



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

PERFIL SENSORIAL Y QUÍMICO, CARACTERIZACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL MEZCAL EN EL ESTADO DE GUERRERO

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

Presenta:

Miguel Ángel Jiménez Carlos

Bajo la supervisión de:

Emmanuel Flores Girón, Dr.



**Maestría en
Ciencia y Tecnología
Agroalimentaria**



Chapingo, Estado de México, agosto de 2025

PERFIL SENSORIAL Y QUÍMICO, CARACTERIZACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL MEZCAL EN EL ESTADO DE GUERRERO

Tesis realizada por **MIGUEL ÁNGEL JIMÉNEZ CARLOS** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

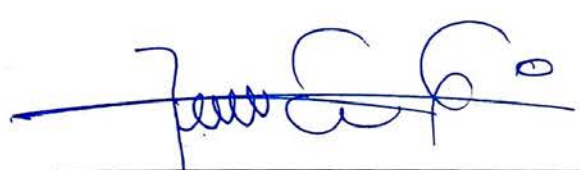
MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

DIRECTOR



DR. EMMANUEL FLORES GIRÓN

ASESOR



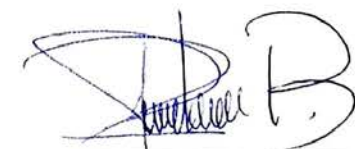
DR. ANASTACIO ESPEJEL GARCÍA

ASESOR



DRA. ALMA LETICIA SAUCEDO YÁÑEZ

ASESOR



DRA. ARIADNA ISABEL BARRERA RODRÍGUEZ

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
DEDICATORIAS	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DATOS BIOGRÁFICOS	xi
RESUMEN GENERAL	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Literaria citada.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Marco teórico	4
2.1.1. Contexto y trascendencia del mezcal	4
2.1.2. Alimentos y bebidas espirituosas tradicionales	6
2.1.3. Composición química del mezcal y técnicas	7
Calidad y descripción sensorial de los mezcales	8
Simbolismo en los alimentos	10
Análisis por Experimentos de Elección Discreta	11
2.1.4. El Mezcal según la NOM-070-SCFI-2016.....	12
Concepto de mezcal	12
Categorías del mezcal	12

Mezcal artesanal.....	13
2.2. Literatura citada	14
3. HUELLAS QUÍMICAS DEL MEZCAL GUERRERENSE: UN ANÁLISIS QUIMIOMÉTRICO A PARTIR DE DATOS DE FT-NIR Y CUANTIFICACIÓN COMPUESTOS VOLÁTILES	19
3.1. Introducción.....	21
3.2. Materiales y métodos	22
3.2.1. Muestreo	22
3.2.2. Obtención de espectros de FT-NIR	24
Preparación de las muestras	24
Análisis quimiométrico	25
3.3. Resultados y discusión	26
3.3.1. Análisis espectroscópico de los mezcales por FT-NIR	26
3.3.2. Reducción de dimensiones Usando PCA y PLS-DA	29
3.3.3. Cuantificación del contenido alcohólico por FT-NIR y determinación de °Brix por refractometría	32
3.3.4. Análisis quimiométrico de clasificación a partir del contenido alcohólico y de ° Brix	34
3.3.5. Componentes volátiles del mezcal de guerrero y su cumplimiento con la normativa vigente	37
3.4. CONCLUSIONES	39
3.5. Literatura citada	40
4. ANÁLISIS DE IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL MEZCAL DEL ESTADO DE GUERRERO POR CONSUMIDORES NACIONALES	46
4.1. Introducción.....	48
4.2. Materiales y métodos	49

4.2.1.	Muestreo	49
4.2.2.	Selección del panel.....	50
4.2.3.	Desarrollo de la evaluación.....	50
4.2.4.	Análisis estadístico	50
4.3.	Resultados y discusión	51
4.3.1.	Espectroscopía de infrarrojo cercano	51
4.4.	CONCLUSIONES	54
4.5.	Literatura citada	54
5.	EL MEZCAL DE GUERRERO: PREFERENCIAS Y SIMBOLISMO EN EL CONSUMIDOR.....	58
5.1.	Introducción.....	60
5.2.	Materiales y métodos.....	61
5.2.1.	Selección de la muestra.....	61
5.2.2.	Análisis conceptual	63
5.2.3.	Análisis de datos.....	64
5.2.4.	Índices de diversidad y rareza	65
5.3.	Resultados y discusión	66
5.3.1.	Significados a través del Índice de Diversidad y Rareza	67
5.3.2.	La rueda del significado en la percepción del consumidor	68
5.3.3.	Análisis Comparativo de los Atributos del Mezcal por Área Geográfica.....	70
5.4.	Conclusiones.....	73
5.5.	Literatura citada	73
6.	COMPORTAMIENTO Y DISPOSICIÓN A PAGAR EN CONSUMIDORES DE MEZCAL PRODUCIDO EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO	79
6.1.	Introducción.....	81

6.2.	Materiales y métodos	82
6.2.1.	Selección de atributos y diseño del experimento de elección discreta	82
6.2.2.	Análisis estadístico	84
6.2.3.	Cálculos para obtener la Disposición A Pagar (DAP)	84
6.3.	Resultados y discusión	85
6.4.	Características de los consumidores	85
6.5.	Conclusiones.....	93
6.6.	Literatura citada	93
7.	CONCLUSIONES GENERALES.....	99
8.	Anexos	101

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Características de las muestras recolectadas de mezcal del estado de Guerrero.....	23
Cuadro 2 Análisis cuantitativo del contenido de alcohol por FT-NIR y °Brix de los mezcales del estado de Guerrero, México, agrupados por región geográfica.	33
Cuadro 3 Especificaciones fisicoquímicas obtenidas por cromatografía de gases y su comparación con la NOM-070-scfi-2016	39
Cuadro 5. Definiciones, ejemplos y tipos de significados de las categorías obtenidas de los dos estímulos evaluados.....	63
Cuadro 6 Características sociodemográficas de los participantes reclutados...	66
Cuadro 7 Número promedio de grupos en cada zona de México y distribución de la fracción (%) para cada grupo creado dentro de cada variable sociodemográfica.	68
Cuadro 9 Atributos y niveles del experimento de elección discreta.	83
Cuadro 10 resumen de las características socioeconómicos de los encuestados.....	87
Cuadro 11 Características del consumo de mezcal de los encuestados	88
Cuadro 12 Bondad del ajuste del modelo	89
Cuadro 13 Parámetros del modelo.....	91
Cuadro 14 Utilidad marginal de cada nivel de cada atributo.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cincuenta y cinco espectros sobrepuestos de 11 muestras por 5 réplicas por FT-NIR obtenidos de los mezcales Guerrerenses.....	28
Figura 2 F Modelo PCA de los datos de 11 muestras de mezcal de los espectros de FT-NIR recolectados en dos regiones geográficas del estado de Guerrero, México.	30
Figura 3 Modelo PLS-DA de los datos de 11 muestras de mezcal de los espectros de FT-NIR recolectados en dos regiones geográficas del estado de Guerrero, México.	31
Figura 5 Análisis quimiométrico de FT- NIR para diferenciación del grupo -OH con la longitud de onda $7800 - 9000 \text{ cm}^{-1}$ con Análisis multivariado PL-SDA. ...	35
Figura 6 Análisis quimiométrico de FT- NIR para diferenciación °Brix con la longitud de onda $4000 - 11200 \text{ cm}^{-1}$ con Análisis multivariado PL-SDA.	36
Figura 7 Cromatogramas por Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas de tres muestras de mezcal de la región centro del estado de Guerrero	38
Figura 8 Cromatogramas por Cromatografía de gases-Espectrometría de Masas de tres muestras de mezcal de la región norte del estado de Guerrero.	38
Figura 9 Distribución de porcentajes de áreas cromatográficas de las familias químicas en los mezcales estudiados.	39
Figura 10 Perfil sensorial de intensidad, usando las medias de cada atributo percibido por los consumidores.	52
Figura 11. Analisis de componetes principales, biplot de los atributos de los 4 mezcales.	53
Figura 12. Imagen presentada a las personas encuestadas.....	64
Figura 13 Rueda de significados de la zona : estado Guerrero	69
Figura 14 Rueda de significados para la zona 2: Oaxaca, Veracruz (parte sur) Estado y Ciudad de México y Puebla	70
Figura 15 Rueda de significado para la zona 3: Baja California Sur y Baja California	70
Figura 16 Escalamiento multidimensional para la muestra agrupada de participantes ($n = 718$) y (estrés de Kruskal = 0,084), donde 1: zona norte, 2: zona sur y 3: zona central.....	72
Figura 17 ejemplo de tarjeta de elección de mezcal. Fuente: Elaboración propia	84

DEDICATORIAS

*A mi padre Eudocio Jiménez y a mi madre María, firmes en mi travesía;
a mi familia entre ellos mi hermano Margarito y en especial a mi sobrina
Anita Jiménez y mi hermano Jesús E., que apoyaron en cada paso; a mi
amiga especial Yamily Carrillo (Yami), que siempre siempre está conmigo en
las buenas y las malas; a Sule y Quieta, y a todos mis amigos, que con su
afecto hicieron más ligeras las sendas; y a mis compañeros del posgrado, Walt,
Chuvio y Jessi, cómplices de esta aventura del saber; a todos ustedes, mi
gratitud se entaza en estas líneas como un abrazo eterno, tejido con esfuerzo,
esperanza y amor, los quiero mucho.*

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial y al Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (CYTA), por la oportunidad de desarrollar esta investigación y por todas las facilidades prestadas.

A mi Comité Asesor, expreso mi más sincero agradecimiento por su acompañamiento constante, por los valiosos consejos brindados y por compartir generosamente sus conocimientos a lo largo del desarrollo de esta investigación. Su orientación, sugerencias oportunas y compromiso fueron fundamentales para dar forma a este trabajo y culminarlo con éxito:

- Dra. Ariadna Isabel Barrera Rodríguez
- Dr. Anastacio Espejel García
- Dra. Alma Leticia Saucedo Yáñez
- Dr. Emmanuel Flores Girón

A los productores de Mezcal del estado de Guerrero, Dr. Guillermo, Don Lionso, Don Juan, Sr. Roberto por haberme proporcionado información y abrirme las puertas de sus fábricas de mezcal.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Miguel Ángel Jiménez Carlos

Fecha de nacimiento: 02 de agosto 1998

Lugar de nacimiento: Chilapa de Álvarez, Guerrero, México.

CURP: JICM980802HGRMRG01

Profesión: Ingeniero Agroindustrial

Cedula profesional: 13696420

Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo

Licenciatura: Universidad Autónoma Chapingo



RESUMEN GENERAL

PERFIL SENSORIAL Y QUÍMICO, CARACTERIZACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL MEZCAL EN EL ESTADO DE GUERRERO

El mezcal producido en el estado de Guerrero es una bebida alcohólica obtenida a partir de la destilación de jugos fermentados extraídos de cabezas maduras de *Agave cupreata* previamente cocidos, dentro del territorio con Denominación de Origen. Los objetivos de esta investigación fueron: 1) Identificar compuestos volátiles mediante el perfil de alcoholes y sustancias presentes en mezcales guerrerenses con cromatografía de gases, además de generar una huella espectroscópica mediante infrarrojo cercano (FT-NIR). 2) Definir atributos sensoriales de mezcales de cuatro palenques (agroindustrias productoras) mediante metodologías exploratorias a consumidores (RATA). 3) Evaluar la disposición del consumidor a pagar un sobreprecio por atributos tangibles e intangibles del mezcal, así como el simbolismo y la tipicidad del producto, mediante metodologías de Elección Discreta y Conceptualización. Los mezcales analizados cumplen con las especificaciones fisicoquímicas establecidas por la NOM-070-SCFI-2016. Mediante FT-NIR se generó la huella espectroscópica, logrando diferenciar dos clústeres con base en la región norte y centro de Guerrero. El análisis RATA mostró variaciones sensoriales entre las muestras, destacando aroma y sabor dulce y a maguey cocido, aunque también aparecieron notas menos favorables como acetonas. En cuanto a la percepción de mercado, el método de Elección Discreta confirmó que los consumidores están dispuestos a pagar un excedente de \$0.85 por botella de mezcal elaborado de manera artesanal y originario del estado. Finalmente, se identificó un fuerte valor simbólico del mezcal dentro de Guerrero, estrechamente vinculado con la cultura y tradiciones locales. En contraste, fuera del estado tiende a percibirse como un producto más utilitario, similar a otras bebidas alcohólicas disponibles en supermercados.

Palabras clave: mezcal de Guerrero, FT-NIR, CG-FID, huella espectroscópica, normatividad, simbolismo, utilitario, rueda de significados.

Tesis de Maestría en Ciencia, Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología
Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Miguel Ángel Jiménez Carlos

Director de Tesis: Dr. Emmanuel Flores Girón

ABSTRACT

SENSORY AND CHEMICAL PROFILE, CHARACTERIZATION AND CONCEPTUALIZATION OF MEZCAL IN THE STATE OF GUERRERO

Mezcal from the state of Guerrero is a traditional distilled alcoholic beverage produced from fermented juices of mature *Agave cupreata* heads, previously steamed before fermentation, and protected by the Denomination of Origin. Despite its cultural and economic relevance, limited scientific research has addressed its chemical composition, sensory profile, and consumer perception. Based on this context, the objectives of this research were: (1) to identify volatile compounds through the profiling of alcohols and other substances present in mezcales from Guerrero using gas chromatography (GC), and to obtain a spectroscopic fingerprint via Fourier transform near-infrared spectroscopy (FT-NIR); (2) to define the sensory attributes of mezcales from four palenques (mezcal-producing agro-industries) using exploratory consumer-based methods (RATA); and (3) to assess consumers' willingness to pay for both tangible and intangible attributes of mezcal, as well as the symbolic meanings and perceived typicality of the product, through Discrete Choice and Conceptualization methodologies. All mezcal samples complied with the physicochemical requirements established by the Mexican standard NOM-070-SCFI-2016. FT-NIR analysis enabled the creation of spectroscopic fingerprints, differentiating mezcales into two clusters associated with the northern and central regions of Guerrero. RATA results revealed distinct sensory attributes across samples, with sweet aroma, cooked agave flavor, and acetone-like notes being the most relevant. Discrete Choice analysis indicated that consumers are willing to pay an additional \$0.85 per bottle for artisanal mezcal originating from Guerrero. Overall, this study highlights the dual nature of mezcal: within Guerrero it embodies strong symbolic value, deeply connected to cultural identity and traditions, whereas outside the state it is primarily perceived as a utilitarian alcoholic product. These findings contribute to a broader understanding of mezcal's chemical, sensory, and cultural dimensions, providing insights for both producers and supermarkets.

Keywords: Guerrero mezcal, FT-NIR, CG-FID, spectroscopic fingerprint, normativity, symbolism, utilitarian, wheel of meanings.

Tesis de Maestría en Ciencia, Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología
Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Miguel Ángel Jiménez Carlos

Director de Tesis: Dr. Emmanuel Flores Girón

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Según la NOM-070-SCFI-2016, el mezcal es una bebida alcohólica destilada 100% de maguey (*Agave spp.*), obtenida por destilación de jugos fermentados en las regiones autorizadas para su producción. Estas incluyen estados como Oaxaca, Guerrero, Durango y municipios específicos de otros estados. Solo los mezcales elaborados en estas áreas, bajo los estándares establecidos, pueden comercializarse con denominación de origen. En México, el mezcal no es solo un producto económico; su elaboración es una práctica arraigada en la cultura y tradición de las comunidades productoras, especialmente en el estado de Guerrero.

El mezcal guerrerense se caracteriza por un perfil sensorial distintivo: un aroma persistente influenciado por el maguey silvestre (*Agave cupreata*), un sabor ligeramente seco con notas ahumadas y un cuerpo robusto que puede alcanzar hasta el 50% de graduación alcohólica (Ezequiel, 2005). Pese a este valor cultural y sensorial, la producción de mezcal en Guerrero ha experimentado una notable caída en la última década, pasando de representar el 3.6% al 0.80% de la producción nacional (COMERCAN, 2024). Esta situación lo ha rezagado significativamente frente a Oaxaca, que domina el mercado con el 92%, y otros estados emergentes como Puebla, Durango y Michoacán.

La problemática de este estudio radica en que la falta de competitividad no solo en factores económicos, sino también a la ausencia de una caracterización integral de sus atributos tangibles e intangibles. Si bien existen estudios sobre el mezcal, pocos han abordado de manera conjunta sus perfiles quimiométricos, sensoriales y culturales, y menos aún, han evaluado la disposición del consumidor a pagar por aquellas características que agregan valor. Por lo tanto,

es imperativo revalorizar el mezcal de Guerrero, reconociendo sus cualidades inherentes para generar un valor agregado que le permita competir en el mercado y fortalecer a los pequeños productores artesanales.

El objetivo general de esta investigación es caracterizar los atributos tangibles e intangibles, así como los perfiles químicos y sensoriales del mezcal guerrerense para promover su valorización como un producto único y de alta calidad. Para lograrlo, se establecen los siguientes objetivos específicos: caracterizar la huella química de los mezcales de Guerrero y su relación con la regulación de la NOM-070-SCFI-2016; identificar los atributos sensoriales distintivos del mezcal artesanal guerrerense mediante metodologías robustas; analizar el valor cultural y simbólico que los consumidores asocian al producto; y determinar la disposición a pagar de los consumidores por atributos específicos, revelando cuáles son los más valorados en el mercado del mezcal.

Para cumplir con estos objetivos, la investigación se organizó en cuatro capítulos principales:

Capítulo 3: Se realizó un perfilado quimiométrico mediante análisis multivariados y químicos. Se generó una huella espectroscópica para los mezcales del estado de Guerrero utilizando espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) y cromatografía de gases, lo que permitió identificar compuestos volátiles clave, indicadores de calidad y su relación con la regulación de la NOM-070-SCFI-2016.

Capítulo 4: Se centró en la caracterización sensorial del mezcal utilizando la metodología Rate-All-That-Apply (RATA). Esta técnica, rápida y robusta, permitió identificar once atributos característicos de los mezcales artesanales del estado, generando un perfil de aromas y sabores distintivos.

Capítulo 5: Se abordaron los aspectos culturales y simbólicos del producto mediante la conceptualización de palabras arraigadas al valor utilitario y simbólico del mezcal. Esta técnica permitió evaluar cómo es percibido el mezcal

como un producto que vincula tradición y cultura, y cómo este valor puede ser transformado de simbólico a utilitario para los consumidores.

Capítulo 6: Se analizaron los aspectos económicos a través de experimentos de elección discreta. Esto permitió evaluar la disposición a pagar de los consumidores e identificar los atributos que más influyen en la decisión de compra, revelando una alta valoración por características relacionadas con la autenticidad, el origen geográfico y los procesos artesanales.

1.1. Literaria citada

COMERCAM. (2024). Informe estadístico 2024. Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. Recuperado de https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2024/04/PUBLICO_INFORME_2024.pdf

Ezequiel A. (2005). Mezcal. Comisión Nacional para el desarrollo de los pueblos indígenas. México. CDI 2005

NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-070-scfi-2016/>

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Contexto y trascendencia del mezcal

El mezcal, destilado del corazón del *Agave spp.*, es más que una bebida espirituosa; es un pilar socioeconómico y un profundo símbolo de la identidad mexicana. Su relevancia trasciende lo cultural para consolidarse como una de las agroindustrias más dinámicas del país. Para dimensionar su importancia la industria del mezcal generó un valor de producción superior a los 15 mil millones de pesos, consolidándose como un motor de desarrollo rural. Este sector sostiene a más de 125,000 familias, creando 55,000 empleos directos y 210,000 indirectos, lo que evidencia su profundo arraigo en las comunidades productoras (COMERCAM, 2024; INEGI 2019; Agricultura y Desarrollo Rural, 2025).

La producción de acuerdo con el anuario estadístico de COMERCAN, (2024), alcanzó los 11,362,436 litros, y aunque esta cifra representó una ligera contracción del 7.17% respecto al año anterior, se enmarca en una década de crecimiento exponencial que ha posicionado al mezcal en los mercados internacionales. La mayor parte de este volumen, un 97.01%, corresponde a la categoría de Mezcal Artesanal, lo que subraya el valor de los procesos tradicionales. A nivel de exportación, el mezcal mexicano llegó a más de 80 países, siendo Estados Unidos el principal mercado, lo que refleja su creciente prestigio y demanda global.

Su nombre, del náhuatl "mexcalli" (maguey cocido), alude al proceso ritual de cocer la piña del agave en hornos cónicos de tierra (Moctezuma, 2018). Este

destilado se elabora a partir de diversas especies como *Agave angustifolia* (espadín), que representa el 85.25% de la producción, y otras variedades como *Agave cupreata* (papalote) y *Agave potatorum* (tobalá), que le confieren perfiles sensoriales únicos ligados a su terruño (Reyes Guerra et al., 2023).

La autenticidad de esta bebida está salvaguardada por la Denominación de Origen Protegida (DOP), otorgada en 1994, y regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016. Esta normativa no solo delimita el territorio de producción, sino que preserva los saberes ancestrales al clasificar el mezcal en tres categorías “Mezcal, Mezcal Artesanal y Mezcal Ancestral”, diferenciadas por la tecnología empleada en su elaboración. Mientras el ancestral utiliza métodos rústicos como hornos de pozo, molienda con mazo y destilación en ollas de barro, el artesanal puede incorporar herramientas como desgarradoras mecánicas y alambiques de cobre, manteniendo la esencia del proceso tradicional (Arellano-Plaza et al., 2022).

En este panorama nacional, dominado por Oaxaca con un 90.70% de la producción, estados como Guerrero, a pesar de su enorme potencial y tradición, han visto disminuir su participación de manera drástica, pasando del 3.6% a solo el 0.83% en la última década (COMERCAM, 2024). Esta brecha evidencia una falta de caracterización y diferenciación de su producto, lo que impacta negativamente en los precios y la sostenibilidad de sus productores locales. Precisamente, la mayoría de los estudios se han centrado en Oaxaca, dejando un vacío crítico de información integral (química, sensorial y simbólica) sobre el mezcal guerrerense.

Por lo tanto, esta investigación se vuelve fundamental para abordar la problemática del mezcal guerrerense, esta investigación se fundamenta en las siguientes bases teóricas, que abarcan desde la definición de productos tradicionales hasta las metodologías de su análisis integral generando información de utilidad para los pequeños productores de mezcal.

2.1.2. Alimentos y bebidas espirituosas tradicionales

En los últimos años, los consumidores han mostrado un creciente interés por alimentos locales y tradicionales, debido a su asociación con una mayor calidad, autenticidad y valor cultural. Estos productos generan empleo y contribuyen a fortalecer la economía local, impulsando entornos más sostenibles (FAO, 2004; Araya & Sepúlveda, 2023; Lizárraga, Ek & Pérez, 2023).

En la Unión Europea (UE), se define como alimento tradicional a aquel producto que representa a un grupo, pertenece a un territorio específico y forma parte de una cultura que implica la cooperación de los individuos que habitan en esa región. Este tipo de alimento debe estar vinculado al territorio y su conocimiento asociado se considera una herencia que se transmite de generación en generación (Pieniak, 2008). A diferencia de la UE, en México no se tiene una definición legal o única para los productos alimenticios y las bebidas tradicionales. Sin embargo, de forma general, se puede establecer que los alimentos tradicionales se caracterizan por la calidad y origen de su materia prima, el método de producción y la geografía del lugar, así como por ser elaborados por personas que conservan ese saber tradicional que le fue heredado de sus padres, abuelos, generando así alimentos con elaboración ancestral, artesanal y conservado la parte tradición y cultura (Esequiel, 2005; SADER, 2022).

A partir de estas definiciones, el mezcal es considerado una bebida tradicional de México que posee una fuerte conceptualización ligada a un vínculo social, tradiciones, costumbres y festividades, y su producción se basa en el conocimiento heredado a las personas de generación en generación. En los últimos años, los consumidores han mostrado un creciente interés por alimentos locales y tradicionales, debido a su asociación con una mayor calidad, autenticidad y valor cultural. Estos productos generan empleo y contribuyen a fortalecer la economía local, impulsando entornos más sostenibles (FAO, 2004; Araya & Sepúlveda, 2023; Lizárraga, Ek & Pérez, 2023).

2.1.3. Composición química del mezcal y técnicas

Los principales compuestos orgánicos volátiles de las bebidas alcohólicas, después del etanol, son aldehídos como el acetaldehído, alcoholes como el metanol, y alcoholes superiores. Los alcoholes superiores, también conocidos como alcoholes de Fusel, se derivan de la descomposición de aminoácidos a través de la ruta catabólica de Ehrlich (Cordente et al., 2019; Pinal et al., 2015). Estos alcoholes son un subproducto del metabolismo de levaduras y su producción está directamente vinculada al metabolismo del nitrógeno y del carbono durante la etapa de fermentación. Estos compuestos que se derivan de dicho proceso como el 2-feniletanol y el 3-metil-1-butanol, que ejercen fuertes efectos sobre las cualidades sensoriales y contribuyen con notas florales, a rosa y afrutadas, cítricas. Además, el perfil se enriquece con ésteres que aportan notas dulces y florales, ácidos volátiles y terpenos con características cítricas y especiadas. La formación de esta compleja diversidad química está estrechamente relacionada con factores como el tipo de agave, el entorno microbiano y las técnicas artesanales empleadas, lo que distingue al mezcal como una bebida única con un fuerte vínculo territorial y cultural (Chen et al., 2023; Romano et al., 2022). Además, otra etapa importante para la generación de componentes volátiles se da durante la cocción, la descomposición térmica de las pectinas del agave libera metanol principal compuesto presente y no deseado para este producto (Lindinger et al., 1997; Ouyang et al., 2018). Este compuesto, cuya producción debe controlarse por su toxicidad para el sistema nervioso central, está sujeto a límites máximos establecidos por regulaciones mexicanas como la NOM-070-SCFI-2016 para proteger al consumidor, por lo que en la destilación se hace doble, para asegurar la eliminación mayoritaria de este. Finalmente, la destilación concentra estos compuestos y puede modificar su proporción, lo que determina la calidad y tipicidad del producto que es el resultado de las dos etapas anteriores para lograr la mejor calidad.

Para el análisis de estos compuestos, el método estándar es la cromatografía de gases (GC) con detectores como el de ionización por llama (FID) y la

espectrometría de masas (MS). A pesar de ser el estándar, la GC presenta desventajas como la preparación laboriosa de las muestras, su alto costo y el mayor tiempo de análisis, sin embargo, sirve como referente para componentes específicos como metanol, n-propanol, etil-acetato compuestos regulados por la legislación mexicana (Wachetko et al., 2021). Para superar estas limitaciones, han surgido alternativas como la espectroscopía de infrarrojo cercano por transformada de Fourier (FT-NIR), una técnica rápida y no destructiva que permite clasificar muestras, detectar adulteraciones por metanol, agua y el grado alcohólico referido en % v/v y predecir parámetros de calidad. La espectroscopía de FT-NIR, se complementa con la CG, donde la CG, utiliza para una evaluación cuantitativa y específica, mientras que la espectroscopía de FT-NIR, basado en la detección de sobre tonos y combinaciones de las vibraciones fundamentales de grupos funcionales como -OH y -CH basada en la absorción de radiación electromagnética en el rango de 780 a 2500 nm ($12800\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$), se presenta como una alternativa que permite la diferenciación cualitativa para discriminación de muestras según origen geográfico o proceso de producción mediante herramientas quimiométricas en conjunto a un análisis multivariable estadístico (PCA Y PLS-DA), permite interpretar las señales espectrales suelen ondas del espectro, solapadas y no específicas, reduciendo las dimensiones, la detección de patrones latentes y la construcción de una huella espectroscópica (Dai et al., 2022).

2.1.4. Calidad y descripción sensorial de los mezcales

La calidad es un “conjunto de características que diferencian entre distintas unidades de un producto y que influyen en aceptación de este, por el consumidor” (Costell, 2010), siendo la calidad sensorial el principal factor de decisión de compra (Lawless y Heymann, 2010). La evaluación sensorial de acuerdo con Bleibaum y Thomas (2012), es una disciplina científica que se emplea para medir, analizar e interpretar las reacciones humanas a las características percibidas por los cinco sentidos del ser humano al manipular alimentos y materiales, percibidas a través de los sentidos como la vista, el olfato y el gusto. En el caso de bebidas

destiladas, se elaboran perfiles descriptivos de atributos como el aroma y el sabor, ya que estos se relacionan directamente con la tipicidad y permiten diferenciar el producto.

En el estado de Guerrero, un estudio descriptivo reciente realizado por Mozqueda-Balderas (2018) en la región Montaña, encontró que los mezcales guerrerenses poseen características sensoriales particulares, como sabores a maguey cocido y notas agrias, y aromas distintivos a palma, maguey cocido y humo. Sin embargo, al ser una bebida destilada, se caracteriza por su transparencia y brillantez. No obstante, en algunas ocasiones, puede manifestar tonalidades sutiles, como un color verde o amarillo tenue. Estas variaciones cromáticas no se deben a la adición de colorantes, sino a la presencia de compuestos secundarios que se forman durante el proceso de elaboración y la reacción de los diversos compuestos minoritarios (García-Barrón, 2009). Estos atributos son considerados representativos del mezcal de la región y se deben a factores como la especie de *Agave spp.* utilizada (principalmente *Agave cupreata*), que en su mayoría es silvestre, así como al saber hacer del maestro mezcalero y al proceso artesanal de elaboración. Este estudio sirve como un antecedente clave y un punto de partida para nuestra investigación, ya que destaca la singularidad del mezcal guerrerense.

Los métodos descriptivos y combinados para análisis sensoriales son las herramientas más sofisticadas y eficaces para la caracterización de productos. Estas técnicas buscan obtener descripciones sensoriales completas, lo que permite identificar la influencia de los ingredientes y las variables del proceso, así como determinar qué atributos sensoriales son cruciales para la aceptación del consumidor, estos pueden medir el perfil de sabor y el perfil de textura, a menudo realizados por expertos o por consumidores (Lawless y Heymann-Hidegarde, 2010; Hernández-Montes 2007).

El método Check-All-That-Apply (CATA) es una técnica moderna y popular para la caracterización sensorial. Consiste en presentar a los consumidores una lista de términos y pedirles que seleccionen todos los que consideren aplicables para

describir un producto. Este enfoque es ventajoso por su formato estructurado, que facilita la recolección y el análisis de datos de grandes muestras de consumidores de manera rápida y sencilla. Investigaciones han demostrado que las caracterizaciones sensoriales obtenidas con RATA son confiables y comparables a las generadas por evaluadores entrenados. Sin embargo, su formato de respuesta que es cualitativa y cuantitativa ha demostrado ser más eficiente que las técnicas de FLASH y CATA se emplean para obtener atributos y discriminar productos de manera cuantitativa y cualitativa (Ares et al. 2014; Araya Alpizar, 2011; Cordente et al. 2019).

2.1.5. Simbolismo en los alimentos

Un concepto es una unidad cognitiva de significado, un contenido mental que cada individuo construye a partir de su experiencia de la realidad (París, 2011). Esta construcción conceptual está profundamente ligada a un contexto personal y social, incluyendo la cultura, la familia, la religión y el entorno natural. En este proceso, el cerebro utiliza las sensaciones provenientes de los cinco sentidos para asignar una "etiqueta" que le permita otorgar un significado concreto a lo que se observa o se lee (París, 2011). Esta "etiqueta" evoca una combinación exacta de sensaciones que despiertan la curiosidad y la necesidad de conceptualizar. En el ámbito de los alimentos tradicionales, diversos estudios han demostrado que la percepción del consumidor está influenciada por su contexto individual y cultural. Cuando una persona consume o se le presenta una imagen de un producto, esta tiende a evocar una serie de asociaciones como palabras, recuerdos y emociones, que están fuertemente influenciadas por su vida, cultura y tradiciones (García Barrón, 2016).

Investigaciones como las de García-Barrón (2016) y Aguilera Blanco (2022) han demostrado que los alimentos tradicionales, incluyendo las bebidas alcohólicas, poseen significados culturales diferenciados según el contexto geográfico y social del consumidor. Esta línea teórica es fundamental para comprender el valor simbólico que adquiere, por ejemplo, el mezcal de Guerrero, tanto dentro como fuera del estado.

Un concepto es una unidad cognitiva de significado ligada a un contexto de experiencia individual y cultural. En el caso de los alimentos tradicionales, se ha encontrado que la percepción del consumidor está influenciada por asociaciones de palabras, recuerdos y emociones.

2.1.6. Análisis por Experimentos de Elección Discreta

El Análisis de Elección Discreta (AED) es una técnica estadística avanzada, ampliamente utilizada para estudiar las preferencias del consumidor a partir de la evaluación de distintas combinaciones de atributos de un producto o servicio (Louviere, Hensher, & Swait, 2000). En el sector agroalimentario, esta metodología es fundamental para identificar factores que influyen en la decisión de compra, como atributos sensoriales, lugar de origen, información nutricional y aspectos simbólicos o culturales. El AED permite a los investigadores y productores comprender de manera empírica la jerarquía de preferencias del consumidor, lo que es crucial para el desarrollo de productos y estrategias de mercado efectivas.

La utilidad del ED se manifiesta particularmente en la evaluación de productos con un fuerte arraigo territorial y cultural, como las bebidas alcohólicas tradicionales. Específicamente en el mercado del mezcal, la técnica ha revelado qué atributos son prioritarios para los consumidores, tales como el tipo de agave utilizado, la región de origen, el proceso de producción (artesanal o industrial), el precio y la certificación de denominación de origen (Rojas-Rivas et al., 2021). Esta información es de gran valor para la segmentación del mercado, permitiendo una diferenciación competitiva basada en las preferencias reales del consumidor, lo cual es esencial para fortalecer el posicionamiento de productos con identidad única.

Además, el ED es vital para capturar la influencia de aspectos emergentes que impactan la decisión de compra, como la sostenibilidad del proceso productivo y el valor simbólico-cultural de los alimentos. Estos factores han ganado relevancia, especialmente entre los consumidores conscientes del entorno y del origen del

producto (Escalona-Buendía et al., 2019). En este sentido, aplicar esta técnica al estudio del mezcal producido en Guerrero permite una comprensión integral del comportamiento del consumidor, visibiliza la tipicidad del producto y ofrece una base sólida para formular estrategias comerciales que fortalezcan su competitividad en el mercado.

2.2. El Mezcal según la NOM-070-SCFI-2016

De acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, el mezcal es una bebida alcohólica destilada mexicana, 100 % de maguey o agave, obtenida por destilación de jugos fermentados con microorganismos espontáneos o cultivados, extraídos de cabezas maduras de magueyes o agaves cocidos, cosechados en el territorio comprendido por la Resolución de Denominación de Origen (DOF, 2016). Es un líquido con un aroma y sabor derivado de la especie de maguey o agave, así como de su proceso de elaboración.

2.2.1. Concepto de mezcal

De acuerdo con NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, el mezcal es una bebida alcohólica destilada mexicana, 100 % de maguey o agave, obtenida por destilación de jugos fermentados con microorganismos espontáneos o cultivados, extraídos de cabezas maduras de magueyes o agaves cocidos, cosechados en el territorio que poseen la denominación de origen. Es un líquido de aroma y sabor derivado de la especie de maguey o agave empleado, así como del proceso de elaboración; diversificando sus cualidades por el tipo de suelo, topografía, clima, agua, productor autorizado, maestro mezcalero, graduación alcohólica, microorganismos, entre otros factores que definen el carácter y las sensaciones organolépticas producidas por cada mezcal.

2.2.2. Categorías del mezcal

Con base en el proceso utilizado de cocción del agave, molienda, fermentación y destilación se diferencian tres categorías de mezcal: mezcal, mezcal artesanal y

mezcal ancestral (DOF, 2016). A continuación, se describen sus principales diferencias:

Mezcal

Su elaboración debe cumplir con al menos las siguientes cuatro etapas y equipo:

- a) Cocción: cocimiento de cabezas o jugos de maguey o agave en hornos de pozo, mampostería o autoclave.
- b) Molienda: tahona, molino chileno o egipcio, trapiche, desgarradora, tren de molinos o difusor.
- c) Fermentación: recipientes de madera, piletas de mampostería o tanques de acero inoxidable.
- d) Destilación: alambiques, destiladores continuos o columnas de cobre o acero inoxidable.

Mezcal ancestral

Su elaboración debe cumplir con al menos las siguientes cuatro etapas y equipo:

- a) Cocción: cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo o elevados de mampostería.
- b) Molienda: con mazo, tahona, molino chileno o egipcio, trapiche o desgarradora.
- c) Fermentación: oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).
- d) Destilación: con fuego directo en alambiques de caldera de cobre u olla de barro y montera de barro, madera, cobre o acero inoxidable; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

Mezcal artesanal

Su elaboración debe cumplir con al menos las siguientes cuatro etapas y equipo:

- a) Cocción: cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo.
- b) Molienda: con mazo, tahona, molino chileno o egipcio.

- c) Fermentación: oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).
- d) Destilación: con fuego directo en olla de barro y montera de barro o madera; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

2.3. Literatura citada

Araya Alpizar, C. (2011). Análisis de datos multivariantes con coordenadas paralelas. *Pensamiento Actual*. Universidad de Costa Rica, 11(16-17), 81-91.

Araya, J., & Sepúlveda, J. (2023). Sostenibilidad alimentaria y prevalencia de consumo de preparaciones tradicionales y típicas en hogares del centro-sur de Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Suplemento 2, 1–12. Recuperado de <https://www.alanrevista.org/ediciones/2023/suplemento-2/art-3/>

Arellano-Plaza, M., Paez-Lerma, J. B., Soto-Cruz, N. O., Kirchmayr, M. R., & Gschaedler Mathis, A. (2022). Mezcal Production in Mexico: Between Tradition and Commercial Exploitation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 832532. <https://doi.org/10.3389/FSUFS.2022.832532/BIBTEX>

Ares, G., Bruzzone, F., Vidal, L., Silva Cadena, R., Giménez, A., Pineau, B., Hunter, D. C., Paisley, A. G., & Jaeger, S. R. (2014). Evaluation of a rating-based variant of check-all-that-apply questions: Rate-all-that-apply (RATA). *Food Quality and Preference*, 36, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.03.006>

Chen, L., Li, K., Chen, H., & Li, Z. (2023). Reviewing the Source, Physiological Characteristics, and Aroma Production Mechanisms of Aroma-Producing Yeasts. *Foods*, 12(18), 3501. <https://doi.org/10.3390/foods12183501>

- COMERCAM. (2024). Informe estadístico 2024. Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. Recuperado de https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2024/04/PUBLICO_INFORME_2024.pdf
- Cordente, A. G., Schmidt, S., Beltran, G., Torija, M. J., & Curtin, C. D. (2019). Harnessing yeast metabolism of aromatic amino acids for fermented beverage bioflavouring and bioproduction. *Applied Microbiology And Biotechnology*, 103(11), 4325-4336. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09840-w>
- Cordente, A. G., Schmidt, S., Beltran, G., Torija, M. J., & Curtin, C. D. (2019). Harnessing yeast metabolism of aromatic amino acids for fermented beverage bioflavouring and bioproduction. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(11), 4611-4623. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09840-w>
- Dai, J., Chen, P., Chu, X., Xu, B., & Su, S. (2022). Comparison between NIR, FT-IR and Raman for quantitative analysis of the conversion of poly alpha oil (PAO). *Vibrational Spectroscopy*, 123, 103452. <https://doi.org/10.1016/J.VIBSPEC.2022.103452>
- De Agricultura y Desarrollo Rural, S. (2024). Impulsa Agricultura producción de mezcal en 13 entidades del país. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/impulsa-agricultura-produccion-de-mezcal-en-13-entidades-del-pais?idiom=es>
- Ducin-Martínez, C., Ruiz Mondragón, K. Y., Jiménez-Barrón, O., Aguirre-Planter, E., Gasca-Pineda, J., Eguiarte, L. E., y Medellín, R. A. (2023). Uses, Knowledge and Extinction Risk Faced by Agave Species in Mexico. *Plants*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/plants12010124>
- Escalona-Buendía, H. B., García-Pérez, J. V., & Muñoz-Rodríguez, R. (2019). Consumer perception of traditional Mexican beverages: A

discrete choice experiment approach. *Journal of Sensory Studies*, 34(4), e12533

FAO. (2004). ¿Qué demandan los consumidores? En “Los consumidores y la calidad de los alimentos: Informe de una consulta mixta FAO/OMS sobre la calidad de los alimentos”. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/4/a0843s/a0843s01.pdf>

García Barrón, S. E. (2009). Efecto de la región de procedencia del Agave y las condiciones de fermentación sobre el perfil aromático de mezcal [Tesis de Maestría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ)]. Repositorio CIATEJ.
<https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/429/1/Sergio%20Erick%20Garc%C3%ADa%20Barr%C3%B3n.pdf>

Hernández Montes, A. (2007). Evaluación sensorial de productos agroalimentarios. Chapingo, Estado de México

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). Conociendo la industria del tequila y el mezcal. Colección de estudios sectoriales y regionales.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825189600.pdf

Lawless, H., & Heymann Hidegarde. (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. California, USA: Spriger.

Lindinger, W., Taucher, J., Jordan, A., Hansel, A., & Vogel, W. (1997). Endogenous production of methanol after the consumption of fruit.. *Alcoholism, clinical and experimental research*, 21 5, 939-43 .
<https://doi.org/10.1111/J.1530-0277.1997.TB03862.X>.

Lizárraga, A. M., Ek, E., & Pérez, M. A. (2023). Transformación de barreras en oportunidades: innovación y sostenibilidad en el consumo de

alimentos locales en la región Puuc, México. ResearchGate.
Recuperado de
<https://www.researchgate.net/publication/387206326>

Lizárraga, A. M., Ek, E., & Pérez, M. A. (2023). Transformación de barreras en oportunidades: innovación y sostenibilidad en el consumo de alimentos locales en la región Puuc, México. ResearchGate.
Recuperado de
<https://www.researchgate.net/publication/387206326>

Lizárraga, A. M., Ek, E., & Pérez, M. A. (2023). Transformación de barreras en oportunidades: innovación y sostenibilidad en el consumo de alimentos locales en la región Puuc, México. ResearchGate.
Recuperado de
<https://www.researchgate.net/publication/387206326>

Moctezuma, I. (2018). Mezcal : bebida de los dioses, olores y sabores del mezcal, fermentación, destilación, abocados, folclor.

Mozqueda-Balderas, R., Delgado-Alvarado, A., Herrera-Cabrera, B. A., & López-Vargas, S. (2018). EVALUACIÓN SENSORIAL DEL MEZCAL DE LA LOCALIDAD DE TOTOMOCHAPA, TLAPA DE COMONFORT, GUERRERO, MÉXICO. *Agro Productividad*, 11(10), 81–86. <https://doi.org/10.32854/AGROP.V11I10.1249>

Ouyang, Q., Hu, Z., Li, S., Quan, W., Wen, L., Yang, Z., & Li, P. (2018). Thermal degradation of agar: Mechanism and toxicity of products.. *Food chemistry*, 264, 277-283 .
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.098>.

Pinal, L. et al. (2015). Volatile compounds in artisanal mezcal: A chemical fingerprint for authentication. *Journal of Food Science*, 80(5), C1008–C1016.

Reyes Guerra, M. A., Tiburcio Cortés, M., Pérez Harp, S., Noemi Moreno Arzate, C., Medellín, R. A., Ángel Cano García, M., Palma Cruz, F.,

Brena, G., Castillo Solano, C., Raúl Cruz Moreno, J., Dolo-, S., & Gallegos Castro, A. (2023). GUÍA DE MAGUEYES MEZCALEROS - BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES Y AGRONÓMICAS-. www.giz.de/mexico

Rojas-Rivas, E., Escobar, J., & Martínez, C. (2021). Consumer preferences and willingness to pay for mezcal attributes: A discrete choice experiment. *Agricultural Economics Review*, 22(1), 45-62.

Romano, P., Braschi, G., Siesto, G., Patrignani, F., & Lanciotti, R. (2022). Role of Yeasts on the Sensory Component of Wines. *Foods*, 11(13), 1921. <https://doi.org/10.3390/foods11131921>

SADER. (2022). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio Nacional de Inspección datos estadísticos de la producción de mezcal.

Stone, H., Bleibaum, R., & Thomas, H. (2012). *Sensory Evaluation Practices*. San Diego, USA.: Elsevier Inc

3. HUELLAS QUÍMICAS DEL MEZCAL GUERRERENSE: UN ANÁLISIS QUIMIOMÉTRICO A PARTIR DE DATOS DE FT-NIR Y CUANTIFICACIÓN COMPUESTOS VOLÁTILES

Resumen

Esta investigación se enfocó en diferenciar los mezcales de Guerrero, México, a través de un enfoque multitécnica que incluyó espectroscopía de infrarrojo cercano por transformada de Fourier (FT-NIR) y cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID). Se analizaron once muestras representativas de las regiones norte y centro de Guerrero, con el objetivo de caracterizar su huella química y evaluar su relación con la regulación establecida en la NOM-070-SCFI-2016. Se emplearon técnicas quimiométricas como el análisis de componentes principales (PCA) y el análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) para procesar los datos espectroscópicos. Los resultados demostraron que los mezcales de las dos regiones presentan diferencias significativas en su composición química. El modelo PLS-DA clasificó las muestras con una precisión del 67.6%, destacando los grados Brix y las vibraciones de los grupos -OH como las variables clave para su diferenciación del mezcal en dos huellas químicas del mezcal en el mismo estado. Adicionalmente, se confirmó que los perfiles de los compuestos volátiles como el metanol, n-propanol y acetaldehídos están dentro de los límites establecidos por la NOM-070-SCFI-2016. En conclusión, este estudio demuestra que los mezcales de Guerrero tienen una huella química diferenciada por su subregión geográfica, teniendo la diferenciación en dos mezcales, únicos con perfiles únicos y los resultados del GC-FID apoyan la evidencia encontrada por FT-NIR en la riqueza de los compuestos volátiles determinados y demuestran que los compuestos volátiles se mantienen dentro de los límites de la NOM-070-SCFI-2016.

Palabras clave: Espectroscopía FT-NIR, PCA, PLS-DA, Huella espectroscópica.

Tesis de Maestría en Ciencia, Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Miguel Ángel Jiménez Carlos

Director de Tesis: Dr. Emmanuel Flores Girón

CHEMICAL FOOTPRINTS OF MEZCAL FROM GUERRERO: A CHEMOMETRIC ANALYSIS FROM FT-NIR DATA AND QUANTIFICATION OF VOLATILE COMPOUNDS

Abstract

This research focused on differentiating mezcals from Guerrero, Mexico, through a multi-technique approach that included Fourier-transform near-infrared spectroscopy (FT-NIR) and gas chromatography with flame ionization detection (GC-FID). Eleven representative samples from the northern and central regions of Guerrero were analyzed to characterize their chemical fingerprint and to evaluate their compliance with the regulatory framework established by NOM-070-SCFI-2016. Chemometric techniques such as principal component analysis (PCA) and partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) were applied to process the spectroscopic data. The results showed that mezcals from both regions exhibited significant differences in their chemical composition. The PLS-DA model classified the samples with an accuracy of 67.6%, highlighting Brix degrees and the vibrations of –OH groups as key variables for distinguishing two chemical fingerprints of mezcal within the same state. Additionally, it was confirmed that the profiles of volatile compounds such as methanol, n-propanol, and acetaldehydes remained within the limits established by NOM-070-SCFI-2016. In conclusion, this study demonstrates that mezcals from Guerrero exhibit a differentiated chemical fingerprint depending on their geographical subregion, resulting in two unique mezcal profiles. Furthermore, the GC-FID results supported the evidence obtained by FT-NIR, underscoring the richness of the identified volatile compounds and confirming their compliance with NOM-070-SCFI-2016 specifications.

Keywords: FT-NIR spectroscopy, PCA, PLS-DA, Spectroscopic fingerprint, mezcal

3.1. Introducción

El mezcal, una bebida alcohólica tradicional de México, ha ganado reconocimiento mundial por su complejidad sensorial, que incluye su sabor, aroma y el carácter artesanal de su producción. La Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016 establece que el mezcal es una bebida destilada 100% de maguey o agave, obtenida por destilación de jugos fermentados con microorganismos. La bebida debe provenir de las cabezas maduras de los magueyes cocidos, cultivados en los estados que conforman la Denominación de Origen Protegida (DOP), un reconocimiento que se rige por la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial.

En el Estado de Guerrero, diversas destilerías producen mezcales que reflejan las particularidades del agave utilizado, así como las técnicas de destilación empleadas, y pertenece a los estados con Denominación de Origen Protegida (DOP). Sin embargo, la variabilidad en la calidad y características de estos productos puede dificultar su clasificación y comercialización. El mercado está dominado por estados como Oaxaca, Puebla y Durango, ya que estos son los principales productores a nivel nacional de mezcal en el país. Tan solo la producción a nivel nacional de mezcal en el año 2023 referente al producto con 45 % Alc. Vol. equivale a 12,239,655 L, donde Oaxaca produjo el 90.51 % equivalente a 11,078,111.7405 L, Puebla con 4.94 % equivalente a 604 638.957 L, Durango 1.07 % equivalente a 130 964.3085 L y Guerrero con 0.80 % equivalente 83 229.654 L (COMERCAM, 2024).

Las técnicas analíticas cuantitativas y cualitativas CG- FID y FT-NIR, junto con el análisis multivariante, son técnicas que se han usado con precisión para identificar y cuantificar metabolitos en alimentos y bebidas alcohólicas. Ambas técnicas tienen como ventaja que no requieren preparación de muestra o bien que la preparación requiere una manipulación mínima, lo que reduce costos y tiempo de análisis (Lösel et al., 2024). Además, estos métodos permiten análisis quimiométricos avanzados. Estos ayudan a identificar y diferenciar muestras de mezcal por su composición química, reflejando una huella o perfil asociado a los

compuestos químicos orgánicos presentes (He et al., 2023). Esto se logra combinando la quimiometría, que proporciona una identificación de calidad confiable a partir de los datos de los espectros de FT-MIR o FT-NIR en conjunto con CG. Existen investigaciones que han reportado que la espectroscopia por FT-NIR ha funcionado bien para identificar bebidas alcohólicas adulteradas. Esto incluye cervezas, whiskies, vodkas, rones, coñacs, brandis, vinos, tequilas y otras bebidas alcohólicas. Sin embargo, también se usa el FT-NIR para clasificar alimentos y bebidas por su composición y origen. Ya que esta técnica ayuda a discriminar variedades en frutas y a autenticar y diferenciar bebidas alcohólicas (destilados y fermentadas) (Li et al., 2024; Revilla et al., 2019a, 2019b; Schiavone et al., 2020; Wu et al., 2017). Sin embargo, hasta ahora la literatura revisada no reporta el uso de la espectroscopia FT-NIR y CG-EM, junto con el análisis multivariante, para analizar y diferenciar los mezcales del estado de Guerrero, México. Por ello este estudio podría aportar evidencia para verificar la autenticidad del mezcal producido en Guerrero y diferenciarlo del mezcal producido en otros estados ubicados en la región con denominación de origen.

Adicionalmente, en este estudio, se presenta a la espectroscopia de FT-NIR como una alternativa analítica para cuantificar etanol y crear una huella espectroscópica para los mezcales a través de un análisis quimiométrico. Para ello, se recolectaron muestras representativas de diferentes destilerías en las regiones centro y norte del estado de Guerrero, y se aplicaron técnicas de procesamiento de datos multivariantes, como el PCA y PLS-DA y medias para cuantificación de compuestos volátiles.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico de tipo dirigido, una metodología seleccionada por ser adecuada para el carácter exploratorio de esta investigación y en consideración de las limitaciones logísticas y la dinámica de producción del

sector. La recolección se enfocó en el ciclo de producción del año 2024, periodo en el que los productores artesanales de la región suelen elaborar un único lote.

El tamaño final de la muestra fue de n=10 agroindustrias de mezcal artesanal. La selección de los participantes buscó incluir diversidad geográfica dentro del estado de Guerrero, abarcando dos de sus principales regiones productoras (Cuadro 1). Se recolectaron cinco muestras de la Zona Centro (cuatro del municipio de Chilapa de Álvarez y una de Mochitlán) y cinco de la Zona Norte (provenientes del municipio de Huitzuco de los Figueroa, antes Quetzalapa).

Dado que cada productor elabora un solo lote anual, la muestra obtenida de cada agroindustria se considera representativa de la producción total de ese lote específico. Las muestras fueron envasadas directamente en recipientes de vidrio con cierre hermético. Para garantizar su integridad hasta el análisis, se resguardaron protegidas de la luz solar directa y se mantuvieron a temperatura ambiente. Una vez en el laboratorio, se tomaron alícuotas de cada muestra en tubos Eppendorf (1.5 mL) y Falcon (25 mL) para su posterior análisis mediante espectroscopia FT-NIR, refractometría y CG-FID.

Cuadro 1 Características de las muestras recolectadas de mezcal del estado de Guerrero.

No	Región	Lugar	Coordenadas	Altitud (msnm)	Agave <i>cupreata</i>	Año de cosecha	ID
1	Centro	Mochitlán,	17°28'13"N	989	silvestre	2024	CA1
2		Mochitlán	99°22'13"O				CB2
3		Pantitlán,	7°38'33"N 99°6'28"O	1831			MA1
4		Chilapa					MB2
5		Santa Cruz, Chilapa					MC3
6							MO
7							MD4
8	Norte	Quetzalapa, Huitzuco	18°20'07"N 99°11'12"O	1146	silvestre	2024	NA1
9							NB2
10							NC3
11							NC4

3.2.2. Obtención de espectros de FT-NIR

Preparación de las muestras

Este análisis se realizó en el Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México (LANISAF-UACH). Para realizar los análisis espectroscópicos, se trabajó bajo una temperatura constante de 23.5 °C y una humedad relativa del 50 %. Se empleó un espectrómetro de infrarrojo cercano (FT-NIR), marca Bruker y modelo MPA (Multi Purpose Analyzer) operado con el Software OPUS versión 7.8 de Bruker Corporation. Este equipo está diseñado para analizar bebidas alcohólicas como vinos, licores y destilados, y cuantificar el contenido porcentual de etanol. Para la obtención de los espectros, el espectrómetro FT-NIR se operó en un intervalo espectral de 12,500 a 4,000 cm^{-1} con un intervalo de resolución de 16 cm^{-1} y realizando 64 escaneos a temperatura y humedad controlada. Las muestras no requirieron preparación previa y se almacenaron en viales de 8 mm (modelo IN430, Bruker). Se usaron micropipetas (Eppendorf) con las que se tomó un volumen preciso de 800 μL que se depositó en viales sellados para evitar la evaporación de los componentes volátiles durante el análisis. Cada una de las muestras se analizó por quintuplicado, asegurando la repetibilidad y la confiabilidad de los resultados. Para análisis cuantitativo del contenido alcohólico se utilizó una base de datos (B-Food, Bruker Optics) que incluye información de 1,475 muestras de bebidas alcohólicas ($n = 1,475$), cubriendo un rango de contenido alcohólico del 5.3 al 50.0 %. Con estos datos, se estimó el contenido alcohólico de las muestras, empleando la curva de calibración previamente establecida.

Para la cuantificación de compuestos volátiles consistió en analizar las muestras el contenido de Metanol, Acetaldehído, n-Propanol y Acetato de Etilo, para lo cual se empleó la técnica de cromatografía de gases. Se usó un cromatógrafo de gases marca Perkin Ekmer, modelo Autosystem XL, con columna empacada Porapak Q de 6 pies de longitud y 1/8 de pulgada de diámetro.

El método cromatográfico fue el siguiente:

- o Inyector. 220°C
- o Detector: FID, 220°C
- o Gas de arrastre: Helio a 25mL/min
- o Programa del Horno: Inicial 180°C/ constante por 13 minutos.

En la cuantificación se empleó para calibración del equipo las siguientes sustancias de referencia: Metanol Sigma Aldrich de 99.8 % de pureza, Acetaldehído Fluka de 99.0 % de pureza, 1-Propanol JT Baker de 99.9 % y Acetato de Etilo Sigma Aldrich de 99.8 % de pureza.

Con el método empleado, en el cromatógrafo de gases el Metanol eluye a 1.11, el Acetaldehído a 1.58, el n-Propanol a 4.25 y el Acetato de Etilo a 5.69 minutos, respectivamente.

Por último, se utilizó un refractómetro SperScientific 3000 para la determinación de °Brix en las muestras. Para este análisis, se usaron 400 µL de cada muestra por triplicado, a una temperatura de 22 °C, en condiciones ambientales de presión y una humedad relativa controlada del 50 %. Esto permitió determinar el contenido de sólidos solubles de las muestras, reflejando su concentración de sólidos totales solubles.

Análisis quimiométrico

Se procesaron los espectros de FT-NIR usando el programa Mnova 15.1. Se utilizó el módulo Elvis (Espectroscopías Electrónicas y Vibracionales) bajo estas condiciones: se aplicó una corrección automática de la línea de base con el algoritmo larPLS (Mnova EIViS - Electronic and Vibrational Spectroscopies - Mestrelab, 2025.). Los datos crudos fueron obtenidos del espectro en la longitud de onda de 11,200 cm^{-1} a 40,000 cm^{-1} . Se eliminó la longitud de 11,200 a 12,500, debido a que no presenta contribución de señales y podría generar ruido. Luego,

se procesaron los datos con el software MNova. Se aplicaron técnicas de suavizado y segunda derivada de Savitzky-Golay, con un grado de polinomio de 5 y una ventana de 9. Este procesamiento mejoró el espectro y redujo el ruido. En una segunda etapa de análisis, se acotó la región espectral considerando únicamente el pico (o banda) de alcohol (etanol). Solo se consideró la ventana espectral de 7,800 a 9,000 cm^{-1} , donde se observa la vibración del grupo -OH.

El análisis multivariante se realizó a través del MetaboAnalyst - Plataforma 6.0 (Pang et al., 2021). Se usó el Análisis Estadístico - Módulo de un factor con los valores de espectro FT-NIR de 11 200 a 4 000 cm^{-1} y de etanol de 7,800 a 9,000 cm^{-1} como entrada. La normalización de datos se realizó mediante un escalado automático proporcionado por la plataforma. Este proceso ajustó las variables ya que las divide entre su desviación estándar. Esto garantiza una varianza unitaria y evita que las de mayor intensidad influyan demasiado en el modelo. Para obtener el modelo estadístico de descripción, inicialmente se obtuvo un modelo de análisis de componentes principales (PCA) como criterio de preclasificación. Este modelo fue importante debido a que nos permitió ver si existía una agrupación de clústeres con nuestras muestras y variables. Se desarrollaron y analizaron un modelo de análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) y un mapa de calor de agrupación jerárquica. Esto nos permitió identificar muestras con características distintivas. De esta forma se logró una mejor resolución de los clústeres de agrupamiento que el PCA no se lograba diferenciar con certeza. Por lo que el modelo de PLS-DA demostró ser una mejor opción.

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Análisis espectroscópico de los mezcales por FT-NIR

La Figura 1 muestra los espectros de FT-NIR de los mezcales de la región norte y centro de Guerrero. El espectro muestra el intervalo de número de onda de 11,500 a 4,000 cm^{-1} (es decir, las longitudes de onda de 1,250 a 400 nm). Es importante señalar, que el espectro de infrarrojo cercano en el intervalo de

longitud de onda de 12,500 a 4,000 cm^{-1} refleja las concentraciones de materiales orgánicos que contienen enlaces moleculares C-H y C-OH. Por ejemplo, metanol, aldehídos y etanol son moléculas orgánicas que tienen estos enlaces, y en el espectro de FT-NIR presentan bandas en 6,000 a 5,000 cm^{-1} moleculares (Cortez, 2017).

El contenido del grupo de alcoholes, o sustancias con grupos -OH, se llama en el mezcal diversidad alcohólica. En esta bebida, se pueden encontrar metanol, etanol (compuesto mayoritario), 2-butanol, 1-propanol, 2-metilpropanol, 1-butanol y 3-metil-1-butanol, que son productos del proceso de fermentación de azúcares y aminoácidos (Quintero Arenas et al., 2020). Esta diversidad de alcoholes es diferente para cada mezcal, principalmente para los mezcales artesanales. Por lo que se propuso utilizar FT-NIR para clasificar los distintos mezcales del estado de Guerrero. La sobreposición de los espectros de FT-NIR de las muestras analizadas ($n=11$) con sus réplicas (quintuplicado) se muestra en la Figura 1a. Debe destacarse que en estos espectros hay tres picos (o bandas) notables, en los siguientes intervalos de 8,439 - 7,100 cm^{-1} , 5,901 cm^{-1} y por último 5,7705,670 cm^{-1} , que están asociados al etanol. En el primer pico se observa la vibración del enlace -OH referida al etanol; el segundo pico corresponde al -OH del metanol y, por último, el tercer pico que es el que asocia a la “riqueza alcohólica” de aromas y sabores en los mezcales por grupos C-H (Power et al., 2021; Quintero Arenas et al., 2020).

Los perfiles espectrales de cada muestra de mezcal son muy similares entre sí. En realidad, la mayoría de los espectros de FT-NIR se superpusieron estrechamente. Así que era difícil distinguir cada muestra de mezcal solo de los espectros superpuestos. Por lo que, para clasificar los mezcales de cada región con sus muestras respectivas, fue necesario usar métodos adicionales de procesamiento espectral para evidenciar las sutiles diferencias. Después del tratamiento de los datos espectrales mediante la aplicación de procesamiento por segunda derivada seguido de la aplicación de un filtro Savitzky-Golay con grado de polinomio 5 los espectros lucen como se muestra en la Figura 1b. Múltiples

reportes sugieren que este tipo de procesamiento es idóneo para la extracción de características y clasificación las muestras de cada región, por lo que son los datos que serán utilizados para el análisis estadístico multivariable por análisis de componentes principales (PCA) y análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) (Quintero, 2020).

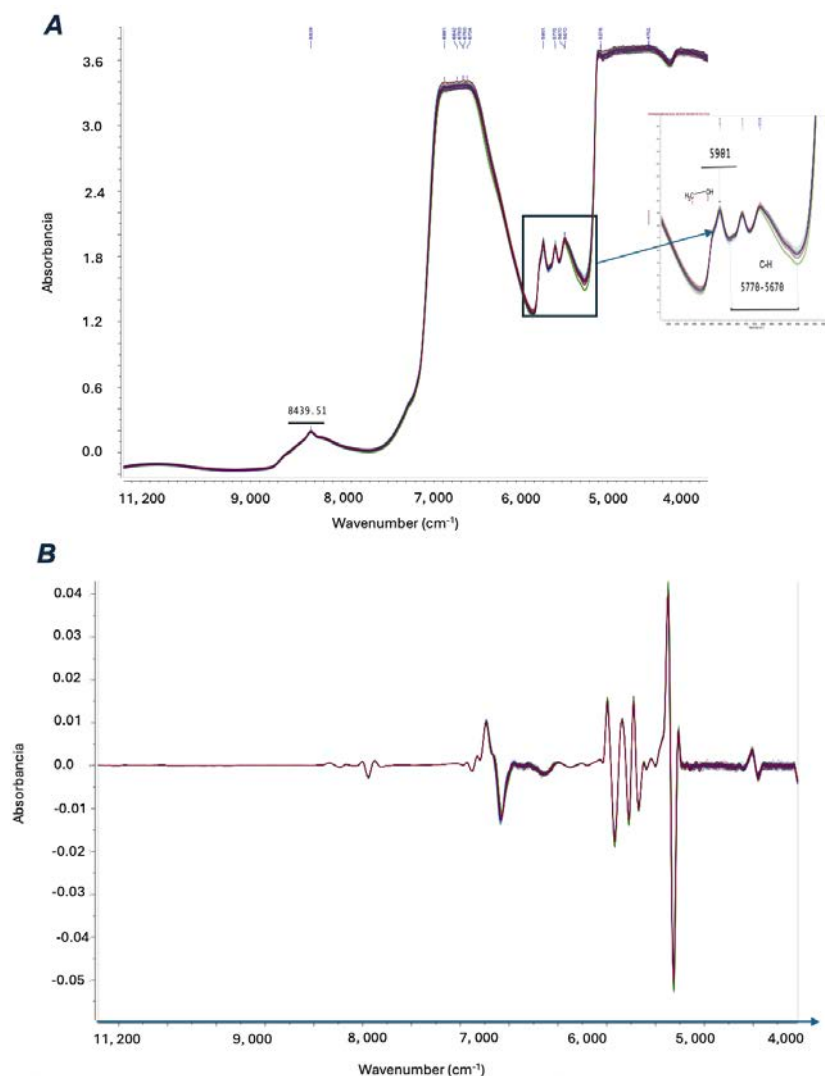


Figura 1 Cincuenta y cinco espectros sobrepuestos de 11 muestras por 5 réplicas por FT-NIR obtenidos de los mezcales Guerrerenses.

A) Los espectros de FT-NIR de once muestras (por quintuplicado) de mezcal artesanal de las regiones centro y norte de estado de Guerrero, México. B) Espectros FT-NIR de las muestras estándar representativas de las dos regiones del estado de Guerrero. El inserto en (0,0) la segunda derivada orden polinomio 4 y 9 puntos suavizados) del espectro con un empleo de suavizado de Savitzky-Golay con grado de polinomio 5 de la región espectral de 4000 -1120 cm⁻¹ para posteriormente ser empleados con PCA y PLS-DA.

3.3.2. Reducción de dimensiones Usando PCA y PLS-DA

A través del análisis estadístico multivariable realizado en la plataforma MetaboAnalyst (<https://www.metaboanalyst.ca>); el PCA se utilizó para reducir la dimensionalidad de los espectros FT-NIR de 55 x 3020 a 5 dimensiones definidas por los componentes principales PC1-PC5. Los primeros 5 PC representaron el 74.5 % de la varianza total en los espectros FT-NIR (Figura 2A). La Figura 2B muestra el gráfico de puntuaciones de PCA de PC1 y PC3 para las muestras de destilado alcohólico denominado mezcal colectadas en el estado de Guerrero, que corresponden a once muestras de mezcal y sus cinco repeticiones. Entre estas muestras, cinco muestras fueron obtenidas en la zona norte y seis en la zona centro del estado de Guerrero. Aunque las áreas de distribución (elipses de Hotellings) de ambos grupos se superponen, los puntos tienden a agruparse por región. Sin embargo, la observación del gráfico en 2D dificulta distinguir los mezcales de cada zona. Por ello se optó por generar un gráfico de puntuaciones (scores) del modelo de PCA en tres dimensiones (3D), para lograr una mejor visualización de los mezcales de ambas zonas, como se observa en la figura 2C, en donde es distinguible el agrupamiento diferenciado entre las muestras de mezcal de la zona Centro (rojo) y las de la zona Norte (verde). Por último, en la figura 2D, se muestra el gráfico de cargas (loadings) que muestra la distribución de datos del modelo de PCA.

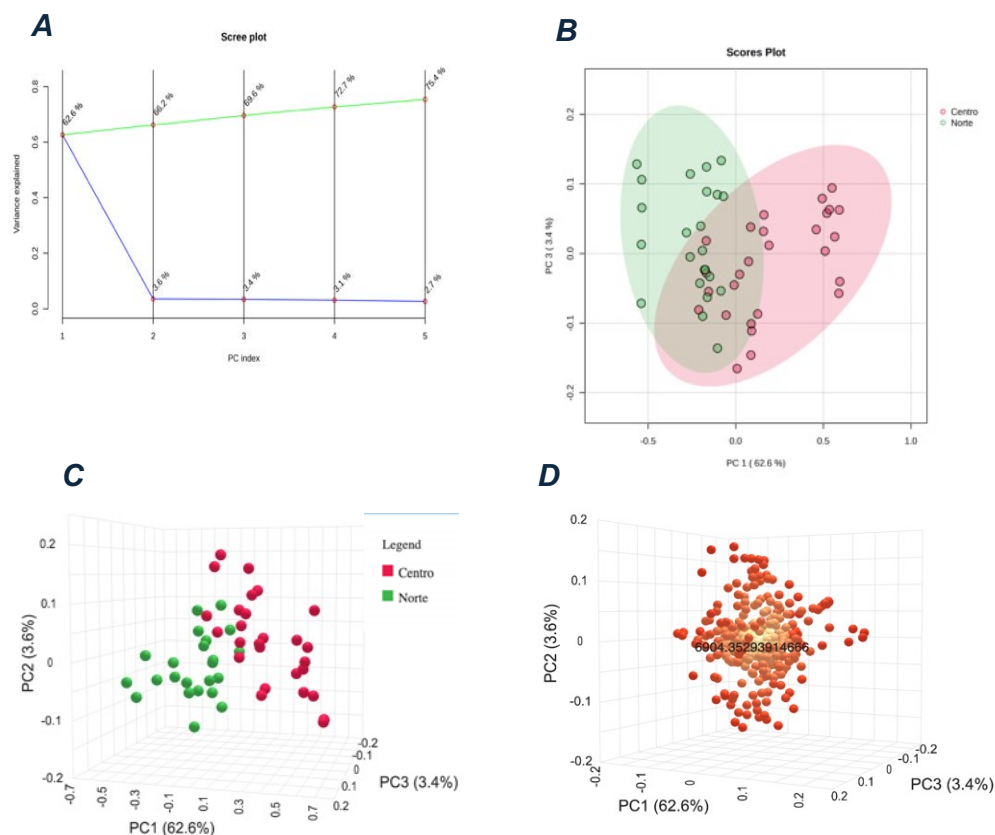


Figura 2 F Modelo PCA de los datos de 11 muestras de mezcal de los espectros de FT-NIR recolectados en dos regiones geográficas del estado de Guerrero, México.

A) Explicación del gráfico de varianza; el punto de inflexión se tomó como criterio de selección para determinar el número óptimo de componentes del modelo. B. El gráfico de las puntuaciones (scores) de las muestras que tienden a una agrupación entre las muestras de las dos regiones. C) El gráfico de cargas (loadings) individuales de cada muestra en 3D, donde se observa la dispersión de puntos hacia afuera del centro indicando diferencias entre muestras. D) el gráfico en 3D de cargas (loadings) de las muestras, indicando que hay dos agrupaciones entre región de origen.

Con este antecedente, se realizó un modelado PLS-DA con validación de 5 componentes. Este análisis permitió explorar las diferencias del mezcal entre dos regiones geográficas, como se muestra en la Figura 3A, donde se observa una correlación del 71.4 %. En el caso de los datos FT-NIR, el modelo PLS-DA mostró una separación más clara y una buena capacidad de predicción. Esto se refleja principalmente en la diferenciación de otras regiones, como se ilustra en la figura 2B. El primer componente predictivo destacó la variación entre las muestras de mezcal del estado de Guerrero, México. Mientras que los dos primeros

componentes explicaron en conjunto el 65.8 % de la variación total. Esto sugiere que el modelo describe correctamente en el conjunto de datos. La tendencia del agrupamiento en tres dimensiones, indica que las muestras pudieron distinguirse de manera efectiva. El gráfico de proyección de las muestras en el espacio de las tres primeras componentes del PLS-DA (figura 3C y 3D) muestra un 67.6 % de varianza. Ambos grupos están bien separados. La clasificación por PSL-DA, indica que el 67.6 % se clasificaron correctamente, lo que demuestra una diferencia significativa (Brereton, 2000).

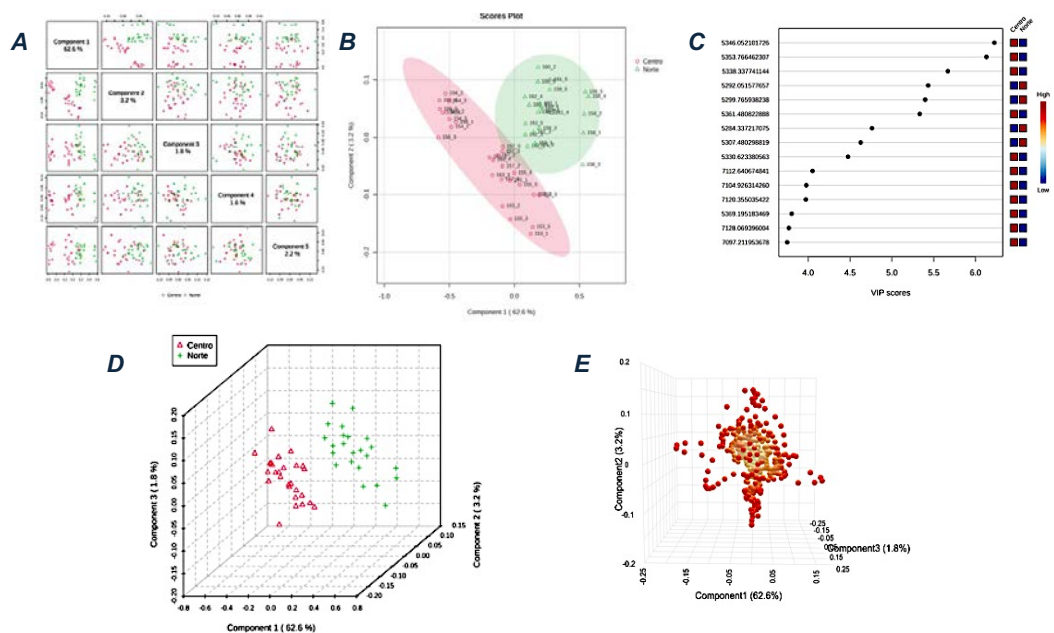


Figura 3 Modelo PLS-DA de los datos de 11 muestras de mezcal de los espectros de FT-NIR recolectados en dos regiones geográficas del estado de Guerrero, México.

A) Explicación del gráfico de correlaciones entre componentes; donde los componentes 1, 2 y 3 se tomó como criterio de selección para determinar el número óptimo de componentes del modelo. B) El gráfico de las puntuaciones de las muestras se muestra mejor visualización que el PCA no logra; una agrupación entre las muestras de las dos regiones. C) El gráfico de cargas (loadings) individuales de cada muestra en 3D, donde se observa la dispersión de puntos hacia afuera del centro indicando diferencias entre muestras. D) el gráfico en 3D de puntuaciones (scores) de las muestras, indicando que hay dos agrupaciones entre región de origen geográfico. E) Gráfico de cargas del modelo de PLS-DA. Los cuadros de colores de la derecha indican las concentraciones relativas del metabolito correspondiente en cada grupo bajo estudio.

La mayoría de los estudios de FT-NIR en destilados alcohólicos se enfocan en la adulteración de los productos destilados (Arslan et al., 2021; Lachenmeier, 2016; Markechová et al., 2014). Pocos estudios han dirigido el abordaje hacia la identificación geográfica. Sin embargo, esta estrategia de análisis se podría aplicar para diferenciar los mezcales entre regiones por su composición química de grupos -OH (Czarnecki & Wojtków, 2008). Esto incluye sustancias alcohólicas como n-butanol, n-propanol, metanol, etanol y azúcares. Por lo tanto, la huella espectroscópica generada por FT-NIR funcionaría como un identificador geográfico de los mezcales de Guerrero, diferenciándolos de otros mezcales. Así como lo han investigado Anjos et al. (2022), quienes presentaron un método de clasificación PLS-DA aplicado en fenoles volátiles de vinos para diferenciarlos de región donde se tuvo una clasificación correcta del 50 %.

Por otra parte, Hu et al. (2019) utilizaron PCA para clasificar vinos de China y diferenciarlos de los de Australia y Chile, reportando una varianza del PCA del 92 %. También, se ha reportado el uso del PLS-DA por FT-MIR para diferenciar la autenticidad de un mezcal por su variedad de agave y el porcentaje de alcohol en el producto final (López Aguilar et al., 2024) logrando una varianza acumulada del 48.8 %. Sin embargo, en este estudio fue superior la varianza acumulada del modelo de PLS-DA con datos de FT-NIR (67.6 %), además que de los resultados obtenidos por PLS-DA sugieren el potencial de esta técnica para diferencias por zona geográfica Norte y Centro al mezcal de Guerrero. Si bien estos hallazgos son alentadores, es indispensable incrementar el número de muestras de ambas regiones para robustecer el modelo e incrementar su capacidad predictiva, para posteriormente validarlo con un conjunto independiente de muestras.

3.3.3. Cuantificación del contenido alcohólico por FT-NIR y determinación de °Brix por refractometría

Los resultados del análisis cuantitativo realizado por FT-NIR para la determinación del contenido alcohólico se muestran en la Cuadro 1. El contenido

de alcohol de las once muestras de mezcal artesanal osciló entre el 44 % y el 49 % v/v. Las regiones centro y norte tuvieron diferencia significativa ($p \leq 0,05$) en el contenido de alcohol de las muestras de cada región, estas diferencias pueden asociarse a su proceso único de elaboración (Camacho Ruiz & Gutierrez Mora, 2023).

Ambas regiones cumplieron los límites establecidos por la legislación mexicana (NOM-070-SCFI-1994; NOM-070-SCFI -2016). Adicionalmente, los resultados de la medición de los °Brix (medidos experimentalmente por refractometría) mostraron una diferencia significativa ($p \leq 0,05$). Esto puede deberse a las condiciones de destilación, o bien, a que residuos de bagazo (fibra del agave) en el mosto dejaron compuestos no volátiles en el producto final, aumentando los °Brix (Vera-Guzmán et al., 2018). En el Cuadro 2 se muestra una correlación como variable de diferenciación. Se procedió a hacer el análisis considerando todo el espectro de 11 200 - 4 000 cm^{-1} .

Cuadro 2 Análisis cuantitativo del contenido de alcohol por FT-NIR y °Brix de los mezcales del estado de Guerrero, México, agrupados por región geográfica.

Muestra Mezcal	Región	FT-NIR	Desv. Est.	Refractometría	
		Etanol (% v/v) ^a		°Brix	Desv. Est.
1	Centro	46.5	$\pm 0.131^A$	16.5	$\pm 0.10^A$
2	Centro	44.3	$\pm 0.101^A$	15.8	$\pm 0.057^A$
3	Centro	49.0	$\pm 0.056^A$	17.1	$\pm 0.10^A$
4	Centro	45.3	$\pm 0.015^A$	16.3	$\pm 0.153^A$
5	Centro	49.3	$\pm 0.070^A$	17.2	$\pm 0.057^A$
6	Centro	44.6	$\pm 0.013^A$	16.0	$\pm 0.115^A$
7	Norte	46.1	$\pm 0.049^B$	16.0	$\pm 0.057^B$
8	Norte	41.8	$\pm 0.033^B$	15.5	$\pm 0.153^B$
9	Norte	44.5	$\pm 0.057^B$	16.3	$\pm 0.173^B$
10	Norte	44.7	$\pm 0.043^B$	16.2	$\pm 0.115^B$
11	Norte	44.7	$\pm 0.071^B$	16.1	$\pm 0.057^B$

Los datos representan las medias $\pm$ desviación estándar. Diferentes letras por columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

^aValores aceptados por NOM-070-SCFI-2016, ≤ 35 % v/v ≤ 52 %v/v.

3.3.4. Análisis quimiométrico de clasificación a partir del contenido alcohólico y de ° Brix

En esta última etapa se realizó un segundo análisis quimiométrico a partir de los datos de contenido alcohólico (% de etanol) y los °Brix. Para ello se tomaron los datos de espectroscopía de FT-NIR de la región donde se observa la banda de cuantificación del contenido alcohólico ($7,800 - 9,000 \text{ cm}^{-1}$), que se emplearon para realizar análisis estadísticos multivariados por análisis discriminante PLS-DA. El análisis PLS-DA (Figuras 6A y 6B) para los factores de región geográfica con respuesta el % de alcohol, explicó el 97.1 % de la varianza de los datos de las once muestras de mezcal artesanal de *Agave cupreata*, estas muestras provienen de la región norte y centro del estado de Guerrero. Asimismo, el gráfico de puntuaciones relevantes (VIP scores) del PLS-DA permitió identificar las variables más relevantes asociadas con la diferenciación. En esta investigación, el modelo de PLS-DA considerando los componentes 1, 2 y 3 permite obtener un gráfico tridimensional en donde claramente se muestra la separación entre grupos. Esto sugiere una mejor visión de la separación por regiones de origen. Esta información se refuerza con los valores VIP (figura 5C) de las características identificadas entre regiones.

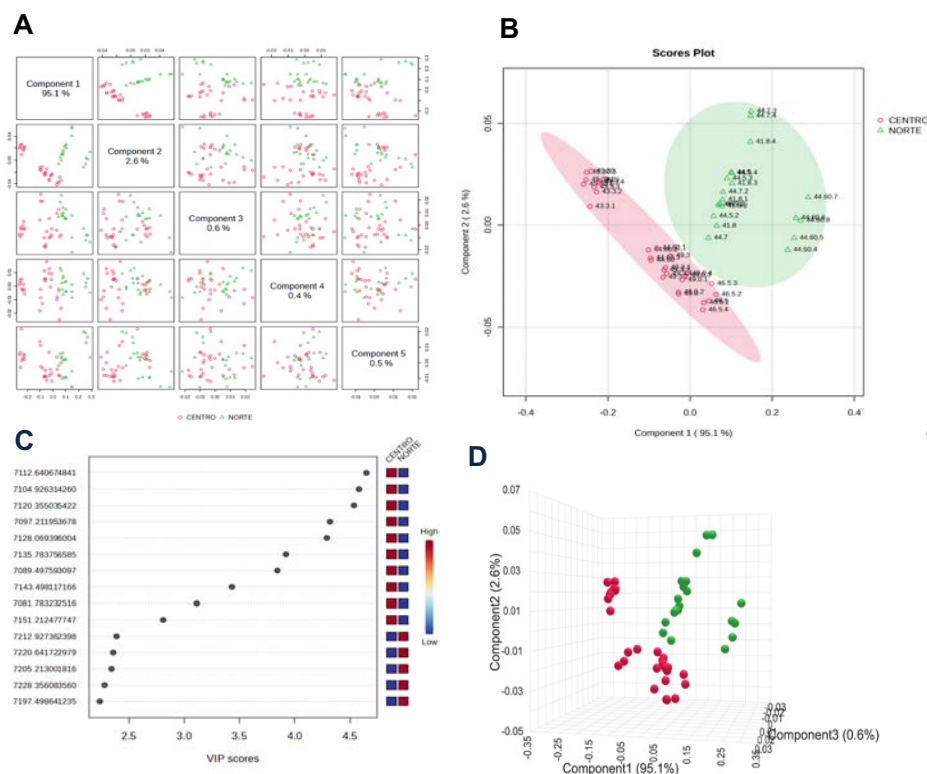


Figura 4 Análisis quimiométrico de FT- NIR para diferenciación del grupo -OH con la longitud de onda 7800 – 9000 cm^{-1} con Análisis multivariado PL-SDA.

A. Gráficos de correlación de los componentes del PL-SDA. La varianza explicada de cada componente se muestra en la celda diagonal correspondiente, B. Un gráfico de Biplot PLS-DA basado en espectros de FTIR obtenidos de 11 destilerías. Las áreas sombreadas son las regiones de confianza del 97.7 %; C. Características importantes identificadas por PLS-DA. Los cuadros de colores de la derecha indican las concentraciones relativas del grupo -OH correspondiente en cada grupo bajo estudio. Y D. Gráfico de Biplot en 3D del PLS-DA con un intervalo de confianza del 98.1 % de las 11 muestras de mezcal.

Por último, la Figura 7 muestra un análisis quimiométrico de muestras de mezcal utilizando espectroscopía FT-NIR y el modelo multivariado PLS-DA, el cual permitió discriminar las muestras en función de su contenido de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) y su origen geográfico (regiones Centro y Norte del estado de Guerrero). En el subgráfico A, se aprecia que el Componente 1 explica el 63.2 % de la varianza total, capturando la mayor diferenciación entre las muestras, mientras que los componentes siguientes aportan a variaciones menos dominantes, posiblemente asociadas a características menores (Fernández Pierna et al., 2018). El subgráfico B representa un gráfico de puntuaciones en dos dimensiones, en el que las elipses de confianza al 95 % evidencian una clara

separación entre los grupos regionales, lo que sugiere patrones espectrales distintivos vinculados al proceso de elaboración y origen geográfico (Barrientos-Rivera et al., 2020). El gráfico de Importancia de Variables en la Proyección (VIP) identifica las longitudes de onda más relevantes para el modelo, destacando aquellas asociadas con vibraciones de enlaces -OH y CH, relacionados con azúcares y compuestos orgánicos típicos del mezcal. Las barras codificadas por color representan la concentración relativa de °Brix, lo que refuerza su papel central en la diferenciación. Finalmente, el gráfico tridimensional del modelo PLS-DA, basado en las tres primeras componentes (63.2 %, 3 %, 2.1 %), refuerza visualmente la separación entre grupos, confirmando la robustez del modelo para distinguir las muestras en función de sus características espectrales. Este análisis complementa al PCA, ya que permite una clasificación más precisa y cuantitativa basada en la respuesta espectral obtenida.

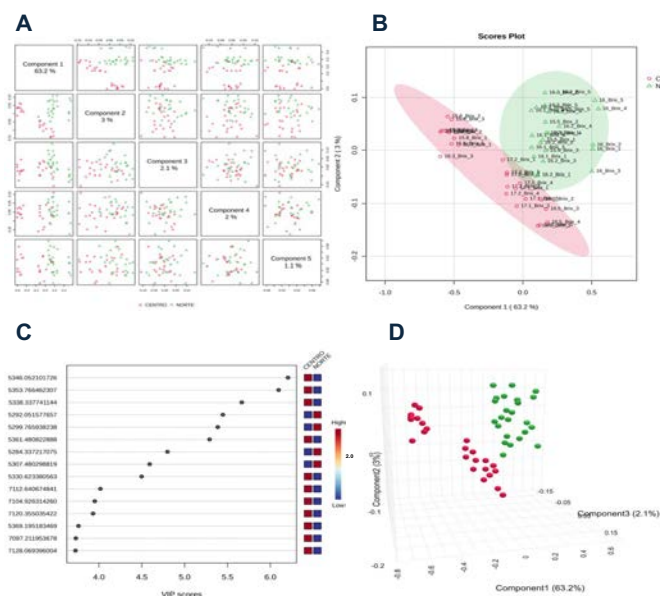


Figura 5 Análisis quimiométrico de FT- NIR para diferenciación °Brix con la longitud de onda 4 000 – 11 200 cm^{-1} con Análisis multivariado PL-SDA.

A. Gráficos de correlación de los componentes del PL-SDA. La varianza explicada de cada componente se muestra en la celda diagonal correspondiente, B. Un gráfico de Biplot PLS-DA basado en espectros de FTIR obtenidos de 11 destilerías. Las áreas sombreadas son las regiones de confianza del 66.2 %; C. Características importantes identificadas por PLS-DA. Los cuadros de colores de la derecha indican las concentraciones relativas de los Brix. Y D. Gráfico de Biplot en 3D del PLS-DA con un intervalo de confianza del 68.3 % de las 11 muestras de mezcal.

3.3.5. Componentes volátiles del mezcal de guerrero y su cumplimiento con la normativa vigente

Los análisis de CG-EM permitieron realizar la cuantificación de los componentes volátiles (Cuadro 3) y generaron cromatogramas para cada muestra (vea Figuras 7 y 8). Se notaron diferencias en los picos; los más destacados fueron metanol y acetaldehído entre las regiones centro y norte de Guerrero. Esto se reafirma con los resultados del cuadro 3, que compara los resultados de compuestos volátiles con los límites de la NOM-070-SCFI-2016. Las muestras del norte mostraron altos niveles de acetaldehído, mientras que las del centro tuvieron altos niveles de metanol. Esto no representa un peligro para el consumidor, ya que están dentro de los límites establecidos por la normativa que regula el mezcal (Nolasco Cancino et al., 2022; NOM-070-SCFI-2016, 2017). Sin embargo, puede comprometer la calidad y seguridad del producto. Los compuestos como n-propanol y acetaldehído, en niveles bajos, pueden añadir notas afrutadas y frescas a las bebidas. Pero a concentraciones más altas, se asocian con aromas picantes y efectos sensoriales negativos, como "acetona" o "picazón" en la nariz (Arias-Pérez et al. 2021). Estas diferencias pueden deberse a las técnicas de fermentación, el tipo de agave y el control del proceso de destilación artesanal (De León-Rodríguez et al., 2006; López Aguilar et al., 2024).

La Figura 3 muestra los porcentajes de área cromatográfica de las familias químicas. Se observa la dominancia de alcoholes y ésteres en cada muestra y región. Esta visualización sugiere que, aunque hay patrones generales, el perfil químico no es homogéneo. Esto se debe a decisiones tecnológicas y técnicas de cada maestro mezcalero en su proceso único. Por lo tanto, los porcentajes de áreas de compuestos en el mezcal son indicadores de calidad (De León-Rodríguez et al., 2006). Esto aporta evidencia empírica que refuerza la importancia de la regulación, certificación y diferenciación del mezcal guerrerense de otros mezcales del país. También destaca la necesidad de apoyar a los productores en prácticas que aseguren la calidad sin comprometer la autenticidad del producto. Integrar parámetros químicos con normas oficiales

puede impulsar estrategias de valorización y comercialización del mezcal, respetando su identidad cultural y protegiendo la salud del consumidor al reducir compuestos volátiles que generan atributos no deseables en el perfil aromático.

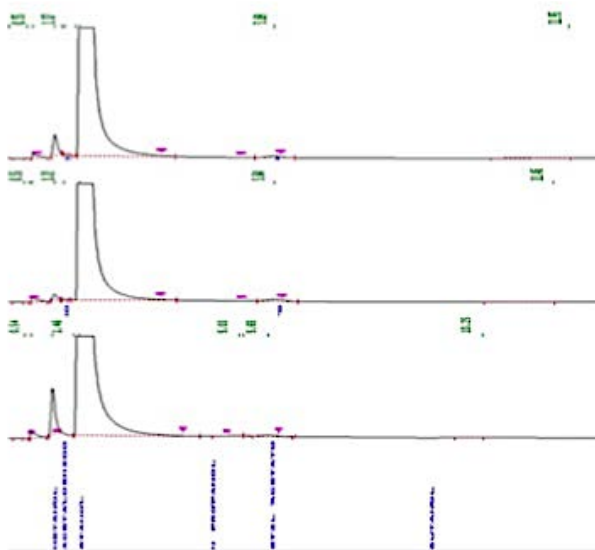


Figura 6 Cromatogramas por Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas de tres muestras de mezcal de la región centro del estado de Guerrero

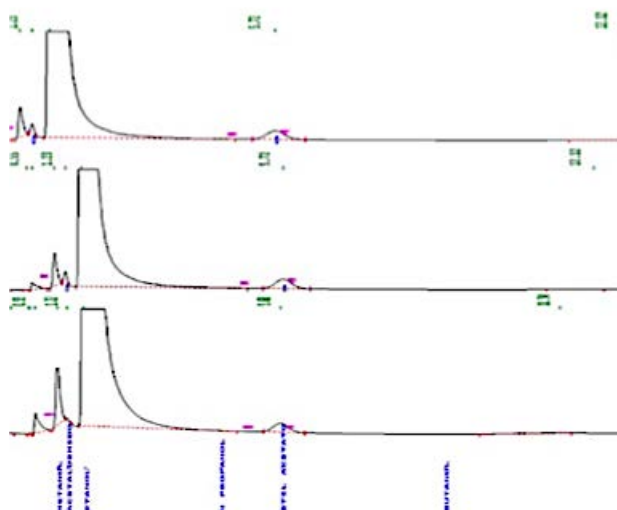


Figura 7 Cromatogramas por Cromatografía de gases-Espectrometría de Masas de tres muestras de mezcal de la región norte del estado de Guerrero

Cuadro 3 Especificaciones fisicoquímicas obtenidas por cromatografía de gases y su comparación con la NOM-070-scfi-2016

			mg/100 mL de Alcohol anhidro			
Muestra	Región	% Alcohol	Metanol	Acetaldehídos	N-propanol	Acetil acetato
BC1	CENTRO	43	4.135 ± 0.191	2.605 ± 0.035	2.3 ± 0.00	4.3 ± 1.273
MC1	CENTRO	49	151.335 ±5.692	2.275 ± 0.064	6.2 ± 0.141	79.25 ± 2.616
MD2	CENTRO	47	98.29±10.692	5.275 ± 0.955	8.6 ± 2.546	74.05 ± 1.202
NG1	NORTE	44	39.445±2.765	12.35 ± 0.170	4.5 ± 0.141	50.1 ± 0.990
NH2	NORTE	45	30.015±1.110	6.09 ± 0.057	4.65 ± 1.626	36.7 ± 3.536
NI3	NORTE	46	21.91±0.396	9.485 ± 0.120	3.65 ± 1.202	19.7 ± 3.677
NOM-070-SCFI-2016			36 - 55	30-300	40-100	100-500

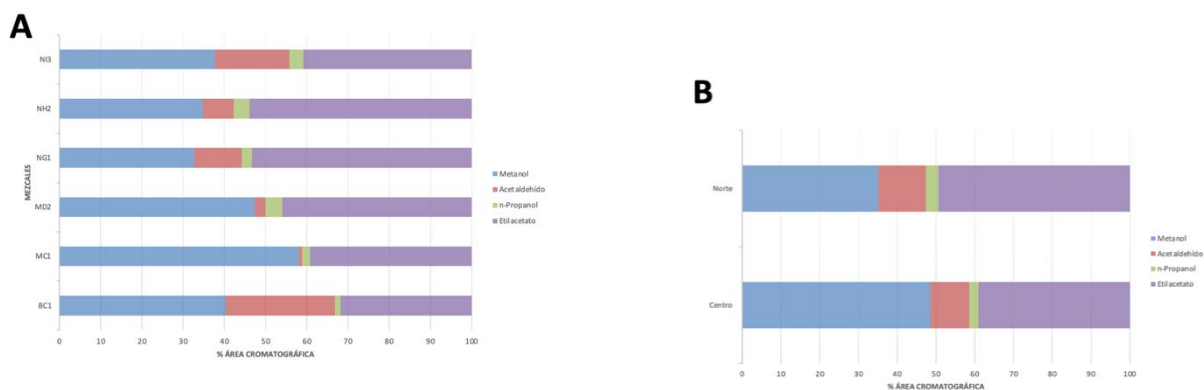


Figura 8 Distribución de porcentajes de áreas cromatográficas de las familias químicas en los mezcales estudiados.

A) porcentajes de áreas cromatográficas por muestra individual y B) porcentajes áreas cromatográficas de las muestras por región.

3.4. CONCLUSIONES

Usando los resultados de FT-NIR y el análisis multivariante y CG-FID, es posible clasificar y diferenciar a los mezcales de Guerrero. La principal diferenciación atiende las regiones geográficas. Cada mezcal tiene una huella espectroscópica única, vinculada posiblemente al tipo de agave utilizado, proceso de producción

específico, es decir, está moldeado por el conocimiento del maestro mezcalero, transmitido de generación en generación.

El PLS-DA permitió distinguir claramente los mezcales de cada región, creando dos huellas espectroscópicas para el mezcal de Guerrero y reforzado por los análisis medidos por CG-FID de componentes volátiles; mostró evidencia de las características cuantificables para facilitar la clasificación entre los dos grupos encontrados por FT-NIR. Por lo que los resultados experimentales mostraron una agrupación precisa de las muestras de mezcales por región. La composición de los compuestos volátiles varía según la región, afectando a los espectros de FT-NIR. Los espectros FT-NIR revelan información sobre los enlaces químicos en el etanol (-OH) y los enlaces de aldehído (C-H), lo que hace que cada región productora de mezcal sea única. Por lo tanto, podemos clasificar los mezcales usando espectros FT-NIR. Sin embargo, es deseable contar con un mayor número de muestras para demostrar la capacidad predictiva del modelo.

3.5. Literatura citada

- Anjos, O., Caldeira, I., Fernandes, T. A., Pedro, S. I., Vitória, C., Oliveira-Alves, S., Catarino, S., & Canas, S. (2022). PLS-R calibration models for wine spirit volatile phenols prediction by near-infrared spectroscopy. *Sensors*, 22. <https://doi.org/10.3390/s22010286>
- Arias-Pérez, I., Sáenz-Navajas, M. P., de-la-Fuente-Blanco, A., Ferreira, V., & Escudero, A. (2021). Insights on the role of acetaldehyde and other aldehydes in the odour and tactile nasal perception of red wine. *Food Chemistry*, 361. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130081>
- Arslan, M., Tahir, H. E., Zareef, M., Shi, J., Rakha, A., Bilal, M., Xiaowei, H., Zhihua, L., & Xiaobo, Z. (2021). Recent trends in quality control, discrimination and authentication of alcoholic beverages using nondestructive instrumental techniques. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 107, pp. 80–113). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.021>

- Barrientos-Rivera, G., Hernández-Castro, E., Sampedro-Rosas, Ma. L., & Segura-Pacheco, H. R. (2020). Conocimiento tradicional y academia: productores de maguey y mezcal de pequeña escala en las regiones Norte y Centro de Guerrero, México. *Sociedad y Ambiente*, 23, 1–28. <https://doi.org/10.31840/sya.vi23.2173>
- Brereton, R. G. (2000). Introduction to multivariate calibration in analytical chemistry. In *Analyst* (Vol. 125, pp. 2125–2154). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/b003805i>
- COMERCAM. (2024). ANUARIO ESTADISTICO. <https://comercam-dom.org.mx/>
- Cortez, P. (2017). ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO PARA TODOS ...y 51 espectros de alimentos consumidos en México. <https://www.semanticscholar.org/paper/ESPECTROSCOPIA-DE-INFRARROJO-PARA-TODOS-%E2%80%A6y-51-de-En-Cortez/D5143f7a13f5dd9a065624947c2d2312b34de0b2>.
- Czarnecki, M. A., & Wojtków, D. (2008). Effect of varying water content on the structure of butyl alcohol/water mixtures: FT-NIR two-dimensional correlation and chemometric studies. *Journal of Molecular Structure*, 883–884, 203–208. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2007.11.020>
- De León-Rodríguez, A., González-Hernández, L., De La Rosa, A. P. B., Escalante-Minakata, P., & López, M. G. (2006). Characterization of volatile compounds of mezcal, an ethnic alcoholic beverage obtained from *Agave salmiana*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1337–1341. <https://doi.org/10.1021/jf052154+>
- Debebe, A., Anberbir, A., Redi-Abshiro, M., Chandravanshi, B. S., Asfaw, A., Asfaw, N., & Retta, N. (2017). Alcohol Determination in Distilled Alcoholic Beverages by Liquid Phase Fourier Transform Mid-Infrared and Near-Infrared Spectrophotometries. *Food Analytical Methods*, 10, 172–179. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0566-7>

- Fernández Pierna, J. A., Manley, M., Dardenne, P., Downey, G., & Baeten, V. (2018). Spectroscopic Technique: Fourier Transform (FT) Near-Infrared Spectroscopy (NIR) and Microscopy (NIRM). In *Modern Techniques for Food Authentication* (pp. 103–138). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814264-6.00004-9>
- Ferreira, D. S., Pallone, J. A. L., & Poppi, R. J. (2013). Fourier transform near-infrared spectroscopy (FT-NIRS) application to estimate Brazilian soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] composition. *Food Research International*, 51, 53–58. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.015>
- He, M., Chen, X., Zhang, J., Li, J., Zhao, D., Huang, Y., Huo, D., Luo, X., & Hou, C. (2023). Identification of liquors from the same brand based on ultraviolet, near-infrared and fluorescence spectroscopy combined with chemometrics. *Food Chemistry*, 400. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134064>
- Hu, X. Z., Liu, S. Q., Li, X. H., Wang, C. X., Ni, X. L., Liu, X., Wang, Y., Liu, Y., & Xu, C. H. (2019). Geographical origin traceability of Cabernet Sauvignon wines based on Infrared fingerprint technology combined with chemometrics. *Scientific Reports*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44521-8>
- Lachenmeier, D. W. (2016). Advances in the detection of the adulteration of alcoholic beverages including unrecorded alcohol. In *Advances in Food Authenticity Testing* (pp. 565–584). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100220-9.00021-7>
- Li, Y., Logan, N., Quinn, B., Hong, Y., Birse, N., Zhu, H., Haughey, S., Elliott, C. T., & Wu, D. (2024). Fingerprinting black tea: When spectroscopy meets machine learning a novel workflow for geographical origin identification. *Food Chemistry*, 438. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138029>
- López Aguilar, R., Hernández Núñez, E., Hernández Montes, A., Zuleta Prada, H., & Herserbert Pucheta, J. E. (2024a). Differentiation of mezcales from

- four Agave species using FT-MIR and multivariate statistical analysis. *Biotecnia*, 26, 293–305. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2210>
- López Aguilar, R., Hernández Núñez, E., Hernández Montes, A., Zuleta Prada, H., & Herbert Pucheta, J. E. (2024b). Differentiation of mezcales from four Agave species using FT-MIR and multivariate statistical analysis. *Biotecnia*, 26, 293–305. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2210>
- López Aguilar, R., Hernández Núñez, E., Hernández Montes, A., Zuleta Prada, H., & Herbert Pucheta, J. E. (2024c). Differentiation of mezcales from four Agave species using FT-MIR and multivariate statistical analysis. *Biotecnia*, 26, 293–305. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2210>
- Lösel, H., Shakiba, N., Bachmann, R., Wenck, S., Le Tan, P., Creydt, M., Seifert, S., Hackl, T., & Fischer, M. (2024). Rapid testing in the food industry: the potential of Fourier transform near-infrared (FT-NIR) spectroscopy and spatially offset Raman spectroscopy (SORS) to detect raw material defects in hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *Food Analytical Methods*, 17, 486–497. <https://doi.org/10.1007/s12161-024-02578-w>
- Markechová, D., Májek, P., Kleinová, A., & Sádecká, J. (2014). Determination of the adulterants in adulterant-brandied blends using fluorescence spectroscopy and multivariate methods. *Analytical Methods*, 6, 379–386. <https://doi.org/10.1039/c3ay41405a>
- Mnova EIViS - Electronic and Vibrational Spectroscopies - Mestrelab. (n.d.). https://Mestrelab.Com/Main-Product/Elvis?Utm_source=chatgpt.Com.
- Nolasco Cancino, H., Jarquín Martínez, D., Ruiz Terán, F., & Santiago Urbina, J. A. (2022). Behavior of the volatile compounds regulated by the Mexican Official Standard NOM-070-SCFI-2016 during the distillation of artisanal Mezcal. *Biotecnia*, 24, 20–27. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i2.1577>
- NOM-070-SCFI-2016. (2017). NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones.

https://www.dof.gob.mx/normasoficiales/6437/seeco11_c/seeco11_c.html.

- Oliveira, S., Duarte, E., Gomes, M., Nagata, N., Fernandes, D. D. de S., & Veras, G. (2023). A green method for the authentication of sugarcane spirit and prediction of density and alcohol content based on near infrared spectroscopy and chemometric tools. *Food Research International*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112830>
- Pang, Z., Chong, J., Zhou, G., De Lima Moraes, D. A., Chang, L., Barrette, M., Gauthier, C., Jacques, P. É., Li, S., & Xia, J. (2021). MetaboAnalyst 5.0: Narrowing the gap between raw spectra and functional insights. *Nucleic Acids Research*, 49, W388–W396. <https://doi.org/10.1093/nar/gkab382>
- Power, A. C., Jones, J., NiNeil, C., Geoghegan, S., Warren, S., Currivan, S., & Cozzolino, D. (2021). What's in this drink? Classification and adulterant detection in Irish Whiskey samples using near infrared spectroscopy combined with chemometrics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101, 5256–5263. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11174>
- Quintero Arenas, M. A., Meza-Márquez, O. G., Velázquez-Hernández, J. L., Gallardo-Velázquez, T., & Osorio-Revilla, G. (2020). Quantification of adulterants in mezcal by means of FT-MIR and FT-NIR spectroscopy coupled to multivariate analysis. *CYTA - Journal of Food*, 18, 229–239. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1740327>
- Revilla, I., Lastras, C., González-Martín, M. I., Vivar-Quintana, A. M., Morales-Corts, R., Gómez-Sánchez, M. A., & Pérez-Sánchez, R. (2019a). Predicting the physicochemical properties and geographical ORIGIN of lentils using near infrared spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 77, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.01.012>
- Revilla, I., Lastras, C., González-Martín, M. I., Vivar-Quintana, A. M., Morales-Corts, R., Gómez-Sánchez, M. A., & Pérez-Sánchez, R. (2019b). Predicting the physicochemical properties and geographical ORIGIN of

- lentils using near infrared spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 77, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.01.012>
- Schiavone, S., Marchionni, B., Bucci, R., Marini, F., & Biancolillo, A. (2020). Authentication of Grappa (Italian grape marc spirit) by Mid and Near Infrared spectroscopies coupled with chemometrics. *Vibrational Spectroscopy*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2020.103040>
- Untitled Document. (n.d.). https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5a43b7c09fdc1.pdf?utm_source=chatgpt.com.
- Vera-Guzmán, A. M., Guzmán-Gerónimo, R. I., López, M. G., & Chávez-Servia, J. L. (2018). Volatile compound profiles in mezcal spirits as influenced by Agave species and production processes. *Beverages*, 4. <https://doi.org/10.3390/beverages4010009>
- Wu, X., Wu, B., Sun, J., & Yang, N. (2017). Classification of Apple Varieties Using Near Infrared Reflectance Spectroscopy and Fuzzy Discriminant C-Means Clustering Model. *Journal of Food Process Engineering*, 40. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12355>

4. ANÁLISIS DE IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL MEZCAL DEL ESTADO DE GUERRERO POR CONSUMIDORES NACIONALES

Resumen

El mezcal es una bebida tradicional mexicana con Denominación de Origen Protegida; en el estado de Guerrero, el *Agave cupreata* es la especie más emblemática para su elaboración. El objetivo de esta investigación fue caracterizar el perfil sensorial de mezcales artesanales de las regiones Centro y Norte de Guerrero para identificar sus atributos distintivos. Para ello, se seleccionaron cuatro mezcales (dos por región). Posteriormente, se realizó un análisis sensorial con 80 consumidores utilizando la metodología RATA (Calificar Todo lo que Aplique). Los resultados revelaron perfiles sensoriales bien diferenciados entre las muestras. Mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP), se observó que los dos primeros componentes explicaron el 55.3 % de la varianza en los datos. El primer componente (38.6 %) fue el más importante para diferenciar las muestras, separándolas por un lado con atributos como "Aroma ahumado", "Sabor alcohol" y "Sabor residual plástico", y por otro con descriptores como "Aroma a maguey cocido" y "Sabor dulce". Estos hallazgos demuestran la existencia de perfiles sensoriales únicos asociados a cada mezcal. La caracterización obtenida establece una base técnica para la futura estandarización y diferenciación del mezcal guerrerense, al vincular de manera clara su composición química con la percepción del consumidor. Esto fortalece su valorización cultural y comercial en el mercado.

Palabras clave: RATA, mezcal de Guerrero, artesanal, aromas, valorización, perfil sensorial, *Agave cupreata*.

Tesis de Maestría en Ciencia, Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Miguel Ángel Jiménez Carlos

Director de Tesis: Dr. Emmanuel Flores Girón

IDENTIFICATION OF SENSORY ATTRIBUTES OF MEZCAL FROM THE STATE OF GUERRERO BY CONSUMERS

Abstract

Mezcal is a traditional Mexican beverage with a Protected Designation of Origin; in the state of Guerrero, *Agave cupreata* is the most emblematic species used for its production. The aim of this research was to characterize the sensory profile of artisanal mezcals from the Central and Northern regions of Guerrero in order to identify their distinctive attributes. Four mezcals were selected (two per region). Subsequently, a sensory analysis was carried out with 80 consumers using the Rate-All-That-Apply (RATA) methodology. The results revealed well-differentiated sensory profiles among the samples. Principal Component Analysis (PCA) showed that the first two components explained 55.3% of the variance in the data. The first component (38.6%) was the most relevant for discriminating the samples, contrasting attributes such as “Smoky aroma,” “Alcohol flavor,” and “Plastic aftertaste” on one side, with descriptors such as “cooked agave aroma” and “Sweet flavor” on the other. These findings demonstrate the existence of unique sensory profiles associated with each mezcal. The characterization obtained provides a technical basis for the future standardization and differentiation of Guerrero mezcal by clearly linking its chemical composition with consumer perception. This strengthens its cultural and commercial valorization in the market.

Keywords: RATA, Guerrero mezcal, artisanal, aromas, valorization, sensory profile, *Agave cupreata*.

Master of Science Thesis, Graduate Program in Science and Technology
Agrifood, Autonomous University of Chapingo.
Author: Miguel Ángel Jiménez Carlos
Thesis Director: Dr. Emmanuel Flores Girón

4.1. Introducción

El mezcal es una bebida espirituosa mexicana, reconocida desde 1994 con la distinción de Denominación de Origen Protegida (DOP). Su elaboración, regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, consiste en la destilación de mostos fermentados obtenidos exclusivamente de diversas especies de *Agave spp*, cocidas y procesadas dentro de la zona con Denominación de Origen Protegida. Este proceso no solo es una actividad productiva, sino también un profundo legado cultural en varias regiones de México.

Dentro de la zona DOP, el estado de Guerrero destaca como un territorio de gran tradición mezcalera. En esta entidad, el *Agave cupreata*, una especie endémica, es la más emblemática y característica para la producción de la bebida, aunque también se emplean otras especies como el *Agave angustifolia* en menor medida. Particularmente, las regiones Centro y Norte de Guerrero son reconocidas como zonas muy dinámicas en la producción artesanal, donde las prácticas tradicionales; como la fermentación en tinas de madera y la destilación en alambiques de cobre, forma parte del saber tradicional que se han transmitido de generación en generación (Arellano-Plaza et al., 2022).

La complejidad del mezcal radica en su composición química, así como la interacción de factores como la especie y madurez del agave, el terroir (región y condiciones climáticas), los microorganismos endógenos y los métodos de procesamiento del maestro mezcalero, da lugar a un perfil único de compuestos volátiles (Arellano-Plaza et al., 2022; Pinal et al., 2009). Esta composición es rica en etanol, metanol y alcoholes superiores, los cuales definen en gran medida sus atributos sensoriales de aroma y sabor (Acosta-García et al., 2025). Para comprender y documentar estas características, la evaluación sensorial descriptiva es una herramienta fundamental.

A pesar del creciente reconocimiento del mezcal guerrerense, existe una limitación significativa en su caracterización sensorial y química, especialmente si se compara con regiones más estudiadas como Oaxaca. Esta brecha de

información abre una oportunidad para realizar análisis más profundos utilizando herramientas como la cromatografía de gases y el análisis de componentes principales (ACP), que permiten correlacionar la composición química con el perfil sensorial (Villarroel et al., 2020).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar sensorialmente mezcales artesanales de las regiones Centro y Norte del estado de Guerrero. Con ello se busca generar información científica que contribuya a la futura estandarización, diferenciación y mejora de la calidad del mezcal guerrerense con un perfil sensorial.

4.2. Materiales y métodos

4.2.1. Muestreo

Se utilizaron seis muestras de mezcales artesanales de Guerrero, en las regiones centro y norte. Se seleccionaron inicialmente cuatro muestras, dos de cada región. Esta elección se basó en el análisis de compuestos volátiles por Cromatografía de Gases (capítulo 1), evaluando etanol, metanol, acetaldehído y n-propanol. Luego, se eligieron dos muestras por región: una con la mayor concentración y otra con la menor.

Esta selección se fundamentó en estudios previos sobre el perfil aromático del mezcal. Estos estudios indican que altas concentraciones de compuestos generan olores desagradables, como acetona. En cambio, niveles bajos favorecen aromas agradables, como cítricos y frutales (Vera Guzmán et al., 2020.). Después, se obtuvo información de los maestros mezcaleros sobre los atributos sensoriales de su mezcal. También se usó el estudio de Delgado-Alvarado (2018) de perfil sensorial para las muestras de la región centro de Guerrero. Esto dio lugar a un formato que se emplearía para que los consumidores evaluaran la intensidad y agrado de las muestras. Las sesiones para evaluar los atributos se llevaron a cabo en el laboratorio de Evaluación

Sensorial del Departamento de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

4.2.2. Selección del panel

Se eligió a un grupo de 80 consumidores considerando su experiencia en consumir mezcal. Este número de persona es superior al reportado por Danneret al., 2017, que lo llevó a cabo con 71 personas. Además, dentro de este grupo se consideraron criterios como el interés y disponibilidad para participar en la evaluación del mezcal y ser parte del panel sensorial, para lo cual estuvieron de acuerdo en ser parte del panel sensorial y utilizar la información de manera agregada con fines de publicación.

4.2.3. Desarrollo de la evaluación

Se les proporcionaron las muestras codificadas a tres dígitos a cada evaluador en vasos de plástico llenos a un tercio de su capacidad y con tapa. El orden de presentación en las muestras fue aleatorio, usando el diseño experimental de cuadrado latino de Williams, balanceando el orden de presentación y los efectos secundarios de los evaluadores (Kim & Roush, 2003).

A los consumidores se les proporcionó un formato para evaluar la intensidad y agrado de cada muestra. Se utilizó una escala hedónica de nueve puntos, donde 1 es “me disgusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente.” También contenía una escala de intensidad para cada atributo, de 1 a 9, donde el 1 es menor intensidad y el 9 mayor intensidad. Se diseñaron cuatro formatos diferentes para los participantes (Souza Gonzaga et al., 2022).

4.2.4. Análisis estadístico

Para evaluar las diferencias entre las muestras evaluadas y la significancia en las pruebas de agrado e intensidad de los atributos de cada muestra, se usó un modelo estadístico de Bloques completamente al azar. Cada panelista se consideró un bloque, junto a una prueba de comparación múltiple de medias con

la prueba de diferencia significativa honesta (HSD) de Tukey, con un nivel de confianza del 95%. Para mostrar las relaciones entre las muestras y los descriptores, se realizó un Análisis de componentes principales (ACP). En cada caso, se usaron las puntuaciones medias de intensidad, considerando solo a los participantes que decidieron que el atributo era aplicable para describir la muestra (Ares et al., 2014). Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software RStudio (2025). RStudio: Desarrollo Integrado para R. RStudio, PBC, Boston, MA.

4.3. Resultados y discusión

4.3.1. Espectroscopía de infrarrojo cercano

El análisis de la Figura 10 revela una marcada heterogeneidad en los perfiles sensoriales de las cuatro muestras estudiadas. Si bien comparten descriptores que otorgan autenticidad a los mezcales de estas regiones de Guerrero, la intensidad de cada atributo varía notablemente. Este perfil diverso se debe principalmente al maguey papalote (*Agave cupreata*) utilizado, los conocimientos del maestro mezcalero y las técnicas empleadas durante el proceso de destilación (Lazo et al., 2025; Sánchez - Fernández 2025).

Al examinar los perfiles individuales, la muestra Mn6 (línea verde oscuro) se distingue por una intensidad relativamente alta en atributos como "Aroma maguey cocido" y "Aroma ahumado". Esto podría sugerir que proviene de un proceso de cocción del agave en hornos de tierra, un método que confiere estas notas características al producto final (Lazo et al., 2025; Vera-Guzmán et al., 2009). En contraste, la muestra Mc1 (línea azul oscuro-sólida) presenta una intensidad superior en "Sabor alcohol" y "Sabor caliente", lo que puede indicar una mayor graduación alcohólica. Esta percepción del alcohol es un factor clave en la aceptabilidad por parte del consumidor de bebidas destiladas como el mezcal (Ickes & Cadwallader, 2017; Ivanova et al., 2023).

La variabilidad también se manifiesta en la muestra Mn4 (línea azul claro), que exhibe una mayor intensidad en "Aroma dulce" y "Sabor dulce", lo que podría influir en la preferencia de consumidores que buscan perfiles más amables (Su et al., 2022). Finalmente, aunque se observa un control general de atributos negativos, el ligero incremento en "Sabor residual plástico" en la muestra Mc2 podría señalar un problema en el envasado, ya que el uso de ciertos recipientes plásticos puede dañar el aroma del mezcal (García- Barron, 2012).

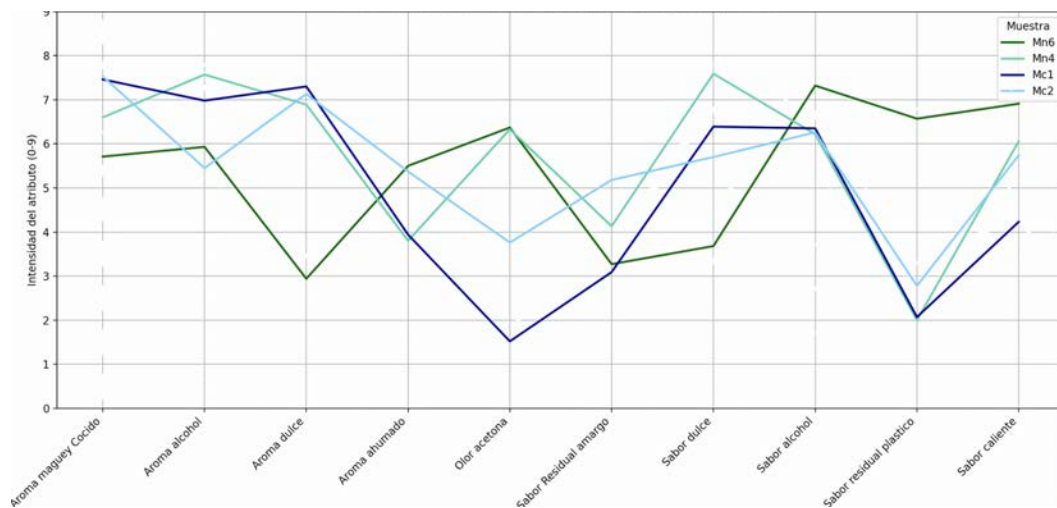


Figura 9 Perfil sensorial de intensidad, usando las medias de cada atributo percibido por los consumidores.

Mc1, Mc2, son mezcales del centro del estados de Guerrero y Mn4, Mn6 son mezcales de la región norte del estado de Guerrero.

La Figura 10, permite identificar patrones y tendencias en la percepción sensorial de los mezcales (Fanzone et al., 2020). Se puede observar que existe una correlación entre la intensidad del "Aroma maguey cocido" y el "Sabor dulce", o si una alta intensidad en "Aroma ahumado" se relaciona consistentemente con un "Sabor residual amargo" más pronunciado. Para comprender las diferencias y similitudes entre las muestras de mezcal, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con los datos del perfil sensorial. El biplot resultante (Figura 11) permite identificar las dimensiones principales de la variabilidad en la percepción del consumidor y agrupar tanto las muestras como los atributos sensoriales.

El modelo es robusto, ya que explica un 55.3 % de la varianza total en los datos, validando la existencia de diferencias significativas entre los productos. La varianza se distribuye principalmente en dos ejes: El primer componente principal (CP1) explica el 38.6 %, siendo el principal factor de discriminación que segrega las muestras en un espectro de perfiles sensoriales y el segundo componente principal (CP2) explica el 16.7 % y actúa como un eje secundario de diferenciación.

La dirección de los vectores en la Figura 11 revela las características dominantes. El CP1 separa claramente dos grupos de atributos: en el lado derecho se asocian las muestras Mc2 y Mn4 con descriptores como "Sabor dulce", "Aroma dulce" y "Aroma maguey cocido". En contraste, en el lado izquierdo se sitúa la muestra Mc1, fuertemente correlacionada con "Aroma ahumado", "Sabor alcohol" y "Sabor residual plástico". Estos dos grupos de atributos presentan una correlación negativa entre sí (Castillo-López et al., 2023; Villalobos et al., 2023). Por su parte, el CP2 discrimina las muestras en el eje vertical, principalmente por atributos como "Sabor residual amargo" y "Sabor caliente", que se localizan en la parte superior del gráfico (Greenacre et al., 2022; Fanzone et al., 2020).

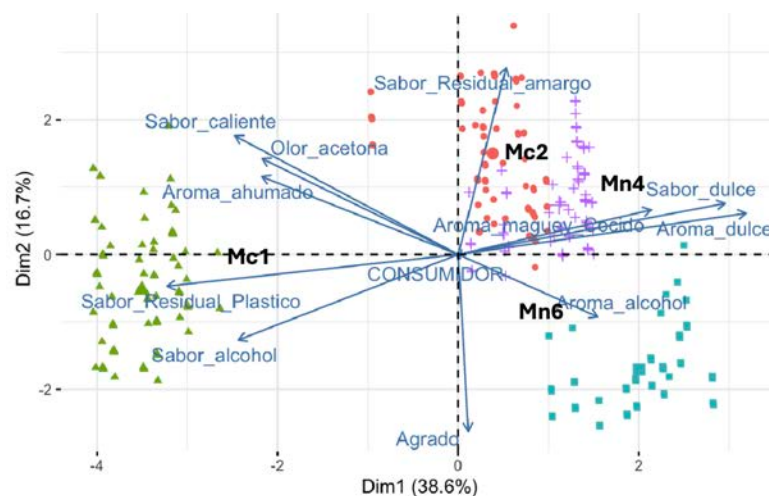


Figura 10. Analisis de componetes principales, biplot de los atributos de los 4 mezcales.

Mc1,Mc2, son mezcales del centro del estados de Guerrero y Mn4, Mn6 son mezcales de la región norte del estado de Guerrero.

4.4. CONCLUSIONES

El perfil sensorial y los atributos de los mezcales artesanales de Guerrero son únicos. Estas características se asocian a factores como la especie de agave utilizada (*Agave cupreata*), las condiciones geográficas y las prácticas artesanales. Las condiciones mediante las que se produce el agave influyen en los atributos sensoriales como el sabor. Los resultados de cromatografía de gases muestran un vínculo claro entre los compuestos volátiles y los atributos sensoriales. Esto ayuda a diferenciar y clasificar productos de varias regiones. Esta información es clave para crear descriptores sensoriales específicos para el mezcal de Guerrero, respaldando su autenticidad y revalorización. Este estudio mejora la comprensión del mezcal como un producto agroalimentario tradicional y complejo que conecta aspectos culturales, químicos y sensoriales. La integración del análisis sensorial proporciona un marco para estandarizar la calidad, proteger las prácticas tradicionales e impulsar el valor comercial del mezcal con Denominación de Origen.

4.5. Literatura citada

- Acosta-García, E. D., Páez-Lerma, J. B., Martínez-Prado, M. A., & Soto-Cruz, N. O. (2025). Volatile compound analysis in mezcal based on multiple extraction/concentration methods, deconvolution software, and multivariate analysis. *Food Control*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110852>
- Alpizar, C. A. (2011). Análisis de datos multivariantes con coordenadas paralelas. <https://archivo.revistas.ucr.ac.cr//index.php/pensamiento-actual/article/view/10454>
- Arellano-Plaza, M., Paez-Lerma, J. B., Soto-Cruz, N. O., Kirchmayr, M. R., & Gschaedler Mathis, A. (2022). Mezcal Production in Mexico: Between Tradition and Commercial Exploitation. In *Frontiers in Sustainable Food Systems* (Vol. 6). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.832532>

- Ares, G., Bruzzone, F., Vidal, L., Cadena, R. S., Giménez, A., Pineau, B., Hunter, D. C., Paisley, A. G., & Jaeger, S. R. (2014). Evaluation of a rating-based variant of check-all-that-apply questions: Rate-all-that-apply (RATA). *Food Quality And Preference*, 36, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.03.006>
- Delgado-Alvarado, A. (2018). EVALUACIÓN SENSORIAL DEL MEZCAL DE LA LOCALIDAD DE TOTOMOCHAPA, TLAPA DE COMONFORT, GUERRERO, MÉXICO. *Agro Productividad*, 11. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i10.1249>
- Fanzone, M., Sari, S. E., Mestre, M. V., Catania, A. A., Catelén, M. J., Jofré, V. P., González-Miret, M. L., Combina, M., Vazquez, F., & Maturano, Y. P. (2020). Combination of pre-fermentative and fermentative strategies to produce Malbec wines of lower alcohol and pH, with high chemical and sensory quality. *OENO One*, 54(4). <https://doi.org/10.20870/oenone.2020.54.4.4018>
- García Barrón, S. E. (2012). Efecto de la región de procedencia del Agave y las condiciones de fermentación sobre el perfil aromático de mezcal [Tesis de maestría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C.]. Repositorio institucional CIATEJ. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/429/1/Sergio%20Erick%20Garc%C3%ADa%20Barr%C3%B3n.pdf>
- Greenacre, M., Groenen, P. J. F., Hastie, T., D'Enza, A. I., Markos, A., & Tuzhilina, E. (2022). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00184-w>
- Hernández-Ramos, S. P., Méndez-González, J., & Martínez-Salvador, M. (2021). Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa del Agave cupreata. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707118/Mejores_practicas_de_Agave_cupreata.pdf

- Ickes, C., & Cadwallader, K. (2017). Effects of Ethanol on Flavor Perception in Alcoholic Beverages. *Chemosensory Perception*, 10, 119-134. <https://doi.org/10.1007/s12078-017-9238-2>.
- Ivanova, N., Yang, Q., Bastian, S., Wilkinson, K., Johnson, T., & Ford, R. (2023). The impact of varying key sensory attributes on consumer perception of beer body. *Food Quality and Preference*. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.105004>.
- Joshi, V. K. (2020). *Concise Encyclopedia of Science and Technology of Wine*. CRC Press.
- Kim, K., & Roush, F. W. (2003a). Algebra, Abstract. In *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (pp. 435–464). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227410-5/00019-3>
- Lazo, O., García-Ortíz, A., Pardo, J., & Guerrero, L. (2025). Caracterización de Mezcal a través de análisis sensoriales y volátiles. *Foods*, 14. <https://doi.org/10.3390/foods14030402>.
- Pinal, L., Cornejo, E., Arellano, M., Herrera, E., Nuñez, L., Arrizon, J., & Gschaedler, A. (2009). Effect of *Agave tequilana* age, cultivation field location and yeast strain on tequila fermentation process. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 36, 655–661. <https://doi.org/10.1007/s10295-009-0534-y>
- Quality and Preference, 36, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.03.006>
- Sánchez-Fernández, R., Pérez-López, A., Morales-Solis, A., Manilla-Tellez, Y., Reyes-Carmona, E., & Avila-Urbe, G. (2025). Chemistry of Mezcal: Volatile Profile of Artisanal Mezcal Made from Wild Agaves of Oaxaca. *Foods*, 14. <https://doi.org/10.3390/foods14071222>.
- Souza Gonzaga, L., Bastian, S. E. P., Capone, D. L., Danner, L., & Jeffery, D. W. (2022). Consumer perspectives of wine typicity and impact of region

- information on the sensory perception of Cabernet Sauvignon wines. *Food Research International*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110719>
- Su, Y., Wang, H., Wu, Z., Zhao, L., Huang, W., Shi, B., He, J., Wang, S., & Zhong, K. (2022). Sensory Description and Consumer Hedonic Perception of Ultra-High Temperature (UHT) Milk. *Foods*, 11. <https://doi.org/10.3390/foods11091350>.
- Vera Guzmán, A. M., Santiago García, P. A., & López, M. G. (n.d.). Compuestos volátiles aromáticos generados durante la elaboración de mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802009000400005.
- Vera-Guzmán, A. M., Santiago-García, P. A., & López, M. G. (2009). COMPUESTOS VOLÁTILES AROMÁTICOS GENERADOS DURANTE LA ELABORACIÓN DE MEZCAL DE *Agave angustifolia* Y *Agave potatorum*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(4), 273-279. <https://doi.org/10.35196/rfm.2009.4.273-279>
- Villarroel, L., Alvarez, J., & Maldonado, D. (n.d.). Aplicación del Análisis de Componentes Principales en el Desarrollo de Productos. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892003000200007. <https://doi.org/0>
- Wang, J., Wang, J., Qiao, L., Zhang, N., Sun, B., Li, H., Sun, J., & Chen, H. (2024). From Traditional to Intelligent, A Review of Application and Progress of Sensory Analysis in Alcoholic Beverage Industry. In *Food Chemistry: X* (Vol. 23). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101542>

5. EL MEZCAL DE GUERRERO: PREFERENCIAS Y SIMBOLISMO EN EL CONSUMIDOR

Resumen

El presente estudio aborda la escasa investigación sobre la percepción que los consumidores tienen del mezcal de Guerrero, a pesar de su creciente importancia como producto biocultural. A diferencia de los mezcales de otras regiones con Denominación de Origen, el valor simbólico y la identidad de esta bebida no han sido suficientemente estudiados desde la perspectiva del consumidor. Para analizar las implicaciones de este simbolismo en la valorización del mezcal guerrerense, se realizó una encuesta a 246 consumidores de todo el país. Los resultados revelan que el mezcal de Guerrero es percibido no solo como una bebida, sino como un poderoso símbolo de identidad y tradición regional con un profundo significado cultural. Esta percepción simbólica es crucial para diferenciarlo y posicionarlo competitivamente frente a mezcales de otros estados. El estudio concluye que la conservación de las prácticas de producción tradicionales es esencial para mantener la autenticidad y el valor que impulsan su atractivo y sostenibilidad económica y fortalecer su competitividad en el mercado.

Palabras clave: Valoración económica, autenticidad, diferenciación de mercado, producto biocultural, bebidas espirituosas, producto tradicional.

THE GUERRERO MEZCAL OF MEXICO: PREFERENCES AND SYMBOLISM IN THE CONSUMER

Abstract

This study addresses the limited research on consumer perceptions of mezcal from Guerrero, despite its growing importance as a biocultural product. Unlike mezcals from other regions with Protected Designation of Origin, the symbolic value and identity of this beverage have not been sufficiently examined from the consumer's perspective. To analyze the implications of this symbolism in the valorization of Guerrero mezcal, a survey was conducted with 246 consumers across the country. The results reveal that Guerrero mezcal is perceived not only as a beverage, but also as a powerful symbol of regional identity and tradition with deep cultural significance. This symbolic perception is crucial for differentiating and competitively positioning it against mezcals from other states. The study concludes that preserving traditional production practices is essential to maintaining the authenticity and value that drive its appeal, economic sustainability, and competitiveness in the market.

Keywords: Economic valorization, authenticity, market differentiation, biocultural product, spirits, traditional product.

5.1. Introducción

El mezcal es un claro ejemplo de un producto tradicional mexicano que se distingue por un conjunto de reglas y atributos específicos que lo vinculan a su origen y herencia cultural (Pieniak et al., 2009; Wilcox et al., 2024). Estos productos a menudo se comercializan bajo términos como "artesanal", "hecho a mano" o "ancestral" para resaltar su autenticidad. El valor del mezcal está protegido por la Denominación de Origen (D.O.), un marco jurídico establecido en 1994 que delimita su producción en diez estados de la república, incluyendo a Guerrero. Este marco legal, junto con la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, ha impulsado su demanda a nivel nacional e internacional.

Dentro de este universo, el mezcal del estado de Guerrero destaca por sus particularidades. Su elaboración se basa principalmente en el *Agave cupreata* (papalote), una especie de agave diferente a la de otras regiones (COMERCAM, 2024). Además, la producción en Guerrero se caracteriza por la preservación de métodos tradicionales y ancestrales que definen su perfil sensorial y cultural único (Barrientos-Rivera et al., 2020; García-Mendoza et al., 2019). Este enfoque en la autenticidad sitúa al mezcal de Guerrero en un mercado con gran potencial. La demanda global de productos artesanales ha mostrado un crecimiento notable, alcanzando los 830.4 mil millones de dólares en 2023, con una proyección de crecimiento anual del 9.2% hasta 2032 (Wilcox et al., 2024).

A pesar de la vasta historia y diversidad en la producción de mezcal en Guerrero, la investigación académica sobre la percepción y aceptación del consumidor en esta región es limitada (Barrera-Rodríguez et al., 2019; Zamora, 2021). Existe un vacío en la literatura sobre cómo las características de "identidad", "origen" y "tradición" influyen en su valorización como producto simbólico. Por lo tanto, es crucial entender los atributos distintivos del mezcal guerrerense (García, 2023; Carrasco-López et al., 2024).

El objetivo principal de esta investigación es generar información sobre el impacto económico y la percepción del consumidor del mezcal de Guerrero. El estudio se

enfoca en cómo la autenticidad y los métodos tradicionales influyen en su valorización, evaluando los atributos simbólicos relacionados con su tipicidad, lo cultural, que son parte del simbolismo de este producto.

Para abordar esta problemática, el estudio empleará un enfoque mixto con un diseño secuencial explicativo (cualitativo → cuantitativo). Esta combinación metodológica ha demostrado ser eficaz en estudios sobre bebidas tradicionales, ya que permite obtener una visión integral y precisa de la población estudiada (Kyutoku et al., 2012; Brannen, 2017; Jara Córdova et al., 2024). Los hallazgos de la fase cualitativa (entrevistas y grupos focales) servirán de base para desarrollar instrumentos cuantitativos.

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Selección de la muestra

Se aplicó un muestreo no probabilístico, específicamente un muestreo intencional de conveniencia, comúnmente utilizado en investigaciones económicas, sociales y psicológicas, ya que permite seleccionar sujetos accesibles y disponibles para el investigador, con el fin de obtener información detallada sobre percepciones o actitudes (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). Este tipo de muestreo es adecuado en estudios exploratorios donde la generalización estadística no es prioritaria, sino la comprensión profunda del fenómeno analizado. El tamaño de la muestra, se empleó la fórmula para poblaciones infinitas con la Ecuación (1), la cual se utiliza cuando no se conoce el número exacto de individuos en la población o este es demasiado grande:

$$n = (Z^2 \times p \times q) / e^2 \quad (E1)$$

Donde:

$Z = 1.96$: valor correspondiente al 95% de nivel de confianza

$p = 0.5$: probabilidad de éxito

$q = 1 - p = 0.5$: probabilidad de fracaso

$e = 0.05$: margen de error aceptado

Donde nuestro tamaño de muestra ideal sería con $n = (1.96^2 \times 0.5 \times 0.5) / 0.05^2 = (3.8416 \times 0.25) / 0.0025 = 0.9604 / 0.0025 = 384.16$, Sin embargo, debido a limitaciones logísticas y operativas, la investigación consideró una muestra de $n = 346$ consumidores. De acuerdo con Hair et al. (2014), este tamaño de muestra resulta aceptable en estudios exploratorios, donde lo importante es la diversidad de respuestas y no necesariamente la representatividad estadística a gran escala además es cercano al tamaño de muestra. Los datos se guardaron en el Excel Office 2021, donde cada participante se clasificó en una región específica (Cuadro 5).

El primer criterio para la selección de los participantes fue su involucramiento en las decisiones de compra de bebidas alcohólicas, principalmente mezcal; Solo se incluyeron aquellos que eran consumidores. En segundo lugar, se establecieron requisitos obligatorios como criterio de control para cada participante: mayores de 18 años y para los adultos mayores, solo se incluyeron aquellos que tuvieran una salud adecuada y con una representación superior al 30 % para cada sexo. Además, se les preguntó sobre su nivel educativo, ingresos económicos y actividad laboral actual (Cuadro 1). Durante la etapa de reclutamiento, los participantes no fueron informados sobre el objetivo específico del estudio. No se les dijo qué palabras debían escribir. Solo les mostraron una imagen que decía: "elementos clave en el proceso de elaboración de un mezcal de Guerrero". Se les pidió que evocaran las palabras que les venían a la mente (Figura 1). También se les pidió frases, con un mínimo de tres, para asegurar la variedad y no limitar a los participantes.

Para los fines de esta investigación, se propuso el estudio de tres regiones. La región centro en la que se incluyó a Guerrero, Estado de México y la Ciudad de México; la región sur incluyó Oaxaca, Veracruz y Puebla; y la región norte incluyó a Baja California.

5.2.2. Análisis conceptual

Se construyó una base de datos a partir de las palabras capturadas en el paquete Microsoft Excel Office 2021, se realizó una clasificación de las palabras evocadas que se describe en el cuadro 5.

Cuadro 4. Definiciones, ejemplos y tipos de significados de las categorías obtenidas de los dos estímulos evaluados

Nivel	Ejemplo palabras	de Definición
Calidad	Calidad, Garantía, presentable, Volumen de alcohol	Se refiere a las características medibles del mezcal en su elaboración y aceptación, presentación, porcentaje alcohol.
Atributos sensoriales	Alcohol, Fresco, Ardiente, Aromas	Percepciones físicas que el consumidor experimenta como su sabor, aroma, frescura o sensación ardiente.
Tipo de agave	de maguey, cupreata	Especie específica de agave utilizada en la producción del mezcal, como cupreata.
Atributos de apariencia	Botella	Aspectos visuales o físicos del producto, diseño de la botella o presentación externa.
Renta	Económico	Describe el componente económico del producto, en particular su accesibilidad o precio en el mercado.
Agroindustria	Pozos, almacenes, equipos y fábricas	Engloba los aspectos técnicos y de infraestructura necesarios para la producción del mezcal, como fábricas, almacenes y equipos.
Proceso	Fermentación, destilación, jima, molienda	Comprende las etapas de transformación del agave en mezcal, tales como la jima, molienda, fermentación y destilación.

Para la categoría "Utilitario", las palabras se clasificaron como atributos tangibles y se agruparon en nueve atributos específicos. Por ejemplo, términos como

"Calidad" se relacionan con la norma mexicana NOM-070-SCFI-2016 y el Consejo Regulador del Mezcal Mexicano, que determinan los parámetros de calidad y presentación de los envases y etiquetas. Todas las palabras que hacían referencia a estos parámetros se clasificaron en esta categoría.

Para la categoría "simbólico" se identificaron ocho niveles de significados correspondientes a los atributos intangibles del mezcal producido en el Estado de Guerrero. Se seleccionaron atributos como "tradición", "identidad" (entendida como hábito o natural), "origen/región de producción" y "procesamiento/elaboración". Estas palabras fueron las más mencionadas (Figura 11). Esta selección de palabras permitió una categorización precisa y significativa, facilitando la interpretación y análisis de las percepciones y valoraciones del mezcal por parte de los participantes en el estudio.

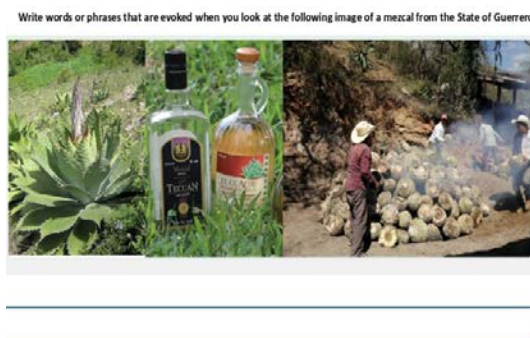


Figura 11. Imagen presentada a las personas encuestadas.

5.2.3. Análisis de datos

Se obtuvieron datos en las categorías para cada región y se analizaron las asociaciones entre las variables socioeconómicas y las percepciones sobre el mezcal. El estudio se llevó a cabo en varias etapas, como se detalla a continuación.

En primer lugar, las palabras evocadas por los participantes se agruparon según su significado en dos categorías principales: "Utilitario" y "Simbólico" (véase la Cuadro 5). Cada palabra fue clasificada con base en su significado como atributos tangibles o intangibles relacionados con el mezcal elaborado en el

Estado de Guerrero. Posteriormente se aplicó una prueba de chi-cuadrado para determinar las asociaciones entre las variables socioeconómicas y las palabras evocadas. Se analizó la frecuencia de palabras generadas por los participantes dentro de cada grupo sociodemográfico y su área correspondiente.

5.2.4. Índices de diversidad y rareza

Con los índices de diversidad y rareza, se pudo determinar si existían diferencias significativas entre regiones y cuáles índices estaban cerca de cero o uno, lo que indica homogeneidad o diversidad en las percepciones del mezcal.

La matriz de similitud obtenida, donde un valor más alto indica una mayor frecuencia de agrupación de palabras, se analizó mediante análisis de escalamiento multidimensional (MDS) no métrico (ordinal) siguiendo la metodología. El MDS representa los datos en un espacio de dos o más dimensiones, evaluando la distorsión global con el valor de voltaje de Kruskal. Según Kruskal, un voltaje inferior a 0,05 indica un buen ajuste, mientras que una tensión superior a 0,20 representa un mal ajuste. Para detectar patrones de clasificación entre los participantes, se realizó un análisis de correspondencia simple considerando términos como "Calidad", "Atributos sensoriales", "Materia prima", "Tipo de agave" y "Atributos de apariencia" (Cuadro 1) con base en la región de origen, sexo, edad e ingresos económicos (Cuadro 2). Se desarrolló un gráfico de correspondencia para los atributos "simbólicos" y "utilitarios" agrupados por zonas "norte", "sur" y "centro" en un gráfico bidimensional (Figura 5). Se calcularon las frecuencias (relativas); evocación de las categorías retenidas para cada estímulo, así como la de los significados simbólicos y utilitarios. Se emplearon para construir una rueda de significados para cada estímulo en las tres zonas de estudio: norte, sur y centro (Faye et al., 2006; Kruskal, 1964).

Finalmente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con una comparación de medias vía test de Tukey con un alfa de 0.05 para detectar diferencias entre las poblaciones y los atributos de significados generados por los encuestados. Todos

los análisis se llevaron a cabo a través de los paquetes de software estadístico SPSS (VERSIÓN 26), XLSTAT 2019 (Addinsoft, Estados Unidos) y R-Studio.

5.3. Resultados y discusión

Se observaron diferencias significativas entre zonas en cuanto a sexo, edad, ocupación y nivel educativo (Cuadro 6). Los criterios indican que existe una asociación entre regiones en México. Los efectos de las variables sociodemográficas presentan una baja incidencia.

Cuadro 5 Características sociodemográficas de los participantes reclutados

Variable	Categoría	México		
		Zona ^[1]	Zona ^[2]	Zona ^[3]
Género	Hombre	0,654 b	0.173	0.173
	Mujer	0,609 A	0.261	0.130
Grupo de edad (años)	18 años - 29 años	0,639 A^[4]	0,279 b^[4]	0,081 a^[4]
	30 años - 39 años	0.523	0.136	0.341
	40 años - 49 años	0.600	0.000	0.400
	50 años - 59 años	0.667	0.000	0,333 b^[4]
	60 años o más	0,9 a^[4]	0.000	0.100
	Jubilado	0.500	0.000	0.500
Ocupación	Empleado (no gubernamental)	0.542	0,375 b^[4]	0.083
	Funcionario	0.581	0.129	0.290
	Trabaja por tu cuenta	0.622	0.156	0.222
	Tareas domésticas	0.625	0.188	0.188
	Estudiante	0.675	0,246 b^[4]	0.078
	Agricultores	0.739	0.130	0.130
	Superior	0.612	0,302 c^[4]	0.086
			0,222 a.^[4]	
Nivel de educación	Media Superior	0.622	C^[4]	0.156
	Graduado	0.640	0,04 d^[4]	0.320
	Básico	0.696	0.00	0.304
	Sin estudios	0.700	0.1	0.200
	Menos de \$5000	0.685	0.222	0.093
Ingresos en pesos MXN	De \$5,000 a \$10,000	0.567	0.233	0.200
	De \$10,000 a \$15,000	0.600	0.240	0.160
	más \$15,000	0.500	0.200	0.300

Residencia de los encuestados en México: ^[1] Guerrero, ^[2] Oaxaca, Veracruz (parte sur) Estado y Ciudad de México y Puebla , ^[3] Baja California Sur y Baja California y ^[4] Los porcentajes en la misma fila con diferentes letras difieren significativamente (prueba de Chi-cuadrado, $p < 0,05$).

5.3.1. Significados a través del Índice de Diversidad y Rareza

Los índices de diversidad y rareza permiten identificar la variedad de términos empleados por los participantes y la frecuencia con la que son utilizados. La diversidad se refiere al número de palabras diferentes evocadas por los participantes, mientras que la rareza mide qué tan inusuales o poco frecuentes son dichas palabras dentro del total de respuestas. Esta herramienta ayuda a revelar la riqueza lingüística y la especificidad cultural de cada región (Jauregui-García et al., 2023). Se considero la respuesta de 247 consumidores quienes evocaron 728 palabras. La media fue de 3,006, con una desviación estándar de 2,24E-04. En el Cuadro 2 se analiza el uso del lenguaje a través de las palabras evocadas en una muestra de consumidores de diversas regiones de México y su asociación con el mezcal de Guerrero. Las diferencias en el uso de las palabras en cada área revelan sus características lingüísticas y socioculturales. Las regiones Centro y Sur representan la mayor proporción.(E. García-Barrón & Jesús Hernández, 2017).

Cabe destacar que, en las tres regiones, el índice de diversidad es inferior a 0,5 lo que sugiere que los consumidores comparten los mismos sentimientos y simbolismo por el "mezcal del Estado de Guerrero". Cabe destacar que la región norte, donde se ubico al estado de Baja California, es un estado fronterizo que se encuentra lejos de las otras dos regiones. Sin embargo, según la Organización Internacional para las Migraciones (OIM), esta región está compuesta por una población diversa de otros estados. Es un estado multicultural conformado por personas que migran de varios estados del sur entre ellos Oaxaca y Guerrero. Por esta razón, la evocación de palabras sobre el mezcal no muestra, según los análisis, un índice de diversidad significativo porque los inmigrantes conocen el mezcal, es parte de su experiencia, aunque estén en otro estado (OIM, 2024).

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$, Cuadro 7) en el "índice de rareza" de cada región sociodemográfica de México. Estadísticamente, las regiones central y sur fueron diferentes. En particular, el índice de rareza fue menor para la región central, a 0.52. Esto sugiere que usan menos palabras

inusuales que las otras dos zonas. La Zona Sur tiene un índice de rareza de 0.75 y la Zona Norte tiene la calificación de rareza más alta de 0.849. Un índice de rareza más alto sugiere el uso de vocabulario más especializado o menos conocido, es decir, una mayor incorporación de neologismos, lenguaje cotidiano y lenguas indígenas de México.(Claret et al., 2016; García-Barrón et al., 2022; Guerrero, 2012).

Cuadro 6 Número promedio de grupos en cada zona de México y distribución de la fracción (%) para cada grupo creado dentro de cada variable sociodemográfica.

País	Palabras (718) ^[1]	Valor medio	Número de palabras diferentes (300) ^[1]	Hapax (187) ^[1]	Índice de diversidad %	Índice de rareza %
		2.934				0,502
zona 1	446	a^[2]	183	92	0.410	A^[2]
Zona 2	159	2.944	73	62	0.459	0,75 b^[2]
		3.1388				
Zona 3	113	b^[2]	44	33	0.389	0.849
Total promedio		3.006				
Desviación estándar		2.24E-04				

^[1] Representa el número de palabras de cada variable.

^[2] Los porcentajes en la misma fila con diferentes letras difieren significativamente (prueba de Chi-cuadrado, $p < 0,05$).

5.3.2. La rueda del significado en la percepción del consumidor

Las actuaciones del estímulo "Mezcal de Guerrero" se agruparon en veintiuna categorías. Las figuras 12, 13 y 14 muestran las frecuencias relativas en porcentajes para cada categoría en las regiones de estudio. Las imágenes del "Mezcal de Guerrero" cobraron relevancia visual.

Las cifras permiten visualizar el hecho de que las percepciones y significados varían según la región sociodemográfica. En el norte y centro de México, las bebidas tienen un valor simbólico. En el Sur, se les da un uso más práctico (utilitario). Esto demuestra que cuando salen de su lugar de origen, las bebidas modifican su simbolismo. Además, en la región norte se encontró un mayor

simbolismo. Esto indica nostalgia por el hogar para aquellos que emigraron de la región central a esta región norte(Guerrero, 2012).

Los significados de un producto se pueden dividir. En cuanto a su función psicológica, existen dos tipos: simbólicos (intangibles) y utilitarios (tangibles). Las figuras 12, 13 y 14 muestran, a través de ruedas, significados para la bebida de mezcal del Estado de Guerrero, México. Los significados simbólicos fueron mayores que los significados utilitarios en los tres casos (figura 12). Sin embargo, en el mezcal de Guerrero fueron más comunes la "identidad", "tradicional", "tipo de mezcal" y "hedonismo". Estas categorías estaban entre el 50% y el 70% de identidad. Las tres ruedas de significados muestran que, a excepción del sur, todos estos términos tienen un bajo porcentaje de significado "utilitario" (figuras 12, 13 y 14). Los significados se relacionaron con "calidad", "atributos sensoriales" y "materia prima". En general, el mezcal es una bebida profundamente arraigada en la identidad de su gente. A diferencia de los vinos en México, donde se identificó, la gente considera que este producto es más utilitario que simbólico, ya que se asocia con el tipo de producto, el origen y la cultura. Si bien el mezcal es una bebida emblemática de México, el vino fue introducido a México como parte de la cultura de otros países (E. García-Barrón & Jesús Hernández, 2017)(Jauregui-García et al., 2023).

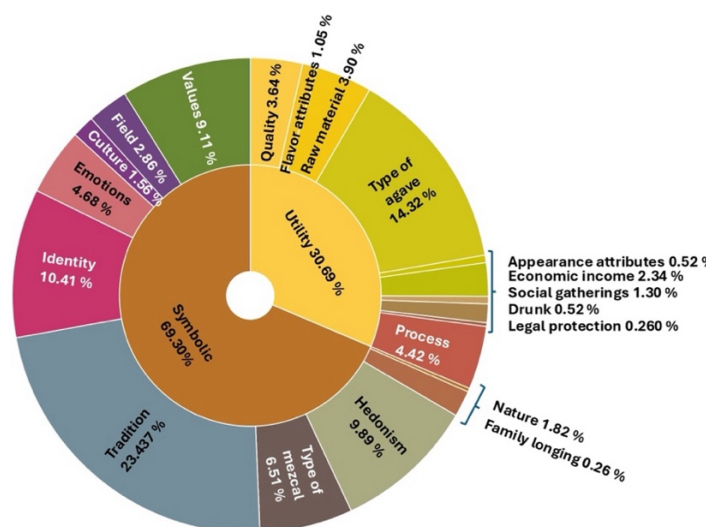


Figura 12 Rueda de significados de la zona : estado Guerrero



Figura 13 Rueda de significados para la zona 2: Oaxaca, Veracruz (parte sur) Estado y Ciudad de México y Puebla

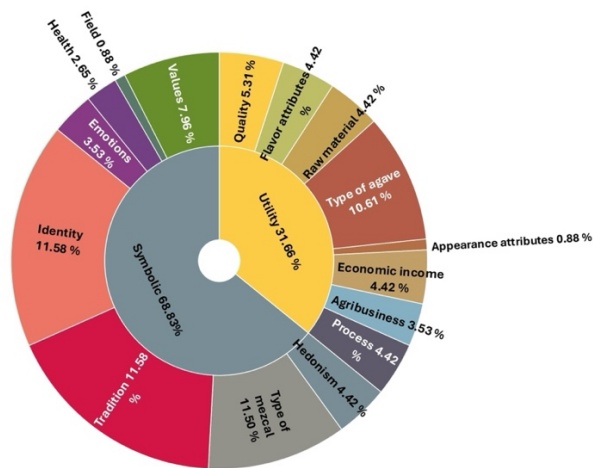


Figura 14 Rueda de significado para la zona 3: Baja California Sur y Baja California

5.3.3. Análisis Comparativo de los Atributos del Mezcal por Área Geográfica

La Figura 16 presenta un análisis bidimensional basado en el escalamiento multidimensional (MDS) aplicado a un conjunto de datos de 718 palabras. El valor de tensión indica un buen ajuste del modelo a los datos. Los valores cercanos a

0 reflejan un mejor ajuste. La tensión de Kruskal fue de 0,07, lo que indica un buen ajuste. La proximidad entre los puntos muestra la similitud o diferencias entre los participantes de las tres regiones. Cada punto corresponde a los atributos basados en las zonas 1, 2 y 3 (Figura 15), lo que los agrupa relativamente cerca unos de otros. Esto sugiere que los participantes de las tres regiones son similares. Este hallazgo refuerza el hecho de que no existe un índice de diversidad entre regiones (Cuadro 2).(Kruskal, 1964).

Esto sugiere que los participantes de esas regiones perciben el mezcal de Guerrero de forma similar. Todos los significados se agrupan en cada zona, pero se destaca 'tradición', 'identidad', 'calidad', 'embriaguez' y 'valores'. Estos términos tienen los porcentajes más altos, como se muestra en las figuras 12, 13 y 14 (de la rueda del significado). Un estudio similar reveló relaciones entre objetos en un espacio multidimensional, innovando y determinando el potencial de las marcas de servicio en línea. Para los consumidores, los atributos son los ejes utilizados para diferenciar las principales regiones productoras. También se relacionan con procesos artesanales y ancestrales "tradicionales". Los significados pueden ser utilizados para revalorizar el mezcal desde su diseño, marcas y considerando su origen, como un elemento de identidad ligado a su origen geográfico. Esto le otorga autenticidad como un producto tradicional de alto valor.Chen et al. (2015)(Ayling, 2021).

Los conceptos "tipo de mezcal", "identidad" y "proceso" llevan a una desemejanza en cómo se asocian y valoran estos atributos del mezcal, ya que no todos conocen o se aferran al concepto que propone la NOM-070-SFCI-2016. Por ejemplo, la NOM-070-SFCI-2016 establece tres tipos de mezcal: ancestral, artesanal y mezcal (categoría industrial a gran escala). Esto causa confusión, porque en lugares pequeños, el mezcal se produce de manera ancestral y artesanal, por lo que, para los consumidores de esas zonas, el término "mezcal" se refiere a ese tipo de mezcal. Por otro lado, un mezcal producido a gran escala y con más tecnología es un "mezcal industrial". La débil asociación entre estas

palabras parece confirmar, en parte, la incompatibilidad entre estos dos conceptos (Guerrero et al., 2009)

En la Figura 16, la dispersión de los conceptos en el plano espacial no parece corresponder a regiones con un vínculo directo con el mezcal. Aunque un producto tradicional puede tener beneficios para la salud, y en otros estudios simbólicos se han encontrado evocaciones relacionadas con la salud (García-Barrón et al., 2021), en el caso del mezcal esta asociación no se observa. Esto sugiere que los consumidores de estas regiones son conscientes del consumo de alcohol y que su preferencia por el mezcal se basa más en lo que representa culturalmente (Figura 15), otorgándole un valor simbólico. En consecuencia, los cambios introducidos para diferenciar al mezcal de Guerrero de los mezcales de otros estados pueden ser el principal factor que explique su éxito o fracaso en la revalorización y diferenciación en el mercado. La mayoría de los consumidores eligen habitualmente productos como bebidas y alimentos con tradición en el país (Moors y De Houwer, 2006; Van Trijp, 2005).

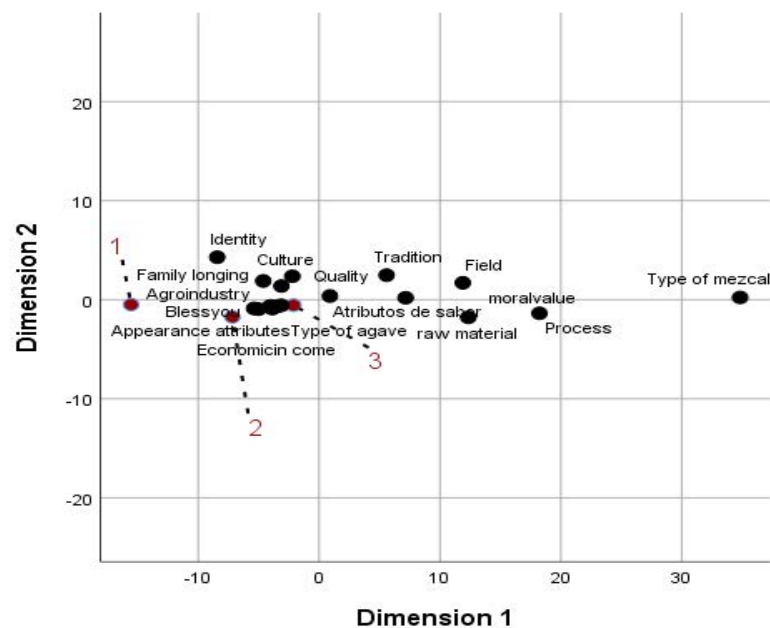


Figura 15 Escalamiento multidimensional de consumidores (n = 718) y (estrés de Kruskal = 0,084), donde 1: zona norte, 2: zona sur y 3: zona central

5.4. Conclusiones

La investigación demuestra que el mezcal de Guerrero es percibido por los consumidores no solo como una bebida, sino como un símbolo cultural de identidad y tradición regional. Este hallazgo subraya que su valor no radica principalmente en sus características utilitarias, sino en su significado simbólico. Los resultados indican que la percepción del mezcal de Guerrero está fuertemente influenciada por su autenticidad y los métodos tradicionales de producción. Esta conexión simbólica es crucial para su valorización y diferenciación en el mercado. En lugar de competir únicamente por precio o sabor, el mezcal guerrerense se posiciona de forma competitiva a través de su herencia cultural, lo cual le confiere un valor añadido.

A pesar de la confusión que existe entre las clasificaciones de la NOM-070-SCFI-2016 (ancestral, artesanal, industrial), el valor simbólico del mezcal prevalece, lo que demuestra la necesidad de una estrategia de comercialización que comunique su historia y tradición. Asimismo, la ausencia de una asociación con beneficios para la salud en las percepciones de los consumidores confirma que su atractivo principal es su naturaleza simbólica más que sus propiedades

5.5. Literatura citada

- Ayling, K. (2021). New Clase Azul Mezcal Guerrero Celebrates Mexican Heritage.
<https://elitetraveler.com/finest-dining/wines-and-spirits/clase-azul-mezcal-guerrero-release>
- Barrera-Rodríguez, A. I., Cuevas-Reyes, V., Espejel-García, A., Barrera-Rodríguez, A. I., Cuevas-Reyes, V., & Espejel-García, A. (2019). Factores de valoración en consumidores de mezcal en Oaxaca. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54).
<https://doi.org/10.24836/ES.V29I54.811>
- Barrientos-Rivera, G., Hernández-Castro, E., Sampedro-Rosas, Ma. L., & Segura-Pacheco, H. R. (2020). Conocimiento tradicional y academia:

productores de maguey y mezcal de pequeña escala en las regiones Norte y Centro de Guerrero, México. *Sociedad y Ambiente*, 23, 1–28. <https://doi.org/10.31840/SYA.VI23.2173>

Bizzozero, J. (2020). Tamaño del mercado de artesanías, informe de análisis de participación 2024-2032. <https://www.imarcgroup.com/handicrafts-market>

Brannen, J. (2017). Combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos: una visión general. *Métodos de mezcla: investigación cualitativa y cuantitativa*, 3–37. <https://doi.org/10.4324/9781315248813-1>

Carrasco-López, A., Romero-Ramírez, J., Yanet, López-Barrera, J., José A, Moreno-Terrazas-Casildo, J., Rubén D, Ramírez-Peralta, J., Arturo, Patricio-Hernández, J., Alberto, Forero-Forero, J., Ángela V, Toribio-Jiménez, J., Jeiry, Carrasco-López, C., Romero-Ramírez, A., López-Barrera, Y., Moreno-Terrazas-Casildo, ... Forero-Forero. (2024). The use of native yeasts to improve the organoleptic characteristics and yield of artisanal mezcal. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/AGROP.V17I4.2755>

Chen, K., Kou, G., Shang, J., & Chen, Y. (2015). Visualización de la estructura del mercado a través de revisiones de productos en línea: integre el modelado de temas, TOPSIS y enfoques de escalado multidimensional. *Investigación y Aplicaciones de Comercio Electrónico*, 14(1), 58–74. <https://doi.org/10.1016/J.ELERAP.2014.11.004>

Claret, A., Guerrero, L., Gartzia, I., García-Quiroga, M., & Ginés, R. (2016). ¿Afecta la información al gusto de los consumidores por el pescado de piscifactoría y silvestre? *Acuicultura*, 454, 157–162. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2015.12.024>

COMERCAM. (2024). Denominación de Origen – COMERCAM. <https://comercam-dom.org.mx/denominacion-de-origen/>

- Faye, P., Brémaud, D., Teillet, E., Courcoux, P., Giboreau, A., & Nicod, H. (2006). Una alternativa al mapeo de preferencias externas basado en el mapeo perceptivo del consumidor. *Calidad y preferencia de los alimentos*, 17(7–8), 604–614. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2006.05.006>
- García Martínez, M., & Briz, J. (2000). Innovación en la industria española de alimentación y bebidas. *Revista Internacional de Gestión de Alimentos y Agronegocios*, 3(2), 155–176. [https://doi.org/10.1016/S1096-7508\(00\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S1096-7508(00)00033-1)
- García, S. (2023). (2) (PDF) CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DEL MEZCAL: DESDE LOS AROMAS HASTA LAS PREFERENCIAS. https://www.researchgate.net/publication/375756898_CHARACTERIZACION_SENSORIAL_DEL_MEZCAL_DESDE_LOS_AROMAS_HASTA_LAS_PREFERENCIAS
- García-Barrón, E., & Jesús Hernández, S. de J. H. A. L. G.-S. H. E.-B. S. J. V.-R. J. B. (2017). Mezcal y Tequila: análisis conceptual de dos bebidas típicas de México * Mezcal and Tequila: conceptual analysis of two typical Mexican beverages. 4, 138–162.
- García-Barrón, Rivera-Muñoz, R. E., Camacho, D., Pérez-Camarillo, J. P., Leyva-Trinidad, D. A., García-Barrón, S. E., Rivera-Muñoz, R. E., Camacho, D., Pérez-Camarillo, J. P., & Leyva-Trinidad, D. A. (2022). Representación del concepto "Comida tradicional". *Agrociencia Uruguay*, 26(NSPE3). <https://doi.org/10.31285/AGRO.26.964>
- García-Barrón, S. E., Guerrero, L., Vázquez-Elorza, A., & Lazo, O. (2021). ¿Qué convierte un producto en uno tradicional? *Alimentos*, 10(6), 1284. <https://doi.org/10.3390/FOODS10061284/S1>
- García-Mendoza, A. J., Martínez, I. S. F., & Gutiérrez, D. S. (2019). “Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México”. *Acta Botánica Mexicana*, 126(126), 1–18. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1461>

- Gilula, Z., Haberman, S. J., & van der Heijden, P. G. M. (2001). Análisis multivariante: variables discretas (modelos de correspondencia). *Enciclopedia Internacional de las Ciencias Sociales y del Comportamiento*, 10218-10221. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/00477-0>
- Guerrero, L. (2012). Definición de los conceptos “tradicional” e “innovación” en alimentos desde la perspectiva del consumidor europeo. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=103964&info=resumen&idioma=SPA>
- Guerrero, L., Claret, A., Verbeke, W., Enderli, G., Zakowska-Biemans, S., Vanhonacker, F., Issanchou, S., Sajdakowska, M., Granli, B. S., Scalvedi, L., Contel, M., & Hersleth, M. (2010). Percepción de los productos alimentarios tradicionales en seis regiones europeas mediante la asociación libre de palabras. *Calidad y preferencia de los alimentos*, 21(2), 225–233. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2009.06.003>
- Guerrero, L., Guàrdia, M. D., Xicola, J., Verbeke, W., Vanhonacker, F., Zakowska-Biemans, S., Sajdakowska, M., Sulmont-Rossé, C., Issanchou, S., Contel, M., Scalvedi, M. L., Granli, B. S., & Hersleth, M. (2009). Definición de productos alimenticios tradicionales impulsada por el consumidor e innovación en alimentos tradicionales. Un estudio cualitativo transcultural. *Apetito*, 52(2), 345–354. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2008.11.008>
- Jara Córdova, O., Arias Gonzáles, J., Antonio Flores Limo, F., & Anthony Balmaceda Flores, C. (2024). Métodos mixtos de investigación para principiantes Timoteo Cueva Luza. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.106>
- Jauregui-García, C. Z., Espejel-García, A., Barrera-Rodríguez, A. I., Hernández-Montes, A., & Hernández-Rodríguez, L. (2023). Percepción del Vino con Protección de Origen Utilizando la Asociación Libre: Estudio de Caso México. <https://doi.org/10.2139/SSRN.4567875>

- Klemenčič, M., P. M. K. G. (2020). Mapeo y análisis de las prácticas de enseñanza y aprendizaje centradas en el estudiante: conocimiento utilizable para apoyar una educación superior más inclusiva y de alta calidad: informe analítico. <https://doi.org/10.2766/67668>
- Kruskal, J. B. (1964). ESCALADO MULTIDIMENSIONAL NO MÉTRICO: UN MÉTODO NUMÉRICO.
- Kyutoku, Y., Minami, Y., Koizumi, T., Okamoto, M., Kusakabe, Y., & Dan, I. (2012). Conceptualización de los motivos de elección de alimentos y el consumo entre los japoneses a la luz de los efectos de la comida, el género y la edad. *Calidad y preferencia de los alimentos*, 24(1), 213–217. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2011.10.002>
- RESEÑAS DE MEZCAL. (2024). Papalometl | Reseñas de Mezcal. <https://www.mezcalreviews.com/filter-by/maguey/papalometl/>
- Moors, A., & De Houwer, J. (2006). Automática: Un análisis teórico y conceptual. *Boletín Psicológico*, 132(2), 297–326. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.2.297>
- monte
- OIM. (2024). A NIVEL LOCAL I N D I C A D O R E S D E G O B E R N A N Z A D E L A M I G R A C I Ó N. www.iom.int
- Pieniak, Z., Verbeke, W., Vanhonacker, F., Guerrero, L., & Hersleth, M. (2009). Asociación entre el consumo tradicional de alimentos y los motivos para la elección de alimentos en seis países europeos. *Apetito*, 53(1), 101–108. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2009.05.019>
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2015). SAGE Manual de Métodos Mixtos en Investigación Social y Conductual. SAGE Manual de Métodos Mixtos en Investigación Social y Conductual. <https://doi.org/10.4135/9781506335193>

- Van Trijp, H. C. (2005). Desarrollo de nuevos productos orientados al consumidor: principios y prácticas | Solicitar PDF.
https://www.researchgate.net/publication/40120496_Consumer-oriented_new_product_development_Principles_and_practice
- Wilcox, K., Laporte, S., & Ward, G. (2024). Cómo la producción tradicional da forma a las percepciones de la calidad del producto. *Revista de Investigación del Consumidor*, 51(2), 256–275.
<https://doi.org/10.1093/JCR/UCAD073>
- Zamora, R. (2021). El mezcal de Villa Sola de Vega, Oaxaca: Proceso de producción, comercialización y economía moral .
<https://colsan.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1013/958/1/El%20mezcal%20de%20Villa%20Sola%20de%20Vega.pdf>

6. COMPORTAMIENTO Y DISPOSICIÓN A PAGAR EN CONSUMIDORES DE MEZCAL PRODUCIDO EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO

Resumen

El mezcal, un destilado alcohólico que tiene Denominación de Origen (D.O), elaborado a base de agave, en el Estado de Guerrero se emplea en su elaboración principalmente el *Agave cupreata*; es una bebida espirituosa tradicional de México producida en nueve estados ubicados en su mayoría en el centro y sur del país. En esta investigación se estudiaron y analizaron los factores que afectan la disposición a pagar por el mezcal producido en el estado de Guerrero. El estudio empírico se planteó utilizando el método de Experimentos de Elección Discreta (EED) con base en los siguientes criterios: región, población que lo elabora (hombres/mujeres), proceso, certificaciones, protección jurídica, agaves silvestres o cultivados y el precio, a partir de los datos de 327 consumidores encuestados. Los resultados obtenidos proporcionan una evaluación realista de cómo los consumidores utilizan las señales extrínsecas para elegir una bebida tradicional como el mezcal. Se encontró una mayor disposición a pagar un precio extra por mezcal de Guerrero elaborado por procesos ancestrales y por mujeres. Por lo que estos atributos generan más interés en la elección por este tipo de bebida. Los resultados obtenidos proporcionan información puntual de aquellos atributos tangibles e intangibles que influyen directamente en la percepción de los consumidores para la disposición a pagar un sobreprecio por un mezcal del estado de Guerrero, México.

Palabras clave: destilado, valorización, producto tradicional, Elección discreta, *Agave cupreata*

Tesis de Maestría en Ciencia, Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología
Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: Miguel Ángel Jiménez Carlos
Director de Tesis: Dr. Emmanuel flores Girón

EXPLORING THE BEHAVIOR AND WILLINGNESS TO PAY IN CONSUMERS FOR A MEZCAL FROM GUERRERO, MEXICO

ABSTRACT

Mezcal, an alcoholic distillate that has a Designation of Origin, made from agave (mainly in the State of Guerrero, *Agave cuapreata* is used), is a traditional spirit drink from Mexico, especially in the center and south of the country. In this research, the factors that affect the willingness to pay for mezcal produced in the State of Guerrero were analyzed. The statistical study was carried out using the Discrete Choice method based on the criteria: region, society that produces it (men/women), process, certifications, legal protection, wild or cultivated agaves and the price, based on data from 327 consumers surveyed. The results obtained provide a realistic assessment of how consumers use extrinsic cues in combination with a beverage. A greater willingness to pay an extra price for mezcal from Guerrero was found, obtained in an ancestral way and is made by Guerrero women. Therefore, these attributes generate more interest in choosing this type of mezcal. The results obtained provide specific information on those tangible and intangible variables that directly influence consumers' perception of their willingness to pay a premium for a mezcal from Guerrero, Mexico.

Keywords: distillate, economic valuation, traditional product, Discrete choice, *Agave cupreata*.

Master of Science Thesis, Graduate Program in Science and Technology
Agrifood, Autonomous University of Chapingo.
Author: Miguel Ángel Jiménez Carlos
Thesis Director: Dr. Emmanuel Flores Girón

6.1. Introducción

En la última década, ha crecido el interés de los consumidores por los productos tradicionales. En México, las bebidas con Denominación de Origen (D.O.) como el mezcal, forman parte del patrimonio cultural y gastronómico del país. Estas bebidas han ganado relevancia en mercados internacionales, especialmente en Europa, donde se valora su origen geográfico y la protección jurídica que lo acompaña (SADER, 2019; MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2022).

El mezcal es una bebida espirituosa mexicana, producida por métodos que van desde lo ancestral y artesanal hasta lo tecnificado, lo que le confiere características únicas a cada lote (Gracia et al., 2011). Según la NOM-070, se define como una bebida 100% de agave obtenida por destilación de jugos fermentados. La Denominación de Origen Mezcal (DOM) abarca diversos estados de la República Mexicana, demostrando su creciente importancia productiva (COMERCAM, 2024). Para el consumidor, la decisión de compra se basa en la evaluación de atributos intrínsecos (sabor, aroma) y extrínsecos (precio, empaque, origen), siendo estos últimos cruciales antes de probar el producto (Grunert et al., 2004).

Para entender las preferencias del consumidor y su disposición a pagar (DAP) por productos diferenciados, los Experimentos de Elección Discreta (EED) son la herramienta más fiable, ya que simulan una situación de compra realista y permiten estimar con precisión el valor que los consumidores asignan a los atributos tangibles e intangibles (Gracia et al., 2011; Barrera-Rodríguez et al., 2019). Diversas investigaciones han demostrado que la DAP es positiva para productos con atributos como origen geográfico (Maró et al., 2023; Yang et al., 2020), producción natural (Marandure et al., 2016) y certificación de sustentabilidad (Sgroi et al., 2023).

Considerando que la región de origen y otros factores multidimensionales son determinantes en la elección del mezcal, el objetivo de este trabajo fue identificar

los atributos “intangibles” que le confieren un mayor valor a esta bebida y, por ende, una mayor disposición a pagar por parte del consumidor.

6.2. Materiales y métodos

Se aplicó una encuesta a 327 consumidores de mezcal apoyándose de la aplicación “forms Microsoft Office 365”. Los participantes se contactaron de manera híbrida, es decir online (redes de mensajería Whatssap) y de manera presencial para abarcar el mayor número posible de personas. Los criterios que se consideraron para elegir a los consumidores fueron: edad mayor de 18 años, consumidores de mezcal, disposición y tiempo en participar en el estudio. La encuesta contenía tres secciones: 1) frecuencia de consumo de mezcal y el dinero que destina a la compra de esta bebida, 2) se evaluó la disposición a pagar por una botella de 750 mL de mezcal mediante experimentos de elección discreta y 3) se indagó sobre datos sociodemográficos del consumidor (edad, sexo, escolaridad, ocupación e ingreso).

6.2.1. Selección de atributos y diseño del experimento de elección discreta

La selección de atributos se basó en el diseño y aplicación de encuestas de elección discreta para estimar la mayor disposición a pagar por un mezcal del estado de Guerrero, considerando los atributos de origen, tipo de producción, denominación de origen, certificación, grupo social que lo elabora, tipo de agave y precio (Cuadro 9). El atributo de origen representa la región geográfica donde fue elaborado el mezcal; se evaluó en dos niveles, elaborado en el estado de Guerrero y otros estados. El atributo proceso de producción representa a las actividades y material utilizado para la transformación del agave, incluyó las categorías consideradas en NOM-070: ancestral, artesanal y mezcal. La denominación de origen (D.O.) que es el nombre de una región geográfica del país que sirve para designar un producto originario de la misma, y cuya calidad o características se deban exclusivamente al medio geográfico (IMPI, 2024), se evaluó en dos niveles: con D.O. y sin D.O.; mientras que el atributo de

certificación representando la calidad del mezcal, se evaluó en dos niveles: con certificación y sin certificación; la sociedad que lo elabora: elaborado por hombres o mujeres o mixto; el precio, se eligió de acuerdo con los precios locales de la región de estudio. Los precios aparecen en la Cuadro 9: \$340.00 pesos para un mezcal vendido a granel, \$400.00 a \$600.00 pesos para un producto intermedio que ya viene embotellado y, por último, el de mayor costo es de \$1,800.00 pesos.

Cuadro 7 Atributos y niveles del experimento de elección discreta.

Variable	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
Origen	Guerrero	Otros estados	----	----
Proceso de producción	Ancestral	Artesanal	Industrial	----
Protección jurídica-económica	Con Denominación de Origen	Sin Denominación de Origen	----	----
Certificación	Con certificación	Sin certificación	----	----
Tipo de agave	Silvestre	Cultivado	-----	
Sociedad	Mujeres	Mixto	Hombres y mujeres	----
Precio (\$ MX)	340	400	600	1800

Fuente: Elaboración propia.

El experimento incluyó un tamaño de muestra de 12 tarjetas de simulación, las cuales fueron calculadas mediante un Diseño Factorial Fraccionado empleando el software minitab versión 21. Las tarjetas fueron agrupadas en pares con la finalidad de obtener seis conjuntos, incluyéndose la opción de no compraría ninguna (Figura 1).

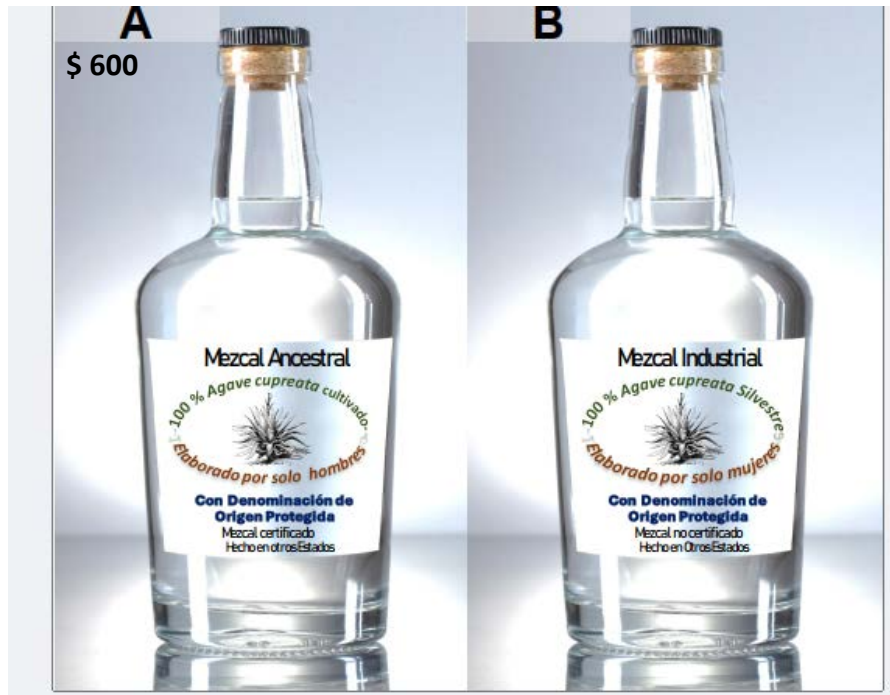


Figura 16 Tarjeta de elección de mezcal.

Fuente: Elaboración propia

6.2.2. Análisis estadístico

Los experimentos de elección discreta, la utilidad marginal para modelos se mide en la escala ordinal. La función matemática queda con la Ecuación (2):

$$U_{njt} = \beta_n' X_{njt} + \varepsilon_{njt} \quad (E2)$$

Donde: n es el individuo, j es la alternativa, t es la ocasión de elección. β_n es el vector de parámetros específicos del individuo que tiene en cuenta la heterogeneidad de las preferencias y se supone que es aleatorio. Se utilizó un modelo logit multinomial. El modelo es flexible y permite controlar la variación aleatoria del gusto, las correlaciones de los factores no observados a lo largo del tiempo y los patrones de sustitución no restringidos. Además, este modelo considera la heterogeneidad de las preferencias (Hole & Kolstad, 2012).

6.2.3. Cálculos para obtener la Disposición A Pagar (DAP)

Los coeficientes individuales estimados en el modelo logit Multinomial de parámetros aleatorios tienen una interpretación económica limitada debido a la naturaleza que no da información al precio. Sin embargo, las compensaciones de atributos se pueden calcular utilizando una combinación relativa de coeficientes seleccionados de este modelo para proporcionar información significativa sobre el comportamiento de los consumidores de mezcal. Para estimar qué tan dispuestos están las personas consumidoras de mezcal en pagar un sobreprecio se utilizó la siguiente Ecuación (3) propuesta por Loureiro & Nahuelhual (2004):

$$DAP = \frac{MU}{MUI} \quad (E3)$$

Donde la Disposición a Pagar (WTC) es una función de la utilidad marginal (UM) de una práctica determinada y la utilidad marginal del ingreso (MUI), que está representada por un coeficiente de atributo/precio. El cálculo de la DAP capta tanto la disposición a pagar (DAP) (Schulz y Tonsor, 2010).

6.3. Resultados y discusión

6.4. Características de los consumidores

En la Cuadro 10 se muestra los resultados del estudio, se aprecian las características sociodemográficas de los encuestados; corresponde en mayor proporción a población femenina en comparación con los varones, representando un 55 % del total. Con respecto a la edad de los encuestados, fue variada, sin embargo, el grupo de edad de 18 a 29 años corresponde a un 55.66 % y el grupo de 30 a 39 años representó el 20.80 % siendo los más representativos. De la población encuestada el 49.24 % posee educación superior, seguido de un 22.63 % con educación media superior y con 15 % con los que tienen educación básica. Siendo los tres grupos más representativos en este estudio.

En un estudio realizado por Matita et al. (2024) para determinar la disposición a pagar por diferentes granos de maíz en el país de Malawi, se tuvo mayor participación femenina (98 %) que masculina, debido a que los hogares están encabezados por mujeres. En el estudio sobre el mezcal, debido a que no es un

alimento, sino una bebida, se puede explicar que la participación de mujeres está casi a la par con la de los hombres; ambos géneros han sido reportados por Ramírez-Toscano et al. (2022), donde la población adulta comprendida por mujeres (45 %) y hombres (55 %) que consumen alcohol es del 23 % al 30 %, mostrando una tendencia de consumo similar entre ambos géneros. Tales hallazgos son importantes, dado que el género, la edad y los ingresos influyen en las elecciones de compra del mezcal (Snapp & Fisher, 2015). En otro estudio socioeconómico se encontró que la mayoría de los encuestados (71 %) habían asistido a la preparatoria y la universidad (Ramírez-Cordero et al., 2024).

En el último informe de acuerdo con el INEGI, (2024), el gasto medio de las y los residentes en México fue de 155.83 dólares equivalente a \$2, 873.49 pesos mexicanos promedio (SIE, 2024). En nuestro estudio el 31 % de los encuestados mencionó ganar más de \$5, 000 al mes; el 37 % declaró ganar menos de \$5,000 al mes. Los dos grupos restantes de \$10,000 a \$15,000” y “más de \$15,000 juntos representan el 31.81 %. De acuerdo con los hallazgos previos, al comparar con otros estudios realizados por Ramírez-Cordero et al. (2024); Barrera-Rodríguez et al. (2019); Barrera Rodríguez et al. (2022) y Murillo et al. (2019), se reportó que las personas en México tienen un ingreso medio de entre \$3,000.00 a \$8,500.00 pesos mensuales; únicamente el 8.07 % de los consumidores percibe un ingreso alto de más de \$15,000.00 pesos mensuales. Estos datos concuerdan con los expresados en nuestro estudio sobre el mezcal de Guerrero.

En cuanto a las categorías ocupacionales de los encuestados, se observa principalmente una mayor ocupación en estudiantes con un 23 % y un 37 % en personas que trabajan por su cuenta o de manera autónoma. Esta diferencia en la categoría de ocupación es consistente con los porcentajes de niveles de estudios y los ingresos económicos que poseen los encuestados. Los estudiantes, en su mayoría, tienen un nivel educativo en proceso por lo que sus ingresos económicos vienen de sus padres o de apoyos de gobiernos, mientras que aquellos que trabajan por cuenta propia suelen tener un nivel de estudios

terminada, lo que se refleja en sus ingresos económicos superiores al tener salarios fijos (Gottselig et al., 2023).

Cuadro 8 resumen de las características socioeconómicas de los encuestados.

<i>variable</i>	<i>Categoría</i>	<i>frecuencia</i>	<i>Porcentaje %</i>
<i>Genero</i>	<i>Hombre</i>	145	44.34
	<i>Mujer</i>	182	55.66
	<i>Total</i>	327	100.00
<i>Grupo de edad (años)</i>	<i>18 años - 29 años</i>	182	55.66
	<i>30 años - 39 años</i>	68	20.80
	<i>40 años - 49 años</i>	31	9.48
	<i>50 años - 59 años</i>	27	8.26
	<i>60 años y mas</i>	19	5.81
	<i>Total</i>	327	100.00
	<i>Agricultores</i>	43	13.15
	<i>Empleado (no de gobierno)</i>	66	20.18
<i>Ocupación</i>	<i>Empleado de gobierno</i>	43	13.15
	<i>Estudiante</i>	78	23.85
	<i>Jubilado</i>	4	1.22
	<i>Labores del Hogar</i>	37	11.31
	<i>Trabaja por su cuenta</i>	56	17.13
	<i>Total</i>	327	100.00
	<i>Basica</i>	50	15.29
	<i>Media Superior</i>	74	22.63
<i>Nivel de estudios</i>	<i>Superior</i>	161	49.24
	<i>Posgrado</i>	30	9.17
	<i>Sin Estudios</i>	12	3.67
	<i>Total</i>	327	100.00
	<i>Menor a \$ 5000</i>	121	37.00
<i>Ingresos en pesos MXN</i>	<i>\$ 5,000 a \$10,000</i>	102	31.19
	<i>\$10,000 a \$ 15,000</i>	63	19.27
	<i>más \$ 15,000</i>	41	12.54
	<i>Total</i>	327	100.00
	<i>Baja California</i>	25	7.65
<i>Estados de México</i>	<i>Chiapas</i>	8	2.45
	<i>Guerrero</i>	123	37.61
	<i>Hidalgo</i>	8	2.45
	<i>Estado de México</i>	44	13.46
	<i>Oaxaca</i>	39	11.93
	<i>Puebla</i>	24	7.34
	<i>Veracruz</i>	17	5.20
	<i>Otros estados*</i>	38	11.62

Nota: * Morelos, Tlaxcala, Guanajuato y Veracruz. Fuente Elaboración propia con datos recolectados de campo.

En el cuadro 11, se muestra que más del 40 % de los encuestados consume mezcal de 2 a 4 veces al mes, y 23. 24 % consumen de 4 a 6 veces al mes. En este estudio se ha identificado que las personas destinan al menos mil pesos al mes para comprar mezcal, siendo ésta una representación de un 46 % de los encuestados mientras que 32.2 % destina \$500.00 pesos; esto se puede atribuir a que parte la población encuestada es originaria del estado de (Cuadro 11) debido a que la población está cerca de las pequeñas agroindustrias en Guerrero consumen este destilado de manera cotidiana y en festividades especiales , esta particularidad permite una mayor accesibilidad pues el precio promedio por este canal oscila de \$ 300.00 a \$ 400.00 pesos mexicanos por litro lo cual es menor en comparación con precios promedio que se tiene en tiendas especializadas que llega a costar en promedio \$ 1,000.00 pesos una cantidad similar Observamos que la cantidad de dinero destinada a la compra de una botella de mezcal y la frecuencia de consumo mensual de los encuestados permite identificar a los grandes consumidores potenciales de mezcal como aquellas personas que consumen más de dos veces al mes. esto se debe a que el consumo se realiza por botella de 750 ml. estudios realizados por Gallais & Livat (2024) y Vecchio (2013) son similares en su enfoque, ya que consideran un consumidor potencial a toda persona que consume más de tres veces a la semana, con la diferencia de que ellos evalúan el consumo en copas y no por envase de vino y la cerveza.

Cuadro 9 Características del consumo de mezcal de los encuestados

<i>Cuanto destina en MNX \$ en mezcal al MES</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>MENOR MNX \$ 250.00 a \$ 500.00</i>	106	32.24
<i>MXN\$ 600.00 a \$1,000.00</i>	151	46.17
<i>MXN \$1,100.00 a \$ 1,500.00</i>	41	12.53
<i>más MNX \$ 1 500</i>	29	8.86
<i>TOTAL</i>	327	
<i>Frecuencia con la que consumes el mezcal al mes</i>		
<i>Una vez</i>	88	26.91
<i>Dos a cuatro veces</i>	133	40.67

<i>Cuatro a seis veces</i>	76	23.24
<i>Mas de seis</i>	30	9.17

Análisis econométrico para la disposición a pagar del mezcal

En el cuadro 12 se presenta la bondad del ajuste del modelo de regresión logística multinomial, el cual proporciona varios indicadores del modelo y de su ajuste a la variabilidad de nuestros datos. Estos resultados son equivalentes al R^2 de la regresión lineal y la cuadro ANOVA que se obtienen de un modelo general lineal. El valor más importante es el χ^2 y la R^2 (R^2 McFadden) asociado con la relación logarítmica (L.R.). Es el equivalente de la prueba F de Fisher del modelo lineal: En este estudio, como la probabilidad es inferior a alpha de 0,05, podemos concluir que las variables aportan una cantidad significativa de información y además nuestra R^2 es 0.335 lo que es superior a los 0.2 que es el límite para aceptar el modelo. Su valor teóricamente oscila entre 0 y 1, pero rara vez se aproxima a 1. Se considera un buen ajuste cuando R^2 MaFadden $\in [0.2; 0.4]$ y excelente para valores más grandes (Brage Escalona, 2020).

Cuadro 10 Bondad del ajuste del modelo

<i>Estadístico</i>	<i>Independiente</i>	<i>Completo</i>	
Observaciones	5884	5884	
Suma de los pesos	5884.000	5884.000	
GL	5883	5867	
-2			
Log(Verosimilitud)	7498.330	4985.697	
R^2(McFadden)	0.000	0.335	
R^2 (Cox and Snell)	0.000	0.348	
R^2 (Nagelkerke)	0.000	0.482	
AIC	7500.330	5019.697	
SBC	7507.010	5133.257	
Iteraciones	0	16	
Prueba de la hipótesis nula H_0 : $Y=0.334$ (Variable ELECCIÓN):			
Estadístico	GL	Chi-cuadrado	$Pr > \chi^2$
-2 Log (Verosimilitud)	16	2512.633	< 0.0001
Score	16	2267.064	< 0.0001
Wald	16	1266.172	< 0.0001

Con relación al modelo logístico para estimar y calcular el coeficiente para cada variable de los atributos y obtener su significancia a un valor de $Pr < 0.05$, el Cuadro 13 revela información crucial sobre los atributos que influyen en la decisión de compra del consumidor de mezcal. Como señalan Gichuyia et al. (2024), aquellos atributos que ayudan a explicar el sobreprecio o deberían estar relacionados con la decisión de compra del consumidor, resultaron ser estadísticamente significativos: el tipo de producción (Proceso Artesanal $Pr = 0.048$, Proceso Ancestral $Pr = 0.001$), la participación de la sociedad en la elaboración (Elaborado por hombres y mujeres $Pr = 0.006$), el origen geográfico ("Hecho en Guerrero" $Pr = 0.002$), la Denominación de Origen ($Pr < 0.0001$) y si el mezcal está certificado ($Pr < 0.0001$). Adicionalmente, los diferentes rangos de precios (\$400, \$600 y \$1,800 MXN) también demostraron ser determinantes significativos. La significancia de estos coeficientes proporciona una indicación útil sobre la importancia relativa de las variables independientes en la explicación de las intenciones de consumo, refiriéndose a los atributos por los cuales las personas están dispuestas a consumir un mezcal (Begho & Zhu, 2023).

Sin embargo, al analizar la Disposición a Pagar (DAP), se observan patrones complejos y evidencia de heterogeneidad de preferencias, especialmente para atributos cualitativos que pueden generar valor agregado como los procesos ancestrales y artesanales, la elaboración por hombres y mujeres, las certificaciones y el origen en Guerrero. En este sentido, la leyenda "Hecho en Guerrero" se destaca con la mayor DAP positiva (\$1.74), corroborando que el origen es un impulsor clave del puje de compra. De manera contrastante, la certificación del mezcal, a pesar de ser un factor significativo en la decisión de compra, presenta una DAP negativa (-\$0.82), lo que sugiere que los consumidores no están dispuestos a pagar un precio superior por un producto certificado. Este hallazgo, junto con la DAP negativa para la elaboración por hombres y mujeres (-\$0.31), indica que mientras estos atributos pueden ser valorados, no necesariamente se traducen en una prima de precio, o incluso implican una expectativa de compensación. La situación se complejiza con el Proceso Ancestral, que, pese a un coeficiente negativo, muestra una DAP

positiva (\$0.11), reflejando que la pérdida de ingresos por el cambio de pasar de un ancestral a un artesanal implica dinero, lo que puede arrojar DAP negativos en ciertos contextos (Bro et al., 2020). Estos resultados, que muestran cómo la preferencia por precios bajos y altos coexiste (Begho & Zhu, 2023; Liu et al., 2021), junto con la necesidad de superar los altos costos de procesos como el artesanal (Rahimi et al., 2018; Poulos et al., 2016), refuerzan la necesidad de estrategias de afrontamiento y apoyo gubernamental, como los programas de reforestación en Puebla (Puebla D.R, 2024), para que los maestros mezcaleros puedan migrar a procesos más tecnificados o para sostener la tradición de manera económicamente viable.

Cuadro 11 Parámetros del modelo

Fuente	Valor	Error estándar	Chi-cuadrado de Wald	Pr > Chi²	DAP \$
Intercepción	-2.459	0.093	700.863	< 0.0001	
Proceso Artesanal	0.256	0.911	0.079	0.048	-0.19 (-0.231, -0.146)
Proceso Industrial	-0.538	1.101	0.238	0.625	1.11 (1.357, 0.858)
Proceso Ancestral	-3.162	0.980	10.403	0.001	0.11 (0.129, 0.082)
Elaborado por Hombres	0.301	1.317	0.052	0.819	-0.39 (-0.480, -0.303)
Elaborado por mujeres	1.117	1.063	1.105	0.293	-1.23 (-1.503, -0.951)
Elaborado por hombres y mujeres	3.502	1.277	7.524	0.006	-0.31 (-0.381, -0.241)
Hecho en Guerrero	-0.887	0.282	9.922	0.002	1.74 (2.133, 1.349)
Denominación de origen	-4.971	0.474	110.012	< 0.0001	0.23 (0.281, 0.178)
Agave silevestre	-0.656	0.775	0.716	0.397	1.06 (1.295, 0.819)
Mezcal certificado	3.017	0.726	17.277	< 0.0001	-0.82 (-1.000, -0.633)
Precio MXN \$ 400	2.330	0.454	26.391	< 0.0001	
Precio MXN \$ 600	4.087	0.622	43.139	< 0.0001	
Precio MXN \$ 1 800	3.684	0.401	84.251	< 0.0001	

La utilidad marginal de cada nivel de cada atributo se reporta en la Cuadro (14). El mayor cambio en la utilidad marginal pertenece a al atributo sociedad, que cambia de +0.062 a +0.704, casi el doble entre nivel con en base al grafico de unidad (que es igual al coeficiente de efectividad obtenido en el modelo logit) de igual manera se tiene un cambio de + 0. 61, lo cual es beneficioso para los productores de mezcal debido a que un atributo que genera dinero y no cuesta (es decir fuerza de trabajo, insumos, etc.) y en el proceso un cambio de -0.36 a +0.05. Para efectos secundarios moderados, la utilidad marginal tiene su valor más bajo en todos los casos analizados, coincide que el valor de -0.36 se debe a que para pasar o mantenerse en lo artesanal es costoso (insumos, mano de obra, primas, herramientas más modernas) (Rahimi et al., 2018) y (Poulos et al., 2016), por lo que una acción que pudiera resolver esto sería tener ingresos u apoyos de instituciones.

Cuadro 12 Utilidad marginal de cada nivel de cada atributo.

Atributo	Fuente	Efecto marginal	Error estándar	z	Pr > z
Proceso de producción	Proceso Artesanal	0.053	0.192	0.274	0.392
	Proceso Industrial	-0.101	0.193	-0.524	0.700
	Proceso Ancestral	-0.364	0.063	-5.751	1.000
Sociedad	Elaborado por Hombres	0.062	0.281	0.221	0.412
	Elaborado por mujeres	0.246	0.248	0.993	0.160
	Elaborado por hombres y mujeres	0.704	0.161	4.379	0.0001
	Hecho en Guerrero	-0.164	0.048	-3.382	1.000
Origen	Denominación de origen	-0.591	0.040	14.725	1.000
Protección jurídica	agave silevestre	-0.124	0.140	-0.883	0.811
Tipo de agave	Mezcal certificado	0.617	0.117	5.298	0.0001
	Precio MXN \$ 400	0.521	0.087	5.959	0.0001
	Precio MXN \$ 600	0.768	0.059	13.045	0.0001
Certificaciones	Precio MXN \$ 1 800	0.721	0.041	17.428	0.0001

6.5. Conclusiones

La disposición a pagar un sobreprecio por un mezcal estuvo influenciada significativamente cuando el consumidor consideró que es importante que cuente con especificaciones y/o características del proceso de elaboración, envase y etiquetado con información específica.

Las variables que influyeron significativamente y estuvieron estrechamente relacionadas con la disposición a pagar un sobreprecio de los diferentes tipos de mezcales fueron la diferenciación del tipo de proceso, certificaciones, la información del tipo y su procedencia. De esta manera los resultados obtenidos proporcionan información puntual de aquellas variables tangibles e intangibles que influyen directamente en la percepción de los consumidores para la disposición a pagar un sobreprecio y de esta manera procurar el desarrollo de estrategias encaminadas a incrementar la valoración del mezcal.

6.6. Literatura citada

- Asiimwe, R., Katungi, E., Marimo, P., Mukankusi, C., Rubyogo, J. C., & Anthony, V. (2024). Evaluating consumer preferences for reduced cooking time, taste and colour of beans in rural and urban communities in Uganda. Volume 13, Issue 1, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s40066-024-00466-4>
- Barrera Rodríguez, A. I., Espejel, A., Pérez, M. G., Ramírez García, A. G., Barrera Rodríguez, A. I., Espejel, A., Pérez, M. G., & Ramírez García, A. G. (2022). Atributos tangibles e intangibles y diferenciación sensorial de la vainilla mexicana. *Polibotánica*, 0(54), 241–255. <https://doi.org/10.18387/POLIBOTANICA.54.15>
- Barrera-Rodríguez, A. I., Cuevas-Reyes, V., & Espejel-García, A. (2019). Factores de valoración en consumidores de mezcal en Oaxaca. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54). <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.811>

- Begho, T., & Zhu, Y. (2023). Determinants of consumer acceptance of meat analogues: Exploring measures of risk preferences in predicting consumption. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100509. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100509>
- Brage Escalona, M. (2020). Categorical data analysis: logistic and multinomial regression. https://www.bing.com/search?q=An%C2%B4alisis+de+datos+categ%C2%B4oricos%3A+regresi%C2%B4on+log%C2%B4%C4%B1stica+y+multinomial+Categorical+data+analysis%3A+logistic+and+multinomial+regression+Trabajo+Fin+de+Gra&cvid=28f09d57ff4d42bd992c1d34bc1ca09e&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIICA EQ6QcY_FXSAQgxMDA2ajBqNKgCALACAQ&FORM=ANAB01&PC=U531&ntref=1
- Bro, A. S., Ortega, D. L., Clay, D. C., & Richardson, R. B. (2020). Understanding individuals' incentives for climate change adaptation in Nicaragua's coffee sector. *Climate and Development*, 12(4), 332–342. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1619506>
- COMERCAM. (s/f). Estadísticas – COMERCAM. Recuperado el 17 de abril de 2024, de <https://comercam-dom.org.mx/estadisticas/>
- Endara, P., Wiedmann, M., & Adalja, A. (2023). Consumer willingness to pay for shelf life of high-temperature, short-time-pasteurized fluid milk: Implications for smart labeling and food waste reduction. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22968>
- Gallais, A., & Livat, F. (2024). Willingness to pay for female-made wine: Evidence from an online experiment. *Journal of Wine Economics*, 19(1), 41–63. <https://doi.org/10.1017/JWE.2023.34>
- Gichuyia, C. M., Mtimet, N., Fèvre, E. M., Thomas, L. F., Gathura, P. B., Onono, J. O., & Akaichi, F. (2024). Consumer preferences and willingness to pay for safe pork products in rural Kenya. *Meat Science*, 211, 109450. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2024.109450>

- Gottselig, V., Wuppermann, A., & Herrmann, C. (2023). Effects of green nudges on consumer valuation of sustainable food: A discrete choice experiment. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 32(2), 233–240. <https://doi.org/10.14512/GAIA.32.2.6>
- Gracia, A., López, B., & Virué, S. (2011). Disposición a pagar por zumos naturales: aplicación de un experimento de elección. 107(1), 21–32.
- Grunert, K. G., Bredahl, L., & Brunsø, K. (2004). Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - A review. En *Meat Science* (Vol. 66, Número 2). [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00130-X)
- Hole, A. R., & Kolstad, J. R. (2012). Mixed logit estimation of willingness to pay distributions: A comparison of models in preference and WTP space using data from a health-related choice experiment. *Empirical Economics*, 42(2). <https://doi.org/10.1007/s00181-011-0500-1>
- IMPI. (2024). Servicios que ofrece el IMPI | Marcas | Denominaciones de Origen e Indicaciones Geográficas | Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial | Gobierno | gob.mx. <https://www.gob.mx/impi/acciones-y-programas/servicios-que-ofrece-el-impi-marcas-denominaciones-de-origen-e-indicaciones-geograficas>
- INEGI. (2024). NOTA TÉCNICA ENCUESTAS DE VIAJEROS INTERNACIONALES Enero de 2024.
- Liu, J., Hocquette, É., Ellies-Oury, M. P., Chriki, S., & Hocquette, J. F. (2021). Chinese consumers' attitudes and potential acceptance toward artificial meat. Volume 10, Issue 2, 10(2). <https://doi.org/10.3390/foods10020353>
- Loureiro, M. L., & Nahuelhual, L. (2004). Using Random Parameters to Account for Heterogeneous Preferences in Contingent Valuation of Public Open Space – *Journal of Agricultural*. <https://jareonline.org/articles/using-random-parameters-to-account-for-heterogeneous-preferences-in-contingent-valuation-of-public-open-space/>

- Marandure, T., Mapiye, C., Makombe, G., Nengovhela, B., Strydom, P., Muchenje, V., & Dzama, K. (2016). Beef traders' and consumers' perceptions on the development of a natural pasture-fed beef brand by smallholder cattle producers in South Africa. *African Journal of Range & Forage Science*, 33(3), 207–214. <https://doi.org/10.2989/10220119.2016.1235616>
- Maró, Z. M., Balogh, P., Czine, P., & Török, Á. (2023). The roles of geographic indication and ethnocentrism in the preferences of Central European spirit consumers: The case of pálinka. *Food Quality and Preference*, 108, 104878. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2023.104878>
- Matita, M., Mazalale, J., Quaife, M., Johnston, D., Cornelsen, L., Kamwanja, T., Smith, R., & Walls, H. (2024). Food choice responses to changes in the price of a staple crop: a discrete choice experiment of maize in rural Malawi. *Food Security*, 16(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S12571-023-01401-4/FIGURES/3>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, P. Y. A. D. E. (2022). DATOS DE LAS BEBIDAS ESPIRITUOSAS CON INDICACIÓN GEOGRÁFICA. <https://cpage.mpr.gob.es/>
- Murillo, J. T., Hernández Ortiz, J., Ángel, M., & Damián, M. (2019). Willingness to pay for organic products in Texcoco, State of Mexico. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 10(7).
- Nitzko, S., Bahrs, E., & Spiller, A. (2024). Consumer willingness to pay for pesticide-free food products with different processing degrees: Does additional information on cultivation have an influence? *Farming System*, 2(1), 100059. <https://doi.org/10.1016/J.FARSYS.2023.100059>
- NOM-070. (s/f). Recuperado el 17 de abril de 2024, de https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/6437/seeco11_C/seeco11_C.html
- Poulos, C., Kinter, E., Yang, J. C., Bridges, J. F. P., Posner, J., & Reder, A. T. (2016). Patient Preferences for Injectable Treatments for Multiple

Sclerosis in the United States: A Discrete-Choice Experiment. *The patient*, 9(2), 171–180. <https://doi.org/10.1007/S40271-015-0136-X>

Quester, P. G., & Smart, J. (1998). The influence of consumption situation and product involvement over consumers' use of product attribute. *Journal of Consumer Marketing*, 15(3), 220–238. <https://doi.org/10.1108/07363769810219107/FULL/XML>

Rahimi, F., Rasekh, H. R., Peiravian, F., & Abbasian, E. (2018). Using Discrete Choice Experiment to Determine Willingness to Pay for Interferon-Beta Drugs by Multiple Sclerosis Patients: Willingness to Pay for Interferon-Beta Drugs in Multiple Sclerosis Patients. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(4), 71–78. <https://doi.org/10.22037/IJPS.V14.40628>

Ramírez-Cordero, F., Mora-Flores, J. S., García-Salazar, J. A., Valtierra-Pacheco, E., Hernández-Mendo, O., & Martínez-Damián, M. Á. (2024). Factores que determinan el consumo de leche bovina en el municipio de Texcoco, Estado de México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. <https://doi.org/10.24836/ES.V34I63.1414>

Ramírez-Toscano, Y., Canto-Osorio, F., & Carnalla, M. (2022). Vista de Patrones de consumo de alcohol en adolescentes y adultos mexicanos: Ensanut Continua 2022. <https://doi.org/https://doi.org/10.21149/14817>

Sepúlveda, W. S., Ureta, I., Hernández, G. A., & Solorzano, G. K. (2017). CONSUMO DE PLÁTANO EN ECUADOR: HÁBITOS DE COMPRA Y DISPONIBILIDAD A PAGAR DE LOS CONSUMIDORES. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 10(4), 995–1014. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2017V10N4P995-1014>

Sgroi, F., Maenza, L., & Modica, F. (2023). Exploring consumer behavior and willingness to pay regarding sustainable wine certification. *Journal of*

Agriculture and Food Research, 14, 100681.
<https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2023.100681>

Sherif, M., & Cantril, H. (2006). The psychology of ego-involvements: Social attitudes and identifications. The psychology of ego-involvements: Social attitudes and identifications. <https://doi.org/10.1037/10840-000>

SIE. (2024, mayo 29). SIE - Mercado cambiario. <https://www.banxico.org.mx/tipcamb/main.do?page=tip&idioma=sp>

Snapp, S. S., & Fisher, M. (2015). "Filling the maize basket" supports crop diversity and quality of household diet in Malawi. Food Security, 7(1), 83–96. <https://doi.org/10.1007/S12571-014-0410-0/TABLES/5>

Vecchio, R. (2013). Determinants of willingness-to-pay for sustainable wine: Evidence from experimental auctions. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2013.11.002>

Xu, X., Wang, X., Song, C., Yan, B., Zhang, R., Li, L., & Zhou, X. (2023). The effect of a One Health message intervention on willingness to pay for antibiotic-free animal foods: A randomized controlled trial among Chinese college students. One Health, 17. <https://doi.org/10.1016/J.ONEHLT.2023.100612>

Yang, Y., Hobbs, J. E., & Natcher, D. C. (2020). Assessing consumer willingness to pay for Arctic food products. Food Policy, 92, 101846. <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2020.101846>

Puebla, R. A. (s. f.). Impulsa Agricultura producción de mezcal en 13 entidades del país. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura%7Cpuebla/prensa/impulsa-agricultura-produccion-de-mezcal-en-13-entidades-del-p>

7. CONCLUSIONES GENERALES

La presente investigación demuestra de manera concluyente que el mezcal de Guerrero trasciende la mera categoría de bebida alcohólica para consolidarse como un producto arraigado en la identidad cultural y las tradiciones de la región, dotado de un significativo valor simbólico.

Mediante el uso integrado de análisis químico (FT-NIR, CG-EM) y sensorial (RATA), se logró establecer una huella espectroscópica y un perfil sensorial únicos para el mezcal guerrerense, lo que permitió su diferenciación por regiones geográficas específicas, como el Norte y el Centro del estado. Esta caracterización científica es crucial no solo para autenticar el producto, sino también para comprender los atributos específicos que lo distinguen, como las notas dulces y de maguey cocido que resultan agradables para los consumidores. Aunque también se identificaron aromas menos deseables, como los asociados a la acetona, estos hallazgos subrayan la importancia de las prácticas de producción en el perfil final del mezcal.

Más allá de sus características intrínsecas, esta tesis también puso de manifiesto el profundo valor simbólico que el mezcal de Guerrero posee para sus consumidores, especialmente dentro del estado, donde es percibido como un emblema cultural y tradicional, en contraste con su percepción más utilitaria fuera de la región. Este capital simbólico es un diferenciador clave en el mercado y contribuye significativamente a su posicionamiento a nivel nacional, realzando su potencial económico. Notablemente, mientras que la etiqueta "Hecho en

En síntesis, la combinación de sus distintivos perfiles químicos y sensoriales, junto con sus fuertes asociaciones culturales y simbólicas, definen al mezcal de Guerrero como un producto tradicional diferenciado y de alto valor. Estos hallazgos proporcionan una base empírica sólida para el desarrollo de estrategias orientadas a potenciar la valorización, comercialización y el posicionamiento competitivo del mezcal guerrerense en los mercados nacionales e internacionales, garantizando al mismo tiempo la preservación del conocimiento ancestral y las prácticas artesanales que lo hacen verdaderamente único

8. Anexos

8.1. ANEXO 1 FORMATO ANALISIS SENSORIAL



Lab. de Evaluación Sensorial Dep. De Ingeniería Agroindustrial-UACH

Evaluación sensorial de mezcal guerrerense

FORMATO A

Fecha: 26/02/2025

Instrucción: Frente a usted tiene muestras de mezcal codificadas, escriba el código de la muestra. A continuación, tiene una lista de descriptores de olor. **Primero lea la lista y en la columna “aplica”, marque CON UNA X o ✓** las características que describen a cada muestra. De las características que marcó, indique la intensidad con que las percibe.

Característica	Aplica	INTENSIDAD PERCIBIDA								
		Baja			Intermedia			Mucha		
Olor a maguey cocido		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor a alcohol		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor dulce		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor a ceniza		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor a humo		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor a maguey quemado		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor a palma		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Color amarillo-verde		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor a químico		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor a maguey		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Rasposo		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor residual amargo		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor dulce		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor residual a alcohol		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Picor en cavidad nasal		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor agrio		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor a maguey cocido		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐						

Nombre _____

Fecha 27/02/25

Instrucción:

A continuación, de las muestras disgustadas anteriormente, indique el nivel de agrado, poniendo el código de cada una de las respectivas muestras sobre la escala que está debajo, según corresponda su apreciación.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
								
Me disgusta extremadamente			No me gusta ni me disgusta			Me gusta extremadamente		

Nombre _____

Fecha 27/02/25

Instrucción:

A continuación, de las muestras disgustadas anteriormente, indique el nivel de agrado, poniendo el código de cada una de las respectivas muestras sobre la escala que está debajo, según corresponda su apreciación.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
								
Me disgusta extremadamente			No me gusta ni me disgusta			Me gusta extremadamente		

8.2. Anexo 2. Encuesta para recolecta de datos sociales y económicos

Encuestado

26

Anónimo

85:09

Tiempo para completar

¿Sabías acerca de esto?

La **Denominación de Origen Protegida** es un nombre que identifica un producto originario de un lugar determinado, una región o, excepcionalmente, un país, cuya calidad deben fundamentalmente a un medio geográfico.

Mezcal ancestral: su elaboración debe cumplir lo siguiente:

- 1) **Cocción:** cocimiento de cabezas de maguey en **hornos de pozo o mampostería**;
- 2) **Molienda:** con mazo, tahona, **molino** chileno o egipcio, trapiche o desgarradora.
- 3) **Fermentación:** piletas de mampostería, **recipientes de madera o barro**, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).
- 4) **Destilación:** con fuego directo en alambiques de **caldera de cobre u olla de barro** y montera de barro, madera, cobre o acero inoxidable; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

Mezcal artesanal: su elaboración debe cumplir:

- 1) **Cocción:** cocimiento de cabezas de maguey en **hornos de pozo**.
- 2) **Molienda:** con mazo, tahona, **molino** chileno o egipcio.
- 3) **Fermentación:** recipientes de **madera o barro**, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).
- 4) **Destilación:** con fuego directo en **olla de barro y montera de barro** o madera; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

Mezcal (mezcal industrial): su elaboración debe cumplir:

- 1) **Cocción:** cocimiento de cabezas o jugos de maguey o agave en **hornos de autoclave**.
- 2) **Molienda:** se realiza por lo general en tren de **molinos o difusor**.
- 3) **Fermentación:** recipientes o tanques de **acero inoxidable**.
- 4) **Destilación:** **destiladores continuos o columnas de cobre o acero inoxidable**



Escriba palabras o frases que le evoquen la imagen de un mezcal del Estado de Guerrero



1

Escriba la primera palabra *

Origen

2

Escriba la segunda palabra *

Calidad

3

Escriba la tercera palabra *

Trabajo

B

6

Partiendo del hecho, que un *mezcal ancestral* es elaborado por *pequeños productores* del Estado de Guerrero ¿Estaría usted, dispuesto a pagar un sobreprecio por una presentación en una botella de 750 mL de esté mezcal? *

10%

ii

De las dos alternativas de mezcal que se le presentan a continuación, selecciona la opción que estaría dispuesto a comprar para una comida, cena informal o regalo para amigos o invitados, considerando las **cinco características de la etiqueta**:

7

*



A

ACEPTABILIDAD

Con base a su preferencia califique del 1 al 5 las siguientes categorías del mezcal, donde 1: me disgusta mucho y 5: me gusta mucho

15

Mezcal Ancestral *

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

16

Mezcal Artesanal *

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

17

Mezcal Industrial *

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

CARACTERÍSTICAS

Desde su punto de vista, ¿Cuáles son las características que describen a cada tipo de mezcal? (puede elegir una o más respuesta de acuerdo a lo que usted considere).

18

Mezcal ancestral *

- ☐ Ágaves silvestres
- ☐ Herramientas tradicionales
- ☐ Tecnología e innovación
- ☐ Pequeños productores
- ☒ Proceso más tradicional

Desde su punto de vista, ¿Cuáles son las características que describen a cada tipo de mezcal? (puede elegir una o más respuesta de acuerdo a lo que usted considere).

19

Mezcal artesanal *

- ☐ Agaves silvestres
- ☒ Herramientas tradicionales
- ☐ Tecnología e innovación
- ☒ Pequeños productores
- ☐ Proceso más tradicional

Desde su punto de vista, ¿Cuáles son las características que describen a cada tipo de mezcal? (puede elegir una o más respuesta de acuerdo a lo que usted considere).

20

Mezcal industrial *

- ☐ Agaves silvestres
- ☐ Herramientas tradicionales
- ☒ Tecnología e innovación
- ☐ Pequeños productores
- ☐ Proceso más tradicional

ASEVERACIONES

De acuerdo con cada enunciado, marque la casilla que más se apegue a su opinión, donde 1 corresponde a "totalmente en desacuerdo" y 5 "significa de acuerdo fuertemente"

21

Es importante que el mezcal cuente con un buen diseño de envase y etiquetado. *

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

ASEVERACIONES

De acuerdo con cada enunciado, marque la casilla que más se apegue a su opinión, donde 1 corresponde a "totalmente en desacuerdo" y 5 "significa de acuerdo fuertemente"

21

Es importante que el mezcal cuente con un buen diseño de envase y etiquetado. *

1

2

3

4

5

22

Es importante que el mezcal cuente con alguna certificación *

1

2

3

4

5

23

Para comprar mezcal, se basa en el conocimiento adquirido sobre la bebida (como se elabora, la cultura, la tradición o sus experiencias relacionadas con ella): *

1

2

3

4

5

Por último, nos podría apoyar respondiendo lo siguiente, para completar la encuesta.

24

EDAD *

18 años - 29 años



25

Estado de procedencia *

Oaxaca



26

Género *

MUJER



27

Ocupación *