alvarez-Sanchez; <https://orcid.org/0000-0002-1313-0440>

Juan Manuel Zaldívar-Cruz; <https://orcid.org/0000-0001-8304-3070>

Enrique Sauri-Duch; <https://orcid.org/0000-0003-2181-8592>

Angel Sol-Sanchez; <https://orcid.org/0000-0001-9138-641X>

Pedro Antonio Moscoso-Ramírez; <https://orcid.org/0000-0003-3056-8062>

Xariss Miryam Sanchez-Chino; <https://orcid.org/0000-0002-8599-8150>

CONCLUSIONES GENERALES

La apicultura en México es una actividad muy importante del sector agropecuario, prácticamente se desarrolla en todos sus estados, posee la capacidad de satisfacer la demanda nacional de miel y exportar alrededor del 50% de su producción, estas características lo sitúan entre los 10 países con mayor volumen de producción de miel.

En la zona sur sureste del país se encuentran los estados con mayor volumen y valor económico de la producción (VP y VE) debido a la incorporación de un mayor número de colmenas, a pesar de esto, Tabasco no figura entre los estados con mayor producción de miel, sin embargo, por sus condiciones climáticas y diversidad floral, se producen mieles con propiedades sensoriales comparables a las mieles del mercado internacional.

Este estudio demuestra que la metodología de selección y formación de los evaluadores sensoriales se estableció adecuadamente, logrando la integración por primera vez en el estado de Tabasco de un panel de evaluación sensorial integrado por hombres y mujeres de entre 24 a 40 años de edad enfocado en el análisis de las características olfativas y gustativas de la miel.

El panel entrenado demostró la capacidad de distinguir diferentes propiedades sensoriales en las muestras analizadas y coincidir en la selección de descriptores para definir sus propiedades sensoriales utilizando 14 descriptores sensoriales de los cuales cuatro se asociaron al sabor (dulce, salado, ácido y amargo) y diez al aroma (vitamina, eucalipto, limón, caramelo, vainilla, queso, vegetación, paja, cedro y propóleo), con los cuales se generaron cinco perfiles sensoriales diferentes.

Estos descriptores aromáticos utilizados para describir el aroma de las mieles tabasqueñas son comúnmente utilizados para describir el aroma de mieles monoflorales de diferentes orígenes

geográficos. Por lo tanto, los perfiles sensoriales de las mieles tabasqueñas son comparables a los perfiles sensoriales de mieles de cítricos (*Citrus spp*), acacia (*Acacia spp*), castaño (*Castanea sativa*), eucalipto (*Eucalyptus spp*), brezo *Calluna vulgaris*), tilo (*Tilia platyphyllos*) y diente de león (*Taraxacum officinale*) de la Unión Europea.

Si bien la metodología de selección y formación de los evaluadores es de fácil aplicación, tiene tres desventajas principales; requiere de mucho tiempo y disposición de los participantes; la dificultad de contar o acondicionar un espacio cómodo y libre de distracciones; y que los aromas de referencia suelen ser costosos y difíciles de adquirir.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, B. R. G., González, A. J. A., Ortiz, D. J., Viera, C. F. A., Burgos P. A. I, Martínez, H. E., & Ramírez, A. E. (2010). Caracterización palinológica de las mieles de la península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 156 p.
- Altendorff, L., Winter, J., & Lavalle, A. (2019). Caracterización sensorial de mieles de abeja mediante análisis multivariado a tres vías. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(1), 74-80.
- Alvarez-Suarez, J. M., Gasparini, M., Forbes-Hernández, T. Y., Mazzoni L., & Giampieri, F. (2014). The composition and biological activity of honey: A focus on Manuka honey. *Foods*, 3(3), 420-432. <https://doi:10.3390/foods3030420>
- Araujo, D., Pérez-Cacho, P. R., Serrano, S., Dios-Palomares, R., & Galán-Soldevilla, H. (2020). Sensory profile and physico-chemical properties of artisanal honey from Zulía, Venezuela. *Foods*, 9(339), 1-11. <http://doi:10.3390/foods9030339>
- Baena-Díaz, F., Chévez, E., Ruiz, de la M. F., & Porter-Bolland, L. (2022). *Apis mellifera* en México: producción de miel, flora melífera y aspectos de polinización. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 525-548. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5960>
- BANXICO. (2018). Índice Nacional de Precios al Consumidor. Banco de México. Recuperado el 09.10.2018, de <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CP154ri>
- Barra, M. P. G., Ponce-Díaz, M. C., & Venegas-Gallegos C. (2010). Volatile compounds in honey produced in the central valley of Ñuble province, Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(1), 75-84. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392010000100008>
- Bodor, Z., Kovacs, Z., Rashed, M. S., Kókai, Z., Dalmadi, I., & Benedek, C. (2020). Sensory and physicochemical evaluation of Acacia and Linden honey adulterated with sugar syrubb. *Sensores*, 20(4845), 1-19. <http://doi:10.3390/s20174845>
- Bueno-Costa, F. M., Zambiasi, R. C., Bohmer, B. W., Chaves, F. C., da Silva, W. P., Zanusso, J. T., & Dutra, I. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of

- Rio Grande do Sul, Brazil. *LWT-Food Science and Technology*, 65(1), 333-340.
<https://doi:10.1016/j.lwt.2015.08.018>
- Campos-García, M., Leyva-Morales, C., Ferráez-Puc, M., & Sanchez-Bolivar, Y. (2018). El mercado internacional de la miel de abeja y la competitividad de México. *Revista de Economía*, 35(90), 87-123.
- Castellanos-Potenciano, B. P., Arriaga, R. E., & Zaldívar-Cruz, J. M. (2012). Análisis del contenido polínico de mieles Producidas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28(1), 13-36.
- Castellanos-Potenciano, B. P., Gallardo-López, F., Sol-Sánchez, A., Landeros-Sánchez, C., Díaz-Padilla, G., Sierra-Figueroa, P., & Santibañez-Galarza, J. L. (2016). Impacto potencial del cambio climático en la apicultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. 2(1): 1-19. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5673>
- Castro-Vázquez, L., Alañon, M. E., González-Viñas, M. A., & Pérez-Coello, M. S. (2012). Changes in the volatile fractions and sensory properties of heather honey during storage under different temperatures. *European Food Research and Technology*, 235, 185–193.
<https://doi:10.1007/s00217-012-1756-1>
- Castro-Vázquez, L., Díaz-Maroto, M. C., de Torres, C., & Pérez-Coello, M. S. (2010). Effect of geographical origin on the chemical and sensory characteristics of chestnut honeys. *Food Research International*, 43(10), 2335-2340. <https://doi:10.1016/j.foodres.2010.07.007>
- Castro-Vázquez, L., Díaz-Maroto, M. C., González-Viñas, M. A., & Pérez-Coello, M. S. (2009). Differentiation of monofloral citrus, rosemary, eucalyptus, lavender, thyme and heather honeys based on volatile composition and sensory descriptive analysis. *Food Chemistry*, 112(4), 1022–1030. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.036>
- Chan-Chi, J. R., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V. G., Martínez-Luis, D., & Pérez-Fernández, A. (2018). Social and economic characterization of bee honey production in the north of the state of Campeche, Mexico. *Textual*, 72, 103-124.
<https://doi.org/10.5154/r.textual.2017.72.007>
- Chávez, E. D., Arteaga, C. Y., García, Q. Y., & Zambrano, V. D. A. (2017). La contribución de la Estadística en la formación del profesional agropecuario, agroindustrial y forestal. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 18(5): 1-9.

- Ciappini, M. C., Di Vito, M. V., Gatti, M. B., & Calviño, A. M. (2013). Development of a quantitative descriptive sensory honey analysis: Application to eucalyptus and clover honeys. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(7), 829-838. <https://doi:10.19026/ajfst.5.3169>
- Contreras, Á. S., & Benavidez, E. M. (2017). Productos apícolas: miel y polen. En Lugo, M. O. Y., Alvarado, O. C., & Ramírez, C. E. L., (Eds), *Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos* (pp. 106-118). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco.
- Córdova-Córdova, C. I., Ramírez-Arriaga, E., Martínez-Hernández, E., & Zaldívar-Cruz, J. M. (2013). Caracterización botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) de cuatro regiones del estado de Tabasco, México, mediante técnicas melisopalínológicas. *Universidad y ciencia*, 29(2), 163-178.
- Cuevas-Glory, L. F., Pino, J. A., Santiago, L. S., & Sauri-Duch, E. (2007). A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 103(3), 1032-1043. <https://doi:10.1016/j.foodchem.2006.07.068>
- FAO. (2021). Hojas de balance alimentario. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado el 10.04.2021, de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/FBS>
- Fernandes, R. T., Rosa, I. G., & Conti-Silva, A. C. (2020). Honey from Tiúba stingless bees (*Melipona fasciculata*) produced in different ecosystems: physical and sensory studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(9), 3748-3754. <https://doi:10.1002/jsfa.10415>
- Ghorab, A., Rodríguez-Flores, M. S., Nakib, R., Escuredo, O., Haderbache, L., Bekdouche, F., & Seijo, M. C. (2021). Sensorial, melissopalynological and physico-chemical characteristics of honey from Babors Kabylia's Region (Algeria). *Foods*, 10(225), 1-17. <https://doi.org/10.3390/foods10020225>
- Guyot-Declerck, C. (2003). *Análisis sensorial de mieles: Un léxico de olores y aromas para mieles: primeros pasos*. Apicervices. Consultado en línea el 30 de septiembre de 2019 en <https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/751-analisis-sensorial-de-mieles>

- ICONTEC. (2015). NTC 3930:2015. Análisis sensorial. Metodología. Ordenamiento de acuerdo con un criterio específico (Ranking). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2da Actualización. Bogotá. 24 p.
- INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI. 440 p.
- INEGI. (2018). Mapas para imprimir, estado de Tabasco. Recuperado el 22. 07. 2022 de <https://cuentame.inegi.org.mx/mapas/tab.aspx?tema=M>
- Jacinto-Pimienta, S. Y., Mendoza-Hernández, J.H.R., Zaldívar-Cruz J. M., Sol-Sánchez, Ángel., Vargas-Villamil, L. M., & Reyes-Sánchez, C. A. (2016). El uso de componentes principales en la clasificación melisopalinológica de la miel de *Apis mellifera* L. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Pub. Esp. 5, 2831-2840.
- Kivima, E., Tanilas, K., Martverk, K., Rosenvald, S., Timberg, L., & Laos, K. (2021). The Composition, Physicochemical Properties, Antioxidant Activity, and Sensory Properties of Estonian Honeys. Foods, 10(3), 511. <https://doi.org/10.3390/foods10030511>
- Kortesniemi, M., Rosenvald, S., Laaksonen, O., Vanag, A., Ollikkac, T., Vene, K & Yang, B. (2018). Sensory and chemical profiles of Finnish honeys of different botanical origins and consumer preferences. Food Chemistry, 246, 351-359. <https://doi:10.1016/j.foodchem.2017.10.069>
- Lê, S., & Worch, T. (2015). When panelists rate products according to a single list of attributes. In Lê, S., & Worch, T., (Eds), Analyzing Sensory Data with R, (pp. 5-32). Chapman and Hall/CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315373416>
- Machado, A. M., Miguel, M. G., Vilas-Boas, M., & Figueiredo, A. C. (2020). Honey volatiles as a fingerprint for botanical origin - A review on their occurrence on monofloral honeys. Molecules, 25(2), 374. <https://doi:10.3390/molecules25020374>
- Magaña, M. A., Aguilar, A., Lara, P., & Sanginés, J. (2007). Caracterización socioeconómica de la actividad apícola en el estado de Yucatán, México. Agronomía. 15(2): 17-24.
- Magaña, M. A., Tavera, C. M. E., Salazar, B. L. L., & Sanginés, G. J. R. (2016). Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 7(5): 1103-1115.
- Manyi-Loh, C. E., Ndip, R. N., & Clarke, A. M. (2011). Volatile compounds in honey: A review on their involvement in aroma, botanical origin determination and potential biomedical

- activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(12), 9514-9532. <https://doi:10.3390/ijms12129514>
- Marcazzan, G. L., Magli, M., Piana, L., Savino, A & Stefano, M. A. (2014). Sensory profile research on the main Italian typologies of monofloral honey: Possible developments and applications. *Journal of Apicultural Research*, 53(4), 426–437. <https://doi:10.3896/ibra.1.53.4.09>
- Marcazzan, G. L., Mucignat-Caretta, C., Marcehese, M. C., & Piana, M. L. (2018). A review of methods for honey sensory analysis. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 75-87. <https://doi:10.1080/00218839.2017.1357940>
- Montenegro G., Gómez, M., Pizarro, R., Casaubon, G., & Peña, R. C. (2008). Implementación de un panel sensorial para mieles chilenas. *Ciencia e Investigación Agraria*, 35(1), 51-58.
- Osés, S. M., Melgosa, L., Pascual-Maté, A., Fernández-Muiño, M. A., & Sancho, M. T. (2016). Design of a food product composed of honey and propolis. *Journal of Apicultural Research*, 54(5), 461-467. <https://doi:10.1080/00218839.2016.1183934>
- Pacheco-López N., Ayora-Talavera T. del R., García-Cruz N., González-Flores T., Patrón-Vázquez J., Sánchez-Contreras A., & Ramos-Díaz A. 2017. Características fisicoquímicas, sensoriales y técnicas analíticas en la calidad de la miel. En Ramos D. A. L., & Pacheco L. N. A (Ed.). *Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación* (69-96). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco
- Pashte, V. V., Pashte, S. V., & Said, P. P. (2020). Nutraceutical properties of natural honey to fight health issues: A comprehensive review. *Journal of Pharmacognosy. Phytochemistry*, 9(5), 234-242. <https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i5d.12220>
- Persano-Oddo, L., & Piro, R. (2004). Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie*, 35(2004), S38–S81. <https://doi:10.1051/apido:2004049>
- Piana, M. L., Persano Oddo, L., Bentabol, A., Bruneau, E., Bogdanov, S., & Guyot Declerck, C. (2004). Sensory analysis applied to honey: state of the art. *Apidologie*, 35(1), S26-S37. <https://doi:10.1051/apido:2004048>
- Price, E. J., Tang, R., El Kadri, H., & Gkatzionis, K. (2019). Sensory analysis of honey using Flash profile: A cross-cultural comparison of Greek and Chinese panels. *Journal of Sensory Studies*, 34(3), e12494. <https://doi:10.1111/joss.12494>

- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Rahman, M. M., Alam, M. N., Fatima, N., Shahjalal, H. M., Gan, S. H., & Khalil, M. I. (2017). Chemical composition and biological properties of aromatic compounds in honey: An overview. *Journal of Food Biochemistry*, 41(6), e12405. <https://doi:10.1111/jfbc.12405>
- Ramírez-Arriaga, E. & Martínez-Hernández, E. (2007). Melitopalynological Characterization of *Scaptotrigona mexicana* Guérin (Apidae: Meliponini) and *Apis mellifera* L. (Apidae: Apini) Honey Samples in Northern Puebla State, Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80(4), 377–391. [https://dx.doi.org/10.2317/0022-8567\(2007\)80\[377:MCOSMG\]2.0.CO;2](https://dx.doi.org/10.2317/0022-8567(2007)80[377:MCOSMG]2.0.CO;2):
- Ramírez-Arriaga, E., Navarro-Calvo, L. A., & Díaz-Carbajal, E. (2011). Botanical characterization of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. *Grana*, 50(1), 40–54. <https://doi:10.1080/00173134.2010.537767>
- Rodríguez, I., Serrano, S., Galán-Soldevilla, H., Piva, G., & Ubera, J. L. (2015). Sensory analysis integrated by palynological and physicochemical determinations plays a key role in differentiating unifloral honeys of similar botanical origins (*Myrtaceae* honeys from southern Spain). *International Journal of Food Science and Technology*, 50(7), 1545-1551. <https://doi:10.1111/ijfs.12802>
- Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Zaldívar-Cruz, J. M., Kuri, V., & Pérez-Álvarez, J. Á. (2011). Antioxidant activity of artisanal honey from Tabasco, México. *International Journal of Food Properties*, 14(2), 459–470. <https://doi:10.1080/10942910903249480>
- Serra-Bonvehí, J., Ventura-Coll, F., & Ruiz-Martínez, J. A. (2016). Residues of essential oils in honey after treatments to control *Varroa destructor*. *Journal of Essential Oil Research*, 28(1), 22–28. <https://doi.org/10.1080/10412905.2015.1076741>
- SIAP. (2021). Estadística de la producción ganadera. Servicio de Información Agrícola y Pesquera. Recuperado el 22. 10. 2021, de <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- Siegmund, B., Urdl, K., Jurek, A., & Leitner, E. (2017). “More than Honey”: Investigation on volatiles from monovarietal honeys using new analytical and sensory approaches. *Journal*

- of Agricultural and Food Chemistry, 66(10), 2432–2442. <https://doi:10.1021/acs.jafc.6b05009>
- Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Xiaowei, H., Jiyong, S., & Mariod, A. A. (2016). Discrimination of honeys using colorimetric sensor arrays, sensory analysis and gas chromatography techniques. *Food Chemistry*, 206, 37-43. <https://doi:10.1016/j.foodchem.2016.03.032>.
- Tian, H., Shen, Y., Yu, H., & Chen, C. (2018). Aroma features of honey measured by sensory evaluation, gas chromatography-mass spectrometry, and electronic nose. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1755-1768. <https://doi:10.1080/10942912.2016.1213744>
- Uckun, O., & Selli, S. (2017). Characterization of key aroma compounds in a representative aromatic extract from citrus and astragalus honeys based on aroma extract dilution analyses. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2), 512-522. <https://doi:10.1007/s11694-016-9418-9>
- Vaclavik, V. A., & Christian, E. W. (2014). Evaluation of food quality. In Vaclavik, V. A., & Christian, E. W., (Eds), *Essentials of food science*, (pp. 3-15). Springer, New York, NY.
- Vázquez, L., Verdú, A., Miquel, A., Burló, F., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2007). Changes in physico-chemical properties, hydroxymethylfurfural and volatile compounds during concentration of honey and sugars in Alicante and Jijona turrón. *European Food Research and Technology*, 225(5), 757-767. <https://doi:10.1007/s00217-006-0479-6>
- Villanueva-Gutiérrez, R., Moguel-Ordóñez, Y. B., Echazarreta-González, C. M., & Arana-López, G. (2009). Monofloral honeys in the Yucatán Peninsula, México. *Grana*, 48(3), 214–223. <https://doi.org/10.1080/00173130902929203>
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Zaldívar-Cruz, J. M., Kuri, V., Fernández-López, J., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Pérez-Álvarez, J. (2010). Aroma profile and physico-chemical properties of artisanal honey from Tabasco, México. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(6), 1111–1118. <https://doi:10.1111/j.1365-2621.2010.0224>
- Zavala-Olalde, A., Colomo-González, I., Matalí-Pérez, N., Piana, L., Olivier, B., Méndez-Villarreal, A., & Vandame, R. (2013). Characterization of four typical honeys from highly diverse tropical ecosystems. *Journal of Apicultural Research*, 52(2), 24-34. <https://doi:10.3896/ibra.1.52.2.05>

ANEXOS

ANEXO A. ACONDICIONAMIENTO DEL LABORATORIO DE ANALISIS SENSORIAL

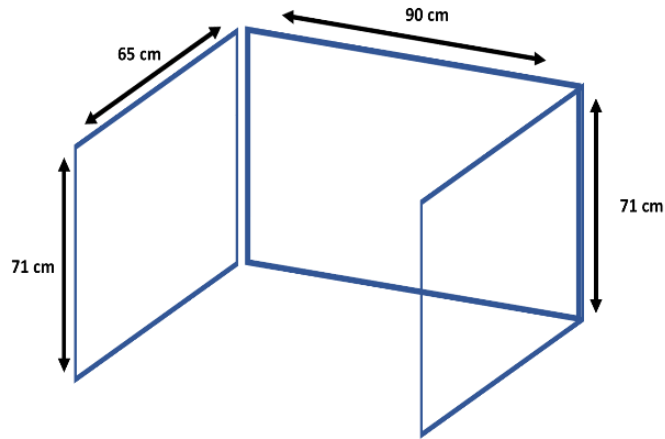


Figura A1. Diseño de las cabinas de prueba individual.

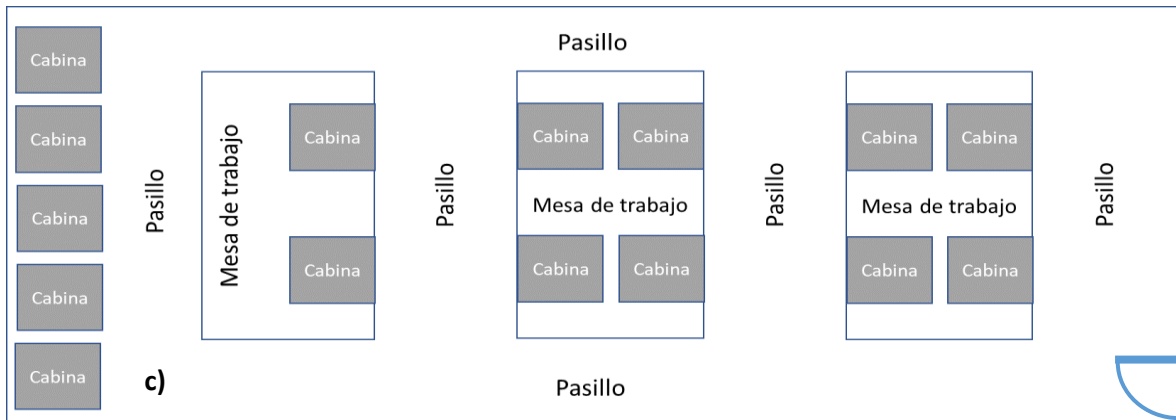
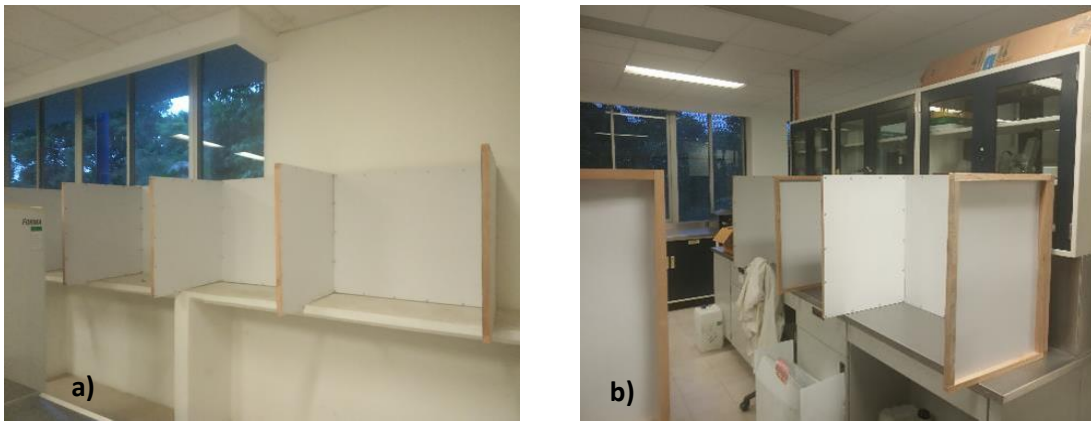


Figura A2. Instalación (a y b) y distribución de las cabinas de prueba en el laboratorio de análisis sensorial (c).

ANEXO B. ENTRENAMIENTO DEL PANEL DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE MIEL.

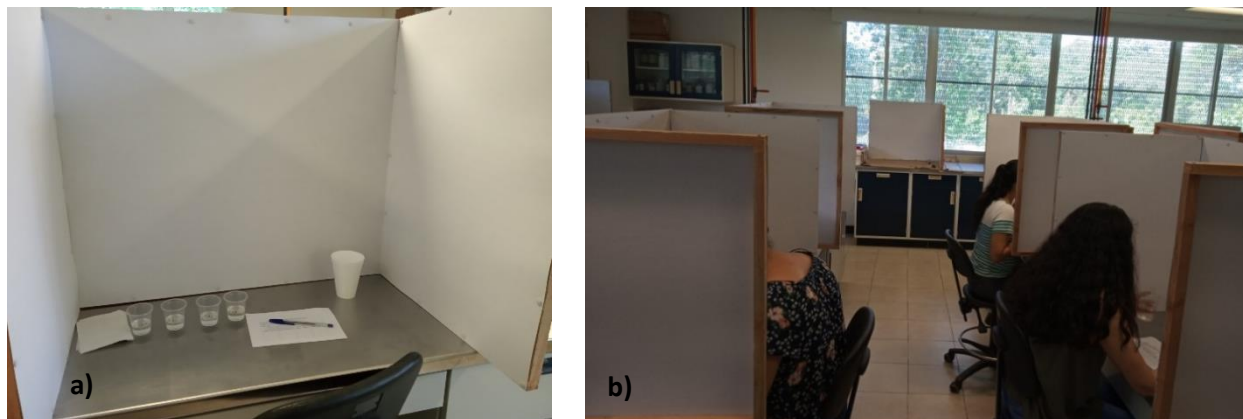


Figura B1. Prueba de reconocimiento de sabores básicos; materiales (a) y panelistas durante la prueba (b).

Cuadro B1. Formulario utilizado durante las pruebas de detección de sabores básicos.

Formulario para la detección de sabores básicos					
Evaluador: _____					
Fecha: _____					
Indicaciones:					
Deguste las muestras de izquierda a derecha					
Marque la casilla apropiada en cada caso con una cruz.					
Código de muestra	Sabor no identificado	Dulce	Salado	Acido	Amargo



Figura B2. Prueba de ordenamiento de sabores básicos; materiales (a) y panelistas durante la prueba (b).

Cuadro B2. Formulario utilizado durante las pruebas de ordenamiento de sabores básicos.

Formulario para el ordenamiento de sabores básicos					
Evaluador: _____		Fecha: _____			
Indicaciones:					
Deguste las muestras de izquierda a derecha.					
Escriba el código de la muestra y seleccione el valor según la intensidad de sabor que perciba (1= ausencia y 5= máxima intensidad).					
	Menor ----->				Mayor
	1	2	3	4	5
Dulce					
Salado					
Acido					
Amargo					



Figura B3. Prueba de reconocimiento de aromas de referencia; viales con aromas de referencia (a) y panelistas durante el reconocimiento de aromas (b y c).

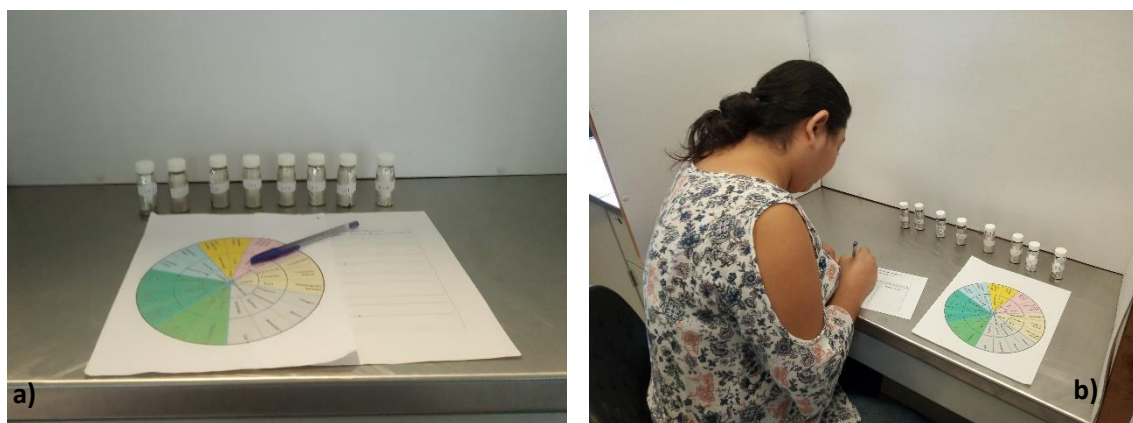


Figura B4. Evaluación del reconocimiento de aromas; materiales (a) y panelista durante la evaluación (b).

Cuadro B3. Formulario utilizado durante las pruebas de identificación de olores de referencia.

Formulario para la identificación de olores de referencia		
Evaluador: _____		Fecha: _____
Indicaciones:		
Inhale las muestras de izquierda a derecha		
Trate de reconocer el olor y escriba el resultado en la columna reconocimiento del olor.		
Si no reconoce el olor, trate de describirlo asociándolo a productos que le vengan a la mente.		
Código de muestra	Reconocimiento del olor	Descripción del olor

ANEXO C. ANÁLISIS SENSORIAL DE LAS MUESTRAS MIEL



Figura C1. Evaluación sensorial de muestras de miel; preparación de las muestras de miel (a), materiales (b) y panelistas realizando la evaluación sensorial (c y d).

Cuadro C1. Formulario utilizado durante las sesiones de evaluación sensorial de muestras de miel.

Formulario para la evaluación de los atributos y descriptores olfativos y gustativos de la miel	
Codigo de muestra: _____	Evaluador: _____ Fecha: _____
INTENSIDAD DEL SABOR	
<input type="checkbox"/> Dulce	_____
<input type="checkbox"/> Salado	_____
<input type="checkbox"/> Amargo	_____
<input type="checkbox"/> Acido	_____
INTENSIDAD DEL AROMA	
QUIMICO	
<input type="checkbox"/> Pintura	_____
<input type="checkbox"/> Solvente	_____
<input type="checkbox"/> Jabon	_____
<input type="checkbox"/> Vitamina	_____
FRESCO	
<input type="checkbox"/> Menta	_____
<input type="checkbox"/> Eucalipto	_____
<input type="checkbox"/> Anis	_____
<input type="checkbox"/> Limon	_____
<input type="checkbox"/> Naranja	_____
FLORAL	
<input type="checkbox"/> Azahar	_____
<input type="checkbox"/> Violeta	_____
<input type="checkbox"/> Rosas	_____
FRUTAL	
<input type="checkbox"/> Frutos rojos	_____
<input type="checkbox"/> Coco	_____
<input type="checkbox"/> Durazno	_____
CALIDO	
<input type="checkbox"/> Ciruela pasa	_____
<input type="checkbox"/> Caramelo	_____
<input type="checkbox"/> Azucar	_____
<input type="checkbox"/> Mantequilla	_____
<input type="checkbox"/> Vainilla	_____
ESTROPEADO	
<input type="checkbox"/> Vinagre	_____
<input type="checkbox"/> Queso	_____
<input type="checkbox"/> Humedad	_____
<input type="checkbox"/> Azufre	_____
VEGETAL	
<input type="checkbox"/> Vegetación	_____
<input type="checkbox"/> Te	_____
<input type="checkbox"/> Paja	_____
MADEROSO	
<input type="checkbox"/> Avellana	_____
<input type="checkbox"/> Cedro	_____
<input type="checkbox"/> Pino	_____
<input type="checkbox"/> Propóleo	_____
<input type="checkbox"/> Clavo de olor	_____

ANEXO D. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ORDENAMIENTO DE SABORES BÁSICOS

Cuadro D1. Resultados de las pruebas de ordenamiento de sabores básicos mediante el test de Page (ICONTEC, 2015).

Sabor básico	Suma de los ordenamientos					L calculada	L de tablas*
Dulce	10	20	30	40	50	550	
Salado	10	20	30	40	50	550	487
Ácido	10	22	28	40	50	548	
Amargo	13	18	29	40	50	546	

*L de tablas para 10 evaluadores, 5 muestras y un α de 0.01. L de tablas < L calculada indica una correcta ordenación.

ANEXO E. DATOS Y MÉTODOS DE SELECCIÓN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE COMPONENTES PRINCIPALES Y CONGLOMERADOS

Cuadro E1. Valores promedios de los principales descriptores utilizados por el panel de evaluación sensorial para describir las muestras de miel.

M*	IOG*	Descriptores													
		Dulce	Salado	Acido	Amargo	Vitamina	Eucalipto	Limón	Caramelo	Vainilla	Queso	Vegetal	Paja	Cedro	Propóleo
1	4.9±0.2	3.5±0.5	0	0	0	0	0	0	2.4±0.5	2.0±0.4	0	3.5±0.5	0	0	0
2	4.7±0.2	3.1±0.4	2.7±0.4	0	0	0	2.4±0.5	0	4.2±0.6	0	0	0	0	0	0
3	5.6±0.3	4.1±0.5	2.5±0.3	0	0	0	2.1±0.4	0	2.0±0.4	0	0	0	0	0	0
4	4.8±0.3	4.1±0.4	0	0	1.2±0.3	0	0	0	0	0	0	0	2.8±0.5	0	4.3±0.6
5	5.5±0.3	3.2±0.4	2.2±0.4	0	0	0	3.9±0.4	0	1.9±0.3	0	0	0	0	0	0
6	5.8±0.4	2.2±0.5	0	0	2.8±0.3	4.1±0.3	0	0	0	0	4.1±0.7	0	0	0	0
7	4.3±0.3	2.5±0.4	0	0	6.1±0.2	5.1±0.4	0	0	0	0	3.7±0.6	0	0	0	0
8	4.5±0.6	4.0±0.4	0	1.6±0.3	0	0	2.2±0.4	2.4±0.3	0	0	0	0	0	0	0
9	5.5±0.2	2.2±0.3	0	0	6.2±0.3	4.5±0.3	0	0	0	0	4.6±0.5	0	0	0	0
10	5.0±0.3	5.1±0.4	0	1.1±0.3	0	0	2.5±0.4	2.8±0.4	0	0	0	0	0	0	0
11	4.3±0.2	0.9±0.5	0	1.2±0.2	0	0	2.9±0.4	1.4±0.3	0	0	0	0	0	0	0
12	5.2±0.3	2.7±0.4	0	0	4.8±0.3	4.4±0.4	0	0	0	0	4.2±0.7	0	0	0	0
13	4.9±0.5	4.6±0.4	0	0	1.6±0.3	4.2±0.3	0	0	0	0	0	0	0	3.2±0.3	3.6±0.8
14	4.3±0.2	4.1±0.3	0	0	0	0	0	0	4.2±0.5	1.5±0.4	0	1.6±0.4	2.1±0.5	0	0
15	4.7±0.3	4.9±0.3	0	0	0	0	0	0	2.9±0.4	1.8±0.4	0	1.7±0.6	2.1±0.5	0	0
16	5.2±0.3	4.2±0.5	0	0	0	0	0	0	3.0±0.3	0	0	3.1±0.7	3.7±0.6	0	0
17	5.8±0.3	4.5±0.4	0	0	1.0±0.2	4.0±0.4	0	0	0	0	0	0	4.9±0.5	5.2±0.4	3.0±0.6
18	4.8±0.2	4.7±0.4	0	0	1.5±0.2	4.3±0.4	0	0	0	0	0	0	0	3.4±0.4	5.1±0.6
19	4.8±0.3	5.9±0.4	0	0	0	0	0	0	2.8±0.3	5.2±0.6	0	2.2±0.4	0	0	0
20	4.8±0.6	6.1±0.3	0	0	0	0	0	0	2.6±0.4	3.8±0.4	0	2.5±0.5	0	0	0

*M = Muestra; IOG = Intensidad olfativa global, 0 = Ausencia del descriptor

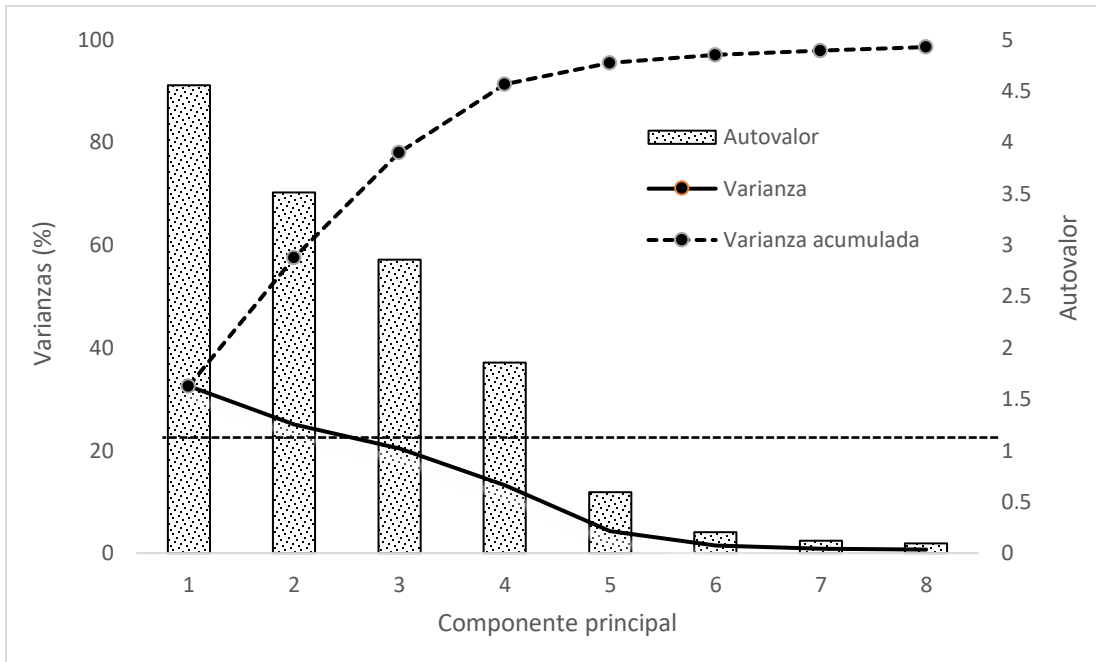


Figura E1. Autovalores, porcentaje de varianza y varianza acumulada de los componentes principales

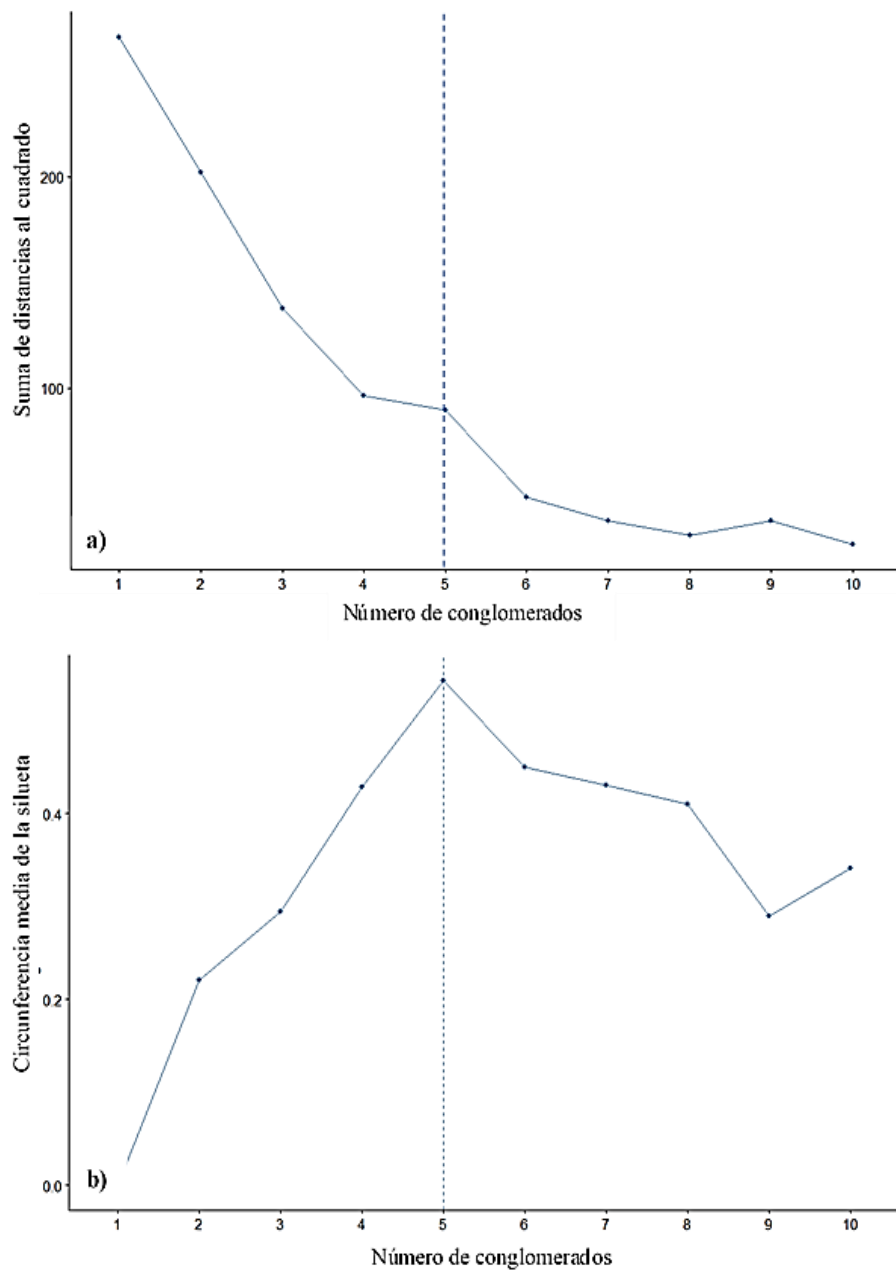


Figura E2. Número óptimo de conglomerados por el método del codo a) y el método de la silueta b)