



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, SENSORIAL Y PREFERENCIA DE CONSUMO EN MEZCAL DE PUEBLA

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

Presenta:

JESSICA GUADALUPE MARCOS TOXQUI

Bajo la supervisión de:

ANASTACIO, ESPEJEL GARCÍA, DR.

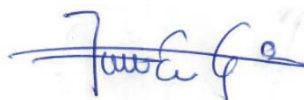


Chapingo, Estado de México, 2025.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, SENSORIAL Y PREFERENCIA DE CONSUMO EN MEZCAL DE PUEBLA

Tesis realizada por **Jessica Guadalupe Marcos Toxqui** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA



DIRECTOR:

DR. ANASTACIO ESPEJEL GARCÍA



ASESOR:

DRA. ARIADNA ISABEL BARRERA RODRÍGUEZ



ASESOR:

DR. EMMANUEL FLORES GIRÓN



ASESOR:

DR. SERGIO ERICK GARCÍA BARRÓN

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
DEDICATORIAS.....	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DATOS BIOGRÁFICOS	xi
RESUMEN GENERAL	xii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	14
1.2 Literatura citada	15
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
2.1 Antecedentes	16
2.2 Marco teórico	17
2.2.1 Alimentos tradicionales	17
2.2.2 Denominación de origen	17
2.2.3 Mezcal.....	18
2.2.4 Componentes volátiles.....	21
2.2.5 Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas	22
2.2.6 Espectroscopía de infrarrojo cercano	24
2.2.6 Análisis sensorial: perfil flash.....	25
2.2.7 Análisis conceptual	27
2.2.8 Valoración económica.....	28

2.3 Marco de referencia	31
2.3.1 Región de estudio	31
2.4 Literatura citada	33
3. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL MEZCAL USANDO ESPECTROSCOPIA FT-NIR Y CROMATOGRAFÍA DE GASES ACOPLADO A ESPECTROMETRÍA DE MASAS (GC-MS)	41
3.2 Introducción.....	43
3.3 Materiales y métodos	45
3.3.1 Descripción de las muestras.....	45
3.3.2 Espectroscopia de infrarrojo cercano y determinación de °Brix en mezcal.....	46
3.3.3 Cromatografía de gases	47
3.4 Resultados y Discusión.....	48
3.5 Conclusión	57
3.6 Literatura citada	57
4. ANÁLISIS SENSORIAL DEL MEZCAL ARTESANAL DE PUEBLA MEDIANTE EL MÉTODO DE PERFIL FLASH.....	63
4.1 Resumen.....	63
4.2 Introducción.....	65
4.3 Materiales y métodos	67
4.3.1 Selección de las muestras.....	67
4.3.2 Evaluación sensorial	67
4.3.3 Análisis de datos.....	68
4.4 Resultados y discusión	69
4.5 Conclusión	74
4.6 Literatura citada	75

5. ATRIBUTOS DE VALORIZACIÓN Y SIGNIFICADOS DE COMPRA EN CONSUMIDORES DE MEZCAL DEL ESTADO DE PUEBLA**	78
5.1 Resumen	78
5.2 Introducción	80
5.3 Materiales y métodos	83
5.3.1 Participantes y diseño de encuesta	83
5.3.2 Análisis de datos	83
5.4 Resultados y discusión	86
5.4.1 Características de los consumidores	86
5.4.2 Índice de diversidad y de rareza	88
5.4.3 Categoría de palabras generadas	89
5.4.4 Porcentajes de las categorías mencionadas por región.	90
5.4.5 Representación gráfica de la relación de las categorías evocadas....	92
5.4.6 Rueda de significados.....	93
5.5 Conclusiones.....	96
5.6 Literatura citada	97
6. EXPERIMENTOS DE ELECCIÓN DISCRETA: PREFERENCIA DE CONSUMO DE MEZCAL DE PUEBLA	100
6.1 Resumen.....	100
6.2 Introducción.....	102
6.3 Materiales y métodos	105
6.3.1 Objeto de estudio.....	105
6.3.2 Diseño de la encuesta y elección de atributos	105
6.3.3 Diseño estadístico experimental	107
6.3.4 Análisis estadístico	108
6.4 Resultados y discusión	108

6.4.1 Caracterización sociodemográfica de los consumidores.....	108
6.4.2 Preferencia de consumo de mezcal.....	111
6.4.3 Análisis econométrico	112
6.4.5 Disposición a pagar marginal.....	115
6.5 Conclusión	118
6.6 Literatura citada	119
7. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MEZCAL POBLANO POR EL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE.....	123
7.1 Resumen.....	123
7.2 Introducción.....	125
7.3 Materiales y métodos.	126
7.4 Resultados y discusión	128
7.5 Conclusiones.....	134
7.6 Literatura citada	135
8. CONCLUSIÓN GENERAL	140
9. ANEXOS.....	141

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características de las muestras de mezcal	46
Cuadro 2. Contenido de sólidos solubles y grado alcohólico	53
Cuadro 3. Compuestos químicos presentes en el mezcal de Puebla	56
Cuadro 4. Codificación de las muestras de mezcal de Puebla	67
Cuadro 5. Características sociodemográficas de los participantes.....	87
Cuadro 6. Parámetros evaluados por región	88
Cuadro 7. Categoría, ejemplos y tipo de significados del estímulo evaluado	90
Cuadro 8. Porcentaje de cada categoría asignada por región	91
Cuadro 9. Atributos y niveles del experimento de elección.....	107
Cuadro 10. ID de las tarjetas del experimento de elección	107
Cuadro 11. Características sociodemográficas de los participantes.....	110
Cuadro 12. Resultados de las estimaciones econométricas.....	114
Cuadro 13. Disposición a pagar marginal	115
Cuadro 14. Características sociodemográficas de los participantes.....	129
Cuadro 15. Porcentajes de elección por DAP por diferentes mezcales de Puebla	130
Cuadro 16. Disposición a pagar por mezcales de Puebla	131
Cuadro 17. Resultados del modelo Tobit para mezcales de Puebla	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectros de infrarrojo cercano de muestras de mezcal de Puebla...	50
Figura 2. Gráfico de componentes principales (ACP) de las muestras de mezcal.	51
Figura 3. Gráfico de componentes principales de las muestras de mezcal de Puebla con distintos contenidos de alcohol.	52
Figura 4. Gráfico de cromatogramas de las seis muestras de mezcal analizadas.	54
Figura 6. Gráfico de contribución de jueces por atributo sensorial (Análisis de Componentes Principales - ACP).....	70
Figura 7. Representación gráfica de los atributos sensoriales obtenidos mediante la metodología Perfil Flash para las muestras de mezcal analizadas.	72
Figura 8. Grafica de objetos correspondiente al análisis sensorial tipo Flash. ..	73
Figura 9. Biplot sensorial de Análisis de Componentes Principales (ACP).....	74
Figura 10. Representación gráfica de las categorías evocadas por los consumidores para "mezcal de Puebla".	92
Figura 11. Rueda de significados.	94
Figura 12. Ejemplo de conjunto de tarjetas.	108
Figura 13. Preferencia de consumo de mezcal	112

DEDICATORIAS

A mis amados padres Pilar Toxqui y Felipe Marcos, por quererme tanto, por ser mis guías, por sus sabios consejos, por sus sacrificios y por ser siempre mi motor para seguir adelante, motivándome a ser mejor y a luchar por mis metas.

A mi hermana Maribel por sus consejos, por sus regaños y por estar al pendiente de mi salud.

A mi hermano Emmanuel por motivarme, por apoyarme en todo momento y por siempre estar presente en cada paso.

A mi hermano Brayan por mostrarme la otra cara de la vida y demostrarme que siempre se puede mientras se quiera.

A mis amigos y familiares por sus palabras de aliento.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo financiero asignado durante la elaboración de la presente tesis.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, por abrirme nuevamente las puertas y darme la oportunidad de continuar con mi formación académica.

Al Dr. Anastacio Espejel García por darme nuevamente la oportunidad de trabajar con una gran persona y guía como lo es él, por sus conocimientos brindados, por sus consejos y motivaciones, por el apoyo en todo momento y sobre todo por abrirme la oportunidad de explorar otro país.

A mis asesores a la Dra. Ariadna Isabel Barrera Rodríguez, al Dr. Emmanuel Flores Girón y al Dr. Sergio Erick García Barrón, por confiar en mí, por su tiempo y por aportar sus conocimientos a esta investigación.

Al Dr. Francisco Alcón por su tiempo y sus conocimientos compartidos en la breve estancia por España y por hacernos sentir como en casa.

A mis padres Felipe Marcos y Pilar Toxqui, por ser mis guías de vida, por sus palabras de aliento, por el apoyo y el interés mostrado durante esta etapa de mi vida, por siempre esperarme en casa con los brazos abiertos.

A mis hermanos Maribel, Emmanuel y Brayan por su apoyo incondicional en cada etapa y por el gran equipo que formamos juntos.

A mis amigos y compañeros de la maestría Walter, Ricardo, Miguel y Yareth, por el grandioso equipo de trabajo que conformamos durante este periodo, por la ayuda brindada y por sus consejos en cada paso.

A todo los que formaron parte de este proyecto

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui

Fecha de nacimiento: 28 de octubre de 1996

Lugar de nacimiento: Santa María Coapan, Tehuacán,
Puebla

CURP: MATJ961028MPLRXS04



Desarrollo académico

Bachillerato: Unidad Educativa Profesor Porfirio O. Morales, Tehuacán, Puebla

Licenciatura: Ingeniero Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo

Cédula profesional: 13437796

RESUMEN GENERAL

Caracterización química, sensorial y de preferencia de consumo del mezcal de Puebla

El mezcal es una bebida espirituosa tradicional de México, reconocida por su complejidad sensorial, su proceso de producción tradicional y el fuerte vínculo con las culturas originarias y su origen geográfico. En los últimos años, el estado de Puebla se ha posicionado como uno de los principales productores de mezcal a nivel nacional, destacando por la calidad de sus agaves y su diversidad territorial. A pesar de contar con Denominación de Origen desde 2015, el mezcal poblano aún enfrenta desafíos en cuanto a su valorización y posicionamiento. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar integralmente el mezcal producido en Puebla mediante un enfoque multidisciplinario que integra análisis químico, sensorial y de percepción del consumidor. Para ello, se identificaron y cuantificaron compuestos volátiles y contenido alcohólico de mezcales elaborados con *Agave potatorum zucc.* (Papalómetl), mediante espectroscopía de infrarrojo cercano (FT-NIR) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). Además, se aplicó la técnica de Perfil Flash con consumidores para identificar los atributos sensoriales en mezcales de distintas regiones del estado. Asimismo, se utilizó la técnica de asociación libre de palabras para explorar las representaciones simbólicas y utilitarias del mezcal de Puebla. Finalmente, se usó la metodología de experimentos de elección discreta para identificar los atributos de preferencia que influyen en la decisión de compra y la disposición a pagar. Los resultados muestran que el mezcal poblano presenta perfiles químicos y sensoriales diferenciados según su origen geográfico, así como atributos específicos asociados a este. En conjunto los resultados aportan evidencia para fortalecer la identidad territorial del mezcal poblano, promover estrategias de valorización y contribuir al desarrollo de las comunidades productoras.

Palabras clave: artesanal, FT-NIR, cromatografía, disposición a pagar, atributos.

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

Autor: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui

Director de tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

GENERAL ABSTRACT

Chemical, sensory and consumption preference characterization of mezcal from Puebla.

Mezcal is a traditional Mexican spirit, recognized for its sensory complexity, its traditional production process and its strong link to the original cultures and its geographic origin. In recent years, the state of Puebla has positioned itself as one of the main producers of mezcal at the national level, standing out for the quality of its agaves and its territorial diversity. Despite having a Denomination of Origin since 2015, mezcal from Puebla still faces challenges in terms of its valorization and positioning. The present study aimed to comprehensively characterize the mezcal produced in Puebla through a multidisciplinary approach that integrates chemical, sensory and consumer perception analysis. To this end, volatile compounds, and alcohol content of mezcals made from *Agave potatorum* zucc. (Papalometl) were identified and quantified using near infrared spectroscopy (FT-NIR) and gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). In addition, the Flash Profile technique was applied with consumers to identify sensory attributes in mezcals from different regions of the state. Likewise, the free word association technique was used to explore the symbolic and utilitarian representations of mezcal from Puebla. Finally, the methodology of discrete choice experiments was used to identify the preference attributes that influence the purchase decision and the willingness to buy mezcal from Puebla. The results show that mezcal poblano has chemical and sensory profiles differentiated according to its geographic origin, as well as specific attributes associated with it. Overall, the results provide evidence to strengthen the territorial identity of mezcal poblano, promote valorization strategies, and contribute to the development of the producing communities.

Keywords: artisanal, FT-NIR, chromatography, willingness to pay, attributes.

Master of Science Thesis,
Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui.
Thesis advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El mezcal es una bebida espirituosa de México, considerada por muchos emblemática y tradicional tanto por su proceso de producción artesanal como por el arraigo cultural que los pueblos originarios le otorgan, por lo que, se ha consolidado como un símbolo de identidad nacional y de las raíces culturales de las regiones del país donde se elabora (Vera et al., 2020). El mezcal es una bebida alcohólica que comparte similitudes con el tequila; sin embargo, se reconoce que el tequila constituye una variedad específica de mezcal (Pérez, 2016). El estado de Puebla actualmente ocupa la segunda posición como productor de este destilado, de acuerdo con el Consejo Regulador de Mezcal, organismo encargado de garantizar la calidad y autenticidad del mezcal (COMERCAM, 2024).

En este sentido, el mezcal de Puebla representa una manifestación del patrimonio cultural, agrícola y económico del estado. A pesar de contar con Denominación de Origen y ser un destacado productor, la visibilidad y valorización de sus productos, variedades de agave nativos (como el Papalometl) y métodos artesanales aún son limitadas frente a otras regiones mezcaleras consolidada con mayor reconocimiento y aceptación por el consumidor. Estudiar el mezcal poblano permite documentar sus particularidades fisicoquímicas, sensoriales y simbólicas, así como analizar su potencial en mercados especializados a través de consumidores. Esta investigación busca aportar conocimiento para fortalecer su identidad territorial, promover su desarrollo y contribuir a la revalorización del mezcal en el estado

Para cumplir con los objetivos de esta investigación, el presente trabajo se estructura en siete capítulos. El segundo capítulo está dedicado a la revisión de la literatura, e incluye antecedentes de estudios relacionados con el mezcal, así como el marco teórico y el marco de referencia contextual sobre la región de estudio

En el tercer capítulo se realizó la identificación y cuantificación de compuestos volátiles, así como la determinación del contenido alcohólico, utilizando espectroscopía de infrarrojo cercano (FT-NIR) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

En el capítulo cuarto se empleó la técnica descriptiva Perfil Flash para identificar los atributos sensoriales de mezcales artesanales elaborados con la misma variedad de agave en distintas regiones de Puebla.

En el quinto capítulo con el propósito de comprender cómo los consumidores perciben y valoran el mezcal producido en el estado de Puebla, se identificaron los atributos asociados al mezcal mediante la aplicación de la técnica de asociación libre de palabras, con el fin de explorar las representaciones simbólicas y utilitarias que los consumidores vinculan con esta bebida.

En el sexto y séptimo capítulo mediante experimentos de elección de discreta y valoración contingente se identificaron los atributos de preferencia que influyen en la decisión de compra del mezcal de Puebla y su disposición a pagar por ellos.

1.2 Literatura citada

- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. (COMERCAM) (2024). Informe estadístico 2024. Obtenido de: https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2024/04/PUBLICO_INFORME_2024.pdf
- Pérez, E., Chávez, M. & González, J. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 18 (1).148-164.
- Vera, A., Santiago, P., & López, G. (2009). Compuestos volátiles aromáticos generados durante la elaboración de mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. *Revista fitotecnia mexicana*, 32(4), 273-279.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

En los últimos años, diversos estudios han abordado la producción, percepción y valoración del mezcal en distintas regiones de México.

En Puebla, Benítez (2023) analizó la sostenibilidad de la producción de agave y mezcal artesanal mediante indicadores sociales, económicos y ambientales, identificó tres agroecosistemas y destacó que la diversificación de cultivos y el conocimiento local favorecen sistemas más sostenibles.

En Oaxaca, López (2022), se enfocó en estudiar los metabolitos presentes en el mezcal artesanal identificando aquellos responsables de otorgar propiedades sensoriales distintivas usando cromatografía de gases, y desde una perspectiva sensorial, simbólica y de mercado, López (2021) desarrolló un análisis integral del mezcal ancestral producido en Santa María Ixcatlán, de forma complementaria, Pablo (2022) estudió la caracterización sensorial y química de mezcales artesanales y ancestrales, confirmando la influencia de los atributos tangibles e intangibles en las preferencias del consumidor. De manera similar, pero en el Estado de México, Reza (2024) caracterizó el mezcal elaborado con agave de esta zona e identificó los atributos más resaltantes, además, caracterizó morfológicamente especies de agave utilizadas para elaborar bebidas destiladas en sur del estado.

En conjunto, estos estudios muestran un creciente interés por comprender al mezcal no solo como producto agrícola o comercial, sino como una expresión cultural, donde se integran prácticas tradicionales, percepciones sensoriales y valores sociales.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Alimentos tradicionales

El término tradicional en relación con un alimento se refiere a los atributos que el consumidor identifica y al proceso de elaboración transmitido de generación en generación (Al-Khusaibi & Rahman, 2019). Una definición científica de alimento tradicional abarca aspectos de nutrición y salud, así como consideraciones sobre el medio ambiente, la ecología y la cultura de los pueblos (Troncoso, 2019). De acuerdo con la Comisión Europea, se dice que es un alimento es tradicional si se demuestra que el uso se transmite entre generaciones considerando la generación humana de al menos 25 años (UE, 2006).

Amilien et al, (2013), mencionan que el concepto de alimento tradicional se utiliza para mantener la valoración histórica de un producto, como un sentido de identidad y pertenencia, basado en la conexión del significado entre el tiempo, el conocimiento y el lugar geográfico de procedencia.

Los alimentos tradicionales poseen un valor social y económico considerable, por lo que, es un reto para la industria alimentaria el desarrollar nuevos productos que sigan las tendencias modernas, preservando al mismo tiempo la identidad de los productos tradicionales (Guiné et al., 2021). Además, forman un elemento importante en la cultura, identidad y propiedad, su calidad es clave para asegurar y ampliar su participación en el mercado (Guerrero et al., 2009), con base a ello, se ubica al mezcal dentro de este grupo.

2.2.2 Denominación de origen

Las denominaciones de origen se refieren a un lugar geográfico específico y protegen productos originarios de esa zona debido a sus particularidades, como el uso de materiales locales, métodos o procesos característicos, y factores naturales o humanos en su elaboración (Barco, 2007). Tres características definen a los productos con Denominación de Origen: primero, abarcan una zona geográfica reconocida; segundo, el producto protegido debe ser originario de esa

zona geográfica; y, por último, el producto debe poseer cualidades especiales, como calidad o reputación, que lo diferencien y lo vinculen con ese lugar (Montenegro & Cabrera, 2018).

Las denominaciones de origen diferencian y dan valor a los productos que distinguen (Robles, 2002). Otorgan garantías a los consumidores respecto a la calidad de productos, tienen ventajas económicas al promover alianzas y asociaciones de empresas pequeñas y medianas y la exportación de distintas especialidades, generando riqueza al país y a las respectivas economías regionales (Errázuriz, 2010).

El Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. (COMERCAM) (2023), señala que desde 1994, el mezcal cuenta con Denominación de Origen, y para garantizar su autenticidad se debe demostrar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016 Bebidas alcohólicas, Mezcal, Especificaciones. Estados como Oaxaca, Guerrero, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Tamaulipas, Michoacán, Guanajuato y recientemente Puebla cuentan con denominación de origen “Mezcal” (Kirchmayr et al., 2017), lo que permite que su producto sea reconocido con las características y la calidad del medio geográfico en donde se encuentra.

2.2.3 Mezcal

La palabra mezcal viene de la voz náhuatl *mexcalli*, que significa maguey cocido, evocando, más que un territorio, una forma de cocción del agave de origen prehispánico (Arista, 2020), que se ha vuelto característica de los pueblos indígenas y campesinos de diferentes regiones de México (Kablan et al., 2024) con denominación de origen, como lo es el estado de Puebla.

De acuerdo con sus características sensoriales se describe al mezcal como un líquido de olor y sabor *sui generis*, estos atributos varían según el tipo de agave utilizado y al proceso de elaboración, puede ser incoloro o ligeramente amarillo cuando es reposado o añejado en recipientes de madera de roble blanco o encino, o cuando se aboca sin reposarlo o añejarlo (García, 2012).

La producción del mezcal está regulada por la NOM-070-SCFI-2016; esta Norma Oficial Mexicana establece las características y especificaciones que debe cumplir la bebida alcohólica destilada denominada Mezcal para su producción, envasado y comercialización, además define al mezcal como 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.

Proceso de producción del mezcal (Kirchmayr et al., 2014):

- **Cocción:** Las piñas se cuecen para convertir los almidones en azúcares fermentables. Este proceso se realiza tradicionalmente en hornos de tierra, donde las piñas se colocan en un hoyo excavado en el suelo, se cubren con piedras calientes y se sellan con tierra. La cocción puede durar de 3 a 5 días.
- **Molienda:** Después de la cocción, el siguiente proceso es la molienda, la cual tiene como objetivo el desmenuzar los trozos de mayor tamaño del agave cocido, reduciéndolos a la menor fracción posible y la obtención de los jugos de agave ricos en azúcares y así facilitar la etapa posterior de fermentación.
- **Fermentación:** Los jugos obtenidos de la molienda, son diluidos y puestos en reposo para inducir la fermentación, a través de la cual, los azúcares son transformados en alcohol, en la mayoría de los casos, los productores que realizan el proceso mediante técnicas artesanales mezclan junto con el jugo, el bagazo triturado. Durante la etapa de fermentación se desarrollan microorganismos como hongos (levaduras) y bacterias que se alimentan del azúcar del maguey, transformándola en alcohol (en este proceso una molécula de azúcar se desdobra en dos de alcohol). La degradación de sustancias orgánicas por enzimas microbianas, acompañada frecuentemente de desprendimiento de gases.
- **Destilación:** Esta es la fase mediante la cual se realiza la separación de los alcoholes contenidos en el mosto fermentado una vez sometido al

calentamiento, evaporación y condensación, en esta etapa se utiliza generalmente un alambique, obteniéndose finalmente el mezcal.

Existen tres categorías de mezcal de acuerdo con la normativa vigente (NOM-070-SCFI-2016): ancestral, artesanal e industrial, que se distinguen por el uso de materiales distintos en cualquiera de sus etapas de elaboración (Barrera, 2019).

El Consejo Regulador del Mezcal apuntó que el 89 % de la producción mexicana de mezcal corresponde a la categoría artesanal, 10.5 % a mezcal (industrial) y solo el 0.05 % a mezcal ancestral. Además, reportó que la producción nacional para 2023 fue superior a ocho millones de litros, siendo Oaxaca el principal productor, con 6.9 millones de litros. El principal destino del mezcal mexicano es el mercado internacional, pues se exportaron 6.4 millones de litros, a través de 331 marcas comerciales, y Estados Unidos fue el principal comprador con 5.5 millones de litros (COMERCAM, 2023).

De acuerdo con la NOM-070-SCFI-2016, se establecen diferentes clases de mezcal entre ellos se encuentran:

- Blanco o Joven: Mezcal incoloro y translúcido que no está sujeto a ningún tipo de proceso posterior.
- Madurado en Vidrio: Mezcal estabilizado en recipiente de vidrio más de 12 meses, bajo tierra o en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.
- Abocado con: Mezcal al que se debe incorporar directamente ingredientes para adicionar sabores, tales como gusano de maguey, damiana, limón, miel, naranja, mango, entre otros, siempre que estén autorizados
- Destilado con: Mezcal que debe destilarse con ingredientes para incorporar sabores, tales como pechuga de pavo o pollo, conejo, mole, ciruelas, entre otros, en términos de la presente Norma Oficial Mexicana.

El mezcal es obtenido del Agave el cual botánicamente se encuentra ubicado dentro de la familia Agavaceae, su nombre proviene del griego Agavos que

significa “admirable o noble”, también se les conoce con el nombre común de “maguey” o “mezcal” (Pulido et al., 2015), el nombre fue elegido por Carl von Linneo, un naturalista sueco, para clasificar a la familia botánica de los magueyes en 1753 (SADER, 2015). Se aprovecha la piña o cabeza (tallo y base de sus hojas) para la elaboración de mezcal. La planta madura entre los siete y los diez años, aunque los ciclos de cultivo varían en las diferentes regiones (Financiera Rural, 2011).

De acuerdo con el INIFAP (2009), el Agave es endémico del continente americano con aproximadamente 200 especies, de las cuales 75 % se desarrollan en el país incluyendo a 129 taxa endémicos, por lo que México es considerado como su centro de origen y diversidad. Las zonas de mayor riqueza en especies de Agaves son: Oaxaca, Jalisco, Puebla (Valle Tehuacán–Cuicatlán), Sonora, Querétaro y Durango.

2.2.4 Componentes volátiles

En la calidad de una bebida alcohólica además de verificar que se cumplan las normas vigentes, se debe considerar la aceptación del consumidor en función de las características sensoriales que percibe, las cuales están asociadas a la composición de los productos, ya que la interacción de los componentes volátiles entre sí y con los receptores sensoriales del consumidor, producen las sensaciones sui generis de aroma y sabor (Tešević y col., 2005).

La calidad aromática de las bebidas dependerá de los compuestos volátiles que se generen en cada etapa de proceso de elaboración y, por tanto, es de gran trascendencia la caracterización química presente en ellas. (Yáñez -Pérez, 2001). De acuerdo con Mozqueda (2011), el mezcal puede ser categorizado basándose en su composición química, aunque los consumidores tienden a caracterizarlo según sus atributos sensoriales al consumirlo, tales como su aroma, y sabor.

La calidad fisicoquímica es un factor importante por analizar para determinar la pureza del mezcal y saber si contiene alguna sustancia que pueda causar

malestares en nuestro organismo al consumirlo, NOM-070-SCFI-2016, establece parámetros para asegurar la calidad del mezcal.

La calidad sensorial del mezcal depende de diferentes factores y es importante para la aceptación del consumidor, en este sentido los rasgos más complejos y determinantes de la calidad sensorial son el aroma y el sabor, los cuales son el resultado de numerosos compuestos volátiles y no volátiles que interaccionan entre sí y que pertenecen a distintas familias químicas encontrándose en concentraciones variables (Vera et al., 2009).

En el mezcal se encuentran los llamados compuestos volátiles mayoritarios en altas concentraciones, también conocidos como compuestos aromáticos como metanol y alcoholes superiores, por otra parte, también están los minoritarios en bajas concentraciones como algunos ésteres, aldehídos, cetonas, ácidos, furanos y terpenos que contribuyen al aroma del mezcal (Gómez et al., 2016). Warren (2023), describe que las técnicas usadas para evaluar el perfil fisicoquímico de bebidas alcohólicas han evolucionado y se han propuesto nuevos métodos analíticos para determinar marcadores, huellas dactilares o parámetros adicionales que demuestren la calidad, composición y seguridad de las bebidas.

2.2.5 Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas

La cromatografía de gases (GC) es la técnica analítica establecida por la NOM-070-SCFI-2016 y Consejo Regulador del Mezcal (CRM) para evaluar cualitativa y cuantitativamente compuestos volátiles como: metanol, furfural y alcoholes superiores presentes en el mezcal, sin embargo, una limitante del uso de cromatografía de gases para la caracterización química del mezcal es que mediante esta técnica únicamente se detectan los metabolitos térmicamente estables presentes en la fracción volátil, dejando un vacío en el estudio e identificación de los metabolitos que se encuentran en la fracción no volátil, por lo que se han implementado técnicas como la espectrometría de masas para complementar el análisis (Rodríguez, 2020).

Sánchez et al., (2004) mencionan que el estudio de compuestos volátiles en bebidas alcohólicas, como el mezcal, usando cromatografía de gases es complicado, ya que, el agua y el etanol representan casi el 98-99% del área de los picos cromatográficos y en el resto se encuentran los demás componentes lo que es un problema para su identificación y cuantificación.

Para analizar los componentes volátiles del mezcal se utiliza una cromatografía de gases (GC), esta es una técnica de separación dinámica que se basa en la interacción de distintos analitos con dos medios: la fase estacionaria y la fase móvil. Como resultado de las interacciones cada analito migra a distinta velocidad a través de la fase estacionaria (Escalante, 2007). Para el análisis de muestras complejas se emplean acoplamientos de técnicas potentes de separación, como la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (EM). Este acoplamiento (CG- EM) es una técnica importante por su sensibilidad (límite de detección de picomoles) (Quiñones, 2016).

De León et al. (2006), analizaron mezcales (blanco, blanco con gusano, reposado, reposado con gusano y añejado) de San Luís Potosí, producidos a partir de *Agave salmiana*, analizados por cromatografía de gases y espectrometría de masas, identificaron 37 compuestos, 9 de ellos clasificados como compuestos mayoritarios del mezcal (alcoholes saturados, etil acetato, etil-2- hidroxipropanoato y ácido acético). Molina-Guerrero et al. (2007), analizaron extractos de mezcal por cromatografía de gases y espectrofotometría de masas (GC-MS), se identificaron 85 componentes que se clasificaron por su naturaleza química en acetales, ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas, aldehídos, ésteres, fenoles y terpenos, siendo los grupos más abundantes en constituyentes y presencia los alcoholes, ésteres y ácidos. Además, encontraron 30 componentes previamente reportados como importantes descriptores de aromas en bebidas alcohólicas.

2.2.6 Espectroscopía de infrarrojo cercano

La palabra “espectroscopia” deriva de la raíz latina *spectrum* (apariencia, imagen) y la palabra griega *skopia* (ver) (Miller, 2001).

La espectroscopia infrarroja (IR) es una técnica ampliamente empleada en la industria para identificar los principales grupos funcionales en la estructura molecular de un compuesto. Sus aplicaciones abarcan diversos campos, como la agricultura, el medioambiente, la biotecnología, la alimentación, la medicina y los textiles, entre otros (Sun, 2009).

Esta técnica se basa en longitudes de onda (λ) que van desde los 780 nm hasta los 106 μ m y se divide en tres regiones principales (Duglas et al, 20098): Infrarrojo cercano (NIR) (longitudes de onda de 0,8–2,5 μ m; 12 500–4000 cm^{-1}), aquí se observan absorciones relacionadas con sobretonos y combinaciones de bandas fundamentales; Infrarrojo medio (MIR) (2,5–15,4 μ m; 4000–650 cm^{-1}) corresponde a las vibraciones fundamentales y es la región más utilizada para el análisis estructural de compuestos orgánicos; Infrarrojo lejano (FIR) (15,4–100 μ m; 650–100 cm^{-1}), en esta región se producen absorciones asociadas a cambios rotacionales.

La espectroscopía de la reflectancia en infrarrojo cercano (NIR, del inglés Near Infra Red) es una técnica analítica no destructiva para estudiar las interacciones entre la luz incidente y la superficie de un material, además, requiere una mínima preparación de la muestra, el análisis es rápido y varios constituyentes pueden ser analizados simultáneamente (Cheng, 2001).

La espectroscopia de infrarrojo cercano en los últimos años se ha convertido en una herramienta importante en la investigación y ha abierto nuevas tendencias en aplicaciones industriales, ya que presenta una excelente capacidad de obtener información precisa sobre los principales constituyentes químicos (agua, carbohidratos, proteínas y grasa) e incluso de compuestos más minoritarios de los alimentos (Köllmann et al, 2025). La espectroscopia por infrarrojo cercano (NIR) es una metodología que se basa en la quimiometría, asociando la luz absorbida

en una muestra de alimento con la composición química de la misma y con base en ello se desarrollan ecuaciones de predicción por cada componente químico del alimento (Rivera, 2017).

Se ha usado en alimentos como avena (Mahgoub et al., 2024), en bebidas como: té negro (Firmani et al. 2019), café (De Carvalho et al., 202; Giraudo et al., 2019), vino (Petric et al., 2024; Menozzi et al., 2024; Paško et al., 2024; Fernández & Agosin, 2007), whisky (Kolobaric et al., 2023), cerveza Castritius et al., 2012), coñac (Picque et al., 2006), entre otros, para abordar problemas de autenticación y adulteración.

2.2.6 Análisis sensorial: perfil flash

La calidad sensorial hace referencia a un conjunto de características que diferencian entre distintas unidades de un producto y que influyen en la aceptación de este por el consumidor, por lo que no está ligado exclusivamente a características o propiedades intrínsecas del alimento, sino que es el resultado de la interacción entre éste y el consumidor (Costell, 2005).

La evaluación sensorial es una disciplina científica que mide, analiza e interpreta las reacciones percibidas por los sentidos (vista, gusto, olfato, oído y tacto) hacia ciertas propiedades de los alimentos o productos (Silva et al., 2021). Se concentra en el análisis las propiedades sensoriales de los productos así como en las respuestas individuales de las personas hacia los productos para posteriormente interpretar la respuesta del consumidor (Vivek et al., 2019).

En el estudio de los alimentos, la evaluación sensorial es esencial para describir atributos del producto, identificar diferencias o similitudes, detectar cambios, estimar la vida útil y guiar el desarrollo de nuevos alimentos. Sin embargo, una preocupación para las industrias alimentarias, especialmente para las pequeñas empresas y el ámbito académico es el elevado costo y el tiempo necesario para formar y mantener un panel descriptivo entrenado lo cual en algunas ocasiones resulta difícil (Meilgaard et al., 2015).

De acuerdo con Valera y Ares (2014), el perfil sensorial permite el desarrollo y reformulación de alimentos, identificando los atributos sensoriales esenciales para la aceptación del consumidor, generando un vínculo entre las características del producto y la percepción del cliente.

La calidad sensorial se puede determinar por diversos métodos y permiten evaluar determinadas propiedades de los alimentos para definir su importancia y además poder predecir la aceptabilidad del consumidor, los análisis descriptivos o perfiles sensoriales son los más utilizados (Delarue y Sieffermann, 2003; Andrade, 2016). Las técnicas más comunes son: de perfil flash (PF) y la metodología CATA, este último denominado marque todo lo que corresponda de una lista de términos presentados al consumidor.

El Perfil Flash, propuesto por por Dairou y Sieffermann (2002), es un método descriptivo que proporciona un acceso de clasificación más rápido y descripción de un conjunto de productos en relación con un método descriptivo tradicional (Kobayashi & de Toledo, 2012). El Perfil Flash (PF), es una técnica en donde los consumidores que la realizan describen los productos utilizando sus propios términos. El método se refiere a las diferencias relativas entre productos describiendo los atributos sensoriales de un grupo de productos y clasificándolos según la fuerza de estos atributos (Yixin et al., 2022). Los datos sensoriales generados son evaluados por el Análisis Procrustes Generalizado (APG), la cual es una herramienta estadística que elimina las diversas fuentes de variación entre los consumidores y se obtiene el mapa sensorial basado en el consenso de estos (Justino et al., 2016). El APG se considera un análisis exploratorio de datos multivariados y proporciona una interpretación gráfica de las distancias entre muestras, lo que se denomina espacio sensorial de atributos, este análisis bidimensional usa traslación, rotación y escalamiento para obtener la posición media de los productos (Ramírez, 2016).

El perfil flash se ha utilizado en diferentes productos como cerveza (Liñan et al., 2023), mezcal (López, 2021), hot dog (Puma et al., 2020), quesos (Ramón et al.,

2019) y autos (Delarue y Lawlor, 2014), también para el desarrollo de nuevos productos.

2.2.7 Análisis conceptual

Los productos alimentarios tradicionales son un elemento importante de la cultura, la identidad y el patrimonio humanos. Sin embargo, su producción todavía depende de prácticas de fabricación tradicionales, a menudo con baja competitividad, eficiencia e inversión (Guerrero, 2012). De acuerdo con Allen (2000) los valores humanos tienen una influencia directa en la preferencia de un producto con ello el consumidor lo provee de significados para hacerlo representativo de manera simbólica.

Los consumidores son el último paso de la cadena de producción y que se cumplan sus expectativas es una parte importante de su satisfacción y comportamiento de compra. Por tanto, es importante comprender los factores que afectan el comportamiento del consumidor (Font-i-Furnols, 2014). Involucrar a los consumidores como cocreadores contribuye positivamente para la aceptación de nuevos productos (Banović, 2016).

Las técnicas proyectivas proporcionan información que revelan los pensamientos y sentimientos internos de una persona, produciendo una respuesta más espontánea y afectiva por parte del consumidor, se basan en el uso de objetos o situaciones estímulos vagos, ambiguos y no estructurados en los que el consumidor proyecta su personalidad, actitud, opiniones y autoconcepto para darle cierta estructura a la situación (Donoghue, 2000).

La asociación de palabras es uno de los métodos más utilizados para la evaluación de estructuras conceptuales y también para estudiar las creencias o actitudes del consumidor (Ross, 2003). La metodología se basa en dar un estímulo a los encuestados y pidiéndoles que escriban las asociaciones que les viene a la mente (De Andrade, 2016). Por lo que se generan pensamientos y asociaciones espontaneas conscientes sobre los productos, después de ser considerados y evaluados individualmente, además están sujetas a menos

restricciones (Hovardas, 2006). La información generada es relevante para comprender las elecciones y decisiones de los consumidores relacionadas con la compra del producto (Mesías, 2018).

Hay dos rutas en la que los valores pueden influir en la opinión del consumidor; la directa y la indirecta. La primera ruta se realiza cuando los individuos otorgan un significado a algún producto y con ello emiten un juicio afectivo para que el producto cumpla con una función expresiva (Allen, 2008). De manera que, la asociación de palabras es una metodología fácil y rápida para recopilar información útil acerca de los motivos detrás de la elección de alimentos o la percepción de los consumidores sobre los productos alimenticios, y proporciona información de atributos que son relevantes para su aceptación (Ares, 2008).

2.2.8 Valoración económica

El conocimiento tiene un papel fundamental en el proceso de selección o determinación de las preferencias de los individuos. Bajo esta perspectiva, y con base en la teoría económica y de mercados, existen tres tipos de conocimiento: el conocimiento subjetivo, entendido como el conocimiento autopercebido o el conocimiento que piensa el usuario tener; el conocimiento objetivo, que es el conocimiento teórico evaluado a partir de un test (conocimiento cuantitativo) y el conocimiento derivado de la experiencia o exposición previa (Olson, 2003). Los tipos de conocimiento están correlacionados entre sí y explican gran parte del comportamiento, razón de elección y costumbres de uso o consumo de un producto (Gracia, 2022).

Los atributos intrínsecos inherentes al producto solo pueden conocerse al probar el producto, pues generan respuestas sensoriales. Por el contrario, los extrínsecos se aprecian sin experimentar el producto, y también pueden contener una alta carga de información. De este modo, para un individuo la compra es un proceso de elección donde solo puede apreciar extrínsecamente un producto para luego decidir si lo comprará (Dañobeitia, 2016).

La palabra valor tiene muchos significados dependiendo del ámbito del que se trate, una de las que más resalta es en el área del marketing para obtener una relación del producto y el consumidor. Kawagoe & Fukunaga, (2001) determinan para un consumidor la valoración de un producto se trata del valor económico asignado a este y lo que están dispuestos a pagar. Por el contrario Belletti, (2010) señala que la valorización de un producto es un proceso que incluye la protección y el reconocimiento y de los recursos locales que otorgan cierta tipicidad, lo denominado como valores del consumidor.

2.2.8.1 Valoración contingente

Los experimentos de elección pertenecen a la familia de técnicas de análisis conjunto y comparten el objetivo básico de estimar valores de no mercado a través de medir la disposición al pago o a ser compensado para conseguir una determinada mejora o evitar un daño (Álvarez & Howard, 2005).

El método de Valoración Contingente (VC), también llamado modelo hipotético, proporciona el valor económico que los individuos están dispuestos a pagar (DAP) por la mejora de un servicio o productos para los cuales no existe un valor establecido en el mercado, esta trata de simular un valor establecido por los usuarios del producto a través de encuestas con preguntas enfocadas a cuanto estaría dispuesto a pagar por un bien si tuviera que comprarlo o mejorarlo (Muñoz, 2019). El procedimiento estándar consiste en el diseño de un cuestionario en el cual se describe a los entrevistados las características del bien o del atributo a valorar (Berges & Casellas, 2008).

El método de valoración contingente pretende estimar la máxima disposición a pagar (DAP) de un individuo por la provisión o mejora de un bien de no mercado o, alternatively, la mínima disposición a ser compensado por la pérdida o disminución del disfrute de este bien (Osorio & Correa, 2009).

La regresión logística es un modelo en la que variable dependiente es binaria, también toma el nombre de modelo logarítmico. El modelo estima la probabilidad de que un individuo conteste que sí está dispuesto a pagar más por alguna

característica de un producto en función de sus características socioeconómicas (Long & Freese, 2006).

2.2.8.2 Experimentos de elección discreta

En los experimentos de elección discreta (EED) se construye un modelo hipotético que se presenta a los participantes, para lo cual, se generan varios conjuntos en tarjetas que contienen las alternativas de elección, estas tienen atributos o características del productos definidos con niveles (Viney et al., 2005; Melo, 2020).

Los modelos de elección discreta se basan en fundamentos teóricos provenientes principalmente de la teoría de la utilidad y la teoría de la probabilidad; la teoría de la utilidad es un pilar fundamental para los modelos de elección discreta (Louviere & Carson, 2010). Riera & Mogas (2006), describen que el modelo se basa en la idea de que los individuos toman decisiones racionales y buscan maximizar su satisfacción o utilidad al elegir entre diferentes opciones, esta utilidad es subjetiva y depende de las preferencias y objetivos del individuo, y; la teoría de la probabilidad es esencial para los modelos de elección discreta, ya que se utiliza para modelar las probabilidades de que un individuo elija una opción en particular. Los modelos de elección discreta asignan probabilidades a cada alternativa, lo que permite realizar predicciones y estimaciones sobre las elecciones futuras. Por lo que se asume que las elecciones de los encuestados revelan las preferencias de los individuos, quienes maximizan su utilidad dado un precio y nivel de presupuesto determinados (Tudela, 2010).

La metodología se usa para evaluar preferencias el diseño incluye un grupo de participantes a quienes se les presentan dos o más alternativas (intervención, servicio, etc.), con diferentes niveles de atributos (conocidos previamente) y, posteriormente, se evalúan las preferencias de los participantes entre diferentes niveles y combinaciones de atributos, logrando capturar las preferencias y variables que influyen al momento de realizar la elección (Garcia et al., 2022).

Los atributos pueden ser cuantitativos, cualitativos o genéricos. En el proceso de identificación de atributos y niveles son indispensables las estrategias de piloteo y discusión de grupos objetivo para garantizar que el diseño del experimento de elección incorpore los atributos más importantes (Oehlmann et al., 2017).

Alfranca (2020) menciona que los experimentos de elección discreta son descritos mediante un número finito de atributos, que pueden referirse a diferentes niveles, y de este modo un bien se describe mediante un número limitado de características, cuyos atributos individuales pueden tomar diferentes niveles.

El diseño incluye un grupo de participantes a quienes se les presentan dos o más alternativas con diferentes niveles de atributos (conocidos) y, posteriormente, se evalúan las preferencias de los participantes entre diferentes niveles y combinaciones de atributos, logrando capturar las preferencias y variables que influyen al momento de realizar la elección (García, 2022). Comparado con la valoración contingente, la principal ventaja de los experimentos de elección es que permiten estimar tanto los valores marginales de cada atributo como la media de la disposición a pagar para pasar del status quo a una alternativa específica (Riera & Mogas, 2006).

2.3 Marco de referencia

2.3.1 Región de estudio

Ubicada en un valle cerca de cuatro volcanes, Puebla está a 2 160 metros sobre nivel del mar en el centro oriente del territorio mexicano. Colinda al este con el estado de Veracruz, al poniente con los estados de Hidalgo, México, Tlaxcala y Morelos y al sur con los estados de Oaxaca y Guerrero (INEGI, 2022).

El estado de Puebla cuenta con una superficie de 34,306 km², lo que representa 1.7 % de la superficie del país. Dividido entre 217 municipios. La superficie estatal forma parte de las provincias: Sierra Madre del Sur, Eje Neovolcánico, Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte (Secretaria de Encomia, 2020).

El 35% de la superficie del estado presenta clima templado subhúmedo presente en la región central y sureste el 25% presenta clima cálido subhúmedo en la parte norte y sureste, el 19% presenta clima seco y semiseco hacia el sur y centro oeste, el 14% presenta clima cálido húmedo localiza en el norte y sureste, el 7% presenta clima templado húmedo en la región norte y una pequeña área hacia el sureste, también encontramos un pequeño porcentaje (0.2) de clima frío en la cumbre de los volcanes. La temperatura media anual del estado es de 17.5°C, la temperatura máxima promedio es de 28.5°C y se presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 6.5°C durante el mes de enero. La precipitación media estatal es de 1 270 mm anuales (INEGI, 2021)

En el estado de Puebla los agaves se distribuyen en diferentes ecosistemas, sin embargo, la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán es uno de los reservorios más importantes de diversidad de agave en México, pues alberga 34 especies de este género. Se han documentado 29 especies útiles con 12 categorías de uso diferentes (Torres et al, 2013). En las regiones mezcaleras poblanas, las especies silvestres de Agave que se utilizan para la elaboración de mezcal son *Agave potatorum* Zucc., comúnmente conocido como papalómetl, papalomé o tobalá y *Agave angustifolia* Haw. conocido como espadín (Barrera et al., 2023). El *Agave potatorum* pertenece a los agaves mezcaleros aptos o endémicos del estado y se distribuye en tierras semiáridas de las partes altas del estado, en altitudes que van de 1 240 a 2 300 msnm, en laderas con vegetación herbácea densa y remanentes de vegetación de pino y encino (García, 2010).

La historia del mezcal en Puebla se remonta a la época virreinal, aunque la utilización del agave para fines rituales y medicinales ya era común en tiempos prehispánicos. Los pueblos originarios de la región, particularmente en la Sierra Mixteca y el Valle de Tehuacán, empleaban el agave silvestre para la obtención de fibras, alimentos y medicinas (Sánchez, 2017). Sin embargo, después de la Revolución Mexicana en Puebla, los lugareños de las comunidades iniciaron el proceso productivo del mezcal, con el uso de los destiladores abandonados por los hacendados españoles (González, 2021). Con el paso del tiempo este

proceso productivo fue transmitido de un estrato social a otro y de generación en generación. A partir del año 2000 en Puebla se iniciaron acciones orientadas al fortalecimiento de la cadena productiva agave-mezcal, el cual, termino con la obtención de la Denominación de Origen (DO) en 2015, publicada en el Diario Oficial de la Federación, donde se incorporaron 115 municipios poblanos a dicho reconocimiento Benítez (2023).

2.4 Literatura citada

- Aguilera, Y. (2022). Caracterización de atributos tangibles e intangibles y valoración de la raicilla de jalisco. [Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo].
- Al-Khusaibi, M., & Rahman, M. (2019). Traditional Foods: Overview. *Traditional Foods*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24620-4_1.
- Alfranca, O. (2020). La Valoración del Agua y la aplicación del método de las Preferencias Declaradas: Valoración Contingente vs. Experimentos de Elección. *Agua y Territorio / Water And Landscape*, 15, 101-114. <https://doi.org/10.17561/at.15.4726>
- Allen, M. (2000). The Attribute-Mediation and Product Meaning Approaches to the Influences of Human Values on Consumer Choices. *Advances in Psychology Research*.
- Allen, M. W. (2008). The direct and indirect influences of human values on consumer choices (Doctoral thesis). Victoria University of Wellington. Wellington, NZ.
- Álvarez-Farizo, B., Gil-Roig, J. M., & Howard, B. J. (2005). Evaluación de impactos ambientales derivados de estrategias de restauración a través de las decisiones de jurados de ciudadanos. *Economía Agraria y Recursos Naturales-Agricultural and Resource Economics*, 19-39.
- Amilien V, Wehn A. (2017). The dimensions of 'traditional food' in reflexive modernity: Norway as a case study. *J Sci Food Agric*. 2013;93(14):3455-63. DOI: 10.1002/jsfa.6318
- Andrade, S. (2016). Estudio de percepción y análisis de evaluación sensorial del mezcal de laguna seca. [Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí].
- Ares, G., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2008). Understanding consumers' perception of conventional and functional yogurts using word association and hard laddering. *Food quality and preference*, 19(7), 636-643.
- Banović, M., Krystallis, A., Guerrero, L., & Reinders, M. J. (2016). Consumers as co-creators of new product ideas: An application of projective and creative research techniques. *Food Research International*, 87, 211-223.
- Barco, R. E. (2007). Denominaciones de origen. *Distribución y consumo*, (96), 27-39.
- Barrera, S., Maimone, M.R., Salomé, C. E., González, A. & Herrera, P. L. (2023). Análisis de la producción de mezcal en San Diego la Mesa Tochimiltzingo,

- Puebla (Reserva Sierra del Tentzo), México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo
- Barrera, A. I., Cuevas, V., & Espejel, A. (2019). Factores de valoración en consumidores de mezcal en Oaxaca. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 29(54).
- Benítez, G. E. (2023). Caracterización y sostenibilidad en la producción de agave y mezcal en el estado de Puebla [Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados].
- Berges, M. & Casellas, K. (2008). Disposición a pagar por atributos de calidad. Un estudio aplicado al agregado de nutrientes en la leche fluida. *Asociación argentina de economía política. XLIII Reunión Anual*.
- Campos, M. (2015). Nuevos procesos catalíticos para la obtención de furfural. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid
- Castritius, S., Geier, M., Jochims, G., Stahl, U., & Harms, D. (2012). Rapid Determination of the Attenuation Limit of Beer Using Middle-Infrared (MIR) Spectroscopy and a Multivariate Model. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 60(25), 6341-6348. <https://doi.org/10.1021/jf3006382>
- Cheng, C., Laird D.A., Mausbach, M. J. & Hurburgh, C. (2001). Near infrared reflectance spectroscopy. Principal components regression analyses of soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:480-490.
- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. (2023). Denominación de origen. <https://comercam-dom.org.mx/denominacion-de-origen/>
- Costell, E. (2005). El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real. *Agroscic*, 1-10.
- Cuadrado, T., Sharmistha, P., Lleó, L., Diezma, B., Roger, J. & García, T. (2013). Empleo de la espectroscopia VIS NIR para la identificación de trazas de cacahuete en productos alimentarios en polvo. En: "VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas". Madrid. ISBN 978-84-695-9055-3
- Dañobeitía, B. L. (2016). Modelación De Preferencias En Consumidores De Vino [Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Catolica de Chile].
- De Andrade, J., De Aguiar Sobral, L., Ares, G., & Deliza, R. (2016). Comprender la percepción de los consumidores sobre la carne de cordero mediante la asociación libre de palabras. *Ciencia de la carne*, 117, 68-74.
- De Carvalho, C., Freitas, O., Morais, E. M., Sousa, C., & Casal, S. (2021). Near-infrared spectroscopy applied to the detection of multiple adulterants in roasted and ground arabica coffee. *Foods*, 11(1), 61.
- De León A., Escalante P., Jiménez M., Ordoñez L., Flores J. L., Barba A., (2008). Characterization of Volatile Compounds from Ethnic Agave Alcoholic Beverages by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Food Technology and Biotechnology*, 46 (4), 448-455.
- Delarue, J., & Sieffermann, J. M. (2003). Sensory mapping using flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality and Preference*, 15(4), 383–389.
- Donoghue, S. (2000). Projective techniques in consumer research. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences*, 28, 47–53.

- Duglas, A., Crouch, S. R., & Holler, F. J. (2008). Principios de análisis Instrumental. Cengage Learning Editores.
- Errázuriz T., C. (2010). indicaciones geográficas y denominaciones de origen: propiedad intelectual en progreso. *Revista chilena de derecho*, 37(2), 207-239
- Escalante M. (2007). Aspectos químicos y moleculares del proceso de producción de mezcal. [Tesis de Doctorado. Instituto potosino de investigación científica y tecnológica].
- Espejel, J. E., Camarena, D. M. J., & Sandoval, S. A. (2014). Alimentos tradicionales en Sonora, México: factores que influyen en su consumo. *Innovar*, 24(53), 127-139.
- Fernández, K., & Agosin, E. (2007). Quantitative Analysis of Red Wine Tannins Using Fourier-Transform Mid-Infrared Spectrometry. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 55(18), 7294-7300. <https://doi.org/10.1021/jf071193d>
- Financiera rural (2011). Monografía del Mezcal. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial.
- Firmani, P., De Luca, S., Bucci, R., Marini, F., & Biancolillo, A. (2019). Near infrared (NIR) spectroscopy-based classification for the authentication of Darjeeling black tea. *Food Control*, 100, 292-299.
- Font-i-Furnols, M., & Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science*, 98, 361–371.
- FORBES (2022). El imperio del mezcal quiere crecer en el mundo. *Revista Forbes*. <https://www.forbes.com.mx/nuestra-revista-el-imperio-del-mezcal-quiere-crecer-en-el-mundo/>
- García, S. (2012). Efecto de la región de procedencia del agave y las condiciones de fermentación sobre el perfil aromático de mezcal. Guadalajara: Ciatej. [Tesis de Maestría en ciencia y tecnología en la especialidad de procesos agroindustriales].
- García, A., Vries, E., & Buitrago, G. (2022). Experimentos de elección discreta. Diseño, análisis e implementación en salud. *Revista Colombiana de Cardiología*, 29(6), 657-662. <https://doi.org/10.24875/rccar.21000050>
- García, J. 2010. México, país de magueyes. <https://www.jornada.com.mx/2012/02/18/cam-pais.html>.
- Giraud, A., Grassi, S., Savorani, F., Gavoci, G., Casiraghi, E., & Geobaldo, F. (2019). Determination of the geographical origin of green coffee beans using NIR spectroscopy and multivariate data analysis. *Food Control*, 99, 137-145.
- Gómez, O., De Jesús, K., Peñafiel, F. & Tovar, P. (2016). Perfil químico y organoléptico de los compuestos volátiles del mezcal. *Investigación. Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones Químicas.
- González R. (2021). Tradición. Agave de Huehuetlan, cuna de un mezcal poblano de altura. *Milenio*. <https://www.milenio.com/estados/agave-huehuetlan-cuna-mezcal-poblano-altura>.
- Guerrero, L., Claret, A., Verbeke, W., Vanhonacker, F., Enderli, G., Sulmont-Rossé, C., M. Hersleth & Guàrdia, M. D. (2012). Cross-cultural

- conceptualization of the words Traditional and Innovation in a food context by means of sorting task and hedonic evaluation. *Food Quality and Preference*, 25(1), 69-78.
- Guerrero, L., Guàrdia, MD, Xicola, J., Verbeke, W., Vanhonacker, F., Zakowska-Biemans, Scalvedi, M (2009). Definición de productos alimenticios tradicionales impulsada por el consumidor e innovación en alimentos tradicionales. Un estudio cualitativo transcultural. 52 (2), 345–354.
- Guiné, R., Florença, S., Barroca, M. y Anjos, O. (2021). La dualidad de innovación y desarrollo alimentario versus alimentos puramente tradicionales. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos*, 109, 16-24. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.01.010>.
- Hovardas, T., & Korfiatis, K. J. (2006). Word associations as a tool for assessing conceptual change in science education. *Learning and instruction*, 16(5), 416-432.
- INIFAP. (2009). Modelos predictivos para la producción de productos forestales no maderables: Agaves mezcaleros. Manual Técnico Núm. 3. CENID-COMEF. INIFAP, México. México.
- Instituto de Nacional de Información Estadística y Geográfica (INEGI). (2018). Diagnósticos de municipios.
- Justino, R., Paz, S., Llaja, H., de Mendoza Merino, H., Aranibar, N. B., & Baigorria, S. (2016). Caracterización sensorial de salsa a base de hongos (*Pleurotus ostreatus*) mediante la técnica Perfil Flash. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7(1), 001-016
- Kablan, R. J., Sylvestre, M., Onesippe, C., Bilba, K., Kablan, A. L. C., Arsène, M., Rousteau, A., & Cebrian, G. (2024). Agave species: A comprehensive review of taxonomy, chemistry, ethnobotany, and ethnopharmacology. *Studies In Natural Products Chemistry*, 187-225. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-15589-5.00007-4>
- Kirchmayr, M., Arellano-Plaza, M., Estarrón-Espinosa, M., Gallardo-Valdez, J., Mathis, A. C. G., López-Ramírez, J. E., & Ramírez-Romo, E. (2014). Manual para la estandarización de los procesos de producción del mezcal guerrerense. Fundación Produce Guerrero AC México. pp, 28-30.
- Kirchmayr, M., Segura, L., Lappe, P., Moreno, R., Mayela, A. (2017). Impact of environmental conditions and process modifications on microbial diversity, fermentation efficiency and chemical profile during the fermentation of Mezcal in Oaxaca. *Food Science and Technology*. Volume 79.
- Kobayashi, M. L., & De Toledo, M. (2012). Caracterização sensorial de cafés solúveis comerciais por Perfil Flash. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(2), 3081-3092.
- Köllmann, N., Hageman, J., Nibbelink, D. & Zhang, L. (2025). Wavelength selection enables robust quantification of oil content with near-infrared spectroscopy in pea protein gels produced under varying heating conditions, *Food Control*, Volume 16, 110995, ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110995>.
- Kolobaric, A., Orrell-Trigg, R., Orloff, S., Fraser, V., Chapman, J., & Cozzolino, D. (2023). The Use of a Droplet Collar Accessory Attached to a Portable near

- Infrared Instrument to Identify Methanol Contamination in Whisky. *Sensors*, 23(21), 8969. <https://doi.org/10.3390/s23218969>
- Liñan, J., Puma, G., & Valdez, J. (2023). Validation of the incorporation of emotional response in consumer-based sensory development: case study in Peruvian craft beers. *Scientia Agropecuaria*, 14(3), 375-384.
- López, H. R. (2022). Metabolitos responsables de las propiedades sensoriales en mezcal oaxaqueño [Tesis de doctorado en Ciencias Agroalimentarias. Universidad Autónoma Chapingo].
- López, S. Y. (2021). Innovación, identidad en mezcal ancestral de Santa María Ixcatlán, Oaxaca, como elementos de indicación geográfica [Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo].
- Louviere, J., Flynn, T., & Carson, R. (2010). Discrete Choice Experiments Are Not Conjoint Analysis. *Journal of choice modelling*, 3, 57-72. [https://doi.org/10.1016/S1755-5345\(13\)70014-9](https://doi.org/10.1016/S1755-5345(13)70014-9).
- Mahgoub, Y. A., Shawky, E., & Abdallah, I. (2024). Authentication of Oats and Discrimination from their Gluten-Containing Adulterants Using NIR Diffuse Reflectance Spectroscopy and Multivariate Analysis. *Food Bioscience*, 60, 104271. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104271>
- Martínez, A. (2008). Tequila, mezcal y cerveza: de México para el mundo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*. 5(2). 143-150.
- Meilgarrrd, M. C., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2015). *Sensory Evaluation Techniques*. (5th edition). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19493>
- Melo G., Rodríguez, R., Martínez, M., Hernández, J. & Razo, R. (2020). Consideraciones básicas para la aplicación de experimentos de elección discreta: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(59), 4-30.
- Menozi, C., Foca, G., Calvini, R., Catellani, L., Bezzecchi, A., & Ulrici, A. (2024). Comparison of Different Spectral Ranges to Monitor Alcoholic and Acetic Fermentation of Red Grape Must Using FT-NIR Spectroscopy and PLS Regression. *Food Analytical Methods*, 17(8), 1171-1182. <https://doi.org/10.1007/s12161-024-02636-3>
- Mesías, F. J., & Escribano, M. (2018). Projective Techniques. In *Methods in Consumer Research, Volume 1: New Approaches to Classic Methods* (Vol. 1). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102089-0.00004-2>.
- Molina, A., Botello, J. E., Estrada, A., Navarrete, J. L., Jiménez, H., Cárdenas, M., & Rico, R. (2007). Compuestos volátiles en el mezcal. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(1), 41-50.
- Montenegro, Y., & Cabrera, K. (2018). El mercado de los productos con denominación de origen a través del comercio justo. *Perspectivas y retos. Boletín mexicano de derecho comparado*, 51(152), 655-677
- Mozqueda B. (2011). Evaluación sensorial del mezcal de la localidad de Totomochapa, Puebla, México, pp 5-76.
- Muñoz, J. A., & Santos, A. B. (2019). Valoración económica de la disposición a pagar (DAP) para controlar la venta de porta comidas asociados al uso de plásticos inadecuados en el municipio de villavicencio por el método de valoración contingente [Tesis Doctoral. Universidad Santo Tomás].

- Oehlmann, M., Meyerhoff, P. & Weller, P. (2017). Uncovering context-induced Statu quo effects in choice experiments. *Journal of Environment Economics and Management* 81:59-73. Doi:10.1016/j.jeem.2016.09.002.
- Olson, J. & Maio, G. (2003). Attitudes in Social Behavior. In: *Handbook of Psychology*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2003. 299-325.
- Osorio, M., J., D., & Correa, R., F. (2009). Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente. *Semestre Económico*, 12(25), 11-30.
- Pablo, C. M. (2022). Caracterización sensorial y química de mezcales oaxaqueños, valoración e identificación de su calidad intangible [Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo].
- Paško, P., Galanty, A., Dymerski, T., Kim, Y., Park, Y., Cabrales, P., Martinez, V., Delgado, E., Gralak, M., Deutsch, J., Barasch, D., Nemirovski, A., & Gorinstein, S. (2024). Physicochemical and Volatile Compounds Analysis of Fruit Wines Fermented with *Saccharomyces cerevisiae*: FTIR and Microscopy Study with Focus on Anti-Inflammatory Potential. *International Journal Of Molecular Sciences*, 25(11), 5627. <https://doi.org/10.3390/ijms25115627>
- Pérez, E. & Alvarado, D. (2018). Cuantificación por absorción atómica de Cu, Fe y Zn en alcohol destilado y agua. *Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 10, núm. 2, pp. 387-396.
- Petric, I., Duralija, B., & Leder, R. (2024). Analytical Techniques for the Authenticity Evaluation of Chokeberry, Blackberry and Raspberry Fruit Wines: Exploring FT-MIR Analysis and Chemometrics. *Horticulturae*, 10(10), 1043. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101043>
- Picque, D., Lieben, P., Corrieu, G., Cantagrel, R., Lablanquie, O., & Snakkers, G. (2006). Discrimination of Cognacs and Other Distilled Drinks by Mid-infrared Spectroscopy. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 54(15), 5220-5226. <https://doi.org/10.1021/jf060465u>
- Pulido, G., Monks, S. & López, M. (2015). Estudios de biodiversidad. Zea Books. Hidalgo. Volumen 1.
- Puma, G. G., & Núñez, C. (2020). Comparación del Perfil Flash y Napping®-UPF en la caracterización sensorial de hot-dog. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(2), 135-145.
- Quiñones, C. (2016). Comparación de compuestos orgánicos volátiles del mezcal y bebidas alcohólicas por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa. [Tesis de Química farmacéutica biológica. Universidad Nacional Autónoma de México].
- Ramírez, E. D. J., Juárez, J. M., Rodríguez, J., Ramírez, S. A., Villa, N., & Ramón, L. G. (2016). Comparación de mapas de preferencia mediante el análisis descriptivo cuantitativo y perfil flash en hamburguesas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(7), 103-112.
- Ramón, L. G., López, G. M., Herrera, J. A., Cuervo, V. D., & De Jesús, E. (2019). Eficiencia de técnicas sensoriales para la evaluación de quesos artesanales elaborados con diferentes cuajos comerciales. *Biotecnia*, 21(3), 127-133.

- Reza, A. (2024). Caracterización y autenticidad del destilado de agave mexiquense como base de indicación geográfica. [Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo].
- Riera, P. & Mogas, J. (2006). Una aplicación de los experimentos de elección a la valoración de la multifuncionalidad de los bosques. *Interciencia*, 31(2), 110-115. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911306.pdf>
- Riu, A. (2005) Caracterización de compuestos volátiles en bebidas derivadas de fruta. [Tesis de Doctorado. Universidad de Barcelona, España].
- Rivera, A., & Alba, J. (2017). Revisión: Nirs en el análisis de alimentos para la nutrición animal. *Revista Ingenio*, 13(1), 199–211. <https://doi.org/10.22463/2011642X.2149>
- Rivera, A. R., & Maldonado, J. M. A. (2017). Nirs en el análisis de alimentos para la nutrición animal. *Revista Ingenio*, 13(1), 199-211. <https://doi.org/10.22463/2011642x.2149>
- Robles, L. C. (2002). Denominaciones de origen y protección económica. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, (194), 27-48.
- Rodríguez, D. S. (2020). Identificación de metabolitos en mosto y mezcal de *Agave potatorum* Zucc., mediante UHPLC-QTOF. [Tesis de Doctorado. Universidad Tecnológica de la Mixteca].
- Ross, T. P. (2003). The reliability of cluster and switch scores for the Controlled Oral Word Association Test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18(2), 153-164.
- SADER (2019). El poder del mezcal y de sus productores. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-poder-del-mezcal-y-de-sus-productores>
- Sánchez, J. A. (2004). Estudio de la Destilación de Mostos Fermentados para la elaboración de Mezcal. [Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Celaya].
- Sánchez J.E. (2017). Los destiladores de Mezcal en Guerrero, Oaxaca y Edo. de México. *Mezcologia*, compartimos la magia del Mezcal. <https://mezcologia.mx/destiladores-de-mezcal/>
- Secretaría de economía (2020). Geografía de Puebla. Obtenido de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/7805/Puebla.pdf>
- Silva Paz, R. J., Pichiuza Gonzales, G. N., & Eccoña Sota, A. (2021). Comparación de métodos sensoriales descriptivos: perfil flash y preguntas CATA para caracterizar infusiones de muña (*Minthostachys mollis*). *Enfoque UTE*, 12(3), 11-23.
- Sun, D. (2009). *Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control*. Academic Press.
- Torres I, Casas A, Delgado-Lemus A, Rangel-Landa S. (2013). Aprovechamiento, demografía y establecimiento de *Agave potatorum* en el valle de Tehuacán, México: Aportes ecológicos y etnobiológicos para su manejo sustentable. *Zonas Áridas*, 15(1).
- Troncoso-Pantoja, Claudia. (2019). Comidas tradicionales: un espacio para la alimentación saludable. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 21(1), 105-114.
- Tudela, J. 2010. Experimentos de elección en la priorización de políticas de gestión en Áreas Naturales Protegidas. *Desarrollo y Sociedad* 66: 183-217.

- UE. (2006). Reglamento Comisión Europea, sobre las especialidades tradicionales garantizadas de los productos agrícolas y alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea L, 93 (1), 1–11.
- Valera, P., y Ares, G. (Eds.). (2014). Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16853>
- Viney R, Savage E., & Louviere, J. (2005). Empirical investigation of experimental design properties of discrete choice experiments in health care. *Health Econ*, 14(4), 349-62.
- Vivek, K., Subbarao, K.V., Routray, W., Kamini, N.R. & Dash, K. (2019). Application of Fuzzy Logic in Sensory Evaluation of Food Products: a Comprehensive Study. *Food and Bioprocess Technology*. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02337-4>
- Warren, W. (2023). Evaluación electroquímica de Tequila 100% agave en sus diferentes clases: Hacia el desarrollo de sensores electroquímicos útiles para la evaluación de la calidad de la bebida. [Tesis de Maestría. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica].
- Yixin, C. H. E. N., Yibin, L. A. N., Yaqin, W. E. N., Yaran, L. I. U., Kuixun, C. H. E. N., Hao, S. O. N. G., & Baoqing, Z. H. U. (2022). Application and Research Status of Flash Profile in Food Research and Development.

3. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL MEZCAL USANDO ESPECTROSCOPIA FT-NIR Y CROMATOGRAFÍA DE GASES ACOPLADO A ESPECTROMETRÍA DE MASAS (GC-MS)

3.1 Resumen

El mezcal es una bebida tradicional con características organolépticas particulares, que varían según la región de origen. Estas diferencias sensoriales están asociadas a la concentración de compuestos volátiles y no volátiles. En este estudio se aplicaron técnicas analíticas avanzadas para evaluar diferencias químicas y sensoriales en muestras de mezcal provenientes de dos regiones del estado de Puebla. Se utilizó la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR), una herramienta rápida, no destructiva y eficiente, acoplada con análisis quimiométrico, especialmente el Análisis de Componentes Principales (ACP), para identificar patrones y agrupar las muestras según sus características químicas. Además, se empleó cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), uno de los métodos más consolidados para identificar y cuantificar compuestos volátiles presentes en matrices complejas como el mezcal. Con esta técnica se determinaron las concentraciones de cuatro compuestos clave: metanol, acetaldehído, n-propanol y acetato de etilo. Los resultados mostraron que la mayoría de las muestras se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa vigente, lo cual garantiza la seguridad del producto. El análisis estadístico de los datos espectroscópicos reveló diferencias entre las muestras de las dos regiones, lo que sugiere que el origen geográfico influye en el perfil químico del mezcal. Asimismo, se observó una separación clara entre grupos con diferentes contenidos alcohólicos, lo que indica que el grado de alcohol también está relacionado con la composición química y sensorial.

Palabras clave: región, muestras, características, alcohol, compuestos.

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

Autor: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui

Director de tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF MEZCAL USING FT-NIR SPECTROSCOPY AND GAS CHROMATOGRAPHY COUPLED TO MASS SPECTROMETRY (GC-MS).

Abstract

Mezcal is a traditional beverage with particular organoleptic characteristics, which vary according to the region of origin. These sensory differences are associated with the concentration of volatile and non-volatile compounds. In this study, advanced analytical techniques were applied to evaluate chemical and sensory differences in mezcal samples from two regions of the state of Puebla. Near infrared spectroscopy (NIR), a fast, non-destructive, and efficient tool, coupled with chemometric analysis, especially Principal Component Analysis (PCA), was used to identify patterns and group samples according to their chemical characteristics. In addition, gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS), one of the most consolidated methods for identifying and quantifying volatile compounds present in complex matrices such as mezcal, was used. With this technique, the concentrations of four key compounds were determined: methanol, acetaldehyde, n-propanol and ethyl acetate. The results showed that most of the samples were within the limits established by current regulations, which guarantees the safety of the product. Statistical analysis of the spectroscopic data revealed differences between samples from the two regions, suggesting that geographic origin influences the chemical profile of mezcal. A clear separation between groups with different alcohol contents was also observed, indicating that alcohol content is also related to chemical and sensory composition.

Keywords: region, samples, characteristics, alcohol, compounds.

Master of Science Thesis,
Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui.
Thesis advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

3.2 Introducción

En México, el uso de *Agaves* para la elaboración de bebidas es una tradición ancestral (Colunga et al., 2007), se utiliza principalmente para la producción de bebidas alcohólicas destiladas como tequila, mezcal, bacanora y raicilla, los cuales tienen vínculos especiales con la religión, historia y la cultura de México, formando parte de su identidad (Kablan et al., 2024), además, durante varios siglos, se convirtieron en actividades económicas notables para los pueblos originarios (Lappe-Oliveras et al., 2024)

Las características particulares del mezcal en cuanto a sabor y aroma son el resultado de la concentración de compuestos volátiles y no volátiles como alcoholes superiores, ácidos grasos, metanol, etanol, entre otros y varían según la especie de agave, el origen y la temporada (Guzmán, 2012; Vera-Guzmán et al., 2018). Por lo anterior, la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones, establece los estándares respecto a la concentración de compuestos volátiles presentes en el mezcal.

Los métodos espectroscópicos, como la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR), son técnicas rápidas, sencillas y no destructivas, que se pueden aplicar directamente a una muestra (Liang et al., 2024; Torres et al., 2025). La espectroscopia NIR se basa en la absorción de radiación electromagnética por los enlaces de una molécula pasando a niveles vibrantes en la región NIR (750–2500 nm) (Sun, 2009; De Santana et al., 2016). La espectroscopia NIR puede considerarse como una radiación espectral que funciona perfectamente bajo la ley de Beer-Lambert (Silverstein et al., 2014). Los espectros NIR están influenciados principalmente por los enlaces OH, NH, CH y SH, los cuales están presentes en los alimentos, por lo que se utiliza para cuantificar el contenido de proteínas, carbohidratos, agua y grasas en muestras de alimentos (Sørensen, 2021; Köllmann et al., 2025). NIR es una potente tecnología analítica para medir las características de los alimentos y de sus ingredientes garantiza la calidad,

seguridad, genuinidad y autenticidad del producto (Téllez, 2019; Squeo et al., 2024).

Las mediciones de NIR se basan en modelos de calibración que vinculan los espectros NIR medidos con una propiedad dada de la muestra (Saeys et al., 2019), por ejemplo, la concentración de un determinado compuesto o un grupo de compuestos disponibles a partir de referencias estableciendo un análisis espectral rápido y eficiente (Beć et al., 2020).

La quimiometría actúa como auxiliar de análisis de datos, permitiendo la organización, clasificación y cuantificación de los datos espectroscópicos adquiridos (Gromski et al., 2015; Brito et al., 2025). Entre estos métodos, el Análisis de Componentes Principales (ACP) es un método bien establecido que permite la reducción de datos, la detección de muestras atípicas y la categorización de muestras (Lee et al., 2024). Es un método de proyección lineal para análisis exploratorio no supervisado, que reduce la dimensionalidad generando nuevas variables no correlacionadas (componentes principales) (Cruz et al., 2023). Este enfoque maximiza la varianza de los datos en un sistema de coordenadas y representa los resultados en gráficos bidimensionales o tridimensionales (Serna et al., 2022).

Por otra parte, la cromatografía de gases es uno de los métodos más comunes y consolidados para analizar compuestos volátiles acoplado a espectrometría de masas (GC-MS) (Green et al., 2024). Las técnicas de cromatografía de gases pueden analizar eficazmente la composición compleja de las bebidas espirituosas, proporcionando información sobre diversos compuestos químicos (Wiśniewska et al., 2015). Debido a que es un método sensible y preciso es útil para analizar los compuestos aromáticos de las bebidas alcohólicas, y revelar diferencias en las proporciones de los componentes (Suryanto et al., 2022). En este sentido Wiśniewska et al. (2015) mencionan que la cromatografía es una técnica analítica fundamental en el análisis de bebidas alcohólicas, ya que permite separar, identificar y cuantificar compuestos químicos presentes en estas matrices complejas.

Sánchez-Álvarez et al. (2023) utilizaron la cromatografía de gases para identificar los compuestos volátiles presentes en mezcales elaborados con ocho especies de agave. Por su parte, Molina-Guerrero et al. (2007) analizaron los compuestos volátiles de diez mezcales comerciales mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. De manera similar, Medina et al. (2011) determinaron y cuantificaron el contenido de aldehídos en diversos mezcales utilizando esta misma técnica. Asimismo, Díaz et al. (2019) identificaron nueve compuestos activos relacionados con el aroma del tequila en niveles traza, también mediante cromatografía de gases. Finalmente, Anjos et al. (2021) emplearon espectroscopía de infrarrojo cercano junto con cromatografía de gases para determinar el contenido de fenoles volátiles en bebidas espirituosas incluyendo el mezcal.

El objetivo de este estudio es emplear la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) acoplada con análisis quimiométrico para evaluar diferencias entre muestras de mezcal provenientes de dos distintas regiones del estado de Puebla, así como aplicar cromatografía de gases con el fin de identificar y caracterizar la composición química y el perfil de compuestos volátiles de dichas muestras.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Descripción de las muestras

Se recolectaron seis muestras de mezcal incoloras de regiones del estado de Puebla (centro y sur). Todas las muestras presentaron las siguientes características: procesamiento artesanal, clasificación como mezcal joven y elaboración a partir de agave silvestre de nombre científico *Agave potatorum* Zucc (comúnmente conocido como Papalometl en Puebla) (Cuadro 1). Cabe señalar que la obtención de las muestras fue dirigida y no estadístico, por lo tanto, los mezcales se adquirieron en los palenques reconocidos de las zonas productoras.

Cuadro 1. Características de las muestras de mezcal

Muestra	Región	Localidad	Especie	Proceso
AC1	R Centro	Atlixco	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
BC2	R Centro	Tochimilco	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
CCN5	R Centro	Tzicatlacoyan	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
DS3	R Sur	Zapotitlán	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
ES4	R Sur	Caltepec	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
FSN6	R Sur	Tehuacán	<i>A. potatorum</i>	Artesanal

3.3.2 Espectroscopia de infrarrojo cercano y determinación de °Brix en mezcal

Se realizó el análisis de las muestras con un espectrómetro de infrarrojo cercano FT-NIR de la marca Bruker modelo MPA (Multi Purpose Analyzer) para la determinación del contenido alcohólico. Para la determinación de grados Brix (%Brix) se utilizó un Refractómetro SperScientific 3000.

3.3.2.1 Procesamiento de las muestras y adquisición de espectros

1. Determinación del contenido alcohólico. Cada muestra (8000 μL) se analizó por quintuplicado en un intervalo de número de onda (wavenumber) de 4000 a 12500 cm^{-1} , a temperatura ambiente (23.5°C), humedad relativa de 40% y presión ambiental, utilizando el módulo de esfera integradora rotatoria para el registro del espectro de FT-NIR en modo absorbancia, con 64 barridos, resolución de 16 Hz y resolución de fase de 64 (scans). Se utilizó el software Opus 7.8 para la obtención y procesamiento de espectros. A partir de dichos espectros se estimó el contenido alcohólico (expresado en porcentaje, %, con desviación estándar) utilizando el paquete calibración B-Food-Alcoholic_Beverages de Bruker Optics GmbH.

2. Determinación de % Brix. Cada muestra de mezcal (400 μL) se analizó por triplicado a 22 °C, a presión ambiental y humedad relativa de 50%.

Las muestras fueron procesadas en el área de espectroscopia del Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal (LANISAF).

3.3.2.2 Procesamiento de datos espectrales

Se utilizó una base de datos crudos en la ventana espectral de 4,000 a 12,500 cm^{-1} . Con el software MNova 15.1, se realizó el procesamiento de datos espectrales. El pretratamiento de datos inicial implicó la eliminación de dos regiones espectrales; 4000- 5000 cm^{-1} y 9000- 12000 cm^{-1} , ya que no es evidente ningún pico en la región y las relaciones señal- ruido son bajas. Los espectros obtenidos se suavizaron con un filtro Savitzky-Gualy (15 puntos de ancho de filtro, polinomio de segundo orden y segunda derivada) (Páscoa et al., 2020), cabe señalar que, para determinar el modelado, se evaluaron otras técnicas de preprocesamiento de uso común por otros autores. El objetivo del procesamiento de datos es eliminar ruido y recuperar la mayor cantidad de información analítica posible de los espectros, así como rectificar cualquier variación (Arslan et al., 2019).

3.3.2.3 Análisis de datos espectrales

El análisis de datos exploratorios en espectros de infrarrojo cercano en mezcales se realizó con el análisis de componentes principales (ACP) en el programa MetaboAnalyst, se procedió a normalizar los datos para su análisis. Se usó el ACP con el fin de reducir la dimensionalidad de los datos y así explorar la posible agrupación de las muestras según su contenido alcohólico, además de visualizar posibles valores atípicos (Karamizadeh et al., 2013).

3.3.3 Cromatografía de gases

Para las muestras se tomaron alícuotas representativa de las 6 muestras de mezcal (10 ml), la muestra fue filtrada a través de una membrana para eliminar posibles partículas sólidas que pudieran afectar el desempeño de la columna o el detector

Se determinaron cuatro componentes en el mezcal: Metanol, Acetaldehído, n-Propanol y Acetato de Etilo

Para el análisis 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. Se usó el siguiente método cromatográfico: la temperatura del inyector fue de 220°C, se utilizó un detector de ionización de flama (FID) con una temperatura de 220°C, el gas de arrastre usado fue helio a un flujo de 25mL/min, el programa del horno fue a una temperatura inicial 180°C/ y fue constante por 13 minutos. Para la cuantificación de los compuestos se empleó 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. Todos los análisis se hicieron por duplicado y se reportaron en mg/100 mL de alcohol anhidrido.

3.3.3.1 Análisis estadístico

Se realizó una tabla de contingencia con los datos obtenidos, se obtuvieron medias y desviaciones estándar mediante un ANOVA, posteriormente, acorde a la significancia ($p < 0.05$, intervalo de confianza del 95 %) se empleó la prueba de rango múltiple de Fisher para las diferencias mínimas significativas (LSD) a los datos experimentales (Acosta-García et al., 2024). El análisis se realizó empleando el programa R Studio (2023).

3.4 Resultados y Discusión

Los espectros de absorción de infrarrojo cercano de las muestras de mezcal se observan en la figura 1, la ventana espectral va de 4,000 a 12,500 cm^{-1} . La figura 1A muestra los espectros sin ningún tipo de tratamiento y la figura 1B muestra los espectros procesados (suavizado Savitzky-Golay, 15 puntos de ancho de filtro, polinomio de segundo orden y segunda derivada).

El espectro muestra bandas características que reflejan la composición química del mezcal. Se observa una banda de baja intensidad alrededor de los 8500 cm^{-1} , el cual puede atribuirse al primer sobre tono de las vibraciones de estiramiento C-H, común en compuestos orgánicos (Wang et al., 2021). Continuamente se observan las bandas más prominentes entre los 7000 y 5500 cm^{-1} , atribuibles a

los sobre tonos y combinaciones de las vibraciones de estiramiento del grupo O–H, asociadas principalmente al contenido de etanol y agua, (Kolomiets et al., 2010), compuestos mayoritarios en el mezcal. La región en torno a los 5200 cm^{-1} muestra una absorción intensa relacionada con la combinación de las vibraciones de C–H y O–H, indicando la presencia de alcoholes, ésteres y otros compuestos volátiles (Chen et al., 2014). Adicionalmente, entre los 4800 y 4300 cm^{-1} se aprecian varias bandas más pequeñas, que pueden ser atribuibles a combinaciones y sobre tonos del enlace C–H, asociados a metanol, sucralosa fructosa, glucosa, otros carbohidratos, compuestos fenólicos y ácidos orgánicos (Yang et al., 2016; Páscoa et al., 2020).

Los resultados obtenidos en este estudio son similares con lo reportado por Power et al. (2021) en su estudio sobre whiskey irlandés y en los de Kolomiets et al. (2010) en la autenticación de vodka. En ambos casos, las señales espectrales predominantes están asociadas a la presencia de etanol y agua, que constituyen la base de las bebidas alcohólicas. Por lo tanto, NIR proporciona un espectro que puede ser típico de una muestra y puede comportarse como una "huella dactilar" al registrar respuestas de enlaces químicos específicos (Anjos et al., 2021)

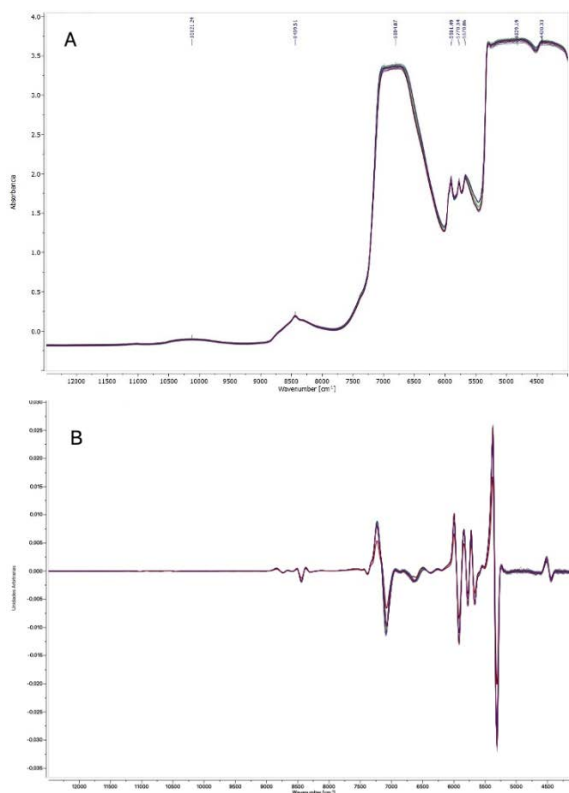


Figura 1. Espectros de infrarrojo cercano de muestras de mezcal de Puebla. (A) Espectros brutos. (B) Espectros procesados, segunda derivada.

El análisis de componentes principales (ACP) aplicado a las muestras de mezcal permitió explorar las diferencias químicas entre productos elaborados bajo condiciones similares, pero provenientes de distintas regiones geográficas del estado de Puebla.

En la Figura 2 se muestra el gráfico de puntuaciones (Scores Plot) correspondiente al ACP, construido a partir de datos espectrales obtenidos de seis muestras de mezcal artesanal, clasificadas en dos grupos: Centro y Sur. Se observa que el primer componente principal (PC1) explicó el 73.1% de la varianza total, mientras que el segundo componente (PC2) aportó solo un 3%. Se observa una superposición considerable entre las muestras de ambas regiones, aunque existe una tendencia a la dispersión diferenciada, ya que las muestras del grupo Centro tienden a distribuirse más hacia valores positivos de PC1, mientras que las del grupo Sur se concentran hacia la parte izquierda del gráfico. Si bien se aplicó un ACP, no se identificó una separación muy clara entre los grupos, lo que

sugiere que las características de las muestras podrían ser complejas, lo cual limita la capacidad de los métodos no supervisados, además cabe señalar que el número de muestras utilizadas fue reducido.

Wójcicki (2015), utilizó el ACP para agrupar los espectros de infrarrojo cercano obtenidos de diferentes tipos de muestras de whisky. Además, Palma (2002) en su estudio de caracterización y clasificación de vinos, brandis y otras bebidas destiladas usando FT-NIR encontró que las muestras presentan agrupaciones estrechamente relacionadas con su origen.

García et al. (2024) en el análisis del proceso de elaboración de mezcal artesanal en Puebla, concluyeron que existe heterogeneidad en cada uno de los procesos, desde el horneado, molienda, fermentación y destilación, esto podría justificar la superposición de las muestras.

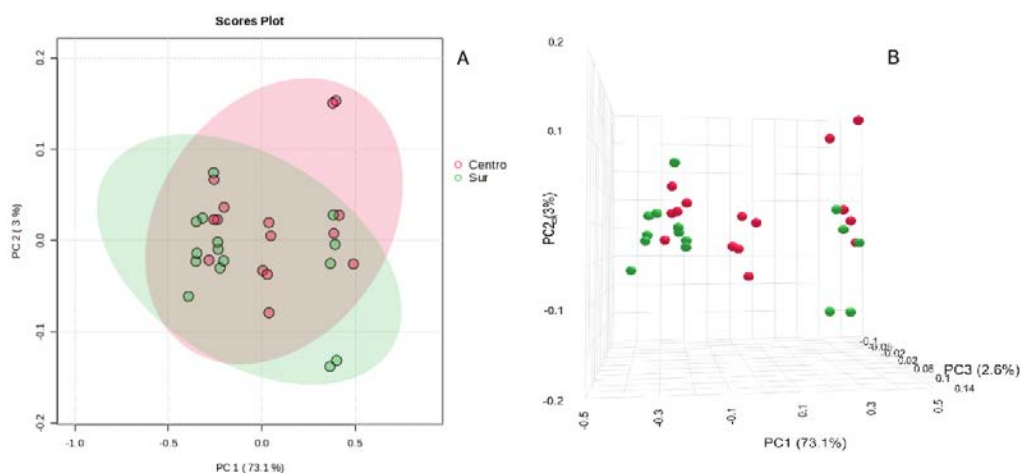


Figura 2. Gráfico de componentes principales (ACP) de las muestras de mezcal de Puebla analizadas mediante espectroscopia de reflectancia del infrarrojo cercano por regiones. A) plano bidimensional, B) plano tridimensional.

En la Figura 3 se muestra un gráfico de basado en el contenido alcohólico (40%, 43%, 46% y 46% v/v). En este la separación entre grupos es clara a lo largo de PC1 (73.1% de variabilidad). Las elipses no se superponen, lo que indica una clara diferenciación espectral en función del grado alcohólico. Por lo que con estos resultados podemos suponer que además de que las variaciones en el contenido de alcohol afectan directamente el perfil espectral de las muestras, que

las muestras con diferentes grados de alcohol tienen características distintivas relacionadas a su composición química o sensorial y que pueden estar relacionadas con variaciones microambientales como el tipo de suelo, el agua utilizada, las condiciones climáticas y las levaduras locales, las cuales influyen en la fermentación y destilación (Ojeda-Linares et al., 2021).

Nordon et al. (2005) realizaron un estudio aplicando espectroscopia de infrarrojo cercano a bebidas espirituosas (wiski, vodka y bebidas azucaradas) para determinar el contenido alcohólico y observaron que estas se agrupaban dependiendo contenido de etanol. Similar a lo reportado por De Carvalho et al. (2016), quienes utilizaron FT-NIR para determinar el contenido de alcohol en aguardientes de caña de azúcar, concluyendo que esta es una herramienta útil para la determinación rápida y no destructiva de etanol en bebidas alcohólicas.

Finalmente es importante señalar que este resultado respalda que el uso del análisis espectral y quimiométrico como método es eficiente para detectar variaciones en el contenido de etanol y diferenciar bebidas por su contenido alcohólico.

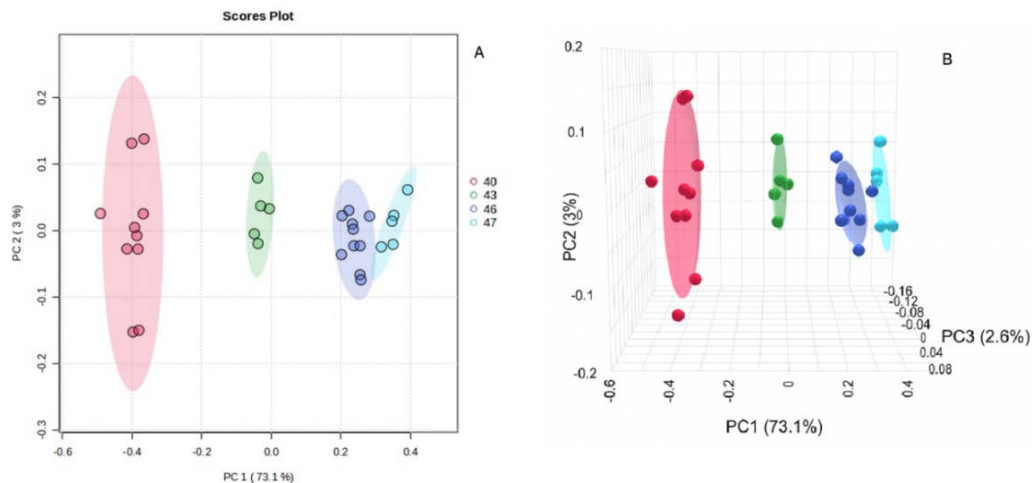


Figura 3. Gráfico de componentes principales (ACP) de las muestras de mezcal de Puebla con distintos contenidos de alcohol, analizadas mediante espectroscopia de reflectancia del infrarrojo cercano. A) plano bidimensional, B) plano tridimensional.

Contenido alcohólico y solidos solubles (°Brix) en las muestras de mezcal

El contenido de sólidos solubles totales (°Brix) y el grado alcohólico (% v/v) se muestran en el Cuadro 2. Las muestras analizadas de mezcal provenientes de las regiones Centro y Sur presentaron variaciones tanto en el contenido de alcohol como en los grados °Brix. Los valores de alcohol oscilaron entre 40.09 % (CCN5) y 47.55 % (FSN6), con una tendencia a concentraciones más altas en las muestras de la región Sur. La NOM-070-SCFI-2016 establece un rango de contenido de alcohol permitido en mezcales, los cuales oscilan de entre 35 a 55%. En cuanto a los grados °Brix, se observaron valores que van de 14.73 a 16.63, siendo también las muestras del Sur las que mostraron mayores concentraciones de sólidos solubles. Sánchez-Fernández et al. (2025) realizaron un estudio sobre la química del mezcal y analizaron el *Agave Potatorum*, obtenido resultados similares en cuanto a contenido de sólidos solubles y contenido alcohólico en el mezcal.

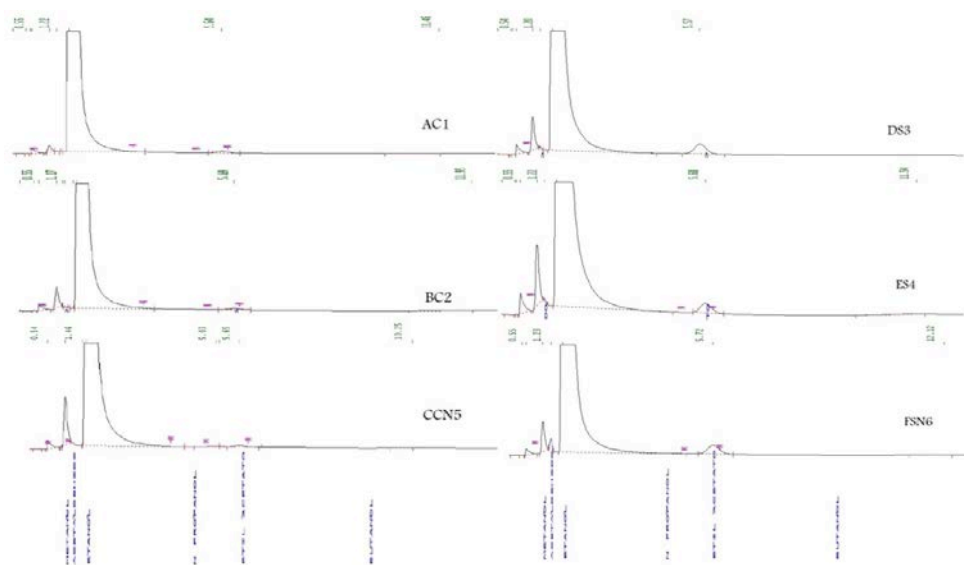
Desde un punto de vista técnico, un alto contenido de sólidos solubles en el mezcal puede estar relacionado con una menor pureza alcohólica, ya que implica la presencia de compuestos no volátiles que fueron arrastrados durante la destilación. Por el contrario, mezcales con una destilación más controlada y fraccionada suelen presentar menores concentraciones de sólidos solubles, lo que resulta en un destilado más limpio y seco. Sin embargo, esto también depende de la duración de la fermentación y las condiciones térmicas de cocción y destilación según la región de producción, lo cual podría influir en las características sensoriales y fisicoquímicas del producto final (Espinoza et al., 2023).

Cuadro 2. Contenido de sólidos solubles y grado alcohólico

Muestra	Región	Alcohol (% v/v)	°Brix
AC1	R Centro	46.83 ± 0.043	14.86 ± 0.10
BC2	R Centro	43.83 ± 0.079	15.83 ± 0.06
CCN5	R Centro	40.09 ± 0.149	14.73 ± 0.15
DS3	R Sur	46.64 ± 0.191	16.31 ± 0.10
ES4	R Sur	40.42 ± 0.094	16.50 ± 0.06
FSN6	R Sur	47.55 ± 0.053	16.63 ± 0.06

Para determinar las características del perfil químico de los mezcales, se aplicó cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) a las muestras analizadas de mezcal provenientes de distintas regiones del estado de Puebla. Los resultados se presentan en la Figura 4, donde se observan los cromatogramas con los picos correspondientes a los tiempos de retención de los compuestos analizados: metanol, acetaldehído, n-propanol y acetato de etilo.

Acosta et al. (2024), identificaron compuestos como Acetaldehídos (cinamaldehído), ésteres (octanoato de etilo, decanoato de etilo, acetato de cinamilo, entre otros) y alcoholes superiores (propanol, butanol, entre otros) presentes en el mezcal de distintas zonas geográficas de Durango.



congéneres presentes en bebidas alcohólicas. Aporta notas alcohólicas suaves, generando sabores dulces, aunque, en niveles moderados puede reforzar la complejidad, pero en exceso produce una sensación caliente o ardorosa, con sabores a solventes y alcohol (Loviso y Libkind, 2019; Kim et al., 2017).

- 1.3. Metanol: El metanol es el alcohol de menor peso molecular, no contribuye positivamente al aroma ni al sabor del mezcal. En concentraciones elevadas, puede aportar notas ásperas o alcohólicas punzantes, pero su principal relevancia es toxicología (Spaho et al., 2017). Este compuesto se produce durante el proceso de fermentación por desmetilación enzimática de los grupos metoxi de las pectinas del bagazo realizada por la pectina metilesterasa (Lima et al., 2021).

2. Aldehídos

- 2.1. Acetaldehído: El aldehído más común generado durante la fermentación alcohólica es el acetaldehído, puede representar hasta el 90 % del total de aldehídos presentes (Moreira et al., 2012) este compuesto aporta notas picantes, penetrantes, verdes o afrutadas. En exceso puede generar una percepción áspera y desequilibrada (Caetano et al., 2021).

3. Ésteres

- 3.1. Acetato de etilo: Es un éster influyente en el perfil sensorial de los destilados, en bajas concentraciones aporta sabores frutales y dulces, pero en grandes cantidades tiene un impacto negativo sensorial pues produce sabores a solventes o ácidos (Corbion et al., 2023). Además, Gao et al. (2014) menciona que el acetato de etilo es de los principales ésteres que se encuentran en las bebidas alcohólicas destiladas (80% del total de los esteres).

En la Cuadro 3 se muestran las concentraciones de metanol, acetaldehído, propanol y acetato de etilo, expresados en mg/100 mL de alcohol anhidro, de los seis mezcales analizados provenientes de dos regiones productoras de Puebla: Región Centro (R Centro) y Región Sur (R Sur) de la variedad de Agave Papalometl (Tobalá), se realizó una comparación con la Norma Mexicana NOM-

070-SCFI-2016-Bebidas-alcohólicas-Mezcal, y se observó que la mayoría de las muestras cumplen con la norma ya que se encuentran dentro de los límites establecidos, por lo que no presentan ningún riesgo para el consumidor.

La muestra CCN5 (R Centro) presentó la mayor concentración de metanol (217.05 ± 9.31 mg/100 mL), aunque dentro del rango permitido por la norma. También mostro la mayor la concentración de n-propanol (45.5 ± 5.37 mg/100 mL). No obstante, se reportó también para esta muestra un valor elevado de acetaldehído (64.2 ± 2.81 mg/100 mL), superando el límite normativo de 40 mg/100 mL, lo que podría estar relacionado con un proceso fermentativo menos controlado o con un corte inadecuado en la destilación (Acosta et al., 2024).

Por el contrario, la muestra DS3 (R Sur) reportó la concentración más alta de acetato de etilo (265.89 ± 82.68 mg/100 mL), seguida por FSN6 (121.93 ± 10.96 mg/100 mL). Aunque la norma no establece un límite para este compuesto, su concentración puede afectar significativamente el perfil sensorial, ya que está asociado a aromas frutales y a solventes (Caetano et al., 2021).

Finalmente, el análisis estadístico indica diferencias significativas entre muestras para la mayoría de los compuestos, como lo evidencian las letras superíndices (a, b, c). Estas diferencias podrían estar relacionadas con variables como las prácticas artesanales, condiciones ambientales y métodos de destilación.

Cuadro 3. Compuestos químicos presentes en el mezcal de Puebla

Región	Muestra	Compuesto (mg/100mL de alcohol anhidrido)			
		Metanol	Acetaldehído	n propanol	Acetato de Etilo
R Centro	AC1	48.16 ± 6.70 c	2.60 ± 0.00 c	6.35 ± 0.91 c	46.58 ± 5.5 bc
R Centro	BC2	115.98 ± 2.34 b	1.92 ± 0.24 c	11.4 ± 3.67 c	27.22 ± 2.63 c
R Centro	CCN5	217.05 ± 9.31 a	64.2 ± 2.81 a	45.5 ± 5.37 b	17.01 ± 0.43 c
R Sur	DS3	112.23 ± 3.85 b	2.24 ± 0.08 c	22.75 ± 4.87 c	265.8 ± 82.68 a
R Sur	ES4	112.19 ± 10.83 b	2.05 ± 0.07 c	7.65 ± 1.20 c	52.73 ± 1.27 bc
R Sur	FSN6	112.14 ± 6.78 b	29.24 ± 2.21 b	5.5 ± 0.14 c	121.9 ± 10.96 b
NOM-070-SCFI-2016		30 - 300	40	100-500	*****

*Las diferencias estadísticamente significativas entre mezcales se muestran en minúsculas (abc) (ANOVA con prueba LSD; $p < 0.05$).

3.5 Conclusión

El presente estudio demostró que la espectroscopía FT-NIR combinada con herramientas quimiométricas, particularmente el Análisis de Componentes Principales (ACP), para la clasificación y diferenciación de mezcales provenientes de dos regiones geográficas distintas del estado de Puebla. La aplicación del ACP permitió observar una separación entre las muestras por su contenido alcohólico, lo cual refuerza el potencial de FT-NIR como una herramienta no destructiva, rápida y confiable para el control de calidad en la industria mezcalera. Los resultados obtenidos fueron complementados con un análisis cromatográfico dirigido a compuestos volátiles clave, como metanol, acetaldehído, n-propanol y acetil acetato. Este análisis confirmó la presencia y concentración de estos compuestos, proporcionando un perfil más completo de cada muestra y que pueden contribuir a los atributos sensoriales, igualmente se compraron los resultados con la normativa oficial vigente para mezcal (NOM-070-SCFI-2016) para asegurar que se cumplan con los parámetros establecidos por la misma. En conjunto, los resultados indican que la combinación de FT-NIR, quimiometría y cromatografía ofrece una metodología completa para la caracterización, autenticación y control de calidad del mezcal, lo cual puede ser de gran utilidad para productores, reguladores y consumidores que buscan garantizar la autenticidad y seguridad de esta bebida tradicional mexicana

3.6 Literatura citada

- Acosta, E. D., Páez, J. B., Martínez, M. A., & Soto, N. O. (2024). Volatile compound analysis in mezcal based on multiple extraction/concentration methods, deconvolution software, and multivariate analysis. *Food Control*, 168, 110852. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110852>
- Anjos, O., Caldeira, I., Fernandes, T. A., Pedro, S. I., Vitória, C., Oliveira-Alves, S., Catarino, S., & Canas, S. (2021). PLS-R Calibration Models for Wine Spirit Volatile Phenols Prediction by Near-Infrared Spectroscopy. *Sensors*, 22(1), 286. <https://doi.org/10.3390/s22010286>
- Arslan, F. N., Akin, G., Elmas, N. K., Yilmaz, I., Janssen, H.-G., & Kenar, A. (2019). Rapid detection of authenticity and adulteration of cold pressed black cumin seed oil: A comparative study of ATR-FTIR spectroscopy and synchronous fluorescence with multivariate data analysis. *Food Control*, 98, 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.055>

- Bortoletto, A. M., & Alcarde, A. R. (2015). Assessment of chemical quality of Brazilian sugar cane spirits and cachaças. *Food Control*, 54, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.01.030>.
- Brito, A., Cardoso, I., Viegas, L. & Fausto, R. (2025) Semi-quantitative chemometric models for characterization of mixtures of sugars using infrared spectral data. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. Volume 326, 125225, ISSN 1386-1425, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.125225>
- Caetano, D., Lima, C. M. G., Sanson, A. L., Silva, D. F., De Souza Hassemer, G., Verruck, S., Gregorio, S. R., Da Silva, G. A., De Cassia Franco Afonso, R. J., Coutrim, M. X., Batiha, G. E., & Simal-Gandara, J. (2021). Chemical Fingerprint of Non-aged Artisanal Sugarcane Spirits Using Kohonen Artificial Neural Network. *Food Analytical Methods*, 15(4), 890-907. <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02160-8>
- Chen, H., Tan, C., Wu, T., Wang, L., & Zhu, W. (2014b). Discrimination between authentic and adulterated liquors by near-infrared spectroscopy and ensemble classification. *Spectrochimica Acta Part A Molecular And Biomolecular Spectroscopy*, 130, 245-249. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.03.091>
- Colunga, P., Zizumbo, D., & Martínez, J. (2007). Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: una aportación a la protección legal y conservación de su diversidad biológica y cultural. En *lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*, 248(5).
- Corbion, C., Smith, J., Marcelin, O., & Bouajila, J. (2023). An Overview of Spirits Made from Sugarcane Juice. *Molecules*, 28(19), 6810. <https://doi.org/10.3390/molecules28196810>
- Cruz, J. P., dos Santos Vieira, M. S., Amigo, J. M., Siche, R., & Barbin, D. F. (2023). Prediction of protein and lipid content in black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae flour using portable NIR spectrometers and chemometrics. *Food Control*, 153, 109969.
- De Santana, F. B., Gontijo, L. C., Mitsutake, H., Mazivila, S. J., De Souza, L. M., & Neto, W. B. (2016). Non-destructive fraud detection in rosehip oil by MIR spectroscopy and chemometrics. *Food Chemistry*, 209, 228-233. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.051>
- Díaz, L., Wrobel, K., Escobosa, A., Ojeda, D. y Wrobel, K. (2019). Identificación de posibles indicadores de la maduración temporal del tequila y su determinación mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas con monitoreo de iones seleccionados, mediante extracción líquido-líquido con salinización. *European Food Research and Technology*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03271-7>
- Espinoza, V. A., Alvarez, P. E., De Jesus, F., Enriquez, R., Ramirez, M. P., Sanchez, C., & Vazquez-Lopez, H. G. (2023). Influence of the Biotechnological Process of Mezcal Fermentation on Yeast Diversity in Four palenques of Oaxaca, Mexico. *Beverages*, 9(4), 99. <https://doi.org/10.3390/beverages9040099>
- Gao, W., Fan, W., & Xu, Y. (2014). Characterization of the key odorants in light aroma type Chinese liquor by gas chromatography–olfactometry,

- quantitative measurements, aroma recombination, and omission studies. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(25), 5796-5804.
- Green, S., Fanning, E., Sim, J., Eyres, G. T., Frew, R., & Kebede, B. (2024). The Potential of NIR Spectroscopy and Chemometrics to Discriminate Roast Degrees and Predict Volatiles in Coffee. *Molecules*, 29(2), 318. <https://doi.org/10.3390/molecules29020318>
- Gromski, P. S., Muhamadali, H., Ellis, D. I., Xu, Y., Correa, E., Turner, M. L., & Goodacre, R. (2015). A tutorial review: Metabolomics and partial least squares-discriminant analysis – a marriage of convenience or a shotgun wedding. *Analytica Chimica Acta*, 879, 10-23. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.02.012>
- Guzmán, A. M. V. (2012). Chemical composition and volatile compounds in the artisanal fermentation of mezcal in Oaxaca, Mexico. *African journal of biotechnology*, 11(78). <https://doi.org/10.5897/ajb111.963>
- Kablan, R. J., Sylvestre, M., Onesippe-Potiron, C., Bilba, K., Kablan, A. L. C., Arsène, M., Rousteau, A., & Cebrian-Torrejón, G. (2024). Agave species: A comprehensive review of taxonomy, chemistry, ethnobotany, and ethnopharmacology. *Studies In Natural Products Chemistry*, 187-225. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-15589-5.00007-4>
- Karamizadeh, S., Abdullah, S. M., Manaf, A. A., Zamani, M., & Hooman, A. (2013). An Overview of Principal Component Analysis. *Journal Of Signal And Information Processing*, 04(03), 173-175. <https://doi.org/10.4236/jsip.2013.43b031>
- Kim, H. M., Yang, G., Kim, J. Y., Yoon, S. J., Shin, B., Lee, J., Park, J. H., & Kwon, S. W. (2017). Simultaneous Determination of Volatile Organic Compounds in Commercial Alcoholic Beverages by Gas Chromatography with Flame Ionization Detection. *Journal Of AOAC International*, 100(5), 1492-1499. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0006>
- Köllmann, N., Hageman, J., Nibbelink, D., Zhang, L. (2025). Wavelength selection enables robust quantification of oil content with near-infrared spectroscopy in pea protein gels produced under varying heating conditions, *Food Control*, Volume 16, 110995, ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110995>.
- Kolomiets, O. A., Lachenmeier, D. W., Hoffmann, U., & Siesler, H. W. (2010). Quantitative Determination of Quality Parameters and Authentication of Vodka Using near Infrared Spectroscopy. *Journal Of Near Infrared Spectroscopy*, 18(1), 59-67. <https://doi.org/10.1255/jnirs.866>
- Lappe, P., Fernández, R. A., Valadez, R., Martínez, Á., Linares, C. I. O., Casildo, R. M. T., Huerta, G., Astudillo, F., Montesinos, M. S. F., Giles, M., & Escalante, A. (2024). Mexican traditional alcoholic beverages: Production process, history, economy, social, and scientific importance. *En Elsevier eBooks* (pp. 145-240). <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-13322-0.00005-8>
- Lee, Y. J., Won, S. Y., Park, S. B., & Kim, H. J. (2024). Chemometric approaches for discriminating manufacturers of Korean handmade paper using infrared spectroscopy. *Heritage Science*, 12(1), 1-12.

- Liang, C., Xu, Z., Liu, P., Guo, S., Xiao, P., & Duan, J. (2024). Integrating different detection techniques and data analysis methods for comprehensive food authenticity verification. *Food Chemistry*, 463, 141471. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141471>
- Lima, C. M. G., Benoso, P., Pierozan, M. D., Santana, R. F., De Souza Hassemer, G., Da Rocha, R. A., Nora, F. M. D., Verruck, S., Caetano, D., & Simal-Gandara, J. (2021). A state-of-the-art review of the chemical composition of sugarcane spirits and current advances in quality control. *Journal Of Food Composition And Analysis*, 106, 104338. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104338>
- Loviso, C. L., & Libkind, D. (2019). Síntesis y regulación de los compuestos del aroma y sabor derivados de la levadura en la cerveza: alcoholes superiores. *Revista Argentina de Microbiología*, 51(4), 386-397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ram.2018.08.006>
- Lu, J., Zheng, J., Zhao, D., Xu, Y., & Chen, S. (2025). The Effect of Ethanol on the Compound Thresholds and Aroma Perception in Chinese Baijiu. *Molecules*, 30(4), 933. <https://doi.org/10.3390/molecules30040933>
- Medina, G., Juárez, R., & Peña, A. (2011). Identification and Quantification of Aldehydes in Mezcal by Solid Phase Microextraction with On-fiber Derivatization - Gas Chromatography. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 55(2), 84-88.
- Moreira, R. F. A., Netto, C. C., & De Maria, C. A. B. (2012). A fração volátil das aguardentes de cana produzidas no Brasil. *Química Nova*, 35(9), 1819-1826. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422012000900022>
- Nordon, A., Mills, A., Burn, R. T., Cusick, F. M., & Littlejohn, D. (2005). Comparison of non-invasive NIR and Raman spectrometries for determination of alcohol content of spirits. *Analytica Chimica Acta*, 548(1-2), 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.05.067>
- Ojeda, C., Álvarez, G. D., Figueredo, C. J., Islas, L. A., Lappe, P., Nabhan, G. P., Torres, I., Vallejo, M., & Casas, A. (2021). Traditional Fermented Beverages of Mexico: A Biocultural Unseen Foodscape. *Foods*, 10(10), 2390. <https://doi.org/10.3390/foods10102390>
- Páscoa, R. N., Porto, P. A., Cerdeira, A. L., & Lopes, J. A. (2020). The application of near infrared spectroscopy to wine analysis: An innovative approach using lyophilization to remove water bands interference. *Talanta*, 214, 120852. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120852>
- 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*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11174>
- Saeyns, W., Do Trong, N. N., Van Beers, R., & Nicolai, B. M. (2019). Multivariate calibration of spectroscopic sensors for postharvest quality evaluation: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 158, 110981. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2019.110981>
- Sánchez, A., Luna, D., Silva, O., & Rodríguez, M. M. (2023). Application of SPR Method as an Approach to Gas Phase Sensing of Volatile Compound Profile

- in Mezcal Spirits Conferred by Agave Species. *Chemosensors*, 11(1), 70. <https://doi.org/10.3390/chemosensors11010070>
- Sánchez, R. E., Pérez, A., Morales, A., Manilla-, Y., Reyes, E. D., & Avila, G. (2025). Chemistry of Mezcal: Volatile Profile of Artisanal Mezcal Made from Wild Agaves of Oaxaca. *Foods*, 14(7), 1222. <https://doi.org/10.3390/foods14071222>
- Serna, E. C., Bastidas, J. A. A., Ruiz, V. G., & Toloza, J. G. (2022). Evaluation of emeralds by their origin: Multivariate analysis - Infrared spectra. *Revista Colombiana de Química*, 50(3), 24-31. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v50n3.98674>
- Silverstein, R. M., Webster, F. X., Kiemle, D. J., & Bryce, D. L. (2014). *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. John Wiley & Sons
- Sørensen, K., Van Den, F. & Engelsen, S. (2021) Nir data exploration and regression by chemometrics—a primer. *Near-Infrared Spectroscopy: Theory, Spectral Analysis, Instrumentation, and Applications*, p. 127-189.
- Spaho, N. (2022). Distillation Techniques in the Fruit Spirits Production. In *Distillation—Innovative Applications and Modeling*; IntechOpen: London, UK, 2017; ISBN 978-953-51-3202-8.
- Squeo, G., Cruz, J., De Angelis, D., Caponio, F. & Amigo, A. (2024). Considerations about the gap between research in near-infrared spectroscopy and official methods and recommendations of analysis in foods. *Current Opinion in Food Science*, Volume 59, 101203, ISSN 2214-7993, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101203>.
- Sun, D. (2009). *Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control*. Academic Press
- Suryanto, S., Muslikh, F., Purwitasari, N. y Ma'arif, B. (2022). Análisis de Alcance: Análisis de los Niveles de Alcohol en Alimentos y Bebidas mediante Cromatografía de Gases. *Actas de la Conferencia y Seminario Internacional de Farmacia Ulul Albab (PLANAR)*. <https://doi.org/10.18860/planar.v2i0.1843>.
- Téllez, M. C. (2019). Aplicaciones de la espectroscopía infrarroja en el análisis de alimentos.
- Torres, A., Tres, S., Vichi, F., Guardiola, M., Rovira, A., Romero, V., Baeten, J.A. & Fernández, P. (2025). Comparative analysis of spectroscopic methods for rapid authentication of hazelnut cultivar and origin, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Volume 326.
- Vera, A., Guzmán, R., López, M., & Chávez, J. (2018). Perfiles de compuestos volátiles en destilados de mezcal según la influencia de las especies de agave y los procesos de producción., 4, 9. <https://doi.org/10.3390/BEVERAGES4010009>
- Wang, S., Hu, X., Liu, Y., Tao, N., Lu, Y., Wang, X., Lam, W., Lin, L., & Xu, C. (2021). Direct authentication and composition quantitation of red wines based on Tri-step infrared spectroscopy and multivariate data fusion. *Food Chemistry*, 372, 131259. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131259>
- Wiśniewska, P., Śliwińska, M., Dymerski, T., Wardencki, W. & Namieśnik, J. (2015). Aplicación de la cromatografía de gases al análisis de bebidas

- alcohólicas. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45, 201-225. <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.904732>
- Wójcicki, K. (2015). Application of NIR spectroscopy for whisky identification and determination the content of ethanol. *Current Trends in Commodity Science*, 123, 291–301
- Yang, Y. R., Ren, Y. F., Dong, G. M., Yang, R. J., Liu, H. X., Du, Y. H., & Zhang, W. Y. (2016). Determination of Methanol in Alcoholic Beverages by Two-Dimensional Near-Infrared Correlation Spectroscopy. *Analytical Letters*, 49(14), 2279-2289. <https://doi.org/10.1080/00032719.2016.1144060>

4. ANÁLISIS SENSORIAL DEL MEZCAL ARTESANAL DE PUEBLA MEDIANTE EL MÉTODO DE PERFIL FLASH

4.1 Resumen

El mezcal, posee atributos sensoriales específicos, que pueden variar según el proceso de fermentación que involucra microorganismos específicos, la materia prima utilizada y las diferentes etapas de procesamiento relacionadas con el saber hacer del maestro mezcalero. La evaluación sensorial es utilizada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos hacia ciertas propiedades del alimento. En este contexto, el Perfil Flash (PF), es un método de análisis sensorial descriptivo rápido y flexible debido a que otorga libertad al individuo para decidir su propio vocabulario para describir las diferencias sensoriales entre productos. El objetivo de este estudio fue identificar los atributos sensoriales de diferentes mezcales artesanales elaborados con la misma variedad de agave producidos en distintas regiones del estado de Puebla. El estudio se llevó a cabo en dos sesiones, empleando la metodología Perfil Flash se reclutaron a consumidores de mezcal de ambos géneros y mayores de edad, en la primera sesión mediante un consenso se generaron atributos diferenciadores de los mezcales, en la segunda sesión se jerarquizaron los mezcales respecto a la intensidad percibida de cada atributo. Los resultados confirman un perfil sensorial único para cada mezcal y se identificaron atributos como sabor dulce, aroma ahumado, olor acetona, picante, entre otros. La aplicación de la técnica de perfil flash permitió identificar de manera rápida y precisa los atributos sensoriales más relevantes en diferentes mezcales artesanales elaborados con la misma variedad de agave en distintas regiones del estado de Puebla.

Palabras clave: atributos, región, agave, panelistas, proceso.

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

Autor: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui

Director de tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

SENSORY EVALUATION OF ARTISANAL MEZCAL FROM PUEBLA USING FLASH METHOD

Abstract

Mezcal has specific sensory attributes, which may vary according to the fermentation process involving specific microorganisms, the raw material used and the different processing stages related to the know-how of the master mezcal maker. Sensory evaluation is used to measure, analyze and interpret the reactions perceived by the senses to certain properties of the food. In this context, the Flash Profile (FP) is a fast and flexible descriptive sensory analysis method because it gives the individual the freedom to decide his or her own vocabulary to describe the sensory differences between products. The objective of this study was to identify the sensory attributes of different artisanal mezcals made from the same agave variety produced in different regions of the state of Puebla. The study was carried out in two sessions, using the Flash Profile methodology, mezcal consumers of both genders and of legal age were recruited. In the first session, by means of a consensus, differentiating attributes of the mezcals were generated; in the second session, the mezcals were ranked according to the perceived intensity of each attribute. The results confirm a unique sensory profile for each mezcal and identified attributes such as sweetness, smoky aroma, acetone odor, spiciness, among others. The application of the flash profile technique allowed us to quickly and accurately identify the most relevant sensory attributes in different artisanal mezcals made from the same agave variety in different regions of the state of Puebla.

Keywords: attributes, region, agave, panelists, processes.

Master of Science Thesis,
Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui.
Thesis advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

4.2 Introducción

Las bebidas tradicionales, como el mezcal, tienen características organolépticas específicas, que pueden variar según la región; esto se atribuye al proceso de fermentación que involucra microorganismos específicos, materias primas y diferentes etapas de procesamiento (Villarreal-Morales et al., 2018). De esta manera, la riqueza de los sabores, aromas y sensaciones presentes en el mezcal es atribuible a múltiples factores, entre los que destacan la variedad de agave, las condiciones edafoclimáticas, las prácticas de cultivo y recolección, y los procesos específicos de producción empleados en cada región (Villanueva & Escalona, 2012). En este sentido, el uso del análisis sensorial resulta útil para describir e identificar los atributos característicos del mezcal.

El análisis sensorial es un campo interdisciplinario que combina múltiples áreas para analizar los alimentos cualitativa y cuantitativamente, por lo que esta ciencia ha sido ampliamente utilizada en el desarrollo de productos, control de calidad, marketing, análisis de sabor, supervisión de seguridad e inspección de bebidas alcohólicas (Lawless & Heymann, 2010; Isuiza & Saavedra, 2018). La evaluación sensorial es utilizada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos (vista, gusto, olfato, oído y tacto) hacia ciertas propiedades del alimento o producto (Paz et al., 2021).

En la vida diaria, como factor clave en la elección del consumidor de bebidas alcohólicas, el sabor a menudo recibe más atención. Por lo tanto, es necesario describir y determinar el aroma y el sabor de las bebidas alcohólicas a través del análisis sensorial (Wang et al., 2024).

El Perfil Flash (PF), es un método de análisis sensorial descriptivo rápido y flexible debido a que otorga libertad al individuo para decidir su propio vocabulario para describir las diferencias sensoriales entre productos. Posteriormente, cada sujeto utiliza su propio vocabulario para clasificar todas las muestras según sus diferencias relativas en los atributos sensoriales (Bredie et al., 2018). El objetivo

del PF es proporcionar un perfil sensorial rápido y confiable de un conjunto de productos según sus principales diferencias sensoriales (Rodríguez et al., 2021).

El PF se ha popularizado como método rápido de perfilado descriptivo, estudios han demostrado que este método reduce costes y tiempo en comparación con el análisis descriptivo sensorial tradicional (Wang et al., 2022). Además, el método permite usar a evaluadores sin entrenamiento previo. Al comparar todas las muestras simultáneamente, se enfocan en las diferencias perceptibles, generando solo atributos discriminantes (Ellis & Gámbaro, 2024).

Los datos sensoriales generados pueden ser evaluados por el Análisis Procrustes Generalizado (APG), la cual es una herramienta estadística que elimina las diversas fuentes de variación entre los consumidores y se obtiene el mapa sensorial basado en el consenso de estos (Justino et al., 2016).

Por lo que el desarrollo de técnicas multivariadas para el análisis estadístico de datos, como el Análisis de Componentes Principales (ACP), que permite visualizar las relaciones entre productos y atributos, y el APG, ha hecho que este método sea muy confiable y se utilice en laboratorios sensoriales. El APG es una técnica exploratoria multivariada que implica transformaciones de matrices de datos individuales para proporcionar una comparabilidad óptima, ya que, utiliza puntuaciones individuales para explicar cualquier variación, dado que las muestras se mantienen constantes y no varían (Delarue, 2015).

Puebla se ha convertido en un importante productor de mezcal a nivel nacional, por lo que, el análisis sensorial del mezcal producido en este estado resulta importante para identificar y valorizar las características organolépticas únicas derivadas del tipo de agave, las prácticas artesanales y las condiciones ambientales específicas de la región. Esto permitirá diferenciar los mezcales poblanos de los de otras zonas, aportando evidencia para fortalecer su denominación de origen y ofrece herramientas para que los pequeños productores comuniquen mejor la calidad de sus productos. De esta manera, el objetivo de este estudio es identificar los atributos sensoriales de diferentes

mezcales artesanales elaborados con la misma variedad de agave (Papalometl), pero producidos en distintas regiones del estado de Puebla, mediante la técnica de perfil flash.

4.3 Materiales y métodos

4.3.1 Selección de las muestras

Se utilizaron seis muestras de mezcal de Puebla, todas artesanales y elaboradas con *Agave potatorum* (Papalometl). Los municipios donde se adquirieron fueron divididos en región centro (Atlixco, Tochimilco y Tzicatlacoyan) y región sur (Tehuacán, Zapotitlán Salinas y Caltepec) (Cuadro 4).

La obtención de las muestras fue dirigida, por lo tanto, los mezcales se adquirieron en palenques reconocidos en los municipios, estos fueron recolectados en botellas de vidrio y almacenados a temperatura ambiente, para posteriormente ser evaluados.

Cuadro 4. Codificación de las muestras de mezcal de Puebla

Muestra	Región	Localidad	Especie	Proceso
AC1	R Centro	Atlixco	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
BC2	R Centro	Tochimilco	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
CCN5	R Centro	Tzicatlacoyan	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
DS3	R Sur	Zapotitlán	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
ES4	R Sur	Caltepec	<i>A. potatorum</i>	Artesanal
FSN6	R Sur	Tehuacán	<i>A. potatorum</i>	Artesanal

4.3.2 Evaluación sensorial

Se empleó la metodología Perfil Flash, para ello se reclutó a 16 consumidores de mezcal de ambos géneros, mayores de edad y con disponibilidad de participar, el estudio se llevó a cabo en dos sesiones:

Primero a cada consumidor reclutado se le mostraron seis muestras de mezcal conjuntamente y se pidió crear un listado de atributos o características con los

que pudieran distinguir a los mezcales. Posteriormente se socializó y consensó la información en una lista definitiva de atributos.

En una segunda sesión, a cada panelista se le presentaron todas las muestras de manera simultánea y se les solicitó jerarquizarlas según la intensidad percibida para cada uno de los atributos evaluados, utilizando una hoja de respuestas previamente diseñada utilizando una escala de 1 a 6, donde, 1 fue mayor intenso y 6 menor intenso (Anexo 1). Cada integrante del panel evaluó el conjunto de muestras en tres repeticiones, distribuidas a lo largo de tres días consecutivos, con el fin de minimizar la fatiga sensorial. Cabe señalar que, para asegurar una adecuada limpieza del paladar entre muestras, se proporcionó a los panelistas entre muestras galletas y agua en todo el proceso.

4.3.3 Análisis de datos

Con los datos obtenidos de las tres repeticiones de cada panelista se hizo un análisis de varianza empleando un diseño completamente al azar, para evaluar la capacidad discriminativa ($p \leq 0.05$) de cada uno para todos los atributos del mezcal y de cada uno de los atributos, este análisis se realizó empleando el programa Minitab® 19 (Pennsylvania, EE.).

Los datos sensoriales finales generados durante la aplicación del perfil flash fueron registrados y organizados en una tabla de Excel, lo que permitió estructurar la información de manera clara y sistemática. Una vez consolidada la matriz de datos, se procedió a realizar un Análisis Procusteano Generalizado (APG), con el objetivo de identificar patrones de similitud entre los evaluadores y visualizar la configuración sensorial de las muestras. Este análisis estadístico multivariado fue llevado a cabo utilizando el software XLSTAT versión 2019 (Addinsoft, EE. UU.), el cual permitió procesar e interpretar los resultados a través de representaciones gráficas y coordenadas principales.

4.4 Resultados y discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos con el ANOVA, de los 16 panelistas se eliminaron 2 que no discriminaron ninguna muestra, y se seleccionaron 7 atributos (aroma ahumado, aroma herbal, aroma dulce, olor acetona, sabor dulce, sensación caliente y picante) estos atributos permitieron diferenciación entre las muestras, este procedimiento fue similar a lo reportado por Alvarado et al. (2012). El APG y de acuerdo con la transformación consensuada se distinguieron dos componentes ($p < 0.0001$) que explicaron 34.73 % y 25.84 % de la variación, respectivamente, y en total el AGP explico el 60.57 % (Figura 6). En otros estudios de bebidas alcohólicas, como el realizado por Mozqueda et al. (2018) en mezcal de guerrero, los primeros dos factores han explicado el 58.27 % de la variabilidad de los datos, similar a este estudio, al igual que lo reportado por Barajas-Ramírez et al. (2024) en su estudio de mezcal de Oaxaca (63.449 %), por el contrario, Pablo (2019), reporta una variabilidad más alta, el 84.40%, en mezcales de Oaxaca, Ntuli et al. (2021) el 91.4 % para vino blanco, Tsapou et al. (2024) el 82.2 % en aguardiente de uva.

El análisis sensorial, interpretado mediante Análisis de Coordenadas Principales (ACP), permitió identificar la percepción diferencial de atributos sensoriales entre los jueces participantes. En la Figura 6 se presenta la proyección conjunta de los atributos descritos por cada juez, se muestra una dispersión moderada de los descriptores, lo que indica variabilidad individual en la percepción sensorial (Barajas-Ramírez et al., 2024), propia de este tipo de metodologías cualitativas rápidas (Dairou & Sieffermann, 2002). Sin embargo, es observable que algunos atributos tienden a agruparse en regiones específicas del espacio factorial, lo que sugiere que, pese a las diferencias individuales, existen tendencias comunes en la percepción sensorial de las muestras evaluadas. Además, la repetición de ciertos atributos en distintas zonas de la gráfica también indica que algunos jueces interpretan de forma diferente un mismo descriptor, o bien que perciben esa característica en diferentes muestras con distintas intensidades.

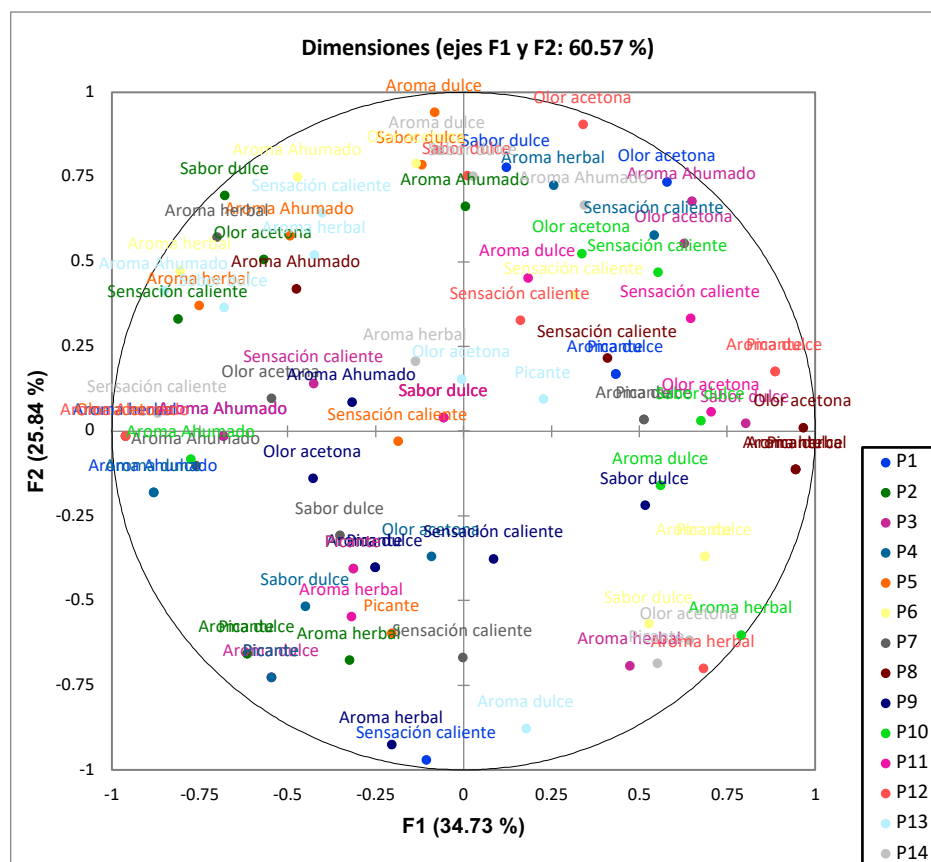


Figura 5. Gráfico de contribución de jueces por atributo sensorial (Análisis de Componentes Principales - ACP). El gráfico muestra el plano factorial de las dimensiones 1 (F1: 34.73 %) y 2 (F2: 25.84 %), que en conjunto explican el 60.57% de la variabilidad total en los datos.

En la Figura 7 se observa la gráfica bidimensional de la distribución de los atributos, cada punto representa un atributo sensorial generado por los jueces durante la evaluación. Los atributos más alejados del centro (0,0) son los que más contribuyen a la diferenciación entre las muestras. En la primera dimensión los atributos con mayor relevancia fueron: “Aroma dulce”, “Picante” y “Aroma ahumado”, mientras que “Sabor dulce” y “Olor acetona” se relacionan principalmente con la dimensión dos. La distribución espacial de los atributos permite identificar agrupamientos y relaciones sensoriales, lo que facilita la caracterización de los perfiles organolépticos de los mezcales evaluados.

Villanueva y Escalona (2012) señalan que el perfil sensorial del mezcal está fuertemente determinado por la variabilidad en las especies de agave y las comunidades microbianas involucradas en la fermentación, lo que da lugar a una

amplia gama de atributos organolépticos, desde notas ácidas hasta matices florales y afrutados. En este sentido, Becerra-Lucio et al. (2022) destacan que la fermentación del mezcal está dominada por levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* junto con bacterias diversas, que transforman los azúcares del agave a través de diversas rutas metabólicas que determinan su perfil sensorial final. Ávila-Reyes et al. (2025) explican que la glucólisis degrada la glucosa a piruvato, generando etanol y compuestos intermedios. Parte de este piruvato ingresa al ciclo de Krebs, donde se oxida el acetil-CoA y se producen metabolitos como ácido succínico, ácido málico y ácido cítrico, los cuales actúan como precursores de ésteres y alcoholes superiores que aportan notas frutales, florales, herbales o minerales y compuestos umami.

Además, el sabor ahumado en los alimentos está relacionado con los compuestos fenólicos (Wang & Chambers, 2018; Parker et al., 2024); en el mezcal la cocción tradicional del agave se realiza en hoyos de tierra y piedra con leña, produciéndose furanos (De León et al., 2006) y compuestos fenólicos que aportan el distintivo aroma ahumado, estos últimos son provenientes del contacto del agave con el humo de la leña (Villanueva y Escalona, 2012). Mientras que la sensación picante en el mezcal puede estar relacionada con el contenido alcohólico en el destilado (Barajas-Ramírez et al., 2024).

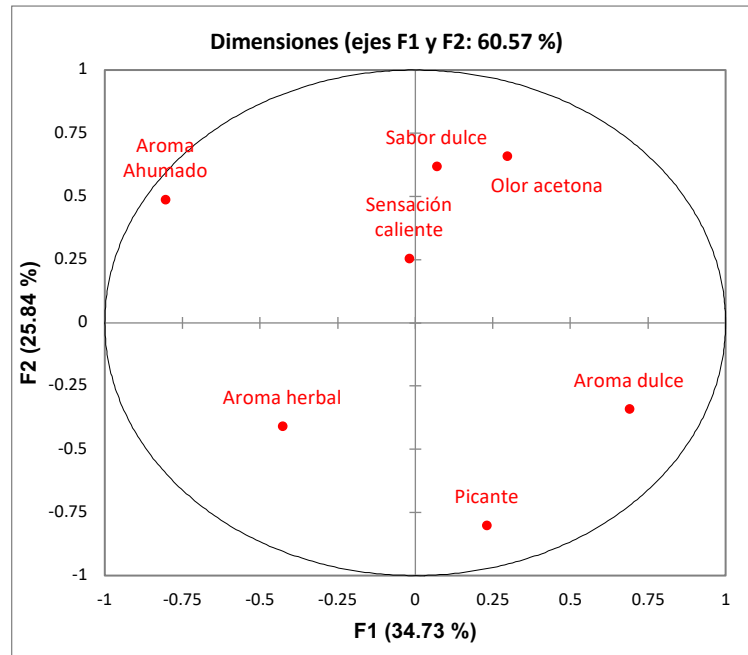


Figura 6. Representación gráfica de los atributos sensoriales obtenidos mediante la metodología Perfil Flash para las muestras de mezcal analizadas.

El gráfico de objetos o de las muestras analizadas se muestra en la Figura 8, en este cada punto representa una muestra de mezcal evaluada. La distribución de las muestras en el plano bidimensional permite observar su diferenciación sensorial de acuerdo con los atributos percibidos por los jueces. Se observa que, las muestras FSN6 (perteneciente a la región sur del estado de Puebla) y AC1 (perteneciente a la región centro del estado) se encuentran en extremos opuestos del plano, lo que sugiere que presentan perfiles sensoriales distintos, así como, el ES4 (sur) y el BC2 (centro), las diferencias entre las muestras pueden estar influenciadas por factores locales como el tipo de agave, condiciones de fermentación y destilación, resultado atributos sensoriales distintivos. Por otra parte, las muestras DS3 (sur) y CCN5 (centro) se agrupan hacia el cuadrante superior izquierdo, lo cual puede indicar similitudes en sus características organolépticas.

Esta distribución sugiere que, aunque la región geográfica influye en el perfil sensorial del mezcal, existe una marcada variabilidad entre productores dentro de cada región, probablemente derivada de la diversidad en técnicas artesanales

y condiciones microambientales (Del Carmen et al., 2016). En Puebla el proceso artesanal del mezcal incluye cinco etapas, pero cada maestro mezcalero aporta un sello distintivo que puede agregar características únicas al mezcal (García et al., 2024).

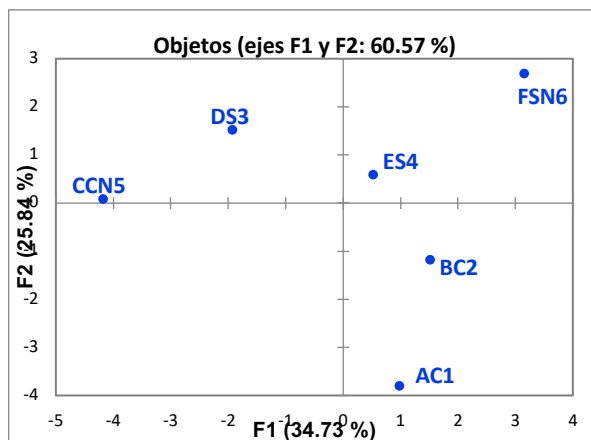


Figura 7. Grafica de objetos correspondiente al análisis sensorial tipo Flash aplicado a muestras de mezcal de dos regiones del estado de Puebla, se incluyen municipios como: Atlixco, Tochimilco, Tzicatlacoyan, Tehuacán, Zapotitlán Salinas y Caltepec.

En la Figura 9, el grafico de Análisis de Componentes Principales (ACP) muestra simultáneamente las proyecciones de las muestras de mezcal y los atributos sensoriales en el plano definido por las dos primeras dimensiones factoriales. La proximidad entre una muestra y un vector indica una fuerte asociación entre esa muestra y el atributo sensorial correspondiente. La muestra FSN6 (Sur: Tehuacán) se ubica cerca de los vectores “Sabor dulce” y “Olor acetona”, lo que sugiere que estos atributos fueron mayormente percibidos por los jueces en esta muestra. De igual forma, se observa que la muestra AC1 (Centro: Atlixco) se relaciona fuertemente con el atributo “Picante” y la muestra BC2 (Centro: Tochimilco) está más relacionado con el “Aroma dulce”, lo que sugiere un perfil más suave y posiblemente más aceptable para consumidores no habituados a sabores intensos, mientras que CCN5 (Centro: Tzicatlacoyan) se asocia con “Aroma ahumado” y en menor medida con “Aroma herbal”. La muestra DS3 (Sur: Zapotitlán) se vincula con la “Sensación caliente”. Finalmente observamos que ES4 (Sur: Caltepec) aparece cercana al centro, lo que indica una percepción

sensorial más equilibrada o menos marcada en relación de los atributos evaluados.

Los resultados del singular perfil sensorial del mezcal de Puebla pueden estar estrechamente vinculados a los compuestos volátiles presentes en la bebida y estos se pueden utilizar para diferenciarlos según su origen geográfico (Acosta et al., 2024). La calidad y autenticidad del mezcal dependen del tipo de agave, los compuestos volátiles y las condiciones del proceso, lo que da lugar a perfiles sensoriales únicos según la especie, la fermentación y la destilación (Lazo et al., 2025). Pablo (2019) encontró que los atributos sensoriales ayudaron a diferenciar los mezcales de Oaxaca mucho mejor por región de producción y en menor medida por especie, lo que puede estar relacionado con el clima y la topografía específica del lugar.

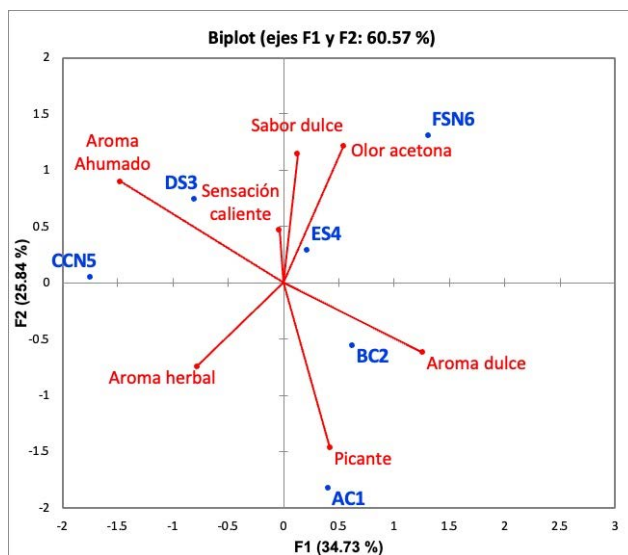


Figura 8. Biplot sensorial de Análisis de Componentes Principales (ACP) de la distribución de las muestras de mezcal (en azul) y los atributos sensoriales (en rojo) en el plano definido por las dos primeras dimensiones factoriales

4.5 Conclusión

La aplicación de la técnica de perfil flash permitió identificar de manera rápida los atributos sensoriales más relevantes en diferentes mezcales artesanales (aroma

ahumado, sensación caliente, sabor dulce, olor acetona, aroma dulce, picante, aroma herbal) elaborados con la misma variedad de agave en distintas regiones del estado de Puebla.

Esta metodología resultó adecuada para captar las diferencias entre las muestras sin requerir un panel altamente entrenado, lo que la convierte en una herramienta accesible y útil para estudios exploratorios en productos con alta variabilidad sensorial como el mezcal.

Los resultados obtenidos evidencian que, a pesar de compartir la misma materia prima, las regiones de origen y las prácticas de producción generan perfiles sensoriales diferenciados, lo que respalda la influencia del "terroir" y del proceso artesanal en las características organolépticas finales. En este sentido, el perfil flash no solo facilita la caracterización sensorial del producto, sino que también puede contribuir a su valorización, diferenciación comercial y posible certificación de origen.

4.6 Literatura citada

- Acosta-García, E. D., Páez-Lerma, J. B., Martínez-Prado, M. A., & Soto-Cruz, N. O. (2024). Volatile compound analysis in mezcal based on multiple extraction/concentration methods, deconvolution software, and multivariate analysis. *Food Control*, 168, 110852. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110852>
- Alvarado, J. G. G., Almaráz, D. R., & De Jesús Ramírez Rivera, E. (2012). Calidad fisicoquímica y sensorial de queso tipo Manchego durante la maduración. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 929-938. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6104329.pdf>
- Ávila-Reyes, S. V., Jiménez-Aparicio, A. R., Melgar-Lalanne, G., Fajardo-Espinoza, F. S., & Hernández-Sánchez, H. (2025). Mezcal: A Review of Chemistry, Processing, and Potential Health Benefits. *Foods*, 14(8), 1408. <https://doi.org/10.3390/foods14081408>
- Barajas-Ramírez, J., Pardo-Núñez, J., Aguilar-Raymundo, V., & Gutiérrez-Salomón, A. (2024). Influence of taste sensitivity on preference and sensory perception of mezcal. *Food Research International*, 181, 114125. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114125>
- Becerra-Lucio, P. A., Diego-García, E., Guillén-Navarro, K., & Peña-Ramírez, Y. J. (2022). Unveiling the Microbial Ecology behind Mezcal: A Spirit Drink

- with a Growing Global Demand. *Fermentation*, 8(11), 662.
<https://doi.org/10.3390/fermentation8110662>
- Bredie, WLP, Liu, J., Dehlholm, C. y Heymann, H. (2018). Método de Perfil Flash. En *Análisis Descriptivo en la Evaluación Sensorial* (eds. SE Kemp, J. Hort y T. Hollowood). <https://doi.org/10.1002/9781118991657.ch14>
- Dairou, V., & Sieffermann, J. (2002). A Comparison of 14 Jams Characterized by Conventional Profile and a Quick Original Method, the Flash Profile. *Journal Of Food Science*, 67(2), 826-834. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10685.x>
- De León-Rodríguez A, González-Hernández L, Barba de la Rosa AP, Escalante-Minakata P, López M. (2006). Characterization of volatile compounds of Mezcal, an ethnic alcoholic beverage obtained from Agave salmiana. *J Agric Food Chem*:1337-41. doi: 10.1021/jf052154+. PMID: 16478257
- Del Carmen Chavez-Parga, M., Hernández, E. P., & Hernández, J. C. G. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1). <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552>
- Delarue, J. (2015). Perfil Flash, su evolución y usos en la ciencia sensorial y del consumidor. En *Técnicas de Perfilado Sensorial Rápido: Aplicaciones en el Desarrollo de Nuevos Productos y la Investigación del Consumidor*, 1.ª ed.; Delarue, J., Lawlor, J. B., Rogeaux, M. (eds.); Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: Cambridge, Reino Unido; Volumen 1, págs. 121-151. <https://doi.org/10.1533/9781782422587.2.121>
- Ellis, A. C., & Gámbaro, A. (2024). Description of virgin olive oil: Descriptive evaluation by trained assessors vs flash profile using panels with diverse degrees of training. *International Journal Of Gastronomy And Food Science*, 36, 100895. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100895>
- García, E. B., Villanueva, J. L. J., López, S. V., & González, A. B. (2024). Mezcal artesanal en Puebla: actores y saberes locales. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 21(3). <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i3.1605>
- Izuiza, G. G. P., & Saavedra, C. N. (2018). Caracterización sensorial mediante perfil Flash de dos marcas de hot-dog de pollo comerciales y dos muestras formulados por ingeniería Kansei Tipo II. *Anales Científicos*, 79(1), 194. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1163>
- Justino, R., Paz, S., Llaja, H., de Mendoza Merino, H., Aranibar, N. B., & Baigorria, S. (2016). Caracterización sensorial de salsa a base de hongos (*Pleurotus ostreatus*) mediante la técnica Perfil Flash. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7(1), 001-016
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science & Business Media.
- Lazo, O., García-Ortíz, A. L., Pardo, J., & Guerrero, L. (2025). Mezcal Characterization Through Sensory and Volatile Analyses. *Foods*, 14(3), 402. <https://doi.org/10.3390/foods14030402>
- Mozqueda-Balderas, R., Delgado-Alvarado, A., Herrera-Cabrera, B. E., & Vargas-López, S. (2018). Evaluación sensorial del mezcal de la localidad de Totomochapa, Tlapa de Comonfort, Guerrero, México. *Agro Productividad*, 11(10), 81-86.

- Ntuli, R. G., Saltman, Y., Ponangi, R., Jeffery, D. W., Bindon, K., & Wilkinson, K. L. (2021). Impact of fermentation temperature and grape solids content on the chemical composition and sensory profiles of Cabernet Sauvignon wines made from flash détente treated must fermented off-skins. *Food Chemistry*, 369, 130861. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130861>
- Pablo, M. (2019). Caracterización sensorial y química de mezcales oaxaqueños, valoración e identificación de su calidad intangible. Universidad Autónoma Chapingo [Tesis de maestría] Repositorio Chapingo.
- Parker, M., Jiang, W., Siebert, T. E., & Herderich, M. J. (2024). Smoky Characters in Wine: Distinctive Flavor or Taint? *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 72(17), 9581-9586. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c00811>
- Paz, R. J. S., Gonzales, G. N. P., & Sota, A. E. (2021). Comparación de métodos sensoriales descriptivos: perfil flash y preguntas CATA para caracterizar infusiones de muña (*Minthostachys mollis*). *Enfoque UTE*, 12(3), 11-23. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.730>
- Rodríguez, S., Buenrostro, J. J., Reboloso, O. N., Corona, J., Camposeco, N., Flores, A., & Ruelas, X. (2021). Developing a Descriptive Sensory Characterization of Flour Tortilla Applying Flash Profile. *Foods*, 10(7), 1473. <https://doi.org/10.3390/foods10071473>
- Tsapou, E., Tzortzis, P., & Koussissi, E. (2024). Application of Polarized Projective Mapping combined with Ultra Flash Profiling to a complex – high fatigue product category: The case of Greek grape marc spirits. *Food Quality And Preference*, 118, 105182. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105182>
- Villanueva-Rodriguez, S., & Escalona-Buendia, H. (2012). Tequila and mezcal: sensory attributes and sensory evaluation. En Elsevier eBooks (pp. 359-378). <https://doi.org/10.1533/9780857095176.3.359>
- Villarreal-Morales, S. L., Montañez-Saenz, J. C., Aguilar-González, C. N., & Rodriguez-Herrera, R. (2018). Metagenomics of Traditional Beverages. En Elsevier eBooks (pp. 301-326). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811443-8.00011-6>
- Wang, H., & Chambers, E., IV. (2018). Sensory Characteristics of Various Concentrations of Phenolic Compounds Potentially Associated with Smoked Aroma in Foods. *Molecules*, 23(4), 780. <https://doi.org/10.3390/molecules23040780>
- Wang, H., Feng, X., Suo, H., Yuan, X., Zhou, S., Ren, H., Jiang, Y., & Kan, J. (2022). Comparison of the performance of the same panel with different training levels: Flash profile versus descriptive analysis. *Food Quality And Preference*, 99, 104582. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104582>
- 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. *Food Chemistry X*, 23, 101542. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101542>

5. ATRIBUTOS DE VALORIZACIÓN Y SIGNIFICADOS DE COMPRA EN CONSUMIDORES DE MEZCAL DEL ESTADO DE PUEBLA**

5.1 Resumen

Objetivo: identificar los atributos de valorización del mezcal producido en el estado de Puebla mediante la técnica de asociación libre de palabras. **Metodología:** Se encuestó a 200 consumidores de mezcal, a quienes se les mostró una imagen de mezcal de Puebla y se solicitó que escribieran tres palabras o ideas que asociaran con el estímulo. Las palabras se analizaron y se obtuvieron índices de diversidad y rareza. Posteriormente, se agruparon por categorías, clasificadas en tangibles (utilitarios) e intangibles (simbólicos). Se realizaron pruebas de proporción K y procedimiento de Marascuilo. Se obtuvo una rueda de significados y se realizó un análisis de componentes principales. **Resultados:** El significado utilitario tuvo mayor representación, indicando que los consumidores valoran más los atributos tangibles del mezcal, evocando palabras de las categorías de bebida y accesorios, y materia prima. Asimismo, las categorías de significados psicológicos de hedonismo, identidad y tradición resultaron significativas. **Limitaciones:** Participación únicamente de personas que consumen mezcal poblano. **Conclusiones:** El estudio de asociación de palabras permitió identificar atributos que los consumidores asocian con el mezcal poblano. Se diferenciaron los significados psicológicos simbólicos y utilitarios, siendo los utilitarios los que presentaron el mayor porcentaje.

Palabras clave: alimentación contemporánea, mezcal, Puebla, significados, simbólico, utilitario, atributos, categorías.

**Artículo publicado en Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional

DOI: <https://doi.org/10.24836/es.v35i65.1554>

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

Autor: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui

Director de tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

VALUATION ATTRIBUTES AND PURCHASE MEANINGS IN MEZCAL CONSUMERS IN THE STATE OF PUEBLA

Abstract

Objective: To identify the attributes of valorization for mezcal produced in the state of Puebla using the free word association technique. Methodology: 200 mezcal consumers were surveyed, where they were shown an image of mezcal produced in Puebla and asked to write three words or ideas they associated with it. The words were analyzed, and diversity and rarity indices were obtained. Subsequently, they were grouped by categories, classified into tangible (utilitarian) and intangible (symbolic). K-proportion tests and the Marascuilo procedure were conducted. A wheel of meanings was obtained, and a principal component analysis was performed. Results: The utilitarian meaning had a greater representation, indicating that consumers value more the tangible attributes of the mezcal, evoking words from the categories of beverage and accessories, and raw material. Also, the categories of psychological meanings of hedonism, identity, and tradition were significant. Limitations: Participation only of people who consume mezcal from Puebla. Conclusions: The word association study allowed us to understand the attributes that consumers most associate with Puebla mezcal. Symbolic and utilitarian psychological meanings were differentiated, with utilitarian meanings having the highest percentage.

Keywords: contemporary food, mezcal, Puebla, meanings, symbolic, utilitarian, attributes, categories.

5.2 Introducción

El mezcal es una bebida tradicional mexicana de significación cultural, social y económica para las regiones productoras. Es obtenido a través de un proceso de cocción, molienda, fermentación y destilación del agave (Pérez et al., 2016). El mezcal y el tequila son bebidas alcohólicas típicas y tradicionales de México, ambas obtenidas del proceso de destilación del agave y se diferencian por la variedad de agave utilizada para su elaboración (Terán et al., 2025). La palabra mezcal viene de la voz náhuatl *mexcalli*, que significa maguey cocido, por lo que, evoca, más que una región o territorio, una forma de cocción del agave de origen prehispánico que se ha vuelto característica de los pueblos indígenas y campesinos diferentes regiones de México. Algunas regiones con denominación de origen (Arista, 2020), como lo es el estado de Puebla, se ha posicionado como unas de las principales productoras de mezcal a nivel nacional (Fonseca, 2020). Es una bebida obtenida por el trabajo manual, creativo y original de productores con un respaldo de la tradición mezcalera que resulta de una clara conexión entre las prácticas culturales de los productores y su relación con el entorno, con la que se identifican sociedades indígenas y campesinas (López, 2018).

La producción del mezcal está regulada por la NOM-070-SCFI-2016; la Norma Oficial Mexicana establece las características y especificaciones que debe cumplir la bebida alcohólica destilada denominada Mezcal para su producción, envasado y comercialización, además define al mezcal como una bebida alcohólica destilada mexicana, cien por ciento de maguey o agave, obtenida por destilación de jugos fermentados con microorganismos espontáneos o cultivados, extraídos de cabezas maduras de magueyes o agaves cocidos. De acuerdo con el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal A.C. (Comercam), en el año 2023, Puebla participó aportando 3.44% del total de la producción nacional de mezcal colocándose como el segundo productor de esta bebida en México (Comercam, 2024). El mezcal no era una bebida bien aceptada debido a que carecía de una buena reputación, pues se consideraba una bebida dirigida a campesinos y de mala calidad (Jiménez et., 2020), sin embargo, en los

últimos años esta ha tomado relevancia en el mercado debido a que los consumidores le han comenzado a otorgar un valor simbólico, asociado principalmente a los orígenes de producción, aumentado su consumo y producción considerablemente. Los valores culturales y territoriales son características del mezcal que valora el consumidor y por tanto aumenta su demanda (Rodríguez et al., 2019). Aunque Puebla es uno de los principales productores nacionales de mezcal, no ha recibido el reconocimiento que merece, tradicionalmente, cuando pensamos en mezcal, lo asociamos principalmente a Oaxaca.

En Puebla el mezcal artesanal es considerado un producto premium, por lo que existe un conocimiento compartido y diferenciado que depende de las características de cada región, su cosmo-visión, la materia prima, la biodiversidad, la reciprocidad, el proceso de elaboración y el trabajo familiar (García et al., 2024). Los alimentos tradicionales forman un elemento importante de la cultura de las poblaciones; los consumidores generalmente los reconocen con características asociadas a la identidad regional y la calidad sensorial (Guiné et al., 2021) el mezcal se encuentra dentro de este grupo al ser símbolo de reconocimiento de las regiones en donde se origina. La demanda de los productos tradicionales se encuentra en aumento debido al interés por estos y además contribuyen como elemento de cultura y al patrimonio de una región (Fibri y Frøst, 2018). El mezcal se encuentra dentro de este grupo. De acuerdo con (Minardi et al., 2024) los valores humanos tienen una influencia directa en la preferencia de un producto con ello el consumidor lo provee de significados para hacerlo representativo de manera simbólica. La valorización de bebidas tradicionales tiene la capacidad de generar beneficios económicos y favorecer el desarrollo local (Keskin y Güneş, 2021). Los consumidores son el final en la cadena de producción y que se cumplan sus requerimientos es parte importante de su satisfacción (Teixeira et al., 2023). Por tanto, es importante comprender los factores que afectan el comportamiento del consumidor para elegir un producto (Fonti Furnols y Guerrero, 2014) e incluir a los consumidores como cocreadores de productos genera un impacto positivo en su aceptación (Banović et al., 2016).

Las técnicas derivadas de la psicología y la investigación del consumidor están atrayendo cada vez más atención en el campo de las ciencias de los alimentos, ya que son utilizadas para estudiar las opiniones y percepciones de los consumidores sobre los productos alimenticios y tener una mayor aceptación de estos (Riquelme et al., 2022); una de estas técnicas es la asociación de palabras, la cual es un método para recopilar información útil sobre las percepciones de los consumidores sobre un producto alimenticio (Rojas et al., 2022). La metodología se basa en dar un estímulo a los encuestados y solicitar que escriban las asociaciones que les vienen a la mente (De Andrade et al., 2016). Por lo que se generan pensamientos y asociaciones espontáneas conscientes sobre los productos, después de ser considerados. La información generada por esta técnica es relevante para comprender las elecciones y decisiones de los consumidores relacionadas con un producto (Mesías et al., 2018; Rojas et al., 2023).

La asociación de palabras es una metodología empleada para recopilar información útil acerca de los motivos detrás de la elección de alimentos o la percepción de los consumidores sobre los productos alimenticios, y proporciona información de atributos que son relevantes para su aceptación (Della Fontana et al., 2024). El análisis conceptual es una técnica que permite compilar información sobre las percepciones de los consumidores sobre los alimentos, de manera rápida y eficiente (Chen y Antonelli, 2020). Por lo que, la conceptualización de un alimento es un reflejo principal de la cultura de los consumidores, al constituirse de normas y valores que se emplean para definir lo que él considera un alimento adecuado o inadecuado cantidad de alimentos a consumir (Román et al., 2017). El objetivo de este estudio es analizar la percepción de los consumidores y evaluar cómo estos conceptualizan al mezcal elaborado en el estado de Puebla para determinar sus atributos tangibles e intangibles.

5.3 Materiales y métodos

5.3.1 Participantes y diseño de encuesta

Se aplicó una encuesta a doscientos consumidores de ambos géneros de diferentes partes de la República Mexicana. El diseño muestral consideró un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 9 %, bajo el supuesto de un universo infinito. Se realizó un muestreo no probabilístico por técnica de bola de nieve, adecuada para poblaciones difíciles de delimitar (Del Valle Gómez y Degraives, 2019). Los criterios de selección de los participantes fueron: ser mayor de 18 años, consumidores de mezcal y tener interés por participar en el estudio. El cuestionario se diseñó mediante Formularios de Google, estructurado en dos apartados, y se difundió a través de diversos medios electrónicos. En el primer apartado se consideraron aspectos sociodemográficos de los consumidores, como lugar de origen, género, edad, escolaridad, ocupación e ingreso mensual. En el segundo apartado se les mostró a los consumidores una imagen digital como estímulo de un mezcal elaborado en Puebla y se les solicitó escribir tres palabras (ideas o conceptos) asociadas con el producto presentado (Torres et al., 2020).

5.3.2 Análisis de datos

5.3.2.1 Caracterización sociodemográfica de los participantes

Los datos obtenidos fueron agrupados en tres regiones referentes al lugar de residencia de cada participante: Puebla, Estado de México y otros estados (Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Ciudad de México, Hidalgo, Querétaro, Tlaxcala, Durango, Morelos, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Guanajuato, Zacatecas, Chihuahua). El estado de Puebla incluye a participantes que residen en diversos municipios del estado, reflejando una mezcla de áreas urbanas y rurales con características socioeconómicas variadas, cabe destacar que se analizó la información específica de este estado debido a la relevancia en el estudio. El Estado de México, siendo una de las entidades del país más pobladas presenta una gran diversidad en términos de niveles de desarrollo, lo cual se

refleja en la composición de los participantes provenientes de esta región. La tercer región abarca a participantes de diferentes estados, proporcionando una visión más amplia y diversa del panorama sociodemográfico del estudio. Cada uno de estos estados aporta su propio conjunto de características culturales, económicas y sociales, enriqueciendo el análisis con una variedad de contextos regionales. De esta manera, la agrupación de los datos no solo facilita la organización de la información, sino que también permite una comprensión más amplia de las diferencias y similitudes culturales y sociodemográficas entre las distintas regiones de México. Para cada región se calculó el porcentaje de cada variable proporcionada en las categorías sociodemográficas evaluadas.

5.3.2.2 Índice de diversidad y rareza

Se analizaron los datos obtenidos, para ello, se ordenaron las palabras, se corrigieron errores y se eliminaron las oraciones compuestas. Para indicar el grado de intercambio social sobre el término se estimaron los índices de rareza y diversidad en cada región (Rodríguez et al., 2015):

El índice de diversidad (ecuación 1) es la relación entre el número de palabras diferentes y el número total de palabras generadas definido:

$$\text{Índice de diversidad} = \frac{\text{Número de palabras diferentes}}{\text{Número total de palabras en la región}} \times 100 \quad (1)$$

El índice de rareza (ecuación 2) hace referencia a las de palabras citadas una sola vez en el estudio, y que son denominadas Hápx, dividido entre el número de palabras diferentes (García et al., 2017):

$$\text{Índice de rareza} = \frac{\text{Número de palabras raras (Hápx)}}{\text{Número de palabras diferentes}} \times 100 \quad (2)$$

Posteriormente, se diseñaron tablas de contingencia con los índices mencionados y con las categorías formadas con la asociación libre palabras mencionadas por los participantes con respecto a las regiones obtenidas. Para ambos análisis se realizó una prueba de K-proporciones empleando a la X^2 como estadístico de prueba para saber si existían diferencias entre las regiones

definidas, para ello se utilizó el programa XLSTAT Versión 2019. (Addinsoft, USA), complemento de Microsoft Excel (Microsoft Office®).

5.3.2.3 Análisis de las representaciones sociales del mezcal

Las palabras mencionadas por los participantes se agruparon en categorías semánticas, por lo que se identificó su raíz y se redujeron las palabras; el procedimiento de reducción permitió una normalización de los términos, facilitando el análisis y la interpretación de los datos. La agrupación se basó en la interpretación personal del significado de las palabras evocadas, siguiendo la metodología propuesta por Jauregui et al. (2024).

Para cada región con el número palabras en cada categoría formada se obtuvieron las frecuencias relativas proporcionando una distribución de los conceptos expresados por los participantes; posteriormente a los datos se aplicó una prueba de K-proporciones empleando la X^2 como estadístico de prueba proporcionando una medida robusta para evaluar la independencia de las proporciones observadas, y para comparar las categorías formadas, se empleó el procedimiento de Marascuilo. La combinación de la prueba de K-proporciones con el procedimiento de Marascuilo proporcionó un marco analítico sólido para explorar las relaciones y diferencias entre las categorías semánticas; el software empleado para el análisis fue XLSTAT Versión 2019. (Addinsoft, USA), complemento de Microsoft Excel (Microsoft Office®).

5.3.2.4 Porcentajes de las categorías

Las categorías obtenidas fueron clasificadas en significados psicológicos simbólicos y utilitarios, de acuerdo con las definiciones de las categorías formadas, esto permitió una diferenciación clara entre los aspectos emocionales y prácticos de los conceptos expresados por los participantes. Los significados simbólicos hacen referencia a las asociaciones emocionales, culturales y personales que los individuos asociaron a el estímulo presentado, en conjunto son aspectos intangibles que ayudan a determinar su significado simbólico, mientras que los significados utilitarios se enfocan en las funciones prácticas y

usos concretos relacionados con las mismas (Hernández, 2018). De forma general se obtuvieron los porcentajes de las categorías para el estímulo, así como también los porcentajes de los significados simbólicos y utilitarios obtenidos, la existencia de diferencia estadística entre las categorías, y entre los significados simbólicos y utilitarios se evaluó mediante pruebas de K-proporciones utilizando el estadístico X^2 . Este análisis proporcionó una visión cuantitativa de cómo los participantes percibían y respondían al estímulo, permitiendo identificar las categorías más prevalentes. Los porcentajes fueron utilizados para construir una rueda de significados, la cual es una modificación de la metodología y análisis de la rueda sensorial debido a que se evalúan las representaciones de los consumidores sobre un producto en lugar de utilizar únicamente el léxico sensorial. La rueda de significado se generó usando XLSTAT Versión 2019. (Addinsoft, USA), complemento de Microsoft Excel (Microsoft Office®).

5.3.2.5 Análisis de Correspondencia (AC)

Se realizó análisis de correspondencia (AC) sobre las categorías formadas para determinar los diversos elementos que componen los campos analizados de los participantes en función del factor región. El análisis de correspondencia es una técnica estadística multivariante que permite explorar las relaciones entre variables categóricas, proporcionando una representación visual de estas relaciones en un biplot (Karamizadeh et al., 2013). Esta técnica es especialmente ventajosa para identificar patrones y asociaciones entre categorías de diferentes variables analizadas, facilitando así una comprensión más profunda de las estructuras subyacentes en los datos. Se empleó el programa XLSTAT Versión 2019. (Addinsoft, USA), complemento de Microsoft Excel (Microsoft Office®).

5.4 Resultados y discusión

5.4.1 Características de los consumidores

Las características sociodemográficas de los consumidores se presentan en el Cuadro 5. En el estado de Puebla, la mayor parte de los consumidores de mezcal

son mujeres, representando el 60% de los encuestados; la edad de participación fue comprendida entre los 18 y 43 años (86%). En cuanto a ingresos, la mayor parte de los consumidores de Puebla (82%) tienen un ingreso mensual de más de \$10,000.00, además los encuestados poblanos tienen como ocupación principal trabajo independiente con el 52% y una escolaridad medio superior (37%). La participación de encuestados en el Estado de México fue del 53% para hombres y 47% para mujeres, una edad comprendida entre los 25 y 34 años, una educación superior (41%), además, el 38% de los participantes de este estado tienen un ingreso de entre \$6,000 y \$10,000. En el resto de los estados del país se destaca la participación de las mujeres con el 60%, una edad de entre 25 y 34 años, una educación superior con el 48 por ciento, con trabajo independiente como ocupación (57%).

Cuadro 5. Características sociodemográficas de los participantes

VARIABLE	CATEGORIA	REGIÓN		
		PUEBLA	ESTADO DE MÉXICO	OTROS ESTADOS
GENERO (%)	Mujer	60	47	60
	Hombre	40	53	40
EDAD (%)	18-25	44	9	28
	25-34	42	50	63
	35-49	9	28	8
	>50	5	13	2
	Básica	24	22	17
ESCOLARIDAD (%)	Medio superior	37	16	22
	Superior	30	41	48
	Posgrado	8	22	13
	Estudiante	23	18	18
OCUPACIÓN (%)	Empleado de gobierno	4	11	0
	Trabajo independiente	52	50	57
	Jubilado	0	0	3
	Agricultor	8	0	4
	Comerciante	7	18	10
	Obrero	5	3	8
	0 - \$5,999	47	19	27
	\$6,000 - \$10,000	35	38	32
INGRESO MENSUAL (%)	\$11, 000 -\$15, 000	15	25	25
	> \$16,000	3	19	16

5.4.2 Índice de diversidad y de rareza

En total se obtuvieron 599 palabras asociadas con la imagen presentada de “mezcal de Puebla”. En el Cuadro 6 se observa que para el estado de Puebla los participantes generaron un total de 315 palabras, mientras que en el Estado de México solamente se generaron 96 palabras y los encuestados del resto del país generaron 188 palabras. En cuanto al número de palabras diferentes generadas, fueron 59 para el estado de Puebla, con un hápax de 31. Para el Estado de México el número de palabras diferentes fue de 33 y el hápax tan solo 15 palabras, siendo este el mínimo. En otros estados el hápax fue el mayor con un índice de 37 palabras y 55 palabras diferentes. Cabe señalar que, en el proceso de análisis, se eliminaron algunas palabras incoherentes.

Cuadro 6. Parámetros evaluados por región

Región	Total de palabras	No. de palabras diferentes	Hápax	Índice de diversidad (%)	Índice de rareza (%)
Puebla	315	59	31	18.73 a	52.54 ab
Estado de México	96	34	15	35.41 b	44.11 a
Otros Estados	188	55	37	29.25 ab	67.27 b

Los porcentajes con letras diferentes dentro de una misma fila son estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$).

La diferencia de los índices de diversidad fue significativa ($p = 0.029$; $X^2 = 5.99$) en las diferentes regiones, puede observarse que el estado de Puebla mostró el menor índice de diversidad de palabras (18.73 %), lo que puede deberse a que existe mayor conocimiento del mezcal de elaborado en ese estado y también a una homogeneidad de las palabras asociadas debido a que son personas que comparten un mismo territorio. El índice de diversidad del Estado de México es estadísticamente diferente al del estado de Puebla; en el Estado de México se obtuvo el mayor índice de diversidad de palabras (35.41%) debido a que no cuentan con el suficiente conocimiento sobre el mezcal elaborado en el estado de Puebla lo que sugiere un léxico más variado en el vocabulario. Por otra parte, el índice de diversidad perteneciente a otros estados resultó estadísticamente igual al del Estado de México y Puebla con un índice del 29.25%.

En cuanto al índice de rareza mostró diferencia significativa entre las regiones estudiadas ($p = 0.025$; $X^2 = 5.99$). Se formaron dos grupos estadísticamente diferentes (Estado de México y otros estados). El mayor índice de rareza se generó en otros estados del país con un 67.27%, ello puede deberse a que las personas de esta región no están relacionadas con el estímulo estudiado y los estados son diversos. En el Estado de México el índice de rareza fue de 44.11%. El estado de Puebla obtuvo un índice de rareza del 52.5% lo que indica que, a pesar del conocimiento del mezcal de Puebla, aún no hay suficiente familiaridad con este pues utilizan palabras poco comunes para describirla.

5.4.3 Categoría de palabras generadas

Todas las ideas o palabras dadas por los participantes se agruparon sistemáticamente en diez categorías de acuerdo con su afinidad y relación, en el Cuadro 7, se observan las categorías formadas, sus definiciones, algunos ejemplos de palabras y el tipo de significado al que pertenecen las categorías. Las categorías formadas abarcaron aspectos tangibles e intangibles como: materia prima (referente a la materia prima utilizada para la fabricación del mezcal), atributos de calidad, bebida y accesorios, proceso (métodos de elaboración del mezcal), características, actitud cultural, hedonismo, emociones (sentimientos y emociones generadas por el mezcal), identidad y tradición. Las primeras cinco categorías (materia prima, atributos de calidad, bebida y accesorios, proceso y características) quedaron agrupadas dentro del significado psicológico utilitario y las otras cinco categorías restantes (actitud cultural, hedonismo, emociones, identidad y tradición) en el significado psicológico o intangible.

Cuadro 7. Categoría, ejemplos y tipo de significados del estímulo evaluado

Categoría	Definición	Ejemplo de palabras	Significado
Materia prima	Tipo de agave a partir del cual se fabrica el mezcal	Agave, Papalometl, Tobilá	Utilitario
Atributos de calidad	Características que determinan la calidad del producto	Sabor, roma, fuerte	Utilitario
Bebida y Accesorios	Productos relacionados con la bebida y sus utensilios	Mezcal, botella, alcohol	Utilitario
Proceso	Métodos de producción del mezcal	Tradicional, artesanal, destilado	Utilitario
Características	Propiedades específicas del producto	Calidad, cristalino, fresco, fino	Utilitario
Tradicición	Elementos que reflejan la herencia cultural	Tradicición, raíces, cultura	Simbólico
Hedonismo	Placer y satisfacción sensorial	Atractivo, bueno, rico, agradable	Simbólico
Identidad	Representación de origen y pertenencia	Puebla, México, Oaxaca, mexicano	Simbólico
Emociones	Sentimientos y estados emocionales	Felicidad, amor, alegría, orgullo	Simbólico
Actitud cultural	Aspectos sociales y culturales	Historia, convivencia, fiesta, festejo	Simbólico

5.4.4 Porcentajes de las categorías mencionadas por región.

Los porcentajes obtenidos con el análisis de comparación de K proporciones de las categorías de cada región, se muestran en el Cuadro 8. El estadístico de prueba fue de $X^2=231.9$ para el análisis de k-proporciones para las diversas categorías de significados en Puebla, resultó significativo ($p < 0.0001$). A partir de este análisis, se identificaron cinco grupos distintos de categorías en este estado. Las categorías con los mayores porcentajes fueron bebidas y accesorios (23.7%), materia prima (15.9%), hedonismo (15.25%), identidad (13.31%) y tradición (11.68%), estas categorías abarcan tanto significados psicológicos simbólicos como utilitarios, reflejando una amplia gama de percepciones y asociaciones entre los participantes. En contraste en el Estado de México todas las categorías son estadísticamente iguales ($p = 0.021$; $X^2= 19.71$) siendo las categorías de emociones (4.21%), tradición (4.21%) y actitud cultural (5.26%) las

de menor representación. Por el contrario, en el resto del país se formaron tres grupos estadísticos, siendo las categorías proceso (6.11%), características (9.44%), tradición (10.55%) y hedonismo (8.88%) estadísticamente iguales debido a que pertenecen al mismo grupo, el estadístico de prueba fue de $X^2=64.69$, con un valor $p<0.0001$, por lo que las diferencias son significativas.

La categoría bebida y accesorios (significado utilitario) representa el mayor porcentaje en los tres campos de estudio, sin embargo, son estadísticamente diferentes, el valor más alto en esta categoría se tuvo en el estado de Puebla con el 23.7%. Este hallazgo destaca la importancia atribuida a los aspectos tangibles del mezcal, especialmente en Puebla, donde el mezcal y sus accesorios son percibidos con mayor intensidad y relevancia.

Estos resultados proporcionan una comprensión más detallada de las variaciones en las percepciones de los consumidores en diferentes regiones. La alta significancia estadística de las diferencias encontradas en Puebla y en el resto del país sugiere que los contextos culturales y regionales influyen de manera considerable en cómo los consumidores valoran y asocian el mezcal con diferentes categorías de significados.

Cuadro 8. Porcentaje de cada categoría asignada por región

Categoría	Puebla	Estado de México	Otros Estados
Emociones	1.94 a	4.21 a	1.66 a
Proceso	2.92 a	10.52 a	6.11 abc
Actitud cultural	3.57 ab	5.26 a	5.00 ab
Atributos de calidad	4.87 abc	11.57 a	5.00 ab
Características	6.81 abcd	10.52 a	9.44 abc
Tradición	11.68 bcde	4.21 a	10.55 abc
Identidad	13.31 cde	9.47 a	16.11 bc
Hedonismo	15.25 de	10.52 a	8.88 abc
Materia prima	15.90 de	16.84 a	17.77 bc
Bebida y Accesorios	23.70 e	16.84 a	19.44 c

Los porcentajes con letras diferentes dentro de una misma fila son estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$).

5.4.5 Representación gráfica de la relación de las categorías evocadas

En la figura 1, se muestran el biplot del análisis de componentes principales (ACP) el cual ayudó a diferenciar las regiones obtenidas en la asociación de palabras relacionadas a “mezcal de Puebla”, los dos primeros factores permitieron explicar el 98.66% de la variabilidad total, el factor uno explicó el 95.41%, mientras que el factor dos explicó 3. 25% de la variabilidad de los datos obtenidos. Para el estado de Puebla los términos más relacionados debido a su proximidad son hedonismo, identidad, tradición y bebida y accesorios, los primeros términos hacen referencia a significados simbólicos, mientras que el último hace referencia a significados utilitarios. Los términos que más asocian al estímulo “mezcal de Puebla” en el Estado de México son materia prima, atributos de calidad y características, siendo estos atributos intangibles. El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica multivariada que permite visualizar la información en un mapa con puntos para tener una mejor observación de similitudes de los datos analizados (Greenacre et al., 2022), con este análisis se lograron ver las categorías abocadas por las diferentes regiones y sus diferencias.

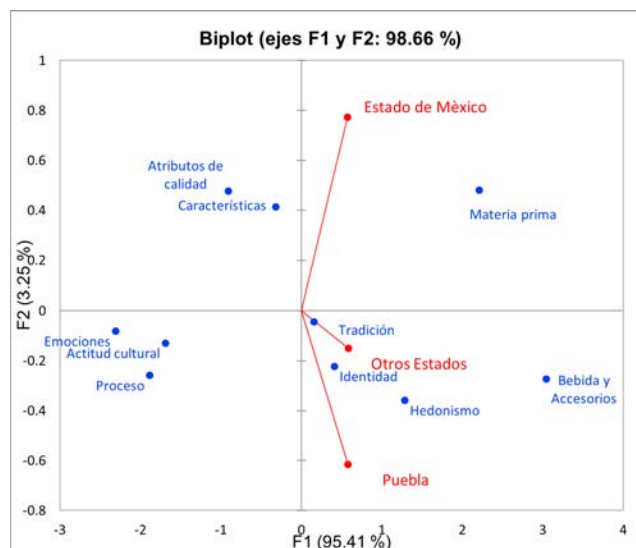


Figura 9. Representación gráfica de las categorías evocadas por los consumidores para "mezcal de Puebla" en las diferentes regiones, obtenidas mediante análisis de correspondencias.

5.4.6 Rueda de significados

Los significados psicológicos que relacionaron los participantes con el mezcal de Puebla se muestran en la Figura 11, se observan diez categorías, agrupados en significados simbólicos y utilitarios; el significado utilitario representa los aspectos tangibles atribuidos al producto y el significado simbólico los atributos intangibles. La diferencia entre ambos significados fue significativa ($X^2 = 25.27$, $p < 0.0001$). Los significados simbólicos representan un porcentaje de 42.71%, siendo estadísticamente diferente a los utilitarios, cuyo porcentaje fue de 57.29% lo cual fue lo que más asocian los consumidores al mezcal de Puebla. Dentro del significado utilitario se encuentran diferentes categorías, siendo bebida y accesorios y materia prima las más representativas con un 21.26% y 16.63%, respectivamente. Los porcentajes indican que los consumidores valoran al mezcal como un producto concreto, incluyendo elementos físicos asociados como los utensilios y recipientes utilizados para su consumo, así como la calidad y características de la materia prima, principalmente el agave. Por otra parte, se observa que los consumidores también relacionan al mezcal de Puebla con la parte simbólica o intangible y las categorías con mayor proporción fueron identidad (13.55%), hedonismo (12.52%) y tradición (10.12%). Estos resultados indican que, además de sus características físicas, el mezcal es percibido como un símbolo de la identidad cultural y regional de Puebla, una fuente de placer y disfrute, y un producto con una rica tradición histórica y cultural; en este sentido la alta valoración de la identidad sugiere que los consumidores ven el mezcal como una parte integral de la cultura poblana, reflejando sus valores, costumbres y patrimonio. El hedonismo, por su parte, resalta el aspecto sensorial y el placer asociado con el consumo de mezcal, mientras que la tradición subraya el valor histórico y cultural del mezcal, destacando su importancia en las prácticas y rituales locales.



Figura 10. Rueda de significados. Comparaciones de los porcentajes de las comunales de las categorías de significados otorgados al mezcal de Puebla y sus aportaciones a los significados psicológicos. Las frecuencias con letras diferentes dentro de cada estímulo difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Los consumidores tienen asociaciones o percepciones sobre un alimento que influyen en su decisión de aceptarlo o rechazarlo (Popoola et al., 2021). Rojas et al. (2022) identifica tres campos principales en las asociaciones que los consumidores tienen hacia un objeto de representación: información, campo de representación y actitud. El primero se refiere al conocimiento acumulado sobre el objeto, el segundo indica cómo se organiza la información en términos de importancia, y el tercero se relaciona con la evaluación positiva o negativa que influye en el comportamiento del consumidor.

Los resultados obtenidos a través de la técnica de asociación libre de palabras evidencian que los consumidores del mezcal producido en el estado de Puebla otorgan una mayor relevancia a los atributos utilitarios del producto (57.29%), en comparación con los simbólicos (42.71%). Este hallazgo es parecido a lo reportado por Jauregui et al. (2024), quienes observaron proporciones similares en un estudio sobre percepción del vino mexicano, donde los significados utilitarios representaron el 57.3% y los simbólicos 42.7%. Ocegueda et al. (2015) también señalan que los atributos tangibles del producto tienen una mayor

influencia en el consumo de alimentos, y Barrera et al. (2020) identifican que factores como la etiqueta y el envase inciden directamente en la decisión de compra de mezcal, ya que confieren autenticidad y confianza al consumidor.

En cuanto a los significados simbólicos, se encontraron con menor frecuencia, aunque su presencia fue importante. Tradición, hedonismo e identidad fueron las categorías más representativas dentro del significado psicológico simbólico, lo cual coincide con los hallazgos de López et al. (2021) en un estudio sobre mezcal en Oaxaca. Este tipo de atributos evidencian la existencia de una dimensión cultural y emocional en la percepción del mezcal, aunque en menor medida que la funcional.

García et al. (2021) señalan que la percepción sobre lo que es un producto tradicional puede variar dependiendo del contexto de consumo, lo cual puede explicar la predominancia de los atributos tangibles en esta muestra específica. Además, la falta de conocimiento e información del producto concierne a una conceptualización limitada (Lazo et al., 2022). Dado que los consumidores priorizan atributos utilitarios como la bebida y accesorios y la materia prima, principalmente, las estrategias de mercado podrían enfocarse en destacar las características del agave empleado, la presentación del producto, la calidad del mezcal y el contenido alcohólico. Sin embargo, la identificación de significados simbólicos como la tradición, la identidad y el hedonismo abre una oportunidad estratégica para incorporar narrativas culturales en el discurso de marca, conectando simbolismos que fortalecen la identidad del mezcal como patrimonio local.

En un análisis comparativo con otras bebidas tradicionales como el tequila, por ejemplo, la construcción simbólica de identidad nacional ha sido un eje clave en su valorización, este panorama podría servir como una referencia estratégica para el diseño de políticas públicas y campañas comerciales que busquen posicionar al mezcal poblano no sólo como un producto de consumo, sino como un símbolo cultural con valor agregado.

5.5 Conclusiones

El estudio de asociación de palabras permitió conocer los atributos que los consumidores más relacionan al mezcal de Puebla y que pueden contribuir con su revalorización, proporcionó información útil sobre características positivas que el consumidor identificó en el mezcal poblano y que son relevantes para la aceptación del producto. Se diferenciaron significados psicológicos simbólicos y utilitarios en las diferentes categorías formadas por las palabras generadas por los participantes. En general el significado utilitario tuvo mayor representación en las respuestas de los participantes, lo que indica que los consumidores valorizan más los atributos tangibles del producto indicadas en las categorías como bebida y accesorios (mezcal y alcohol) y materia prima (referido al agave, principalmente). Las categorías reflejan una apreciación clara de las características físicas y funcionales del mezcal, sugiriendo que los consumidores valoran especialmente estos aspectos tangibles. Cabe mencionar que los atributos como tradición, identidad y hedonismo sí tuvieron relevancia en la investigación, esto sugiere que los consumidores también asocian y valorizan la parte simbólica al mezcal de Puebla. La alta valoración de estos atributos sugiere que los consumidores no solo aprecian el mezcal por sus cualidades físicas, sino también por su carga cultural y emocional. La tradición y la identidad reflejan el reconocimiento del mezcal como un producto emblemático de la cultura poblana, mientras que el hedonismo resalta el disfrute y el placer asociados con su consumo.

La combinación de aspectos utilitarios y simbólicos (los tangible y lo intangible) en las percepciones del mezcal de Puebla resalta la complejidad de las asociaciones de los consumidores. Estos resultados pueden orientar estrategias de mercado que combinen calidad del producto y valores culturales, posicionando al mezcal como una bebida tradicional con identidad propia. Aunque la muestra se limitó a consumidores conocedores, los hallazgos ofrecen una base sólida para futuras investigaciones y acciones de mercado.

5.6 Literatura citada

- Arista, D. (2020). Construcción de un signo de calidad. *Veredas. Revista del Pensamiento Sociológico*, 41, 13.
- Banović, M., Krystallis, A., Guerrero, L. y Reinders, M. J. (2016). Consumers as co-creators of new product ideas: An application of projective and creative research techniques. *Food Research International*, 87, 211-223, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.010>
- Barrera, A., Cuevas, V. y Espejel, A. (2019). Factores de valoración en consumidores de mezcal en Oaxaca. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54), doi: <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.811>
- Chen, P. y Antonelli, M. (2020). Conceptual models of food choice: Influential factors related to foods, individual differences, and society. *Foods*, 9(12), doi: <https://doi.org/10.3390/foods9121898>
- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A. C. (2024). *Informe estadístico 2023*.
- De Andrade, J., De Aguiar Sobral, L., Ares, G. y Deliza, R. (2016). Comprender la percepción de los consumidores sobre la carne de cordero mediante la asociación libre de palabras. *Ciencia de la Carne*, 117, 68-4.
- Del Valle, K., y Degraives, G. (2019). Muestreo estadístico para docentes y estudiantes. *Independently Published*.
- Della Fontana, F. D., Haddad, A. M. L. y Goldner, M. C. (2024). Is the term “food consistency” used consistently in consumer science? An exploratory study of consumer association and conceptualization. *Journal of Texture Studies*, 55(5), doi: <https://doi.org/10.1111/jtxs.12867>
- Fibri, D. L. N. y Frøst, M. B. (2018). Consumer perception of original and modernised traditional foods of Indonesia. *Appetite*, 133, 61-69, doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.10.026>
- Fonseca, V. (2020). *Función de producción en el tiempo de agave (Potatorium Zucc) y mezcal; estudios de caso en Caltepec, Puebla* (Tesis de maestría). Colegio de Posgraduados, Campus Montecillos.
- Font-i-Furnols, M. y Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science*, 98, 361-71, doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>
- García, B., Villanueva, L., López, V. y González, B. (2024). Mezcal artesanal en Puebla: actores y saberes locales. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 21(3), doi: <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i3.1605>
- García, S., Guerrero, L., Vázquez, A. y Lazo, O. (2021). What turns a product into a traditional one? *Foods*, 10, doi: <https://doi.org/10.3390/foods10061284>
- García, S., Hernández, J., Gutiérrez, A., Escalona, H. y Villanueva, S. (2017). Mezcal y tequila: análisis conceptual de dos bebidas típicas de México. *Revista RIVAR*, 4(12), 138-162.
- Greenacre, M., Groenen, F., Hastie, T., D’Enza, A. I., Markos, A. y Tuzhilina, E. (2022). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1), doi: <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00184-w>

- Guiné, R. P., Florença, S. G., Barroca, M. J. y Anjos, O. (2021). The duality of innovation and food development versus purely traditional foods. *Trends in Food Science y Technology*, 109, 16-24, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.010>
- Hernández, M. A. (2018). Propuesta para identificar simbolismo y valores en consumidores de quesos tradicionales mexicanos: caso queso Chapingo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(3), 399-412, doi: <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i3.853>
- Jauregui, C., Espejel, A., Barrera, A., Hernández, A. y Hernández, L. (2024). Perception of wine with protection of origin using free association: Case study Mexico. *Applied Food Research*, 4(1), doi: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100364>
- Jiménez, S., Torres, F. y Pérez, P. (2020). El mezcal en México: las tensiones socioculturales con el agroextractivismo. *Revista CoPaLa. Construyendo Paz Latinoamericana*, (9), 143-153.
- Karamizadeh, S., Abdullah, M., Manaf, A., Zamani, M. y Hooman, A. (2013). An overview of principal component analysis. *Journal of Signal and Information Processing*, 4(3), 173-175, doi: <https://doi.org/10.4236/jsip.2013.43B031>
- Keskin, B. y Güneş, E. (2021). Social and cultural aspects of traditional drinks: A review on traditional Turkish drinks. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100382>
- Lazo, O., Guerrero, L. y García, E. (2022). Conceptualizing a product with the food-related lifestyle instrument. *Foods*, 11(22), doi: <https://doi.org/10.3390/foods11223549>
- López, J. D. (2018). El mezcal como patrimonio social: de indicaciones geográficas genéricas a denominaciones de origen regionales. *Em Questão*, 404-433, doi: <https://doi.org/10.19132/1808-5245242.404-433>
- López, S., Espejel, A. y Hernández, A. (2021). Significados, análisis conceptual y disposición a pagar de mezcal ancestral de Ixcatlán. *Universidad Politécnica de Cartagena, Congreso Iberoamericano de Estudios del Desarrollo*, 473-476.
- Mesías, J. y Escribano, M. (2018). Projective techniques. *Methods in Consumer Research: New Approaches to Classic Methods*, 75-104, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102089-0.00004-2>
- Minardi, S., Wang, F. y Gilboa, I. (2024). Consumption of values. *Management Science*, doi: <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.01632>
- Ocegueda, J., Ávila, G. V. y Novoa, O. (2015). Estrategias de marketing para el posicionamiento de mezcales en Guadalajara con base en los estilos de vida del consumidor. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 9(1), 1-19.
- Pérez, E., Chávez, M. y González, J. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 148-164, doi: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552>
- Popoola, I., Anders, S., Feuereisen, M., Savarese, M. y Wismer, V. (2021). Free word association perceptions of red meats; beef is 'yummy', bison is 'lean game meat', horse is 'off limits'. *Food Research International*, 148, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110608>

- Riquelme, N., Robert, P. y Arancibia, C. (2022). Understanding older people perceptions about desserts using word association and sorting task methodologies. *Food Quality and Preference*, 96, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104423>
- Rodrigues, H., Ballester, J., Saenz, P. y Valentin, D. (2015). Structural approach of social representation: Application to the concept of wine minerality in experts and consumers. *Food Quality and Preference*, 46, 166-172, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.07.019>
- Rodríguez, C., Pardo, J. y Aldrete, A. (2019). El entorno competitivo del mezcal: La estrategia de las grandes compañías de bebidas espirituosas frente a los pequeños productores de mezcal. *Revista de Desarrollo Económico*, 18(6), 17-30, doi: <https://doi.org/10.35429/jed.2019.18.6.17.30>
- Rojas, E., Espinoza, A., Thomé, H. y Cuffia, F. (2022). More than words! A narrative review of the use of the projective technique of word association in the studies of food consumer behavior: Methodological and theoretical implications. *Food Research International*, 156, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111124>
- Rojas, E., Thomé, H. y Cuffia, F. (2023). Projective methods for the study of food consumer behavior: An updated short review of its uses, challenges, and potential applications. *Current Opinion in Food Science*, 52, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101069>
- Román, S., Sánchez, L. M. y Siegrist, M. (2017). The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review. *Trends in Food Science y Technology*, 67, 44-57, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.010>
- Secretaría de Economía. (2016). *Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016. Bebidas alcohólicas Mezcal Especificaciones*.
- Teixeira, S., De Alcantara, M., Martins, A., Chávez, H., Rosenthal, A., Chaves, D. y Deliza, R. (2023). Attitudes and conceptions of Brazilian consumers toward ice cream and protein addition. *Food Quality and Preference*, 108, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104881>
- Terán, A., Leyva, S. N. y Martínez, A. (2025). Knowledge and innovation management model in the mezcal industry in Mexico. *Heliyon*, 11(3), doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42032>
- Torres, V., Hernández, A., Pablo, M., Jáuregui, C., Peralta, C. y Espejel, A. (2020). Comunalidades de significados para quesos tradicionales mexicanos: Queso de Zacazonapan, Quesillo y queso de Poro. *Acta Universitaria*, 30, 1-13, doi: <https://doi.org/10.15174/au.2020.2875>

6. EXPERIMENTOS DE ELECCIÓN DISCRETA: PREFERENCIA DE CONSUMO DE MEZCAL DE PUEBLA

6.1 Resumen

El mezcal, bebida identitaria de México con gran densidad cultural, es un destilado regional que ha ganado reconocimiento en el mercado global de bebidas alcohólicas. Su aceptación se vincula con la valorización de su autenticidad, proceso artesanal y uso de recursos naturales, lo cual le otorga atributos sensoriales típicos que lo diferencian en el mercado de bebidas espirituosas. En este contexto, los consumidores desempeñan un papel central mediante la valoración que otorgan a dichos atributos. Los experimentos de elección discreta (EED) son una herramienta útil para identificar las preferencias de los consumidores frente a distintos niveles y combinaciones de atributos. A través de esta metodología, es posible estimar qué factores influyen en la decisión de compra de productos como el mezcal. El objetivo del presente estudio fue evaluar los atributos que influyen en la preferencia y disposición a pagar por mezcal elaborado en el estado de Puebla. Se aplicaron 282 encuestas en línea a consumidores de mezcal. El instrumento incluyó datos sociodemográficos y la presentación de 16 combinaciones de tarjetas en 8 pares, generadas mediante un diseño factorial fraccionado, en las cuales los participantes debían elegir entre una opción o ninguna. Los datos se analizaron mediante un modelo logit multinomial. Los resultados muestran que los atributos más valorados por los consumidores son: lugar de origen, variedad y tipo de agave, tipo de producción, denominación de origen y precio. Además, se estimó la disposición a pagar marginal para cada atributo significativo. Estos hallazgos ofrecen información relevante para diseñar estrategias de política pública, fortalecer la denominación de origen, y orientar mejoras en la comercialización por parte de los productores, contribuyendo así a la revalorización del mezcal como patrimonio cultural y producto competitivo en el mercado nacional e internacional.

Palabras clave: atributos, preferencias, origen, agave, precio.

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

Autor: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui

Director de tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

DISCRETE CHOICE EXPERIMENTS: CONSUMER PREFERENCES FOR MEZCAL FROM PUEBLA

Abstract

Mezcal, a culturally dense, signature beverage of Mexico, is a regional spirit that has gained recognition in the global alcoholic beverage market. Its acceptance is linked to the appreciation of its authenticity, artisanal process and use of natural resources, which gives it distinctive sensory attributes that differentiate it in the spirits market. In this context, consumers play a central role through their valuation of these attributes. Discrete choice experiments (DCE) are a useful tool to identify consumer preferences for different levels and combinations of attributes. Through this methodology, it is possible to estimate which factors influence the purchase decision for products such as mezcal. The objective of this study was to evaluate the attributes that influence the preference and willingness to pay for mezcal produced in the state of Puebla. A total of 282 online surveys were administered to mezcal consumers. The instrument included sociodemographic data and the presentation of 16 combinations of cards in 8 pairs, generated by means of a fractional factorial design, in which the participants had to choose between one option or none. The data were analyzed using a multinomial logit model. The results show that the attributes most valued by consumers are: place of origin, variety and type of agave, type of production, denomination of origin and price. In addition, the marginal willingness to pay was estimated for each significant attribute. These findings offer relevant information for designing public policy strategies, strengthening the appellation of origin, and guiding improvements in marketing by producers, thus contributing to the revaluation of mezcal as a cultural heritage and competitive product in the national and international market.

Keywords: attributes, preferences, origin, agave, price.

Master of Science Thesis,
Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui.
Thesis advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

6.2 Introducción

El mezcal es la transformación del agave. Mediante un proceso de cocimiento y molienda de las piñas, se extrae el jugo para su posterior fermentación y a través de un proceso de destilación se obtiene una bebida aromática, de sabores múltiples, transparente, emblemática y tradicional (Valdez, 2020).

Durante siglos el mezcal ha formado parte de la identidad de las regiones productoras está arraigada en su vida cotidiana y sus conocimientos, representando su cultura. En los últimos años el mezcal ha ganado popularidad expandiendo su territorio a todo el mundo, esto se ve reflejado en el aumento de su consumo.

El mezcal ha emergido como una de las bebidas más populares en el mercado global de bebidas alcohólicas. Su gran aceptación se debe a su aura de exotismo y a la valorización de su autenticidad y proceso artesanal, lo que le otorga características distintivas en su producción y comercialización, diferenciándolo de otras bebidas similares, como el tequila (Camacho et al., 2021)

Puebla destaca como el segundo producto de mezcal a nivel nacional; en los últimos años su producción se ha convertido en un referente de la economía familiar rural del estado, por lo que, es primordial identificar, describir y explicar las técnicas, atributos y métodos que agregan valor al mezcal, con la intención de contribuir a su conservación, reconocimiento y valorización por parte de los consumidores (Benítez, 2024).

Se han desarrollado algunos métodos para analizar el comportamiento en la elección de las personas respecto a diferentes productos, entre ellos se encuentran los métodos de preferencias declaradas, los cuales permiten estimar el valor económico de un bien evaluando tanto los valores de uso como los de no uso, y facilitando la valoración de políticas antes de su implementación. Esta técnica se ha utilizado ampliamente en la investigación de mercados y el análisis del comportamiento del consumidor (Villanueva et al., 2017).

No todos los consumidores son iguales; varían en preferencias de productos, en los lugares donde compran, en la forma de comunicarse y en la sensibilidad a factores como el precio o las promociones (Gázquez & Sánchez, 2007). Esta diversidad en el comportamiento del consumidor ofrece a las empresas la oportunidad de crear productos diferenciados para distintos grupos. El estudio del comportamiento del consumidor se ha vuelto esencial para entender cómo las personas eligen los productos que consumen. Las elecciones de los encuestados revelan sus preferencias por los atributos de una opción frente a otra, lo que permite valorar los cambios en dichos atributos y traducir las respuestas en estimaciones monetarias (Espinal y Gómez, 2011).

Los experimentos de elección discreta (DCE, por sus siglas en inglés) son una metodología que se usa para evaluar preferencias y fue desarrollada inicialmente en teoría de mercado (Rose & Bliemer, 2014). Este diseño presenta a un grupo de participantes dos o más alternativas (como intervenciones o servicios) con diferentes niveles de atributos previamente definidos. Luego, se evalúan sus preferencias entre las diversas combinaciones de estos atributos, permitiendo capturar las preferencias y las variables que influyen en su proceso de elección. (García-Peña et al., 2022). Cabe mencionar que es necesario que los atributos y niveles de los atributos sean conocidos por los participantes (Viney et al., 2005).

En el experimento se generan varios conjuntos o tarjetas de selección con alternativas hipotéticas mutuamente excluyentes, que los participantes deben valorar antes de elegir su opción preferida (Riera & Mogas, 2006).

Los DCE se fundamentan en la teoría de la utilidad aleatoria (Ecuación 1) (McFadden, 1973), que sostiene que la utilidad de un bien se divide en un componente observable, que depende de un vector de atributos y características del individuo, y un componente no observable, conocido como error. Bajo ciertos supuestos sobre la distribución del error, la probabilidad de elegir una opción puede representarse mediante una distribución logística (Cerdeira, 2011):

$$U_{ij} = V_{ij}(Z_{ij}S_iM_j) + \epsilon_{ij} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde: U_{ij} es la función de utilidad; V_{ij} es el componente determinístico de la función de utilidad indirecta para cada alternativa j del conjunto de elección; Z_{ij} son los atributos; S_i son las características socioeconómicas de los usuarios; M_j es el ingreso y ϵ_{ij} es el error.

El aspecto más complejo de los experimentos de elección discreta es el proceso de modelamiento y análisis estadístico. Entre los modelos más utilizados están los diseños de tipo factorial y los modelos logit, los cuales tienen serias desventajas y limitaciones en su aplicación para la evaluación de preferencias (Hauber, 2016).

La importancia del EE en la valoración económica es la estimación de medidas de bienestar por la elección de diferentes alternativas de políticas que impactan en el bienestar de los individuos (Fawsitt et al., 2017). Para realizar el análisis se utilizan modelos logit como son el multinomial, condicional y/o el modelo logit mixto (Hole & Kolstadt, 2012). En este sentido Walter (2010), menciona que uno de los modelos más usados es el logit multinomial, el cual busca establecer la relación entre la probabilidad de seleccionar alguna de las alternativas presentadas y las características del individuo, la fórmula de este modelo es (ecuación 2):

$$Pr ob(Y_i = j) = P_{ij} = \frac{e^{X_{ij}B_j}}{\sum_{k=1}^j e^{X_{ij}B_j}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde: P_{ij} es la probabilidad de que el individuo i elija la alternativa j ; X_{ij} es un vector de características (atributos) de la alternativa j para el individuo i ; B_j es el vector de parámetros asociados con la alternativa j . Y j es el número total de alternativas disponibles.

Los modelos logit multinomial tienen implícito el supuesto de homogeneidad de las preferencias declaradas entre usuarios (algunos autores mencionan a este tipo de modelos como de efectos fijos) y asumen el supuesto de independencia de alternativas irrelevantes (IIA). Este modelo contempla parámetros fijos y

aleatorios (Tudela & Leos, 2017). Además, permite considerar cualquier correlación entre las alternativas, variaciones aleatorias en los gustos, permite cualquier patrón de sustitución, y es aplicable a paneles de datos con errores correlacionados en el tiempo.

En Puebla, el mezcal es parte de la identidad cultural y tradición del estado, su producción tiene raíces ancestrales y culturales, además de que contribuye considerablemente a la economía local, promoviendo el desarrollo económico en zonas rurales, creando empleos y fomentando el emprendimiento. El objetivo de la presente investigación fue evaluar los atributos que influyen en las preferencias y en la disposición a pagar de los consumidores por un mezcal elaborado en el estado de Puebla.

6.3 Materiales y métodos

6.3.1 Objeto de estudio

Mediante Formularios de Google, se generó y aplicó una encuesta a 282 participantes consumidores de mezcal, estos fueron seleccionados considerando criterios como ser mayor de 18 años, ser consumidor de mezcal y su disposición en participar en el estudio. Para el tamaño de muestra se usó una confiabilidad del 95 % y un margen de error del 5.8 % considerando un universo es infinito, además se aplicó un muestreo no probabilístico, por lo que los encuestados reclutados fueron de diversos estados del país y fueron contactados mediante diversos medios y redes sociales tales como Facebook, WhatsApp, entre otros.

6.3.2 Diseño de la encuesta y elección de atributos

Siguiendo la metodología propuesta por Aguilera (2022), se aplicó una encuesta a consumidores de mezcal (Anexo 2), dicha encuesta se dividió en tres secciones: en la primera se preguntaron datos sociodemográficos del consumidor (edad, sexo, escolaridad, ocupación e ingreso). En la segunda se cuestionó sobre la frecuencia de consumo mezcal, y en la tercera se evaluó la disposición a pagar por una botella de mezcal de 750 ml., mediante experimentos de elección

discreta. El procedimiento de experimentos de elección discreta comprende seis etapas: 1) selección de atributos. 2) asignación de niveles de los atributos a evaluar, 3) combinación de niveles y atributos, aleatorización y balanceo, 4) construcción de las tarjetas de elección, 5) elaboración y aplicación de encuestas y 6) análisis mediante modelos logit.

Los atributos que se consideraron para el experimento de elección discreta (Cuadro 9) fueron: origen, tipo de proceso de producción, denominación de origen, tipo de sociedad, tipo de agave, variedad de agave y precio. El atributo de origen representa la región geográfica donde se elabora el mezcal, por lo que se evaluó al estado de Puebla y otros estados. El atributo de tipo de proceso de producción representa la forma empleada para transformación del agave el cual incluyo tres niveles: ancestral, artesanal, industrial, determinado por la NOM-070-SCFI-2016. Se entiende como denominación de origen (DO), al nombre que se le otorga a una región que identifica a un producto cuyas cualidades dependen exclusivamente de su entorno geográfico, este atributo se valoró en dos niveles: con DO y sin DO. El tipo de sociedad hace referencia al mezcal elaborado por maestros mezcaleros y al mezcal elaborado por mujeres mezcaleras. En cuanto a la variedad del agave se consideraron dos niveles silvestre y cultivado, el primero hace referencia al agave que crece naturalmente adaptándose a su entorno y cuyos rendimientos y calidad es variable; el segundo define a los agaves que son cultivados bajo condiciones de crecimiento controladas con el objetivo de obtener rendimientos altos y calidad constante. Los tipos de agave se clasifican principalmente según sus características botánicas, usos y regiones donde crecen, en el estado de Puebla los agaves más utilizados para la elaboración de mezcal son el Papalometl (Agave potatorum o Tobalá), Pichomel (Agave marmorata), Espadín (Agave angustifolia) y otro. El atributo precio del mezcal se representará en cuatro niveles: \$350.00, \$650.00, \$850.00 y \$1 000.00.

Cuadro 9. Atributos y niveles del experimento de elección

Atributos	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Origen	Puebla	Otro estado	----	----
Tipo de proceso	Ancestral	Artesanal	Industrial	----
Denominación de origen	Sin D.O.	Con D. O.	----	----
Tipo de sociedad	Elaborado por hombres	Elaborado por mujeres	----	----
Tipo de agave	Silvestre	Cultivado	----	----
Variedad de agave	Papalometl	Espadín	Pichomel	Otro
Precio	\$350	\$650	\$850	\$1,000

6.3.3 Diseño estadístico experimental

Se utilizaron técnicas de diseño estadístico experimental para definir las alternativas de elección y niveles de atributos. Se aplicó un Diseño Factorial Fraccionado, que reduce combinaciones de escenarios aunque limita la detección de interacciones, mediante el software IBM SPSS Statistics 2019. De acuerdo con los atributos y los niveles seleccionados se obtuvieron 16 tarjetas de simulación, las cuales fueron agrupadas en pares para obtener ocho conjuntos, así mismo se incluyó la opción de no comprar ningún mezcal de los presentados.

Cuadro 10. ID de las tarjetas del experimento de elección

ID	Lugar de origen	Tipo de proceso	Denominación de Origen	Tipo de sociedad	Tipo de Agave	Variedad de Agave	Precio
1	Otro Estado	Artesanal	Sin D.O.	Elaborado mujeres	Silvestre	Papalometl	600
2	Otro Estado	Ancestral	Sin D.O.	Elaborado por hombres	Silvestre	Pichomel	1000
3	Puebla	Ancestral	Sin D.O.	Elaborado por hombres	Silvestre	Espadín	600
4	Otro Estado	Industrial	Sin D.O.	Elaborado por hombres	Cultivado	Papalometl	850
5	Puebla	Ancestral	Con D.O.	Elaborado por mujeres	Silvestre	Papalometl	350
6	Puebla	Industrial	Sin D.O.	Elaborado por mujeres	Silvestre	Otro	1000
7	Otro Estado	Ancestral	Sin D.O.	Elaborado por mujeres	Cultivado	Pichomel	350
8	Puebla	Artesanal	Con D.O.	Elaborado por hombres	Silvestre	Pichomel	850
9	Puebla	Ancestral	Sin D.O.	Elaborado por mujeres	Cultivado	Espadín	850
10	Otro Estado	Ancestral	Con D.O.	Elaborado por mujeres	Silvestre	Otro	850
11	Otro Estado	Artesanal	Con D.O.	Elaborado por mujeres	Cultivado	Espadín	1000
12	Otro Estado	Industrial	Con D.O.	Elaborado por hombres	Silvestre	Espadín	350
13	Puebla	Artesanal	Sin D.O.	Elaborado por hombres	Cultivado	Otro	350
14	Otro Estado	Ancestral	Con D.O.	Elaborado por hombres	Cultivado	Otro	600
15	Puebla	Ancestral	Con D.O.	Elaborado por hombres	Cultivado	Papalometl	1000
16	Puebla	Industrial	Con D.O.	Elaborado por mujeres	Cultivado	Pichomel	600

6.3.4 Análisis estadístico

El modelo econométrico aplicado en los experimentos de elección fue el logit multinomial, el cual estima la probabilidad de seleccionar una alternativa en función de sus atributos y de las características de los individuos. Las variables explicativas corresponden a los diferentes niveles de los atributos (origen, tipo de proceso de producción, denominación de origen, tipo de sociedad, tipo de agave, variedad de agave y precio). Las variables cuantitativas corresponden a los datos socioeconómicos correspondientes a cada consumidor (lugar de origen, edad, ocupación, ingreso, escolaridad y género). Al consumidor se le presentó una tarjeta con tres opciones (Opción A, Opción B y ninguna), siendo ninguno el status quo del modelo (Koemle & Yu, 2020).



Figura 11. Ejemplo de conjunto de tarjetas.

6.4 Resultados y discusión

6.4.1 Caracterización sociodemográfica de los consumidores

En el Cuadro 11 se presentan los rasgos sociodemográficos de los participantes ($n= 282$). La información de los consumidores se dividió en tres regiones de estudio de acuerdo con su lugar de residencia. La región Norte abarca estados de la República Mexicana como Baja California Sur, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sonora, Tamaulipas, Zacatecas, Sinaloa y San Luis Potosí. En el Centro se ubicó a los estados como Aguascalientes, Colima, Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Jalisco, Morelos, Querétaro,

Tlaxcala y Puebla. En el Sur se consideró estados como Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Veracruz y Yucatán.

En el Norte la mayor representación de consumidores fue de mujeres con el 54 %, la edad de participación fue entre 25 y 34 años con el 50 %, escolaridad promedio nivel superior (38 %), el 54 % dijo tener una ocupación como trabajo independiente con un ingreso mensual de entre \$11, 000 -\$15, 000 pesos mexicanos. Al igual que en el Norte, en la región Centro las mujeres tienen mayor participación con el 57 %, el resto lo representan los hombres con el 43 %, el 46 % comprende una edad de entre 25 y 34 años, con una escolaridad superior (33 %) y medio superior (30 %), trabajo independiente (43 %) e ingreso mensual de 0 - \$5,999.00.

Por último, la región Sur la participación de hombres y mujeres fue similar, al igual que las demás regiones tienen una edad de entre 25 y 34 años, el 41 % de los consumidores mencionaron que tienen una escolaridad nivel superior, así como una ocupación de trabajo independiente, por último, el 37 % refiere tener un ingreso mensual de entre \$6,000 - \$10,000.00.

En un estudio sobre el perfil de los consumidores de mezcal realizado en el estado de Jalisco por Fernández et al. (2015), señalan que los consumidores y consumidores potenciales de mezcal son principalmente personas solteras, de entre 25 y 39 años, con estudios universitarios, hallazgos que coinciden con los de este estudio. De manera similar, Garcés et al. (2021) afirman que, en términos socioeconómicos, la demanda de mezcal se concentra en jóvenes (18 a 29 años) y adultos mayores (30 a 49 años) con nivel académico profesional y con ingresos superiores a \$13,200. Balogh et al. (2016) describen que un mayor nivel de educación tiene una influencia importante en la preferencia del consumidor por los productos tradicionales, debido a que tienen más información sobre los diversos atributos que destacan y lo diferencian.

Se encontró que las mujeres son las mayores consumidoras de mezcal en México. En los últimos años ha incremento el consumo de bebidas alcohólicas

en mujeres como lo reporta López (2020), Tarin et al., 2021, mencionan que esto puede deberse a la equidad de género, ya no está mal visto el que las mujeres puedan consumir bebidas alcohólicas, además, los cambios en los roles de género han transformado significativamente la participación de la mujer en diversos ámbitos sociales como el familiar, profesional y laboral, lo cual ha influido directamente en sus hábitos y patrones de consumo, incluyendo el de bebidas alcohólicas.

Las motivaciones y las características que involucra el comportamiento de un consumidor son complejos, ya que cada persona toma la elección considerando factores como lo son sus necesidades básicas, sus gustos, preferencias, edad, cultura, contexto social, entre otros (Kotler & Armstrong, 2023).

Cuadro 11. Características sociodemográficas de los participantes

Variable	Categoría	Región		
		Norte	Centro	Sur
Genero %	Mujer	54	57	50
	Hombre	46	43	50
Edad %	18-25	29	35	28
	25-34	50	46	57
	35-49	17	13	13
	>50	4	6	2
	Básica	29	22	17
Escolaridad %	Medio superior	21	30	22
	Superior	38	33	41
	Posgrado	13	10	13
	Ninguno	0	4	7
	Estudiante	21	26	26
Ocupación %	Empleado de gobierno	4	5	2
	Trabajo independiente	54	43	41
	Jubilado	4	1	0
	Agricultor	0	6	7
	Comerciante	8	10	15
Ingreso mensual %	Obrero	8	8	9
	0 - \$5,999	33	40	26
	\$6,000 - \$10,000	21	34	37
	\$11, 000 -\$15, 000	33	17	28
	\$16,000 - \$19,000	4	4	0
	> \$20,000	8	5	9

6.4.2 Preferencia de consumo de mezcal

De acuerdo con los resultados de la encuesta y como se muestra en la Figura 2, la mayoría de los participantes tiene una actitud favorable hacia el mezcal. Podemos destacar que más de la mitad de los participantes (55.5 %) manifestó que les gusta el mezcal, lo cual sugiere una aceptación considerable de esta bebida entre los consumidores mexicanos. Esta aceptación general puede estar relacionada con el conocimiento que los consumidores tienen sobre el mezcal. Vera y Akaki (2017), mencionan que los consumidores de mezcal compran el producto porque entienden y conocen todo el proceso y las condiciones de producción, dicha aseveración se ha venido modificando debido a una mayor revalorización de población joven con mayor conciencia sobre el desarrollo local, la sostenibilidad y en algunos productos los beneficios al consumir alimentos tradicionales; por otro lado, el 34.1 % de los participantes indicó que su gusto por el mezcal es neutral, es decir, que no sienten ni agrado ni desagrado por la bebida. Finalmente es importante señalar que el 6 % de los encuestados les gusta el mezcal de manera extrema, lo que muestra que hay un grupo pequeño pero entusiasta de consumidores que tiene una preferencia marcada por esta bebida. En general los resultados muestran que hay una aceptación del mezcal entre los encuestados, lo cual puede estar relacionado al aumento en el interés y consumo la bebida de los últimos años y su diferenciación sobre otros destilados (Sandoval & Carillo, 2022).

El perfil de consumidores analizado puede relacionarse con los cuatro tipos de consumidores de mezcal identificados por López et al. (2020). Estos incluyen: el consumidor tradicional, que valora los mezcales artesanales elaborados con técnicas tradicionales; el consumidor vinculado al territorio, que basa su elección de compra en la reputación del origen geográfico del mezcal más que en sus características sensoriales o culturales; el consumidor en transición, que prioriza los mezcales con denominación de origen y busca garantizar la calidad; y finalmente, el consumidor social, para quien el mezcal es una opción indiferente dentro de su experiencia de consumo. Los resultados de la encuesta sugieren

que la mayoría de los participantes, que mostraron una actitud favorable hacia el mezcal, podrían alinearse con los consumidores tradicionales y vinculados al territorio, mientras que aquellos con un gusto neutral podrían estar más cercanos a los consumidores en transición o sociales.

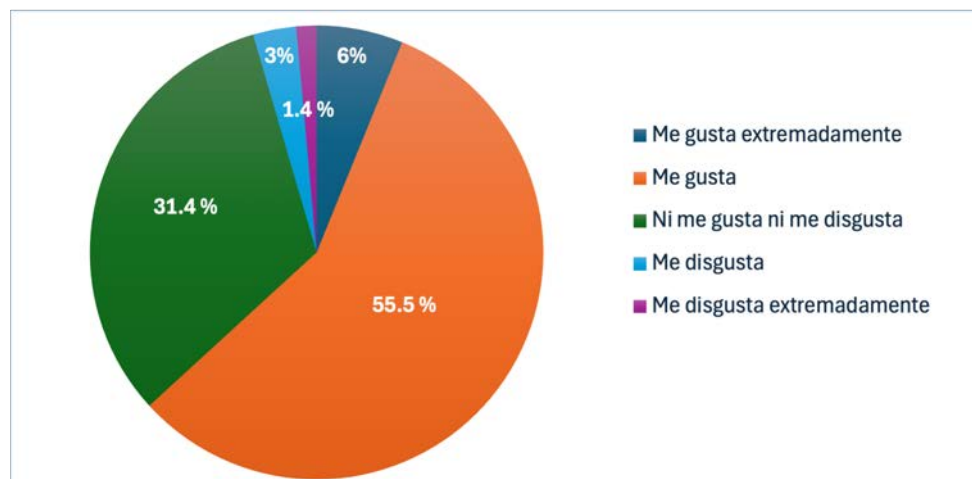


Figura 12. Preferencia de consumo de mezcal

6.4.3 Análisis econométrico

El diseño experimental utilizado (logit multinomial) permite la estimación de las interacciones en segundo orden, en este trabajo se presenta la estimación del modelo de los efectos principales solamente. Se comprobó que la inclusión de las interacciones no arrojaba datos significativos de los coeficientes estimados, así como en las medidas de bienestar, respecto al modelo estimado con solo los efectos principales.

Los resultados del análisis logit se presentan en el Cuadro 12. El modelo presenta una bondad de ajuste de un R^2 (McFadden) de 0.2, el cual explica el grado de ajuste del modelo al conjunto de datos y también muestra la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados según el modelo. De acuerdo con Melo et al. (2020) en el análisis estadístico de EED los valores de R^2 de McFadden bien ajustados varían entre 0.2 a 0.4, por lo que el modelo utilizado se ajusta, además se tiene una verosimilitud con un valor de 6,894.83.

El tipo de proceso industrial, el mezcal elaborado por hombre, el agave cultivado y otra variedad de agave, presentan multicolinealidad, es decir, estas variables

en el modelo están altamente correlacionadas entre sí por lo tanto no hay datos en estos atributos. La multicolinealidad suele ser causada por la elección del modelo, por ejemplo, cuando se utilizan dos regresores altamente correlacionados en la ecuación de regresión (Paul, 2006).

En la variable lugar de origen se observa que los atributos Puebla y otros estados son estadísticamente significativos, esta última tiene el signo positivo lo que sugiere que el mezcal que tiene origen en otros estados como Oaxaca, Guerrero, entre otros, tiene un efecto positivo sobre la elección del consumidor. De acuerdo con Trichopoulou et al. (2007), el lugar de origen es relevante para los productos considerados tradicionales, esto se debe a que el producto ligado a una región posee características específicas. Además, Pieniak et al. (2009) concuerdan en que existe un vínculo entre el producto y el lugar de origen debido a que sugiere que un producto así brinda atributos distintivos de la región donde se fabrica lo que lo hace más atractivo.

En cuanto al tipo de proceso ancestral y artesanal ambas son estadísticamente significativas ($p > 0.05$), lo que indica que el consumidor considera estos atributos al momento de su elección. Rosas & Ortega (2016), encontraron que los mezcales artesanales tienen una riqueza sensorial superior a los industriales lo que facilita su posicionamiento y preferencia en el mercado y en un análisis de preferencia los consumidores eligieron mezcal artesanal como su primera opción seguido de ancestral y por último industrial.

Las variedades de agave Papalometl y Espadín son estadísticamente significativas en el modelo, ambos con signo positivo, es decir, los consumidores toman en cuenta estos atributos en la elección del mezcal. De acuerdo con Vera et al. (2009) entre las especies más utilizadas destacan *A. angustifolia* (Espadín) por su alto volumen de producción, y *A. potatorum* (Papalometl especie silvestre) por generar un mezcal de alta demanda.

Cuadro 12. Resultados de las estimaciones econométricas

Variable	Atributos	Valor	Error estándar	Pr > Chi²
Lugar de origen	Puebla	-0.951	0.103	< 0.0001
	Otro Estado	0.795	0.103	< 0.0001
Tipo de proceso	Ancestral	0.096	0.021	< 0.0001
	Artisanal	0.014	0.026	0.044
	Industrial	0.000	0.000	
Denominación de Origen	Sin D.O.	-0.581	0.085	< 0.0001
	Con D. O.	0.607	0.093	< 0.0001
Tipo de sociedad	Hombres	0.000	0.000	
	Mujeres	0.134	0.020	< 0.0001
Tipo de Agave	Silvestre	0.007	0.020	0.020
	Cultivado	0.000	0.000	
	Papalometl	0.054	0.025	0.031
Variedad de Agave	Espadín	0.033	0.026	0.019
	Pichomel	-0.039	0.023	0.087
	Otro	0.000	0.000	
	Precio	-0.001	0.000	< 0.0001
Estadísticos de borde de ajuste				
	-2 Log (Verosimilitud)	6894.83		
	R²(McFadden)	0.20		
	Observaciones	6773		

En el modelo se incluyeron las variables socioeconómicas, edad, lugar de residencia, nivel de escolaridad, ocupación, nivel de ingreso y el género de los consumidores. Estas variables se consideraron para explorar si podían tener algún impacto significativo en los resultados del modelo, cabe mencionar que, si hubo cambios en los coeficientes del modelo, sin embargo, al realizar el análisis estadístico logit, se encontró que ninguna de estas variables presentaba un nivel de significancia estadística relevante, ya que sus valores de p superaban el umbral aceptado ($P > 0.5$), además, los coeficientes asociados a estas variables fueron muy bajos. Debido a esto, los coeficientes no son observables en el cuadro anterior, cabe señalar que Cranfiel y Magnusson (2003) sugiere que la disposición a pagar o la elección del consumidor depende de sus preferencias,

ingresos, actitudes, percepciones del producto y características sociodemográficas.

6.4.5 Disposición a pagar marginal

Las medidas estimadas del modelo lineal pueden interpretarse como efectos marginales del atributo del bien por estimar sobre las probabilidades de elegir uno de los planes. Por lo que, la disponibilidad a pagar marginal (DAPMg) por área de intervención es la disponibilidad a pagar por un cambio unitario en cada una de ellas, mientras el resto se mantiene constante. La DAPMg en cualquiera de los atributos analizados se obtiene a partir de la Ecuación 3 (Alpizar et al., 2001):

$$DAPMg = -\beta\alpha * \gamma^{-1} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde $\beta\alpha$ es el coeficiente del atributo y γ es el coeficiente del atributo monetario (costo) en el experimento de elección. En el Cuadro 13, se observa la disposición a pagar marginal de cada uno de los atributos analizados.

Cuadro 13. Disposición a pagar marginal

Variable	Atributos	Coeficiente	DAP Marginal (\$)
Lugar de origen	Otro Estado	0.795	586.49
Tipo de proceso	Ancestral	0.096	70.81
	Artesanal	0.014	10.26
Denominación de Origen	Con D. O.	0.607	448.10
Tipo de sociedad	Mujeres	0.134	99.07
Tipo de Agave	Silvestre	0.007	5.52
Variedad de Agave	Papalometl	0.054	39.72
	Espadín	0.033	24.70

De acuerdo con el lugar de origen en el que fue elaborado el mezcal, para el estado de Puebla el valor de la disposición a pagar marginal resultó negativo lo que implica que los consumidores pagarían menos por una botella elaborada en dicho estado, al contrario de los mezcales elaborado en otros estados donde se encontró que estarían dispuestos a pagar hasta \$586.49 pesos más por un mezcal de este tipo.

Estos resultados muestran que los consumidores tienen una mayor disposición a pagar por productos que les son familiares y que reconocen en el mercado pues les genera más confianza, con mayor énfasis en bebidas alcohólicas como el mezcal, en comparación con aquellos que no conocen o de los que tienen poca información (Berges & Casellas, 2008). Guinard et al. (2000) evaluaron el impacto de la información sobre el origen de diversas cervezas en el nivel de agrado de consumidores de diferentes edades. Descubrieron que, al conocer el origen, un segmento de los consumidores aumentó significativamente su nivel de preferencia en comparación con las desconocidas. En este caso específico, se observa que el mezcal producido en Puebla todavía no ha alcanzado un buen nivel de reconocimiento y aceptación entre los consumidores. A pesar de que Puebla se ha consolidado en los últimos años como uno de los principales productores de esta bebida destilada a nivel nacional, muchos consumidores no asocian a Puebla con la producción de mezcal o incluso desconocen que se produce mezcal en este estado. Por el contrario, los mezcales de otros estados de México que incluyen a los elaborados en Oaxaca, Guerrero, Durango, Zacatecas, son más reconocidos por lo que ya cuentan con un prestigio en el mercado y se observa en la preferencia del consumidor. Estos mezcales no solo tienen una presencia más establecida en el mercado, sino que también cuentan con un respaldo histórico y cultural como el caso de Oaxaca que es un estado conocido por tener la mayor producción de mezcal en el país y esto ha permitido que los mezcales de este estado capten una mayor parte del mercado y que se perciba como un producto de mayor calidad y tradición, influyendo significativamente en las decisiones de compra de los consumidores.

Los consumidores tienen una disposición marginal a pagar de \$70.81 y \$10.26, por mezcales ancestrales y artesanales, respectivamente. El aumento del consumo de mezcal se atribuye principalmente a sus métodos de producción ancestral y artesanal y el creciente aprecio por las bebidas espirituosas elaboradas con métodos tradicionales (De Insight, 2024).

En relación con la certificación que garantiza la autenticidad del mezcal, los consumidores indicaron que tienen una disposición a pagar marginal de \$448.10 por una botella que cuente con denominación de origen. Las denominaciones de origen representan un reconocimiento de productos que poseen características únicas y distintivas, lo que les confiere una calidad percibida superior y brinda mayor seguridad al consumidor (Obrador, 2016). Esto coincide con el estudio de Fernández y Ortega (2016), quienes concluyeron que los consumidores dan mayor importancia que un mezcal cuente con algún tipo de certificación o premios, ya que estos elementos incrementan la confianza en la calidad y seguridad del producto.

La participación de las mujeres en la elaboración del mezcal ha ido en aumento, esto se ve reflejado en los resultados obtenidos, por este atributo se encontró una disposición a pagar marginal de \$99. Las mujeres mezcaleras juegan un papel clave en la preservación de saberes tradicionales, adoptando practicas sostenibles y transmitiendo conocimientos (Arizpe, 2020). Por ello surgen organizaciones como la de Mujeres del Mezcal y Maguey de México, quienes buscan fomentar la labor de las mujeres en la conservación y elaboración del mezcal.

Los resultados observados sugieren que los consumidores prefieren que el mezcal sea elaborado con agave de tipo silvestre, con una disposición a pagar marginal de \$5.52, esta preferencia puede deberse a la percepción de que los agaves silvestres, al crecer en condiciones naturales y sin intervención humana, aportan características únicas y sabores más auténticos al mezcal. La elaboración de mezcal con especies nativas de agave incorpora elementos de identidad cultural y revalorización de la diversidad biológica, por lo que ha desarrollado una cultura de los mezcales similar a la de los vinos de origen, con una producción diferenciada y única (Caballero et al., 2019).

Se destaca un interés significativo en mezcales producidos con variedades de agave Papalometl y el Espadín, el análisis de disposición a pagar marginal revela que los consumidores están dispuestos a pagar entre \$24.7 y \$39.7 pesos

adicionales por mezcales producidos con estas variedades de agave, que son de los principales agaves producidos en Puebla. El mezcal derivado del agave Papalometl (*Agave potatorum*) tiene un alto arraigo en las costumbres locales, su sabor es muy apreciado por productores y consumidores (Martínez et al., 2013) y puede ser tres veces más caro que el obtenido de otros magueyes (Sánchez, 2005).

En un estudio realizado por García (2017), menciona que los atributos extrínsecos, tales como región de origen presentan diferentes niveles de importancia de acuerdo con la percepción de los consumidores, de tal manera que influyen de diferente forma en la intención de compra de una botella de mezcal. Barrera (2019) señala que los factores de valoración en el mezcal, que inciden en la decisión de compra de los consumidores de mezcal corresponden a atributos tangibles como la etiqueta y el envase los cuales aportan autenticidad y confianza al consumidor, por ello es importante que la botella de mezcal cuente la información necesaria. Luo et al. (2012) menciona que la botella debería representar parte de la experiencia con el producto.

Por su parte, López et al. (2020) coinciden que el consumidor de mezcal no es un actor pasivo del sistema, sino que decide la compra de la bebida tomando en cuenta atributos extrínsecos como el lugar de origen, el saber hacer y la identidad cultural, sin embargo, mencionan que la denominación de origen no ejerce una verdadera influencia sobre la elección.

6.5 Conclusión

Los resultados obtenidos, sugieren que los consumidores valoran que la etiqueta de una botella de mezcal cuente con el lugar en donde fue elaborado, en este caso los lugares fueron Puebla y otros estados, que estadísticamente fueron significativos, además es relevante que el proceso por el cual sea elaborado sea Ancestral o Artesanal; no es relevante para esta muestra de consumidores que cuente con denominación de origen, aunque si cuenta con la denominación pagarían un excedente por este atributo.

El estudio demostró que es de interés que el mezcal este elaborado por mujeres pues es una práctica que ha cobrado cada vez más relevancia en México considerado un atributo de inclusión. De igual manera se resalta que los atributos agave silvestre, Espadín y Papalometl son preferibles para el consumidor que estén presentes en la etiqueta de la botella de mezcal.

Estudiar cómo los consumidores eligen entre diferentes opciones de mezcal permite identificar qué atributos valoran más, en este caso fueron la variedad de agave utilizada, el origen del producto, los métodos de producción, y otras características como la denominación de origen y el precio, fueron los atributos que los encuestados valoran más y representan una oportunidad para el diseño de estrategias desarrollo local y rural en México.

6.6 Literatura citada

- Aguilera, Y. (2022). Caracterización de atributos tangibles e intangibles y valoración de la raicilla de jalisco. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo.
- Alpizar, F., Carlsson, P., & Martinsson, P. (2001). Using choice experiments for non-market valuation. *Economic Issues Journal Articles* 81(1): 83-110.
- Arizpe, L. (2020). Mujeres y saberes tradicionales: género, agrobiodiversidad y cultura. El Colegio de México.
- Balogh, P., Békési, D., Gorton, M., Popp, J. y Péter, L. (2016). Consumer willingness to pay for traditional food products. *Food Policy*, 61, pp.176-184. doi: 10.1016/j.foodpol.2016.03.005.
- 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).
- Benítez, E., Jaramillo, J. L., Vargas, S., & Bustamante, A. (2024). Mezcal artesanal en Puebla: actores y saberes locales. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 21(3), 330–347. <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i3.1605>
- Berges, M., & Casellas, K. (2008). Disposición a pagar por atributos de calidad. Un estudio aplicado al agregado de nutrientes en la leche fluida. Asociación Argentina De Economía Política. XLIII Reunión Anual.
- Caballero, M., Ruiz, J., Martínez, R., Rivera, S., & Bernabé, M. (2019). Agaves silvestres y cultivados empleados en la elaboración de mezcal en sola de vega, Oaxaca, México. *Tropical And Subtropical Agroecosystems*, 22(2). <https://doi.org/10.56369/tsaes.2750>
- Camacho, J., Vargas, J., & Durán, Pedro. (2021). Avatares de la producción de mezcal en la región Miahuateca de la sierra sur de Oaxaca. *LiminaR*, 19(1),

- 183-194. Epub 02 de marzo de 2021.<https://doi.org/10.29043/liminar.v19i1.794>
- Cerda, C. (2011). Una aplicación de experimentos de elección para identificar preferencias locales por opciones de conservación y desarrollo en el extremo sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 32(3), 297-307. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002011000300011>
- Cranfiel J. A. & Magnusson, E. (2003). Canadian Consumer's Willingness-To-Pay For Pesticide Free Food Products: An Ordered Probit Analysis. *International Food and Agribusiness Management*. Vol. 6 (4), 13-30.
- De Insight, L. S. (2024). Mercado del Mezcal: Mapeo competitivo y perspectivas estratégicas 2030. The Insight Partners. Obtenido de: <https://www.theinsightpartners.com/es/reports/mezcal-market>
- Espinal, N. y Gómez, J. (2011). Experimentos de elección: una metodología para hacer valoración económica de bienes de no mercado. *Ensayos de economía*, 38, 211-242.
- Fawsitt, C., Bourke, J., Greene, R., McElroy, B., Krucien, N., & Murphy, R. (2017). What do women want? Valuing women's preferences and estimating demand for alternative models of maternity care using a discrete choice experiment. *Health Policy*, 121(11):1154-60
- Fernández, J. L., Vázquez, G., & Ortega, A. (2016). Estrategias de marketing para el posicionamiento de mezcales en Guadalajara con base en los estilos de vida del consumidor. *Repositorio De La Red Internacional De Investigadores En Competitividad*, 9(1), 1–19. Recuperado a partir de <https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/>
- Garcés, W. E., Avitia, J. A., & Ramírez, J. (2021). Determinación del perfil del consumidor y evaluación de atributos intrínsecos y extrínsecos del destilado de agave del sur del Estado de México
- García, B. (2017). Percepción del concepto mezcal entre consumidores de bebidas alcohólicas y evaluación de la preferencia en mezcal. Tesis Doctoral. Centro De Investigación Y Asistencia En Tecnología Y Diseño Del Estado De Jalisco A. C.
- García-Peña, Á. A., De Vries, E., & Buitrago-Gutiérrez, G. (2022). Experimentos de elección discreta. Diseño, análisis e implementación en salud. *Revista Colombiana de Cardiología*, 29(6). <https://doi.org/10.24875/rccar.21000050>
- García-Peña, Á. A., De Vries, E., & Buitrago-Gutiérrez, G. (2022). Experimentos de elección discreta. Diseño, análisis e implementación en salud. *Revista Colombiana de Cardiología*, 29(6). <https://doi.org/10.24875/rccar.21000050>
- Gázquez Abad, J. C., & Sánchez Pérez, M. (2007). La heterogeneidad del consumidor en los modelos de elección evidencias empíricas utilizando modelos logit. *Revista Europea de Dirección y Economía de la empresa*, 16(4).
- Guinard, J. X., Uoatani, B., Mazzucchelli, R., Taguchi, A., Mauoka, S., Fujino, S. (2000). Consumer testing of commercial lager beers in blind versus informed conditions: relation with descriptive analysis and expert quality ratings. *Journal of Institute of Brewing*, 106, 11- 19.
- Hauber AB, González JM, Groothuis-Oudshoorn CGM, Prior T, Marshall DA, Cunningham C. (2016). Statistical methods for the analysis of discrete

- choice experiments: a report of the ISPOR Conjoint Analysis Good Research Practices Task Force. *Value Heal*, 19(4):300-15.
- Hole, A.R. & Kolstadt, 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. *Empir. Econ.* 42 (2), 445-469.
- Koemle, D., & Yu, X. (2020). Choice experiments in non-market value analysis: some methodological issues. *Forestry Economics Review*, 2(1), 3-31. <https://doi.org/10.1108/fer-04-2020-0005>
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2023). *Principios de marketing*. Bookman Editora.
- López, C., Espinoza, A., & Amaya, S. (2020). El mezcal como activo patrimonial y el papel del consumidor en su preservación. México, Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- López-Cisneros, M. 2022. Consumo de alcohol: perspectiva de mujeres habitantes de colonias populares del Sur de México. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2):496-502.
- Luo, J., Fu, T., & Korvenmaa, P. (2012). A preliminary study of perceptual matching for the evaluation of beverage bottle design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(2), 219–232.
- Martínez, G. J. A., & Martínez, C. L. (2008). Determinación de la máxima varianza para el cálculo del factor de imprecisión sobre la escala de medida, y extensión a diferentes tipos de muestreo. *Psicothema*, 20(2), 311–316. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/1610>
- Martínez, S., Trinidad, A., Bautista, G., & Pedro, E. (2013). Crecimiento de plántulas de dos especies de mezcal en función del tipo de suelo y nivel de fertilización. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(4): 387-393.
- McFadden D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. In Zarembka P ed. *Frontiers in Econometric*. New York, USA. Academic Press. p. 105-142.
- Melo, E., Rodríguez, R., Martínez, M., Hernández, J., & Razo, R. (2020). Consideraciones básicas para la aplicación de experimentos de elección discreta: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(59), 4-30. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.676>
- Monsalve, N. E. E., & Zapata, J. D. G. (2011). Experimentos de elección: una metodología para hacer valoración económica de bienes de no mercado. *Ensayos de Economía*, 21(38), 211-242. <https://ideas.repec.org/p/col/000418/009113.html>
- Obrador, M. J. A. (2016). La importancia de las denominaciones de origen e indicaciones geográficas para la identidad país. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, 3(8), 267-283.
- Paul, R. K. (2006). Multicollinearity: Causes, effects and remedies. *IASRI, New Delhi*, 1(1), 58-65.
- Pieniak, Z., Verbeke, W., Vanhonacker, F., Guerrero, L., & Hersleth, M. (2009). Association between traditional food consumption and motives for food choice in six European countries. *Appetite*, 53(1), 101-108.
- Riera, P., & Mogas, J. (2006). Una aplicación de los experimentos de elección a la valoración de la multifuncionalidad de los bosques. *Interciencia*, 31(2), 110-115. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911306.pdf>

- Rosas, L., & Ortega, E. (2016). Evaluación sensorial de tres mezcales oaxaqueños obtenidos bajo diferentes sistemas de destilación. *Research, Technology and Science-Unicomfauca*, 1(10), 11-19.
- Rose, J. & Bliemer, M. (2014). Stated choice experimental design theory: the who, the what and the why. In: Hess, S. and A. Daly (ed.). *Handbook of choice modelling*. Edward Elgar Publishing. Cheltenham, UK. pp. 152-177.
- Sánchez, A. 2005. Oaxaca tierra del maguey y mezcal. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Segunda edición. 235 pp.
- Sandoval, G., & Carrillo, E. (2022). El imperio del mezcal quiere crecer en el mundo. *Forbes México*. <https://forbes.com.mx/nuestra-revista-el-imperio-del-mezcal-quiere-crecer-en-el-mundo/>
- Tarín, E., Porras, A., & Leyva, N. (2021). El rol de la mujer en el enoturismo. Tendencias en el consumo de vino. Ciudad de México: ru.iiec.unam.mx/5397/. ISBN UNAM 978-607-30-5367-9
- Trichopoulou, A., Soukara, S., & Vasilopoulou, E. (2007). Traditional foods: A science and society perspective. *Trends in Food Science y Technology*, 18(8), 420–427
- Tudela, J. W., & Leos, J. A. (2017). Herramientas metodológicas para aplicaciones del experimento de elección. Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). ISBN: 978-607-12-0433-2.
- Valdez, J. G. (2020). Historia del Mezcal Guanajuatense. Su producción en las haciendas del norte del Estado. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C CIATEJ. ISBN: 978-607-8734-11-5
- Vera, G. A., Santiago, A., & López, G. (2009). Compuestos volátiles aromáticos generados durante la elaboración de mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. *Revista fitotecnica mexicana*, 32(4), 273-279.
- Vera, V., & Akaki, P. P. (2017). Oaxaca y sus regiones productoras de mezcal: Un análisis desde cadenas globales de valor. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, (29), 103-132.
- Villanueva, A. J., Gómez-Limón, J. A., & Rodríguez-Entrena, M. (2017). Valoración de la oferta de bienes públicos por parte de los sistemas agrarios: el caso del olivar de montaña en Andalucía. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 17(1), 25. <https://doi.org/10.7201/earn.2017.01.02>
- Viney R, Savage E., & Louviere, J. (2005). Empirical investigation of experimental design properties of discrete choice experiments in health care. *Health Econ*, 14(4), 349-62.
- Walter, J. (2010). Experimentos de elección en la priorización de políticas de gestión en áreas naturales protegidas. *Desarrollo y Sociedad*, (66), 183-217. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-35842010000200006&lng=en&tlng=es.

7. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MEZCAL POBLANO POR EL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE

7.1 Resumen

En los últimos años, la demanda de mezcal ha crecido notablemente. Puebla, como segundo estado productor a nivel nacional, cuenta con condiciones agroclimáticas favorables para la producción de agave y mezcal de alta calidad y con características auténticas. Sin embargo, enfrenta desafíos para posicionar sus productos en el mercado. El objetivo de este estudio fue estimar la disposición a pagar por mezcales elaborados en Puebla con diferentes características, a través del método de valoración contingente. Se diseñó y aplicó una encuesta estructurada en línea a 247 consumidores de mezcal mediante formularios Google forms, se presentaron cuatro escenarios de valoración de mezcal (un mezcal elaborado en el estado de Puebla; un mezcal elaborado por pequeños productores del estado de Puebla, un mezcal elaborado con agave silvestre de la Reserva de la Biosfera Tehuacán; y un mezcal producido de manera sustentable) se obtuvieron datos sociodemográficos de la muestra de consumidores estudiada. Los resultados revelan la DAP promedio por cada tipo de mezcal y los atributos que inciden significativamente en la decisión de compra. Este estudio ofrece información útil para el diseño de estrategias de mercado que promuevan el reconocimiento del mezcal poblano y destaquen sus atributos más valorados por los consumidores.

Palabras clave: producto tradicional, valorización, Puebla, agave silvestre, sustentable.

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

Autor: Jessica Guadalupe Marcos Toxqui

Director de tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

ECONOMIC VALUATION OF PUEBLA MEZCAL USING THE CONTINGENT VALUATION METHOD

Abstract

In recent years, the demand for mezcal has grown significantly. Puebla, as the second largest producer state in Mexico, has favorable agro-climatic conditions for the production of high-quality agave and mezcal with authentic characteristics. However, it faces challenges to position its products in the market. The objective of this study was to estimate the willingness to pay for mezcals produced in Puebla with different characteristics, using the contingent valuation method. A structured online survey was applied to 247 mezcal consumers through Google forms, four mezcal valuation scenarios were presented (a mezcal produced in the state of Puebla; a mezcal produced by small producers in the state of Puebla, a mezcal produced with wild agave from the Tehuacán Biosphere Reserve; and a mezcal produced in a sustainable way) and sociodemographic data were obtained from the sample of consumers studied. The results reveal the average WTP for each type of mezcal and the attributes that significantly influence the purchase decision. This study offers useful information for the design of marketing strategies that promote the recognition of mezcal poblano and highlight its attributes most valued by consumers.

Keywords: traditional product, valorization, Puebla, wild agave, sustainable.

7.2 Introducción

El mezcal es una bebida tradicional mexicana obtenida de la destilación del agave, protegida por la Denominación de Origen mezcal (DOM) bajo la norma oficial mexicana NOM-070-SCFI-2016 (NOM) (Arellano et al., 2022). En la época colonial las bebidas derivadas del agave, particularmente el mezcal, se consideraban de bajo estatus; sin embargo, hoy en día son apreciadas como bienes auténticos y de prestigio por consumidores dentro y fuera de México (Brulotte, 2025).

El Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. (COMERCAM) cuyo objetivo es garantizar la calidad y la autenticidad del mezcal, informó que para el 2023 la producción de mezcal aumento, promoviendo el desarrollo y creando oportunidades laborales, fortaleciendo y beneficiando la economía local y nacional. Puebla tiene condiciones agroclimáticas para producir mezcal de calidad con características auténticas (García et al., 2023). La demanda de mezcal ha aumentado en los últimos años, generando un incremento en la tendencia de consumo (Rosaura et al., 2024). Actualmente, las tendencias de consumo solicitan productos con sabores auténticos y genuinos (Domínguez et al., 2011), por lo que, es importante identificar atributos que agregan valor al mezcal para reconocimiento y valorización.

A pesar del creciente interés por el mezcal, Puebla en particular enfrenta desafíos para posicionar sus productos en el mercado debido a la competencia con otros estados más consolidados. La falta de información sobre preferencias de los consumidores y el valor que le otorgan a atributos diferenciadores limita el diseño de estrategias comerciales. Viegas et al. (2014), mencionan que comunicar el atributo es clave para que los productos generen valor y disposición a pagar en los consumidores, y estos atributos pueden analizarse por diferentes métodos, uno de ellos es el método de valoración contingente.

El método de valoración contingente (MVC) es un enfoque específico dentro de los procesos de construcción de mercados, dicha construcción puede ser real o

hipotética, se considera una forma de estimación directa, ya que se pregunta directamente a una muestra de la población en cuánto valora un determinado bien (Riera, 1994). El método pretende estimar, mediante una encuesta, la máxima disposición a pagar (DAP) de un individuo por un bien o, alternativamente, la disposición a ser compensado por la pérdida o disminución del disfrute de este bien (Torre et al., 2021). Para abordar la metodología, se diseñan escenarios hipotéticos a partir de encuestas que permiten, a través de las respuestas, inferir las preferencias de los individuos (Perni et al., 2021). Dichas encuestas se han utilizado para valorar grandes cambios discretos, como la introducción de un nuevo bien, el valor asociado con la sustitución de un bien por otro, o el valor marginal asociado con el cambio de uno o más atributos de un bien existente (Carson y Hanemann, 2005).

El (MVC) es comúnmente usado para valorar bienes ambientales, sin embargo, también ha sido usado para estimar DAP por cambios en los atributos de los alimentos (Urrutia et al., 2011; Lacaze, 2014; Martínez et al., 2015; Villanueva et al., 2017) y en bebidas como cerveza (Pilone et al., 2023; García et al., 2024), whisky (Glenk, 2012), vino (Mollá et al., 2005; Valenzuela, et al., 2022; Juárez et al., 2024) y mezcal (Barrera et al., 2019; Luna et al., 2020).

El objetivo de este estudio es estimar la disposición a pagar por mezcales elaborados en Puebla con diferentes características, a través del método de valoración contingente y, con ello, identificar los atributos que influyen en la elección del producto.

7.3 Materiales y métodos.

La metodología empleada se desarrolló en tres fases: diseño del cuestionario, aplicación de la encuesta y análisis de los datos con métodos econométricos.

Se elaboró una encuesta en línea mediante un formulario de Google que integró tres apartados (Anexo 3). El primer apartado refiere datos socioeconómicos del encuestado (edad, género, escolaridad, ocupación e ingresos), la apreciación del mezcal, frecuencia y preferencia del consumo.

En el segundo apartado se preguntó a los consumidores el precio que estarían dispuestos a pagar por una botella de mezcal de una presentación de 750 ml, se utilizó un formato cerrado donde se les mostró a los consumidores una lista de cuatro precios. Posteriormente, se presentaron cuatro escenarios de valoración de mezcal: un mezcal elaborado en el estado de Puebla; un mezcal elaborado por pequeños productores del estado de Puebla, un mezcal elaborado con agave silvestre de Puebla; y un mezcal producido de manera sustentable, se preguntó a los consumidores el porcentaje de sobreprecio que estarían dispuestos pagar por cada uno de ellos. Por último, se presentó a los consumidores una lista de cinco atributos y se les solicitó ordenarlos de acuerdo con la importancia al momento de realizar su compra, también se mostraron cuatro aseveraciones que pudieran influir en su elección de compra y se pidió a los encuestados que evaluaran que tan de acuerdo estaban con cada una de ellas.

La encuesta se aplicó a 247 consumidores de mezcal seleccionados considerando los criterios, ser mayor de 18 años, ser consumidor de mezcal y su disposición a participar en el estudio. Se considerando que el universo es infinito y se aplicó un muestreo no probabilístico (Pasikowski, 2024). Los encuestados reclutados fueron de diversos estados del país, fueron contactados a través de redes sociales tales como Facebook, WhatsApp, entre otros.

Para calcular la DAP se utilizó un modelo Tobit, se emplea para realizar análisis de regresión con la DAP como variable objetivo, cuyos valores observados están restringidos a números reales no negativos, es decir, presenta censura a la izquierda por valores menores a cero (Yang et al., 2018; Medeiros et al., 2019). El modelo tiene una aplicación real en casos de análisis de consumo, ya que existe una probabilidad de consumir una cantidad variable o no consumir (Calatrava y Navarro, 1991). Además, el modelo permite estimaciones eficientes y consistentes al maximizar la verosimilitud con datos censurados y no censurados (Lorenzo et al., 2013).

De acuerdo con Liu et al. (2024) y Nimoh et al., (2023) el modelo Tobit con el DAP censurado a la izquierda en cero se puede escribir de la siguiente manera:

$$DAP_i^* = X_i\beta + \varepsilon_i, \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

$$DAP_i = DAP_i^*, \text{ si } DAP_i^* > 0 \quad (2)$$

$$DAP_i = 0, \text{ si } DAP_i^* \leq 0 \quad (3)$$

Donde, i es el encuestado ($i=1,2,3,\dots,n$); (2), (3), DAP_i es la variable dependiente observada; DAP_i^* (1) es la variable latente observada cuando la variable latente es mayor que 0, o, cuando es menor o igual que 0 lo que implica censura; X_i son las variables explicativas que afectan la DAP; β es el coeficiente de estimación variable; ε_i es el término de error, que sigue una distribución normal con media cero y varianza σ^2 . Para analizar los datos obtenidos y estimar el modelo, se utilizó el software estadístico Stata SE13.

7.4 Resultados y discusión

Los resultados sobre las características sociodemográficas de los consumidores muestran que el 49 % pertenecen al estado de Puebla y el resto (51 %) residen en otros estados del país. El 55 % son mujeres y 45 % hombre, el 49 % tiene una edad entre 25 y 34 años, el 38 % cuenta con un nivel de estudios superior, el 43 % refirió tener una ocupación diferente a las mencionadas en la encuesta, y el 68 % obtiene ingresos de entre 0 y \$10,000 MXN (Cuadro 14). Referente a la preferencia sobre el consumo de mezcal, el 56 % de los consumidores afirmó que no le gusta, pero tampoco le disgusta el mezcal, el 34 % que le gusta y solo el 3 % que le disgusta extremadamente, por lo que se observa una heterogeneidad en el consumo de mezcal y un pequeño grupo entusiasta de consumidores. Finalmente, respecto a la elección de precio que pagarían, el 60% aseguró pagaría un precio de entre \$350 y \$650 MXN por una botella de mezcal de presentación de 750 ml.

Romeiro et al. (2020) mencionan que el comportamiento de compra de los consumidores se ve afectado por factores sociodemográficos y el conocimiento, además, los valores, creencias y normas dan forma a las actitudes de los consumidores hacia la compra de alimentos locales (Schäufele y Hamm, 2017).

Cuadro 14. Características sociodemográficas de los participantes

Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Lugar de procedencia	Puebla	121	49
	Otro Estado	126	51
Genero	Hombres	110	45
	Mujeres	137	55
Edad	18 - 24	80	32
	25 - 34	122	49
	35 - 49	35	14
	Más de 50	10	4
	Básica	57	23
Nivel de Estudios	Media Superior	68	28
	Superior	95	38
	Posgrado	27	11
	Agricultor	18	7
	Jubilado	3	1
Ocupación	Otro	105	43
	Empleado de gobierno	16	6
	Estudiante	58	23
	Comerciante	32	13
	Obrero	15	6
Nivel de ingreso	0 - \$5,999	85	34
	\$6,000 - \$10,000	84	34
	\$11, 000 - \$15, 000	53	21
	\$16,000 - \$19,000	9	4
	Más de \$20,000	16	6
Preferencia de consumo	Me gusta extremadamente	2	1
	Me gusta	83	34
	Ni me gusta ni me disgusta	139	56
	Me disgusta	16	7
	Me disgusta extremadamente	7	3
Precio base de mezcal	\$350	76	31
	\$650	72	29
	\$850	57	23
	\$1,000	41	17

En el Cuadro 15 se muestran los resultados de la elección del porcentaje que los encuestados están dispuestos a pagar por una botella de mezcal con diferentes características; el 33.6 % no está dispuesto a pagar más por un mezcal originario del estado de Puebla, el 18.62 % un 10 % más y el 32.79 % pagaría 5 % más en función de su origen y de ser producido por pequeños productores. El 30.77 % y 27.53 % está dispuesto a pagar 5 % y 10 % más por un mezcal producido con

agave silvestre respectivamente. El 78 % de los consumidores está dispuesto a pagar entre 5 y 10 % más por un mezcal producido de manera sustentable.

Cuadro 15. Porcentajes de elección por DAP por diferentes mezcales de Puebla

Tipo de mezcal	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Producido en Puebla	33.6	32.79	18.62	6.48	5.26	3.24
Producido en Puebla por pequeños productores	27.94	32.79	18.62	9.72	8.10	2.83
Producido en Puebla con agave silvestre	27.53	30.77	20.24	11.34	7.69	2.42
Producido en Puebla de manera sustentable	5.67	40.89	36.44	10.53	5.67	0.81

Disposición a pagar por mezcales elaborados en el estado de Puebla con diferentes características se muestra en el Cuadro 16, los encuestados están dispuestos a pagar \$40.37 MXN más porque el mezcal sea originario del estado de Puebla, \$47.82 más por que sea producido por pequeños productores del estado de Puebla, \$48.44 más por que sea mezcal producido con agave silvestre y por un mezcal producido en Puebla de manera sustentable estarían dispuestos a pagar \$56.89 más. Los resultados coinciden con los hallazgos de Modica et al. (2025), quienes demostraron que, en el caso del vino, las certificaciones de sostenibilidad no son meramente simbólicas, sino que ofrecen garantías sobre prácticas responsables, fortaleciendo así la confianza del consumidor. De manera similar, Gow et al. (2024) y Seller y Nicolau (2016) reportaron una DAP positiva por vinos sustentables, lo cual respalda el valor creciente que los consumidores otorgan a prácticas productivas responsables en la elaboración de bebidas alcohólicas.

En el caso del mezcal, la sustentabilidad adquiere un papel importante no solo por razones ambientales, sino también culturales. Arellano et al. (2022) subrayan que preservar prácticas sostenibles en la producción del mezcal contribuye a la conservación de la tradición, la biodiversidad y la genética del agave, además de fortalecer las economías locales.

Por otro lado, Meza et al. (2017) destacan la relevancia de los pequeños productores, a quienes consideran como unidades familiares que, a través de la producción de mezcal, mantienen una identidad cultural construida a lo largo de generaciones, elaborando productos con características únicas.

Thøgersen (2023) señala que los consumidores creen que ciertos orígenes son de mejor calidad, más seguros, más respetuosos con el medio ambiente y superiores a otros orígenes; otros consideran que es su deber apoyar a la industria alimentaria locales o nacionales.

Cuadro 16. Disposición a pagar por mezcales de Puebla

Características de mezcal	DAP (pesos mexicanos)	Std. Dev.	Min	Max
Producido en Puebla	40.376	43.955	0	212.5
Producido en Puebla por pequeños productores	47.825	49.104	0	212.5
Producido en Puebla con agave silvestre	48.441	48.194	0	212.5
Producido en Puebla de manera sustentable	56.890	39.0719	0	212.5

En el Cuadro 17, se presentan los resultados del modelo Tobit, donde los coeficientes reflejan el efecto de cada variable sobre la disposición a pagar (DAP). Entre las variables sociodemográficas, el género muestra un efecto positivo y estadísticamente significativo en la DAP por mezcal de Puebla, lo que indica que, en particular, las mujeres presentan una mayor disposición a pagar. Este mismo patrón se observa para el mezcal elaborado con agave silvestre. De acuerdo Roudsari et al. (2019), este comportamiento puede estar relacionado con factores culturales que influyen en las decisiones alimentarias de las mujeres, como las motivaciones sociales, la accesibilidad y las habilidades.

En la escolaridad se observa que se tiene un efecto positivo y significativo en la DAP por mezcal de Puebla producido por pequeños productores, en DAP por mezcal de agave silvestre y DAP por mezcal de Puebla producido de manera sustentable, lo que apunta a que una mayor educación está asociada con una

mayor DAP. Al contrario de las anteriores, la variable ocupación en las DAP Puebla pequeños productores, DAP Puebla agave silvestre y en la DAP por mezcal sustentable de Puebla son estadísticamente significativas y con los coeficientes negativos, lo que indica que la ocupación, aunque es relevante, los consumidores están menos dispuestos a pagar más por estos tipos de mezcal. Algunos estudios siguieron que en la elección de compra de un producto un mayor nivel educativo influye en la búsqueda y uso de información relacionada (Vijay et al., 2023).

En cuanto a las variables económicas, el ingreso mensual influye positivamente y es una variable significativa en la DAP por mezcal producido en Puebla, por lo que, para este caso a mayor ingreso, mayor disposición a pagar. Además, se observa que el precio del mezcal es estadísticamente significativo y con coeficientes negativos en todos los modelos de DAP analizados, lo que supone que la disposición a pagar disminuye con el precio del mezcal. Steenhuis et al. (2011) menciona que el precio es un factor clave en la elección y compra de alimentos tradicionales, precios más bajos pueden aumentar la compra de alimentos saludables y tradicionales, aunque algunos consumidores están dispuestos a pagar más por calidad o características especiales (Haryanto et al., 2019).

La variable de preferencias de consumo es significativa y positiva en la DAP Puebla y en la DAP Puebla agave silvestre, lo que indica que los consumidores que ya prefieren el mezcal están dispuestos a pagar más por estas dos características. Por otro lado, la importancia de que el mezcal sea producido artesanalmente es significativo en la DAP Puebla agave silvestre y DAP de mezcal de Puebla sustentable, sin embargo, ambos tienen coeficiente negativo, lo cual indica que los consumidores no pagarían más por estos atributos en el mezcal. Lazo et al. (2022) mencionaron que los estilos de vida de los consumidores influyen en la elección del mezcal por dos razones, una en la que se centran en los elementos tradicionales y otra en la que se centran en el proceso artesanal del producto.

Uno de los hallazgos más relevantes del análisis es la importancia que los consumidores otorgan al atributo elaborado por mujeres en el proceso de producción del mezcal. En todos los modelos estimados de Disposición a Pagar (DAP), este atributo resultó ser estadísticamente significativo y con un coeficiente positivo, lo que indica que existe una preferencia clara del mercado por productos que promueven la inclusión de las mujeres en la cadena productiva. La preferencia por mezcales elaborados por mujeres podría estar relacionada con una creciente conciencia sobre la equidad de género, el empoderamiento femenino. Asimismo, el hecho de que los consumidores estén dispuestos a pagar un precio adicional por este atributo refuerza la idea de que existe una oportunidad comercial para posicionar productos con enfoque de género en el mercado de bebidas artesanales. Schnurr y Halkias (2022) encontraron una preferencia general por los productos hechos por mujeres sobre los productos elaborados por hombres. A pesar de esto, estudios como el de Osorio et al. (2024) y Gómez et al. (2022), revelan que las mujeres aún enfrentan desafíos culturales y estructurales que limitan su plena participación y visibilidad en el mercado mezcalero.

En la decisión de consumo de mezcal por conocimiento o costumbres, la DAP de mezcal de Puebla, la DAP de mezcal de Puebla elaborado por pequeños productores y la DAP mezcal de puebla de agave silvestre, resultó estadísticamente significativo, sin embargo, tienen un coeficiente negativo, lo que sugiere que las personas que consumen mezcal por estas razones podrían no estar dispuestos a pagar más por estos atributos diferenciados. Balogh et al. (2016) encontraron que, si bien existe una valoración positiva hacia los productos tradicionales, la disposición a pagar precios más altos depende de factores como la certificación de calidad y la autenticidad percibida. Similar a lo reportado por Żakowska et al. (2016) donde revelaron que los consumidores pueden resistirse a pagar más por innovaciones que alteren las características sensoriales o percibidas como auténticas del producto. Esto indica que la conexión emocional y las costumbres arraigadas pueden influir en la DAP negativa hacia ciertos

atributos diferenciados, lo que sugiere que consumidores con fuertes lazos tradicionales pueden no estar dispuestos a pagar más.

Cuadro 17. Resultados del modelo Tobit para mezcales de Puebla

	DAP Puebla	DAP pequeños productores	DAP agave silvestre	DAP sustentable
Variable/Atributo	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
Genero	13.598*	3.015	14.940**	0.654
Lugar de procedencia	-4.690	7.769	-0.810	-3.045
Edad	8.966*	4.871	0.934	-2.059
Escolaridad	5.766	12.248**	11.106**	5.014*
Ocupación	-3.052	-4.426*	-4.278*	-3.579**
Ingreso mensual	7.735**	5.404	2.363	-0.908
Preferencia consumo	12.098**	6.865	11.420**	4.954
Precio base	-0.040**	-0.076**	-0.063**	-0.083**
Producción artesanal	-2.445	-3.402	-12.719**	-10.510**
Producción ancestral	-10.257**	-7.864	-2.204	-2.650
Elaborado por mujeres mezcaleras	14.877**	10.846**	16.858**	10.009**
Importancia de certificación	3.036	6.511	-2.145	0.937
Importancia del debido etiquetado	-1.811	-0.626	4.842	1.516
Consumo por accesibilidad al mercado	-4.970	-4.552	0.003	-7.597**
Consumo por conocimiento o costumbre	-7.835*	-11.075**	-10.472**	0.855
_cons	-33.732	-25.989	-26.874	31.766
Log likelihood	-932.720	-999.652	-1003.984	-1140.171
Pseudo R2	0.046	0.048	0.049	0.056

Los números en negrita indican significancia estadística * al 10 % ($p > 0.1$) y ** al 5% ($p > 0.05$)

7.5 Conclusiones

Este estudio permitió estimar la disposición a pagar por mezcales elaborados en Puebla con atributos diferenciados, utilizando el método de valoración contingente. Los resultados evidencian que factores como el género, la escolaridad, el nivel de ingreso y la preferencia de consumo influyen positivamente en la disposición a pagar. En contraste, atributos como la producción artesanal o ancestral pueden reducirla en algunos casos, lo que sugiere que los consumidores no valorizan atributos intangibles asociados a los procesos tradicionales de producción. Además, el efecto positivo del precio base

indica que los consumidores pueden asociar precios más altos con una mayor calidad percibida. Uno de los hallazgos más relevantes es la valorización del mezcal elaborado por mujeres, ya que este atributo incrementa consistentemente la disposición a pagar en todos los modelos analizados. Estos resultados ofrecen información clave para diseñar estrategias de mercado enfocadas en destacar los atributos más valorados, fortalecer el posicionamiento del mezcal poblano y promover su reconocimiento tanto a nivel regional como nacional.

7.6 Literatura citada

- Arellano-Plaza, M., Paez-Lerma, J. B., Soto-Cruz, N. O., Kirchmayr, M. R. y Mathis, A. G. (2022). Mezcal Production in Mexico: Between Tradition and Commercial Exploitation. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.832532>
- Barrera-Rodríguez, A. I., Cuevas-Reyes, V. y 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>
- Mollá, M. B., Martínez, L., Martínez, A. y Pérez, M. R. (2005). Determination of the surplus that consumers are willing to pay for an organic wine. *Spanish Journal Of Agricultural Research*, 3(1), 43-51. <https://doi.org/10.5424/sjar/2005031-123>
- Brulotte, R. L. (2025). *Mezcal in Oaxaca: A Craft Spirit for the Global Marketplace*. University of Texas Press.
- Calatrava, J. y Navarro, L. (1991). Los modelos Tobit en el análisis del consumo de productos agroalimentarios. *Invest. Agr. Eco*, 6(1), 35-51,
- Perni, Á., Barreiro-Hurlé, J. y Martínez-Paz, J. M. (2021). Contingent valuation estimates for environmental goods: Validity and reliability. *Ecological Economics*, 189, 107144. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107144>
- Carson, R. T. y Hanemann, W. M. (2005). Chapter 17 Contingent Valuation. En *Handbook of environmental economics* (pp. 821-936). [https://doi.org/10.1016/s1574-0099\(05\)02017-6](https://doi.org/10.1016/s1574-0099(05)02017-6)
- Cobos, S. B., Celorio, M. R. M., Castañeda, E. S., Canchola, A. G. y Pérez, L. H. (2023). Análisis de la producción de mezcal en San Diego La Mesa Tochimiltzingo, Puebla (Reserva Sierra del Tentzo), México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 20(1), 66-91. <https://doi.org/10.22231/asyd.v20i1.1525>
- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. (COMERCAM) (2025). Informe estadístico 2024. Obtenido de: https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2024/04/PUBLICO_INFORME_2024.pdf
- Domínguez-López, A., Villanueva-Carvajal, A., Arriaga-Jordán, C. M. y Espinoza-Ortega, A. (2011). Alimentos artesanales y tradicionales: el queso Oaxaca como un caso de estudio del Centro de México. *DOAJ (DOAJ: Directory Of*

- Open Access Journals).
- <https://doaj.org/article/ca85bdfb21e42dbab22c47a1d59748a>
- Espinosa, M. E., Rivera, G. y Maldonado, B. (2017). Caracterizando la producción y organización de los mezcaleros en Matatlán, México “Capital mundial del mezcal”. *Estudios sociales* (Hermosillo, Son.), 27(50)<https://doi.org/10.24836/es.v27i50.465>
- García-Benítez, E., Jaramillo-Villanueva, J.L, Vargas-López, S. y Bustamante-González, Á. (2024). Mezcal artesanal en Puebla: actores y saberes locales. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i3.1605>
- García, A. E., Aguilar, R. C., Rodríguez, A. B. y García, A. R. (2024). Atributos de valoración y disposición a pagar en consumidores de cerveza artesanal en México. <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.34.11682>
- García, E. S., Vera, J. V. A., Tovar, E. S. D. y Rivera, R. C. (2023). Alcances y limitaciones de la denominación de origen del mezcal en México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 21(1). <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i1.1583>
- Glenk, K., Hall, C., Liebe, U. y Meyerhoff, J. (2012). Preferences of Scotch malt whisky consumers for changes in pesticide use and origin of barley. *Food Policy*, 37(6), 719-731. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.003>
- Gómez, J. S., Núñez, J. P., Reyes, V. C. y Romero, Y. R. (2022). Characteristics and socio-productive problems of women mezcal producers in Oaxaca, Mexico. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i3.2134>
- Gow, J., Moscovici, D., Rana, R., Rinaldi, A., Ugaglia, A. A., Valenzuela, L., Mihailescu, R. y Haque, R. (2024). Determinants of Purchasing Sustainably Produced Wines by Italian Wine Consumers. *Sustainability*, 16(19), 8283. <https://doi.org/10.3390/su16198283>
- Haryanto, B., Purwanto, D., Dewi, A. S. y Cahyono, E. (2019). How does the type of product moderate consumers' buying intentions towards traditional foods? (Study of consumer behavior in Indonesia). *Journal Of Asia Business Studies*, 13(4), 525-542. <https://doi.org/10.1108/jabs-10-2018-0299>
- Juárez, A. G., Damian, M. Á. M., Ortiz, J. H., Alcalá, R. V., Guerrero, E. M. y Luna, J. o. C. (2024). Disposición a pagar por un vino producido en el estado de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(4), e3116. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i4.3116>
- Lacaze, M. V. (2014). Valoración contingente de hortalizas frescas obtenidas bajo manejo integrado de plagas: El caso de la papa (patata) en Argentina. *ITEA- Información Técnica Económica Agraria*, 110(1), 102-118. <https://ideas.repec.org/p/nmp/nuland/1957.html>
- Lazo, O., Guerrero, L. y García-Barrón, S. E. (2022). Conceptualizing a Product with the Food-Related Lifestyle Instrument. *Foods*, 11(22), 3549. <https://doi.org/10.3390/foods11223549>
- Liu, B., Na, Y., Li, Y., Wang, D. y Zhang, X. (2024). Consumer Perception of Food Safety and Valuation of Statistical Life: A Contingent Valuation Study. *Foods*, 13(16), 2597. <https://doi.org/10.3390/foods13162597>
- Lorenzo, J. M. P., Sánchez, I. M. G. y Zaballós, A. B. (2013). El impacto del sistema cultural en la transparencia corporativa. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 22(3), 143-154. <https://doi.org/10.1016/j.redee.2013.04.001>

- Luna, J. C., Guerrero, E. M., Ortiz, J. H., Alcala, R. V., Romero, F. S. y Juarez, A. G. (2020). Disposición a pagar por mezcal añejo en San Felipe, Guanajuato, México. *Acta Universitaria*, 30, 1-11. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2887>
- Martínez-Carrasco, L., Mollá-Bauzá, M. B., Martínez-Poveda, Á., Martínez, J. J. R. y García-Martínez, S. (2014). Aceptación de variedades tradicionales de tomate en mercados locales. Un estudio de valoración contingente. *Informacion Tecnica Economica Agraria*, 111(1). <https://doi.org/10.12706/itea.2015.005>
- Martínez, G. J. A. y Martínez, C. L. (2008). Determinación de la máxima varianza para el cálculo del factor de imprecisión sobre la escala de medida, y extensión a diferentes tipos de muestreo. *Psicothema*, 20(2), 311–316. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/1610>
- Medeiros, V., Gonçalves, L. y Camargos, E. (2019). La competitividad y sus factores determinantes: un análisis sistémico para países en desarrollo. *Revista de la CEPAL*, 129(8). <https://doi.org/10.18356/9c2a7060-es>
- Meza, D. E. E., González, G. R. y Ángeles, B. E. M. (2017). Caracterizando la producción y organización de los mezcaleros en Matatlán, México “Capital mundial del mezcal”. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 27(50). <https://doi.org/10.24836/es.v27i50.465>
- Modica, F., Sgroi, F., Baviera-Puig, A. y Sciortino, C. (2025). Main Factors Influencing Consumer Willingness to Pay for Sustainable Wine. *International Journal Of Gastronomy And Food Science*, 101131. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101131>
- Nimoh, F., Prah, S., Yamoah, F. y Agyei, D. (2023). Consumer perception and willingness to pay for packaged asaana: a traditional drink in Ghana. *British Food Journal*, 126(3). <https://doi.org/10.1108/bfj-04-2023-0282>
- Osorio, E. S., Romero, Y. R., Santos, H. B., Galván, F. S. y Echeverría, E. F. (2024). Women of Maguey and Mezcal: The Other Everyday Symbolic World of the Palenque. *Revista de Gestão Social E Ambiental*, 18(10), e9298. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n10-219>
- Pasikowski, S. (2024). Snowball Sampling and Its Non-Trivial Nature. *Przegląd Badań Edukacyjnych*, 2(43), 105-120. <https://doi.org/10.12775/pbe.2023.030>
- Pilone, V., Di Pasquale, A. y Stasi, A. (2023). Consumer Preferences for Craft Beer by Means of Artificial Intelligence: ¿Are Italian Producers Doing Well? *Beverages*, 9(1), 26. <https://doi.org/10.3390/beverages9010026>
- Riera, P. (1994). Manual de valoración contingente. Instituto de Estudios Fiscales. ISBN 84-476-0121-8.
- Romeiro, A. C. T., Curioni, C. C., Bezerra, F. F. y Faerstein, E. (2020). Determinantes sociodemográficos do padrão de consumo de alimentos: Estudo Pró-Saúde. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 23. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200090>
- Rosaura, R., Lares, G. y Olazabal, M. (2024). SWOT Analysis of the Mezcal Industry in Mexico for the Creation of Competitive Strategies. En *Studies in systems, decision and control* (pp. 179-191). https://doi.org/10.1007/978-3-031-69382-3_12

- Roudsari, A. H., Vedadhir, A., Rahmani, J. y Bonab, A. M. (2019). Explaining the barriers and facilitators of ethnic and traditional food choices from the viewpoints of women. *Journal Of Ethnic Foods*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s42779-019-0034-2>
- Schäufele, I. y Hamm, U. (2017). Consumers' perceptions, preferences and willingness-to-pay for wine with sustainability characteristics: A review. *Journal Of Cleaner Production*, 147, 379-394. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.118>
- Schnurr, B. y Halkias, G. (2022). Made by her vs. him: Gender influences in product preferences and the role of individual action efficacy in restoring social equalities. *Journal Of Consumer Psychology*, 33(3), 510-528. <https://doi.org/10.1002/jcpy.1327>
- Sellers, R. y Nicolau, J. L. (2016). Estimating the willingness to pay for a sustainable wine using a Heckit model. *Wine Economics And Policy*, 5(2), 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2016.09.002>
- Spedding, G. (2023). *Mezcal and Tequila*. En Elsevier eBooks (pp. 173 228). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822443-4.00002-5>
- Steenhuis, I. H., Waterlander, W. E. y De Mul, A. (2011). Consumer food choices: the role of price and pricing strategies. *Public Health Nutrition*, 14(12), 2220-2226. <https://doi.org/10.1017/s1368980011001637>
- Thøgersen, J. (2023). How does origin labelling on food packaging influence consumer product evaluation and choices? A systematic literature review. *Food Policy*, 119, 102503. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2023.102503>
- Torre, M. R., Rodríguez-Lichtenheldt, J. R., Gonzales-Castillo, J. R., Sánchez-Medina, G. A. y Astudillo, E. J. M. (2021). Valoración económica ambiental con fines turísticos del Área de Conservación Municipal "Asociación Hídrica Aguajal Renacal Alto Mayo". *Revista de Economía E Sociología Rural*, 59(4). <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.192386>
- Urrutia, A. A. C., Pérez, L. y. G., Cancino, J. C. G., & Núñez, A. I. S. (2011). Preferencias y disposición a pagar por uva de mesa orgánica en la región del Maule, Chile. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(3), 784-790. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452011000300012>
- Valenzuela, L., Ortega, R., Moscovici, D., Gow, J., Ugaglia, A. A. y Mihailescu, R. (2022). Consumer Willingness to Pay for Sustainable Wine—The Chilean Case. *Sustainability*, 14(17), 10910. <https://doi.org/10.3390/su141710910>
- Viegas, I., Nunes, L., Madureira, L., Fontes, M. y Santos, J. (2014). Beef credence attributes: Implications of substitution effects on consumers' WTP. *Journal of Agricultural Economics*. 65(3), 600-615. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12067>
- Vijay, T., Indumathi, V. M., Malarkodi, M., Balakrishnan, M. y Karthikeyan, S. (2023). Investigating Key Factors Influencing Consumer Food Practices and Choices for Ensuring Food Safety: A Case Study of Coimbatore Residents. *Asian Journal Of Agricultural Extension Economics & Sociology*, 41(9), 846-854. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2023/v41i92117>
- Villanueva, J. L. J., López, S. V. y Juárez, L. A. R. (2017). Valoración contingente y disponibilidad a pagar por atributos intangibles en carne de bovino.

- Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 9(1), 14-31.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4376>
- Yang, X., Cheng, L., Yin, C., Lebailly, P. y Azadi, H. (2018). Urban residents' willingness to pay for corn straw burning ban in Henan, China: Application of payment card. *Journal Of Cleaner Production*, 193, 471-478.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.066>
- Żakowska-Biemans, S., Sajdakowska, M. y Issanchou, S. (2016). Impact of Innovation on Consumers Liking and Willingness to Pay for Traditional Sausages. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66(2), 119-127.
<https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0004>

8. CONCLUSIÓN GENERAL

El mezcal de Puebla tiene un potencial para posicionarse en el mercado de productos tradicionales, pues cuenta con elementos que lo hacen único resaltando sus cualidades y su calidad. El presente trabajo permitió comprender al mezcal poblano como un producto complejo, cuya diversidad se expresa tanto en sus características químicas y organolépticas, así como en la manera en que es percibido por los consumidores. La combinación de técnicas instrumentales (FT-NIR, GC-MS), sensoriales (Perfil Flash) y de análisis del consumidor (asociación libre de palabras, experimentos de elección discreta y valoración contingente) ofreció una visión integral del valor del mezcal en distintas dimensiones. De manera que los resultados revelaron que, los mezcales elaborados en diferentes regiones del estado presentan perfiles sensoriales y composiciones químicas distintas a pesar de que se analizó la misma variedad de agave, lo cual refleja la influencia del entorno (clima, suelo, humedad, etc.), los saberes tradicionales y las prácticas de producción local, en las características finales del mezcal, ofreciendo así un producto con calidad única. Asimismo, se constató que los consumidores valoran atributos tanto simbólicos como utilitarios, en donde, el primero se refiere a las emociones, los elementos culturales y de identidad, es decir lo que representa el producto; mientras que el segundo representa los aspectos funcionales, prácticos o técnicos, lo que hace el producto. Además se encontró que los consumidores están dispuestos a pagar más por ciertas características, como el tipo de agave, el origen, los métodos de producción o la variedad de agave utilizada.

Este estudio aporta información para la valorización del mezcal poblano como un producto con identidad territorial propia. Al integrar enfoques tanto técnicos, como sensoriales y socioculturales, se destaca la importancia de comprender los productos tradicionales desde una visión multidimensional, que considere tanto sus características físicas como los significados que les atribuyen los consumidores y las comunidades que los elaboran.

9. ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE RESPUESTA PARA PERFIL FLASH

NOMBRE: _____ EDAD: _____ GÉNERO: _____

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras de **IZQUIERDA** a **DERECHA** y **ORDÉNELAS** de **MENOR** a **MAYOR INTENSIDAD** (1 al 6) para cada atributo, colocando el número de cada muestra en la casilla.

AROMA HERBAL

- ————— +

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

AROMA DULCE

- ————— +

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

AROMA AHUMADO

- ————— +

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

OLOR ACETONA

- ————— +

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

SABOR DULCE

- ————— +

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

AMARGO

- ————— +

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

SABOR AHUMADO

- ————— +

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

PICANTE

- ————— +

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

SENSACIÓN CALIENTE

————— →

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

ANEXO 2. ECUESTA DE VALORACIÓN ECONOMICA (EXPERIMENTOS DE ELECCIÓN)

MEZCAL DE PUEBLA

** Indica que la pregunta es obligatoria*

La siguiente encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre el consumo de Mezcal elaborado en estado de Puebla, la información proporcionada será confidencial y empleada sólo con fines de académicos y de investigación.



DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

1. Lugar de procedencia *

Marca solo un óvalo.

- | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|
| ☐ Aguascalientes | ☐ Guerrero | |
| ☐ Baja California | ☐ Hidalgo | |
| ☐ Baja California Sur | ☐ Jalisco | ☐ Tlaxcala |
| ☐ Campeche | ☐ Michoacán | ☐ Veracruz |
| ☐ Chiapas | ☐ Morelos | ☐ Yucatán |
| ☐ Chihuahua | ☐ Nayarit | ☐ Zacatecas |
| ☐ Ciudad de México | ☐ Nuevo León | ☐ Otro país |
| ☐ Coahuila | ☐ Oaxaca | |
| ☐ Colima | ☐ Puebla | |
| ☐ Durango | ☐ Querétaro | |
| ☐ Estado de México | ☐ Quintana Roo | |
| ☐ Guanajuato | ☐ San Luis Potosí | |
| ☐ Guerrero | ☐ Sinaloa | |
| | ☐ Sonora | |
| | ☐ Tabasco | |
| | ☐ Tamaulipas | |

2. Genero *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Hombre
☐ Mujer

3. Edad *

Marca solo un óvalo.

- ☐ 18 - 24
☐ 25 - 34
☐ 35 - 49
☐ >50

4. Escolaridad *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Basica
☐ Media Superior
☐ Superior
☐ Posgrado
☐ Ninguno

5. Ocupación *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Estudiante
☐ Empleado de gobierno
☐ Trabajo independiente
☐ Jubilado
☐ Agricultor
☐ Comerciante
☐ Obrero
☐ Otro

6. Ingreso mensual *

Marca solo un óvalo.

- ☐ 0 - \$5,999
☐ \$6,000 - \$10,000
☐ \$11,000 - \$15,000
☐ \$16,000 - \$19,000
☐ > \$20,000

8. ¿Cuál es su preferencia en el consumo de Mezcal? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Me gusta extremadamente
☐ Me gusta
☐ Ni me gusta ni me disgusta
☐ Me disgusta
☐ Me disgusta extremadamente

9. En términos monetarios, ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una botella de mezcal de 750 ml.?

Marca solo un óvalo.

- ☐ \$350.00
☐ \$650.00
☐ \$850.00
☐ \$1000.00

EXPERIMENTOS DE ELECCIÓN DISCRETA

A continuación se presentan dos alternativas de mezcal, seleccione la opción que estaría dispuesto a comprar para una comida, una reunión o regalo para familia, amigos o invitados, considerando las características se presentan:

- Origen: Lugar en el cual fue producido el mezcal (Puebla, Otro estado)
- Protección jurídico-económica: Denominación de Origen Protegida (DOP)
- Tipo de sociedad: Mezcal elaborado por hombres o mujeres de la región donde se produce
- Tipo de agave: tipo de agave utilizado en el proceso de elaboración de mezcal (Cultivado, Silvestre)
- Variedad de agave: especie de agave empleado para la elaboración del mezcal (Papalometl, Espadín, Pichomel, otro agave)
- Precio: Costo por una botella de 750 mL.
- Proceso: tipo de proceso mediante cual se elaboró el mezcal, de acuerdo a la NOM-070-SCFI-2016 se clasificación en:

Mezcal (Industrial):

- a) Cocción: cocimiento de cabezas de agave en mampostería o autoclave.
- b) Molienda: desgarradora, tren de molinos o difusor.
- c) Fermentación: tanques de acero inoxidable.
- d) Destilación: alambiques, destiladores continuos o columnas de cobre o acero inoxidable.

Mezcal Artesanal.

- a) Cocción: cocimiento de cabezas de agave en elevados de mampostería.
- b) Molienda: con molino chileno o egipcio, trapiche o desgarradora.
- c) Fermentación: 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 Ancestral.

- 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).

13. 1. Seleccione la opción que estaría en disposición a comprar *



Marca solo un óvalo.

- ☐ Opción A
- ☐ Opción B
- ☐ Ninguno

14. 2. Seleccione la opción que estaría en disposición a comprar *



Marca solo un óvalo.

- ☐ Opción A
- ☐ Opción B
- ☐ Ninguno

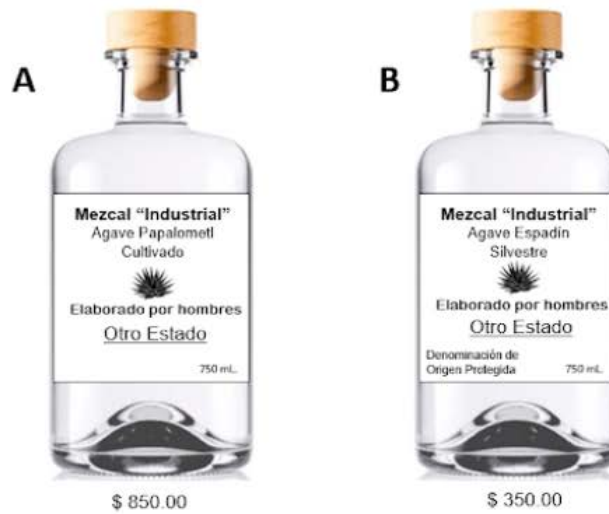
15. 3. Seleccione la opción que estaría en disposición a comprar *



Marca solo un óvalo.

- ☐ Opción A
- ☐ Opción B
- ☐ Ninguno

16. 4. Seleccione la opción que estaría en disposición a comprar *



Marca solo un óvalo.

- ☐ Opción A
- ☐ Opción B
- ☐ Ninguno

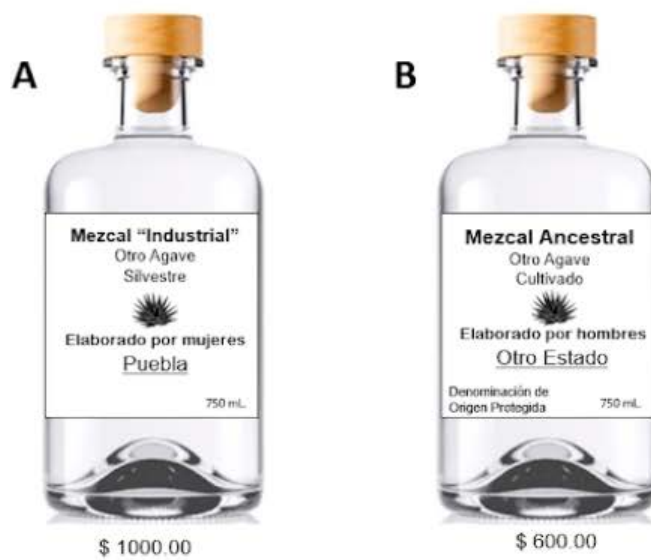
17. 5. Seleccione la opción que estaría en disposición a comprar *



Marca solo un óvalo.

- ☐ Opción A
- ☐ Opción B
- ☐ Ninguno

18. 6. Seleccione la opción que estaría en disposición a comprar *



Marca solo un óvalo.

- ☐ Opción A
- ☐ Opción B
- ☐ Ninguno

20. 8. Seleccione la opción que estaría en disposición a comprar *



Marca solo un óvalo.

- ☐ Opción A
- ☐ Opción B
- ☐ Ninguno

19. 7. Seleccione la opción que estaría en disposición a comprar *



Marca solo un óvalo.

- ☐ Opción A
- ☐ Opción B
- ☐ Ninguno

ANEXO 3. ECUESTA DE VALORACIÓN ECONOMICA (VALORACIÓN CONTINGENTE)

MEZCAL DE PUEBLA

** Indica que la pregunta es obligatoria*

La siguiente encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre el consumo de Mezcal elaborado en estado de Puebla, la información proporcionada será confidencial y empleada sólo con fines de académicos y de investigación.



DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

1. Lugar de procedencia *

Marca solo un óvalo.

- | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|
| ☐ Aguascalientes | ☐ Guerrero | |
| ☐ Baja California | ☐ Hidalgo | ☐ Tlaxcala |
| ☐ Baja California Sur | ☐ Jalisco | ☐ Veracruz |
| ☐ Campeche | ☐ Michoacán | ☐ Yucatán |
| ☐ Chiapas | ☐ Morelos | ☐ Zacatecas |
| ☐ Chihuahua | ☐ Nayarit | ☐ Otro país |
| ☐ Ciudad de México | ☐ Nuevo León | |
| ☐ Coahuila | ☐ Oaxaca | |
| ☐ Colima | ☐ Puebla | |
| ☐ Durango | ☐ Querétaro | |
| ☐ Estado de México | ☐ Quintana Roo | |
| ☐ Guanajuato | ☐ San Luis Potosí | |
| ☐ Guerrero | ☐ Sinaloa | |
| | ☐ Sonora | |
| | ☐ Tabasco | |
| | ☐ Tamaulipas | |

2. Genero *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Hombre
☐ Mujer

3. Edad *

Marca solo un óvalo.

- ☐ 18 - 24
☐ 25 - 34
☐ 35 - 49
☐ >50

4. Escolaridad *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Basica
☐ Media Superior
☐ Superior
☐ Posgrado
☐ Ninguno

5. Ocupación *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Estudiante
☐ Empleado de gobierno
☐ Trabajo independiente
☐ Jubilado
☐ Agricultor
☐ Comerciante
☐ Obrero
☐ Otro

6. Ingreso mensual *

Marca solo un óvalo.

- ☐ 0 - \$5,999
☐ \$6,000 - \$10,000
☐ \$11,000 - \$15,000
☐ \$16,000 - \$19,000
☐ > \$20,000

8. ¿Cuál es su preferencia en el consumo de Mezcal? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Me gusta extremadamente
☐ Me gusta
☐ Ni me gusta ni me disgusta
☐ Me disgusta
☐ Me disgusta extremadamente

9. En términos monetarios, ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una botella de mezcal de 750 ml.?

Marca solo un óvalo.

- ☐ \$350.00
☐ \$650.00
☐ \$850.00
☐ \$1000.00

10. De acuerdo con la información que tiene usted sobre el precio de mezcal, ya sea Artesanal, Ancestral, Industrial, de una presentación de 750 ml. ¿Qué porcentaje de sobreprecio estaría dispuesto a pagar por un mezcal elaborado en el estado Puebla?

Marca solo un óvalo.

- ☐ 0 %
- ☐ 5 %
- ☐ 10 %
- ☐ 15 %
- ☐ 20 %
- ☐ > 20 %

11. De acuerdo con la información que tiene usted sobre el precio de mezcal, ya sea Artesanal, Ancestral, Industrial, de una presentación de 750 ml. ¿Qué porcentaje de sobreprecio estaría dispuesto a pagar por un mezcal elaborado en el estado Puebla?

Marca solo un óvalo.

- ☐ 0 %
- ☐ 5 %
- ☐ 10 %
- ☐ 15 %
- ☐ 20 %
- ☐ > 20 %

12. Indique, ¿Estaría usted dispuesto a pagar un sobreprecio por una botella de mezcal ancestral de 750 ml, producido por pequeños productores del estado de Puebla ?

Marca solo un óvalo.

- ☐ 0 %
- ☐ 5 %
- ☐ 10 %
- ☐ 15 %
- ☐ 20 %
- ☐ > 20 %

13. Indique, ¿Qué porcentaje de sobreprecio estaría dispuesto a pagar por una botella de mezcal artesanal elaborado con agave silvestre de la región de la reserva de la Biosfera Tehuacan del estado de Puebla?

Marca solo un óvalo.

- ☐ 0 %
- ☐ 5 %
- ☐ 10 %
- ☐ 15 %
- ☐ 20 %
- ☐ > 20 %

Indique su preferencia para cada tipo de mezcal en una escala de 1 a 5 (1= Me disgusta extremadamente, 2=Me disgusta, 3= Ni me gusta ni me disgusta, 4=Me gusta, 5= Me gusta extremadamente)

15. Mezcal Ancestral *

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

16. Mezcal Artesanal *

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

17. Mezcal Industrial *

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

18. Indique la importancia de los siguientes atributos en el mezcal en una escala de 1 * a 5 (1= No es importante, 2= Poco importante, 3= Algo importante, 4=Importante, 5= Muy importante)

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5
Producción artesanal	☐	☐	☐	☐	☐
Producción ancestral	☐	☐	☐	☐	☐
Pequeños productores	☐	☐	☐	☐	☐
Agave silvestre	☐	☐	☐	☐	☐
Mujeres mezcalera	☐	☐	☐	☐	☐

19. Considero importante que el mezcal cuente con alguna Certificación

Marca solo un óvalo.

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

20. Es importante que la botella de mezcal cuente con el debido etiquetado y un diseño adecuado

Marca solo un óvalo.

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

21. Mi elección de consumo y compra esta influenciado por la zona productora y la accesibilidad al mercado

Marca solo un óvalo.

- ☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5

22. La decisión de compra de mezcal, se basa en el conocimiento adquirido sobre la bebida, costumbres o experiencias relacionadas con el.

Marca solo un óvalo.

- ☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5