

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

(Campus Tuxtepec)

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS EN MEZCALES OAXAQUEÑOS A TRAVÉS DE CG Y UV-VIS Y EL TRATAMIENTO DE SUS DATOS POR TÉCNICAS QUIMIOMÉTRICAS

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS QUIMICAS

PRESENTA:

ING. MIGUEL ANGEL HERNÁNDEZ MOTA

ASESOR DE TESIS:

DR. GUILLERMO RAMIREZ GALICIA

CO-ASESOR DE TESIS:

DRA. GUADALUPE PEREZ CABALLERO

San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, Agosto 2014.



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
CAMPUS TUXTEPEC

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca a 8 de Julio de 2014

Ing. Miguel Ángel Hernández Mota
Estudiante de la Maestría en Ciencias Químicas
Universidad del Papaloapan

Por este medio le informo que el jurado para su examen para obtener el grado en Maestro en Ciencias Químicas estará integrado por los siguientes investigadores

Dra. Martha Emilia Poisot Vázquez	UNPA	Presidente
Dr. Francisco Daniel Díaz Coutiño	UNPA	Vocal
Dra. María de Jesús Santa Gutiérrez Ponce	UNPA	Secretaria
Dra. María Guadalupe Pérez Caballero	FES-C	1er Suplente
Dra. Alma Luisa Revilla Vázquez	FES-C	2o Suplente

Sin más por el momento, le envío saludos cordiales.

Atentamente



Dr. Guillermo Ramírez Galicia
Jefe de la División de Estudios de
Posgrado

M en C. Héctor López Arjona
Vice-rector Académico
VoBo



VICE-RECTORIA
ACADEMICA



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

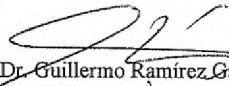
San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca a 8 de Julio de 2014


LP Yesenia Barrientos Arenal
Jefa de Servicios Escolares
Universidad del Papaloapan

Sirva la presente para informarle que el jurado para el examen para obtener el grado de Maestro en Ciencias Químicas del Ing. Miguel Ángel Hernández Mota, matrícula 0913002, ha autorizado la impresión del manuscrito que lleva por título **“Determinación de los compuestos en mezcales oaxaqueños a través de GC y Uv-Vis y el tratamiento de sus datos por técnicas quimiométricas”** para su posterior presentación y defensa por parte del sustentante.

Sin otro asunto en particular me despido quedando atento ante cualquier duda o aclaración

Atentamente,


Dr. Guillermo Ramírez Galicia
Jefe de la División de Estudios de Posgrado
Cubículo 10. gramirez@unpa.edu.mx, memorgal@unpa.edu.mx



CAMPUS TUXTEPEC

C. Circuito central No. 200, Col. Parque Industrial.
C.P. 38301, Tuxtepec, Oax. Tel. 01(287)8759240

www.unpa.edu.mx

CAMPUS LOMA BONITA

Av. Ferrocarril S/N, Ciudad universitaria.
C.P. 68400, Loma Bonita, Oax. Tel. 01(281)8729230

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer por su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y corazón. Sin importar donde estén o si alguna vez llegan a leer estas dedicatorias quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Le doy Gracias al creador de todas las cosas, el que me ha dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, guiarme y acompañarme a lo largo de la misma, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo de felicidad, por ello con toda la humildad que de mi corazón que puede emanar, dedico este logro primeramente a Dios.

De igual forma, dedico y agradezco a mi familia. Mi madre Elia del Carmen Mota Mortera porque no me equivoco si digo que eres la mejor mamá del mundo, que tienes algo de DIOS por la inmensidad de tu amor y mucho de ángel por ser mi guarda y por tus incansables cuidados, gracias por todo tu esfuerzo, apoyo y confianza que depositaste en mí, porque siempre estás a mi lado, te quiero mucho mamá. A mi papá, Pedro Domingo Hernández López, por tu incondicional apoyo en todo momento, por estar pendiente de mi a cada instante, por ser ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida, eres un pilar en mi vida y

un ejemplo a seguir, éste es un logro que quiero compartir contigo, quiero que sepas que ocupas un lugar especial.

A mis 4 hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar y a mis 2 sobrinas por ser la luz y felicidad de la familia.

A mi compañero de QFB. Alejandro Javier Cortes López, porque en ti encontré a uno de los amigos más sinceros, gracias por todos los consejos y momentos que compartimos juntos.

A mis amigos Ing. Sandra Cesia Altamirano Pérez, M.C. Miguel Ángel García Muñoz, Ing. Anselmo Martínez Gallegos; por ser buenos consejeros en las buenas y en las malas, compartir grandes momentos con migo, se les agradece de corazón haberme brindado tan bonita amistad.

Quiero agradecer a la Dra. Judith Amador Hernández por su entrega en mi aprendizaje, por compartir su sabiduría y por impulsarme a ser cada día mejor. No hay palabras para expresar tanta gratitud a su noble trabajo. Muchas gracias.

Mi gratitud y cariño a la Dra. María Guadalupe Pérez Caballero por su infinita paciencia y profesionalismo, gracias por compartir su conocimiento y sabiduría en el desarrollo de mi formación profesional, por haber guiado y llegado a la conclusión de la misma.

RESUMEN

En este trabajo se determinaron los principales compuestos en 83 Mezcales del Estado de Oaxaca, se realizó la identificación y cuantificación de metanol, etanol, n-propanol, 2-metil-1-propanol y 3-metil-1-butanol a través de un Cromatografo de gases equipado con automuestreador y con detector de ionización de llama, se utilizó una columna capilar DB-WAX-polietilenglicol 30 m, 0.25 mm, 0.25 μm , así mismo, se realizó el análisis Quimiométrico mediante la combinación de espectros de UV-VIS y las técnicas Quimiométricas Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis Cluster (CA), permitiendo realizar una diferenciación entre las categorías de mezcales blancos, resposados y añejados.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	4
1.1. Mezcal	4
1.2. Proceso de elaboración del mezcal	6
1.3. Alcoholes	11
HIPÓTESIS	16
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. OBJETIVOS	18
3.1. Objetivo General	18
3.2. Objetivos Particulares	18
4. CROMATOGRAFÍA DE GASES	19
4.1. Introducción	19
4.2. Definición de Cromatografía de Gases	20
4.3. Tipos de Cromatografía	20
4.4. Ventajas y desventajas de la Cromatografía de gases	21
4.5. Parámetros cromatográficos	21
4.6. Gas acarreador	22
4.7. Control de flujo	23
4.8. Sistema de inyección de la muestra	23
4.9. Automuestreador	24
4.10. Columnas	24
4.11. Zonas de temperatura controlada (Horno)	25
4.12. Detectores	26
4.13. Sistema de datos	27
5. MATERIALES Y REACTIVOS	28
5.1. Equipo	28
5.2. Reactivos	29

5.3. <i>Materiales</i>	29
5.4. <i>Muestras analizadas</i>	29
6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	32
6.1. <i>Optimización cromatográfica</i>	32
6.2. <i>Inyección de los estándares</i>	32
6.3. <i>Identificación de los compuestos presentes en los mezcales</i>	32
6.4. <i>Identificación cualitativa</i>	33
6.5. <i>Fortificación</i>	33
6.6. <i>Selección de estándar interno</i>	33
7. CURVAS DE CALIBRACIÓN	34
7.1. <i>Desarrollo para la preparación de las curvas de calibración de metanol y etanol</i>	34
7.1.1. <i>Preparación del estándar interno 1-pentanol 1022.33 mg/L para la curva de calibración de metanol</i>	34
7.1.2. <i>Preparación del estándar interno 1-pentanol 6% v/v para la curva de calibración de etanol</i>	34
7.1.3. <i>Preparación de la solución de metanol</i>	34
7.1.4. <i>Preparación de las curvas de calibración</i>	35
7.2. <i>Desarrollo de la preparación de curvas de calibración para alcoholes superiores</i>	36
7.2.1. <i>Preparación del estándar interno (1-pentanol)</i>	36
7.2.2. <i>Preparación de las curvas de calibración</i>	36
7.2.3. <i>Procedimiento de datos para realizar las curvas de calibración</i>	37
8. CUANTIFICACION DE LOS ALCOHOLES PRESENTES EN LOS MEZCALES	38
8.1. <i>Cuantificación de etanol y metanol en los mezcales</i>	38
8.2. <i>Cuantificación de alcoholes superiores en mezcales</i>	38
8.3. <i>Cuantificación de 3-metil-1-butanol</i>	38
9. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
9.1. <i>Condiciones cromatográficas para el análisis de muestras</i>	39

9.2. Optimización del programa de temperatura para separar los componentes presentes en los mezcales por cromatografía de gases	39
9.3. Inyección de estándares	42
9.4. Identificación cualitativa	43
9.5. Análisis del comportamiento de las muestras, tiempos de retención	44
9.6. Selección del estándar interno	45
9.7. Curvas de calibración para los alcoholes presentes en los mezcales	45
9.8. Cuantificación de los alcoholes presentes en los mezcales realizando la comparación con la NOM-070-SCFI-1994	48
10. VALIDACION DEL SISTEMA	51
10.1. Linealidad	51
10.2. Precisión y exactitud	51
10.3. Repetibilidad y Reproducibilidad	52
11. TRATAMIENTO DE LOS DATOS CON TÉCNICAS QUIMIOMÉTRICAS	54
11.1. Introducción	54
11.2. Métodos Quimiométricos utilizados	55
11.3. Análisis de Componentes Principales	55
11.4. Análisis Cluster	56
11.5. Experimentación	56
11.5.1. Muestras y condiciones experimentales medida	56
11.5.2. Análisis Espectrofotométrico	57
12. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
12.1. Análisis de Componentes Principales con datos espectrofotométricos con brutos UV-Vis	61
12.2. Análisis Cluster con datos espectrofotométricos UV-Vis	65
12.3. Análisis de Componentes Principales con la primera derivada	66

<i>de los datos UV-Vis</i>	
12.4. <i>Análisis de Componentes Principales con la segunda derivada</i>	69
<i>de los datos UV-Vis</i>	
13. CONCLUSIONES	70
14. BIBLIOGRAFIA	71
15. ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	NOMBRE DE LA FIGURA	Página
Figura 1	Alambique de destilación	9
Figura 2	Esquema de un cromatógrafo de gases	22
Figura 3	Cromatógrafo de gases Agilent Technologies, modelo 7890 ^a , Universidad del Papaloapan	28
Figura 4	Columna capilar DB-WAX utilizada en la experimentación	28
Figura 5	Muestras de algunos mezcales analizados	31
Figura 6	Cromatograma de los analitos obtenidos con el programa 1	40
Figura 7	Cromatograma de los analitos obtenidos con el programa 2	41
Figura 8	Cromatograma del mezcal <i>Don Salomón</i> normal	43
Figura 9	Cromatograma del mezcal <i>Don Salomón</i> fortificado con 3-metil-1-butanol	44
Figura 10	Curva de calibración del metanol	51
Figura 11	Espectros UV-Vis (190-400 nm) de mezcales Blanco, Reposado y Añejo	62
Figura 12	Gráfica de scores para el conjunto de mezcales con los datos absorbancia de UV-Vis, centrado en la media, para el intervalo (200-400 nm)	63
Figura 13	Gráfica de loadings para los datos absorbancia de UV-Vis para el conjunto de mezcales, centrado en la media, para el intervalo (200-400 nm)	64
Figura 14	Dendograma para el conjunto de todos los mezcales con el método de enlace promedio y la distancia Manhattan.	65
Figura 15	Primera derivada de los espectros de UV-Vis (190-350 nm) de mezcales Blanco, Reposado y Añejo	66

Figura 16	Gráfica de scores para el conjunto de mezcales con los datos de la primera derivada de absorbancia de UV-Vis, centrado en la media, para el intervalo (200-400 nm)	67
Figura 17	Gráfica de loadings para el conjunto de los datos de la primera derivada de los espectros de absorbancia de UV-Vis de mezcales, centrado en la media, para el intervalo (200-400 nm)	68
Figura 18	Segunda derivada de los espectros de UV-Vis (190-400 nm) de mezcales Blanco, Reposado y Añejo	69

ÍNDICE DE TABLAS

	NOMBRE DE LA TABLA	Página
Tabla 1	Ventajas y desventajas de la cromatografía	21
Tabla 2	Tipos de detectores y sus gases acarreadores	22
Tabla 3	Sistema de inyección	24
Tabla 4	Volúmenes de muestra para diferentes tipos de columnas (μL)	24
Tabla 5	Comparación de columnas empacadas y columnas capilares	25
Tabla 6	Ventajas y desventajas del aumento de la temperatura	26
Tabla 7	Características de los compuestos utilizados como patrones	28
Tabla 8	Características de las muestras de mezcales utilizados para la cuantificación de metanol, etanol y alcoholes superiores	30
Tabla 9	Intervalo de concentración de las diferentes curva	33
Tabla 10	Preparación de los sistemas para las curvas de calibración de metanol y etanol con 2 mL de estándar interno	35
Tabla 11	Preparación de los sistemas para las curvas de calibración de los alcoholes superiores	36
Tabla 12	Condiciones óptimas de operación	39
Tabla 13	Programas de temperatura	40
Tabla 14	Analitos y tiempos de retención al aplicar el programa 2	41
Tabla 15	Tiempo de retención de los estándares	42
Tabla 16	Resolución de los estándares	43

Tabla 17	Relación de área en función de la concentración del metanol	45
Tabla 18	Relación de área en función de la concentración del etanol	46
Tabla 19	Relación de área en función de la concentración del n-propanol	46
Tabla 20	Relación de parea en función de la concentración del 2-metil-1-propanol	47
Tabla 21	Relación de área en función de la concentración del 3-metil-1-butanol	47
Tabla 22	Resumen de los parámetros de linealidad de las curvas de calibración	48
Tabla 23	Cantidad de etanol presente en los mezcales analizados	49
Tabla 24	Cuantificación de los mezcales (mg/100 mL de alcohol anhidro)	50
Tabla 25	Respuesta analítica para evaluar la precisión del sistema	52
Tabla 26	Resultados de los coeficientes de variación obtenidos para evaluar la repetibilidad y reproducibilidad del sistema	52
Tabla 27	Parámetros de validación de los analitos	53
Tabla 28	Tipos de mezcales analizados por técnicas quimiométricas	57
Tabla 29	Claves y códigos utilizados para la identificación de los mezcales	57
Tabla 30	Marcas y codificación de los mezcales Blancos, Reposados y Añejados	58

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	DEFINICIÓN
SCFI	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
GC	Cromatografía de Gases (Siglas en inglés)
NOM	Norma Oficial Mexicana
OMPI	Organización Mundial de la Propiedad Industrial
GL	Grado alcohólico
MEFS	Microextracción en Fase Sólida
AC	Análisis Cluster
PCA	Análisis de Componentes Principales
UV-vis	Espectroscopia de Ultravioleta Visible
FTIR	Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (Siglas en inglés)
IUPAC	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (Siglas en inglés)
GSC	Cromatografía de Gas Sólido (Siglas en inglés)
FID	Detector de Ionización de flama (Siglas en inglés)
TCD	Detector de conductividad térmica (Siglas en inglés)
ECD	Detector de captura de electrones (Siglas en inglés)
NPD	Detector de Nitrógeno/Fósforo (Siglas en inglés)
A _{E.I.}	Área del Estándar Interno
T _R	Tiempo de Retención
R _s	Resolución Cromatográfica
AOAC	Asociación científica dedicada a la excelencia analítica (Siglas en inglés)
CV	Coefficiente de Variación
DI	Diámetro Interno
ICS	Sociedad Internacional de Quimiometría (Siglas en inglés)
COMERCAM	Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, el hombre ha elaborado bebidas alcohólicas para su consumo, el cual se lleva a cabo mediante el proceso de fermentación alcohólica utilizando microorganismos (levaduras o bacterias) y usando como sustrato diferentes productos naturales tales uvas, cereales, caña de azúcar, anís, entre otros. En los estados de la República Mexicana, la fermentación de mostos preparados directa e indirectamente con los azúcares extraídos de la piña del agave es conocido como mezcal, éste es producido de forma artesanal y cuenta con la protección de la denominación de origen. Los estados que cuentan con esta denominación son Oaxaca, Guerrero, Guanajuato, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Chiapas.

Hoy en día se elaboran dos tipos de mezcales el Tipo I y el Tipo II:

Tipo I o Mezcal 100% agave: Es aquel mezcal que se obtiene de la destilación y rectificación de los mostos preparados directamente de los azúcares de las cabezas maduras de los agaves.

Tipo II o Mezcal: El cual se obtiene de la destilación y rectificación de los mostos en cuya formulación se han adicionado hasta un 20% de otros carbohidratos.

En ambos casos, los mezcales pueden ser subclasificados como joven, reposado o añejo dependiendo de los años de reposo de los mezcales.¹

Por otra parte existen diferentes tipos de agave con el que se puede elaborar mezcal dependiendo de la región, tales como *Agave Tequilana weber*, *Agave Esperrima Jacobi*, *Agave Weberi cela*, etc. En el caso concreto del Estado de Oaxaca, el mezcal se elabora con el *Agave Angustifolia Haw* (maguey espadín) por su alto volumen de producción.

Para la obtención del mezcal el agave es sometido a varios procesos durante varias semanas, los cuales son llevados de forma artesanal e inicia con la recolección, corte, cocción y triturado del agave y posteriormente la destilación y fermentación para la obtención de la bebida alcohólica.

En cuanto a la calidad y composición química del mezcal, ésta varía considerablemente de un fabricante a otro o de una región a otra, esto es debido a que los procesos usados en su elaboración aún se realizan de forma artesanal en la mayoría de los casos. Esto limita su comercialización nacional e internacional, poniéndolo en desventaja con bebidas que tienen procesos de elaboración estandarizados. Es evidente que para alcanzar la equidad y competitividad comercial es necesario mejorar y estandarizar las condiciones de operación de cada una de las etapas del proceso de elaboración del mezcal.

Las propiedades organolépticas y el aroma del mezcal están determinados por los numerosos compuestos volátiles y no volátiles presentes en su composición química. La concentración de estos compuestos está regida por la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994,¹ las cuales varían desde $\mu\text{g/mL}$ hasta ng/mL .²⁻³

En el presente trabajo se identificaron y cuantificaron por Cromatografía de Gases (GC) los compuestos volátiles como el metanol, etanol, n-propanol, 2-metil-1propanol y 3-metil-1-butanol presentes en las diferentes clases del mezcal producidos en el Estado de Oaxaca con el fin de corroborar el cumplimiento de dichas bebidas con la norma NOM-070-SCFI-1994. Por otra parte, se llevó a cabo una diferenciación de los mezcales de acuerdo a su tiempo de reposo o clase, en mezcales jóvenes, reposados y añejos empleando las técnicas quimiométricas de Análisis de Componentes Principales y Análisis Cluster a partir de sus espectros de UV-Vis.

En el Capítulo 1, se mencionan antecedentes sobre la composición y elaboración del mezcal, así como una breve reseña de las principales investigaciones realizadas en bebidas mexicanas incluyendo al mezcal. En el Capítulo 2 se presenta la justificación del presente trabajo. En el Capítulo 3 se expresan los objetivos. En el Capítulo 4 se da un breve semblante sobre la Cromatografía de Gases. En el Capítulo 5 se encuentra la información sobre los materiales, reactivos, equipos usados y las muestras analizadas durante la experimentación. En el Capítulo 6 se describe el procedimiento experimental sobre la optimización cromatográfica, el procedimiento de la inyección de los estándares, la

identificación cualitativa, la fortificación y la selección de los estándares internos. En el Capítulo 7 se describe la metodología para realizar las diferentes curvas de calibración utilizadas para la cuantificación de los analitos. En el Capítulo 8 se detalla la metodología utilizada para realizar la cuantificación de los analitos de interés. El Capítulo 9 contiene los resultados y su análisis, desde la optimización de las condiciones cromatográficas empleadas, la identificación de los analitos en los mezcales, hasta su cuantificación a partir de las diversas curvas establecidas con el método de estándar interno. El capítulo 10 trata sobre la validación del método analítico y la determinación de los parámetros. En el Capítulo 11 se describe la información y los resultados sobre el tratamiento de datos con técnicas quimiométricas de análisis de componentes principales y análisis cluster. En el Capítulo 12 contiene las conclusiones pertinentes de esta investigación. El Capítulo 13 refiere a la bibliografía relacionada con la presente investigación. Y finalmente en el Capítulo 14 se muestra los anexos presenta, a manera de resumen, la información en tablas de todos los resultados obtenidos en los diferentes procedimientos desarrollados en esta investigación.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

.1.1. Mezcal

La palabra mezcal proviene del náhuatl “mexcalli”, término con que los pueblos mesoamericanos nombraban a la “piña cocida” o centro del maguey de la cual obtenían dulce y miel, y en algunas ocasiones la fermentaban para su consumo.⁴ El diccionario de la Real Academia Española establece dos significados para el mezcal: a) variante de maguey, y b) aguardiente que se obtiene de la fermentación y destilación de las cabezas de esta planta.⁵

Por otra parte, la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994 define al mezcal como una bebida alcohólica regional obtenida por destilación y rectificación de mostos preparados directa y originalmente con los azúcares extraídos de las cabezas maduras previamente hidrolizadas, cocidas y sometidas a fermentación alcohólica con levaduras cultivadas o no.

En años recientes el mercado de esta bebida se ha incrementado considerablemente debido a la protección otorgada por Denominación de Origen establecida en 1994. De acuerdo a esta denominación de origenⁱ y a la norma NOM-070-SCFI-1994 en la elaboración del mezcal se pueden utilizar cualquiera de las siguientes especies de agaves: agave *Angustifolia haw* (maguey espadín); agave *Esperrima Jacobi*, Amarilidáceas (maguey de cerro, bruto o cenizo); agave *Weberi cela*, Amarilidáceas (maguey de mezcal); agave *Potatorum Zucc*, Amarilidáceas (maguey de mezcal); y agave *Salmiana OTTO Ex Salm ssp Crassisipina* (Trel) *Gentry* (maguey verde o Mezcalero). Adicionalmente, se pueden utilizar otras especies de agave siempre y cuando éstas no sean utilizadas como

ⁱ Por denominación de origen se entiende el nombre de una región geográfica del país que sirva para designar un producto originario de las mismas y cuya calidad o característica se deban exclusivamente al medio geográfico comprendido en éste los factores naturales y los humanos.

materia prima para la fabricación de otras bebidas con denominación de origen en el mismo Estado.

El mezcal es un líquido de olor y sabor único de acuerdo a su tipo, es incoloro, ligeramente amarillento cuando es reposado o añejado en recipientes de madera de roble blanco o encino. Existen 3 tipos de clases las cuales están basadas en el tiempo de almacenaje en dichos recipientes:

- El mezcal Joven es una bebida embotellada justo después de terminada la etapa de destilación, susceptible a ser abocado o no.ⁱⁱ
- El mezcal Reposado es un producto susceptible de ser abocado y que su tiempo de almacenamiento oscila entre 2 y 12 meses en barricas de madera de roble blanco o encino.
- El mezcal Añejado es un producto susceptible de ser abocado y sujeto a un proceso de almacenamiento en recipientes de roble blanco o encino de por lo menos 12 meses.

Por otro lado y de acuerdo con el porcentaje de carbohidratos provenientes del agave que se utilice en la elaboración del mezcal, éste se clasifica de la siguiente manera:

- Tipo I. Mezcal 100% agave

Es aquél que no se le agregan carbohidratos, de ahí el término 100% agave. A estos productos se les da la etiqueta de 100% agave.

- Tipo II. Mezcal

Producto que se obtiene de la destilación y rectificación de mostos en cuya formulación se ha adicionado hasta un 20% de carbohidratos. Este porcentaje se encuentra en los niveles permitidos por las disposiciones

ⁱⁱ Abocado: Procedimiento para suavizar el sabor del mezcal mediante la adición de uno o más productos naturales, saborizantes o colorantes permitidos en las disposiciones legales correspondientes.

legales correspondientes. En ambos casos, los dos tipos de mezcales pueden ser clasificados como joven, reposado o añejado y ser susceptible a ser abocado.¹

De acuerdo a la declaración de protección de origen del Mezcal registrada el 9 de marzo de 1995, por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI, Ginebra, Suiza), es posible producir Mezcal solo en los estados de Guerrero, Oaxaca, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas.⁷

La producción del mezcal en México es una actividad que se realiza principalmente de los estados de Oaxaca, Durango, Zacatecas, Guerrero, San Luis Potosí, Tamaulipas y Guanajuato.⁸ Estos estados cuentan con tierras de agricultura de temporal y están distribuidos en casi una tercera parte del territorio nacional. Sobre todo durante la época de estiaje, en esta zona más de una decena de especies de agaves cultivados y recolectados se convierten en mezcal.⁶

.1.2. Proceso de elaboración del Mezcal

En muchas partes la producción del mezcal es el resultado de conocimientos transmitidos de generación en generación, es decir, la producción se realiza de forma artesanal. Los mezcaleros o palenqueros han conservado la esencia en el sistema aprendido siglos atrás. Actualmente, la mayoría de los palenques utilizan el proceso tradicional, razón por la cual la calidad del producto es muy variable. Aunque en todas las regiones productoras los fundamentos en la fabricación del mezcal son similares, los métodos varían debido a muchos factores como el clima y las condiciones geográficas, entre otros.⁹

La producción del mezcal involucra cinco etapas elementales.

- ✓ Selección de la piña y corte

El proceso de elaboración del mezcal comienza con el *capado* o corte del escapo floral con la finalidad de aumentar la producción de azúcares. Este proceso se

realiza cada año antes de la cosecha de las piñas de agave, el cual comienza con la selección de las plantas que presenten coloración verde-amarilla en la base de las pencas y parda en la base del maguey, generalmente esto ocurre entre los 8-9 años de edad del agave.

El tamaño y peso de las piñas pueden ser muy diferentes en la misma zona de producción. El proceso de corte o jima de las pencas tiene la finalidad de eliminar aquellos órganos de la planta (hojas o pencas) que no son útiles para la elaboración del mezcal. Una vez realizada esta operación se procede a transportar las piñas al palenque o destilería a través de caballos, burros o en algunos casos camionetas.

✓ Cocción

En este proceso las piñas de agaves son cocidas en hornos excavados en la tierra, los cuales tienen capacidad de 3 a 7 toneladas de maguey, y son recubiertos con piedra. En el horno se coloca leña y las piedras se van calentando conforme se consume la leña hasta alcanzar una temperatura lo suficientemente caliente para introducir las piñas. Este proceso se lleva a cabo por aproximadamente 72 horas con la finalidad de hidrolizar los polisacáridos y así obtener un jarabe rico en fructosa.

✓ Molienda

Tiene la finalidad de reducir el tamaño de la materia prima. Primero se reduce el tamaño del agave y se deposita en el molino circular denominado "molinos chilenos o egipcios". Este molino consiste en una piedra circular de cemento con un eje central y un peso aproximado de media tonelada. Un eje vertical de madera de 20 a 25 cm de diámetro sirve de eje a la rueda. Caballos, mulas o burros hacen girar la piedra de cemento sobre un piso de piedra o cemento en forma circular de aproximadamente 4 metros de diámetro y de 20 a 30 cm de profundidad.

En algunas comunidades de Sola de Vega, Oaxaca, la molienda se realiza sobre una canoa con la utilización de mazos o martillo de madera en forma de bate o

marro. La utilización de molinos tradicionales, bates y canoas para la molienda hace que este proceso sea muy deficiente por la baja e inadecuada extracción del jugo del bagazo, registrándose pérdidas de mieles de hasta un 10%. El maguey molido o pulpa se deposita en tinas de madera.

✓ Fermentado

La fermentación consiste en la oxidación de los azúcares por medio de microorganismos. En Oaxaca la fermentación del mosto se realiza con el jugo y bagazo del agave, iniciando espontáneamente por microorganismos nativos que se encuentran en el medio ambiente, los cuales se van reproduciendo a medida que el tiempo avanza. Este proceso se realiza en tinas de madera de encino con una capacidad de hasta 2000 litros.

La tina se llena hasta un 75% de su capacidad con el jugo y bagazo del agave dejándolo en reposo de 1 a 2 días. Después de este tiempo, se le adiciona agua hasta un 90% de la capacidad máxima de la tina dejándose reposar nuevamente de 4 a 12 horas con la finalidad de que el agave molido se ablande. Posteriormente se homogeniza el contenido de la tina con la ayuda de una *pala* de madera para lograr desmenuzar el agave insuficientemente molido. A esta mezcla se le denomina mosto. El mosto se deja fermentar verificando la aparición de agujeros en forma de cráteres en la superficie de la tina por donde se desprende dióxido de carbono los cuales se incrementan con el paso del tiempo. Dichos agujeros se recubren con pasta de agave para mantener una temperatura uniforme necesaria para la producción de etanol. El tiempo de la fermentación está en función de la temperatura del ambiente y la calidad del agave. El productor considera terminada la fermentación utilizando características sensoriales tales como el cese del sonido del burbujeo, el sabor del mosto (sabor amargo), el olor característico del mezcal y por la formación de burbujas grandes al agitar dicho mosto. Al líquido resultante de esta etapa se le denomina *tepache*.

En esta etapa se enfrentan ciertos problemas por el uso de métodos tradicionales, por ejemplo: la dilución inadecuada de los azúcares presentes en el agave

dándose variaciones entre lotes; la adición o no de sulfato de amonio, el cual permite una fermentación más rápida y evita parcialmente la presencia de azúcares residuales al final de esta etapa; la utilización de tinajas abiertas que permite el depósito de polvo en las tinajas provocando una contaminación en el mosto; o variaciones en la temperatura ambiental. Estos problemas repercuten considerablemente en el tiempo y eficiencia de la fermentación, en la cantidad de azúcares, en la pérdida de etanol y finalmente en las características sensoriales de la calidad del mezcal.

✓ Destilación:

Concluida la fase de la fermentación se procede a la destilación, el dispositivo utilizado para la destilación es el alambique de destilación, este equipo está conformado por cuatro elementos fabricados en cobre debido a su alta conductividad térmica. En la Figura 1 se muestra el sistema y sus componentes que lo conforman, los cuales se describen a continuación:



Figura 1. Alambique de destilación.

1. **Olla.** Su función es contener la mezcla de sustancias a separar, la cual se encuentra enterrada dentro de una estructura cúbica debajo de esta se colocan leña para generar el calor requerido para la separación del alcohol.

2. **Montera.** Se encarga de captar los vapores generados tras el calentamiento de la mezcla y los conduce a la siguiente sección. Por su forma también se lo conoce como “campana”.
3. **Turbante.** Es un tubo alargado y se encarga de conducir los vapores hacia la sección de enfriamiento.
4. **Serpentín.** Es un tubo en forma de espiral que se encuentra inmerso en un tanque con agua. Tiene la finalidad de enfriar y condensar los vapores provenientes de la olla.

El destilado resultante se divide en tres partes:

- 1.- Punta o Cabeza: es la primera fracción obtenida de la destilación, la cual contiene entre 30 a 80 ° GL, el mayor grado alcohólico.
- 2.- Cuerpo: está constituido principalmente de alcohol etílico el cual está en el intervalo de los 20 a 40° GL.
- 3.- Cola: tiene un grado alcohólico de 6 °GL o mayor.

Cabe mencionar que los productos resultantes (punta, cuerpo y cola están regidos por el contenido alcohólico) y son depositados en recipientes por separado. Las colas pueden regresar a la olla para ser nuevamente destiladas.

Una vez, concluida la primera destilación, se procede a una segunda destilación conocida como “refinado”. En esta fase se utiliza el cuerpo obtenido de la primera destilación para obtener las “cabezas de refinado (que contiene entre 45-75° GL) y las colas de refinado (con 6-30° GL). Para lograr el grado alcohólico final se procede a mezclar las puntas, cuerpos y colas provenientes de la etapa de la destilación con las puntas, cuerpos y colas obtenidas de la etapa de la rectificación. Si la mezcla presenta un grado mayor a los 50° GL, se le adiciona producto obtenido de las colas de la rectificación para obtener un mezcal entre 45-50° GL.¹⁰⁻¹³

.1.3. Alcoholes

Los alcoholes son compuestos con grupos hidroxilo enlazados a átomos de carbono, éstos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y tienen muchas aplicaciones industriales.

Actualmente, en nuestro país se realizan exhaustivos controles de calidad a las bebidas alcohólicas. Sin embargo, se dan casos en los que éstas se encuentran adulteradas y contienen mezclas de otros alcoholes como es el metanol y algunos de los alcoholes superiores. El metanol es una sustancia que en concentraciones superiores a las establecida por la Norma Oficial Mexicana 070-SCFI-1994 (100-300 mg/mL) es tóxica para el consumidor, mientras que los alcoholes superiores o “aceites de fusel” (como el propanol, alcohol isoamílico o hexanol) lo son en cantidades superiores a 100-400 mg/100 mL¹. Al ser ingeridos en estos niveles de concentración, tiene repercusiones negativas en la salud de los consumidores provocando daños a nivel ocular, sistema nervioso central y hepático.¹⁴ Tanto el metanol como los alcoholes superiores y otros compuestos son producidos de forma natural durante la fermentación por la actividad de microorganismos. Por esta razón es necesario tener un control de estos alcoholes en la elaboración del mezcal, ya que son los responsables de las características sensoriales del producto final.

Por otra parte, los aldehídos en las bebidas alcohólicas se forman en el proceso de fermentación y durante la oxidación en el añejamiento del mezcal. Los aldehídos que típicamente se encuentran son el acetaldehído y el furfural cuyas concentraciones máximas según la NOM-142-SSA1-1995 deben de ser de 30 y 4 mg/100 mL respectivamente. Ambos compuestos son los responsables de las propiedades organolépticas de las bebidas y caracterizan a los distintos tipos de bebidas alcohólicas dependiendo de su concentración. Por ejemplo, si el acetaldehído se encuentra a una concentración ≤ 40 mg/L produce una sensación a manzana verde, mientras que una concentración ≥ 50 mg/L produce una sensación gustativa desagradable para el consumidor. Por otra parte la sensación almendrada de la bebida se observa de forma más pronunciada en muestras

reposadas o añejadas, ya que el acetaldehído es un compuesto cuya concentración suele ser beneficiada cuando la bebida se encuentra en contacto por cierto tiempo con una barrica de roble blanco o encino ¹⁵⁻¹⁶

La revisión bibliográfica realizada, la cual se discutirá más adelante, muestra que aunque se han realizado estudios sobre las diversas etapas del proceso de elaboración del mezcal del Estado de Oaxaca, no existen estudios sobre el producto final. Consecuentemente, es importante establecer técnicas analíticas rápidas y precisas para poder llevar a cabo la identificación y cuantificación de los principales alcoholes presentes en el mezcal y de esta manera, verificar el cumplimiento de las concentraciones establecidas en la norma que rige dicha bebida.

Vera y colaboradores, realizaron un estudio del mezcal como producto final. En este estudio determinaron los principales compuestos volátiles aromáticos durante las etapas de cocimiento y de fermentación de los mostos de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. Los resultados más relevantes fueron: el metanol, etanol y ácido acético se originan desde la cocción y el 2-metil-1-propanol y el 3- metil-1-butanol aparecen desde la fermentación hasta el producto final. Finalmente, en los trabajos realizados Mendoza y colaboradores concluyeron que los compuestos volátiles aromáticos mayoritarios encontrados difieren en las especies de agaves utilizadas y entre las condiciones de fermentación. Adicionalmente, Mendoza y colaboradores reportaron en su estudio que los mezcales de ambas especies cumplieron los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana, aunque la composición química fue diferente entre sí debido a las condiciones del horno de cocimiento; en *A. angustifolia* el pH fue de 4.5 mientras que en el *A. potatorum* el pH fue de 5.5.

Medina y colaboradores, realizaron el análisis de 15 muestras de mezcal elaboradas en diferentes regiones y estados de la república mexicana. En este estudio se realizó la cuantificación de metanol, acetaldehído y de algunos alcoholes superiores mediante GC y el tratamiento de las muestras fue llevado a cabo por microextracción en fase sólida (MEFS). Los resultados que obtuvieron;

que los niveles de concentraciones de metanol y los alcoholes superiores fueron superiores al límite máximo permisible establecido en la Norma Oficial Mexicana.¹⁷ Por otro lado, la Norma Oficial Mexicana no establece límites máximos permisibles de acetaldehído en el mezcal. Medina y colaboradores utilizó los valores establecidos por la Norma Oficial Mexicana 168-SCFI-2005 (0-300 mg/100 mL de alcohol anhídrido) para la concentración de acetaldehído en tequila y banacoraⁱⁱⁱ. Los valores de la cuantificación de acetaldehído en sus muestras analizadas fueron encontrados dentro de la norma.¹⁸

Lachenmeier y colaboradores realizaron un estudio estadístico de componentes principales mediante el cual se logró diferenciar dos grupos de mezcales: en el primero está constituido por muestras que utilizan una mezcla del *Agave angustifolia* y del *Agave cupreata*, mientras que el segundo grupo se constituye por muestras provenientes de *Agave salmiana* ssp. *Crassispina*, de *Agave salmiana* var. *Salmiana* y de *Agave karwinskii*. El Análisis Cluster (AC) reveló que el *Agave angustifolia* y el *Agave cupreata* mostraron similitud en el agrupamiento, es importante resaltar que estas dos especies de agave son cultivadas en el mismo estado; sin embargo, en el caso del *Agave angustifolia* y del *Agave karwinskii*, cultivados en el Estado de Oaxaca, proporcionaron diferentes resultados al realizar el AC, lo cual podría deberse a las diferentes condiciones geográficas dentro del mismo estado.¹⁹

Lachenmeier y colaboradores analizaron 95 bebidas espirituosas^{iv} mexicanas elaboradas con agave y protegidas por la denominación de origen (entre ellas tequila, mezcal, sotol y banacora). En el estudio se cuantificaron constituyentes volátiles selectos y diferentes aniones, utilizando la Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC), con una columna de intercambio iónico, y Cromatografía de Gases. Los analitos 1-hexanol, alcohol bencílico, acetato metílico, acetato bencílico, benzoato etílico y benzaldehído no fueron detectados en ningún caso.

ⁱⁱⁱ Banacora: Bebida originaria del estado de Sonora elaborada a base de *Agave vivipara*.

^{iv} **Sotol:** Bebida destilada de la agavácea *Dasyliirion wheeleri* y crece en el desierto del norte de México, en los estados de Chihuahua, Durango y Coahuila.

En contraste, las concentraciones de metanol, acetaldehído, 1-butanol, isobutanol, 2- y/o 3-metil-1-butanol, 2-feniletanol y lactato etílico mostraron diferencias significativas en los subgrupos de las bebidas espirituosas mexicanas de agave. Las dos categorías de tequilas mostraron diferencias en las concentraciones de metanol, 2- y/o 3-metil-1-butanol y 2-feniletanol, mientras que el mezcal no mostró diferencias significativas en cualquiera de los parámetros evaluados que permitiera sugerir alguna clasificación. Por otra parte, el sotol mostró concentraciones de nitrato más altas y concentraciones de 2- y/o 3-metil-1-butanol más bajas que cualquiera otra clase de bebidas espirituosas analizadas por Lachenmeier y colaboradores. Finalmente, el banacora presentó altas concentraciones de acetaldehído y bajo contenido de lactato etílico.¹⁹

Antonio de León Rodríguez y colaboradores caracterizaron algunos compuestos volátiles, por medio de Cromatografía de Gases y espectrometría de masas, en 17 marcas de mezcales obtenidos de *Agave salmiana*. También identificaron alcoholes como metanol, etanol, n-propanol, 2-butanol, 2-metil-1-propanol y la mezcla de 2/3-metil-1-butanol, siendo el etanol el compuesto que se encontró en mayor abundancia, debido a la biotransformación realizada por los microorganismos durante la fermentación. Mientras que los alcoholes, como el 2-butanol, el 2-metil-1-propanol, el 2/3-metil-1-butanol, son producidos por el catabolismo de aminoácidos.²⁰

Martínez y colaboradores analizaron la composición de lípidos simples en cabezas maduras de las cinco plantas de agaves más representativas (*Agave salmiana* ssp., *Agava salmiana* var. *Salmiana*, *Agave angustifolia*, *Agave cupreata* y *Agave Karwinskii*) por medio de GC. Las muestras analizadas provinieron de diferentes regiones del país y fueron obtenidas por diferentes procesos. Se identificaron 19 ácidos grasos, y por medio de un Análisis de Componentes Principales (PCA) a los perfiles de los ácidos grasos encontrando una similitud taxonómica entre el *Agave cupreata* y *Agave angustifolia*. También mostraron que algunas especies de agave del mismo estado (en específico del Estado de Oaxaca), el *A. angustifolia* y el *A. karwinskii*, no fueron agrupadas en el mismo cluster.²¹

Molina y colaboradores estudiaron los compuestos volátiles en diez mezcales comerciales producidos en el municipio de San Felipe, en el Estado de Guanajuato. Tras la extracción líquido-líquido con diclorometano y posteriormente una pre-concentración del extracto orgánico por evaporación, permitieron el análisis por GC y espectrofotómetro de masas, identificando 85 compuestos entre los que se encontraron 8 grupos funcionales diferentes: acetales, ácidos débiles, alcoholes, cetonas, aldehídos, ésteres, fenoles y terpenos. Análisis previos realizados en tequilas se observaron que el 76% de compuestos encontrados son similares a los de Molina y colaboradores. Esta variabilidad significa que el mezcal es una bebida con rasgos característicos de las distintas especies de agaves y de los procesos tradicionales locales empleados en su elaboración. Así mismo, Molina y colaboradores mencionan que esta variabilidad no debe ser entendida como falta de calidad en el mezcal y recalcan la necesidad de conocer el mapa químico de cada mezcal con el fin de caracterizarlo apropiadamente. Lógicamente el mapa químico del mezcal está íntimamente relacionado con el tipo de suelo de las distintas regiones productoras de mezcal, los diferentes tipos de agaves y los diferentes procesos utilizados en su elaboración.²²

Cruz y colaboradores identificaron y cuantificaron los principales compuestos presentes en diferentes tipos de tequilas por GC capilar y técnicas quimiométricas, lograron optimizar la separación cromatográfica de los compuestos de interés. Encontraron que todos los tequilas analizados cumplen con las concentraciones de los compuestos establecidos en la Norma Oficial Mexicana. Asimismo, concluyó que la combinación del análisis espectrofotométrico y las técnicas quimiométricas como son el PCA y el CA permiten realizar una clasificación entre las diferentes clases de tequilas. En particular el CA proporcionó un ordenamiento de los tequilas en función de su envejecimiento.²³

HIPOTÉISIS

La técnica de Cromatografía de Gases permite identificar y determinar la concentración de metanol, etanol y algunos de los alcoholes superiores en mezcales de diversas marcas producidos en el Estado de Oaxaca. De esta forma es posible determinar si estas bebidas alcohólicas cumplen, o no, con la normatividad establecida.

Por otra parte, a partir de los datos espectrofotométricos (UV-Vis; espectroscopia de ultravioleta visible) y las técnicas Quimiométricas de cómo el Análisis de Componentes Principales y Análisis de Clúster permitirá establecer una clara diferenciación por clases de los mezcales analizados.

2. JUSTIFICACIÓN.

El mezcal, a pesar de ser una bebida consumida a nivel nacional e internacional, no es una bebida que asegure tener un alto control de calidad. Esto hace que las divisas que genera su consumo sean sumamente inferiores a las del tequila. Por otra parte, los trabajos de investigación que se realizan sobre la composición y caracterización del mezcal están enfocados en el análisis químico en sus diferentes etapas del proceso de elaboración, descuidando el análisis del producto terminal. La presente investigación está dirigida a desarrollar una metodología que permita identificar y cuantificar metanol, etanol y alcoholes superiores presentes en el producto final del mezcal. Esta información obtenida de estos análisis permitirá diferenciar si dicha bebida cumple o no con la norma NOM-070-SCFI-1994. Asimismo, se aplicarán técnicas quimiométricas a los datos obtenidos por UV-Vis para diferenciar las clases de mezcales analizados. Los resultados obtenidos en este trabajo son de interés para los productores de mezcal, la COMERCAM^v y para otros grupos de investigadores nacionales e internacionales.

^v COMERCAM: Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General.

Identificar y cuantificar metanol, etanol y algunos de los alcoholes superiores en diferentes marcas y clases de mezcal oaxaqueño mediante GC para verificar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana 070-SCFI-1994. Asimismo realizar una diferenciación de los mezcales de acuerdo a su tiempo de reposo o clase en mezcales jóvenes, reposados y añejos empleando Análisis de Componentes Principales y Análisis Cluster a partir de los datos obtenidos de sus espectros UV-Vis.

3.2. Objetivos Particulares.

- Optimización y desarrollo de un método para poder identificar y cuantificar los niveles de metanol, etanol y algunos de los alcoholes superiores, compuestos de interés presentes en el mezcal por Cromatografía de Gases mediante la comparación de los tiempos de retención.
- Cuantificar metanol, etanol y algunos de los alcoholes superiores mediante curva de calibración usando un estándar interno por cromatografía de gases y verificar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana 070-SCFI-1994.
- Aplicar técnicas quimiométricas como el análisis de componentes principales (PCA) y análisis cluster (CA) a los datos espectrofotométricos de UV-Vis para diferenciar las diversas clases de mezcales analizados y concluir sobre su calidad y/o adulteración de los mismos.

4. CROMATOGRAFÍA DE GASES.

4.1. Introducción.

La palabra Cromatografía proviene del griego kroma [color] + graph [escribir], se basa en un conjunto de técnicas asociadas al principio de retención selectiva, la cual permite separar, identificar y determinar cualitativa y cuantitativamente los compuestos que se encuentren en una mezcla homogénea.²⁴

Las propiedades físicas y químicas en las que se basan los métodos analíticos rara vez son completamente específicas. Estas propiedades suelen ser compartidas por numerosas especies químicas y la eliminación de interferencias en el análisis cuantitativo es a menudo una regla más que una excepción. Esta eliminación consiste en la separación física de los analitos de interés. Entre los métodos más conocidos y utilizados para llevar a cabo estas separaciones se incluyen la destilación, cristalización, extracción con disolventes, etc. Sin embargo, la cromatografía es el método más utilizado para separación y eliminar las interferencias presentes en mezclas complejas.

La cromatografía fue inventada y denominada por el botánico ruso Mijáil Tswett²⁵ a principios del siglo pasado con el objetivo de separar diferentes pigmentos vegetales como las clorofilas y las xantofilas. Tswett hizo pasar una solución que contenía estos compuestos a través de una columna de vidrio empacada con carbonato de calcio finamente dividido; las especies separadas aparecieron como bandas coloreadas sobre la columna.

El concepto de cromatografía de gas-líquido fue descrito en 1941 por Martin y Singe.²⁵ Desde entonces, el aumento en el uso del procedimiento ha sido extraordinario.

Los primeros en utilizar un gas como fase móvil fueron A. T. James y A. J. Martin en 1952²⁵ el cual fue utilizado para separar ácidos grasos cortos. Después, en 1971 Dabrio la utilizó para separar metilaminas, aminas alifáticas y homólogos de piridina.

4.2. Definición de cromatografía de gases.

La cromatografía es un método de separación en el cual los componentes de una muestra son divididos en dos fases; una de éstas es una fase estacionaria con

una superficie de área grande y la otra es una fase móvil donde un gas fluye a través de la fase estacionaria. La muestra es vaporizada y transportada por la fase gaseosa móvil (gas acarreador) a través de la columna. Los componentes de la muestra (llamados solutos o analitos) son separados de una u otra forma según sea su presión de vapor relativa y la afinidad por la fase estacionaria. Este tipo de proceso cromatográfico es denominado *elución*.

La definición “oficial” de cromatografía por parte de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) es: “La cromatografía es un método físico de separación en el cual los componentes son separados y distribuidos a través de dos fases, una de ellas es estacionaria (fase estacionaria) mientras la otra (la fase móvil) se mueve en una dirección definida. La elución cromatográfica es un procedimiento en el cual el analito es transportado continuamente por la fase móvil a lo largo de la fase estacionaria y la muestra es introducida al sistema como aire finito”.²⁷

4.3. Tipos de cromatografía:

Varios procesos cromatográficos son denominados acorde al estado físico de la fase móvil. Así, en Cromatografía de Gases (GC por sus siglas en inglés) la fase móvil es un gas. Por otra parte, en Cromatografía de Líquido (LC por sus siglas en inglés) la fase móvil es un líquido. Si la fase estacionaria es un sólido, la técnica de Cromatografía de Gases es denominada Cromatografía de Gas Sólido (GSC por sus siglas en inglés) y si la fase es un líquido se nombra Cromatografía de Gas-Líquido (GLC por sus siglas en inglés).

4.4. Ventajas y desventajas de la cromatografía de gases

En la Tabla 1 podemos resumir que para tener una separación adecuada de compuestos volátiles, la GC es la técnica recomendada debido a que es rápida, provee una alta resolución y es de fácil uso.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la cromatografía.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> -Análisis rápido, peculiarmente en minutos. -Eficiencia, proporcionando alta resolución. -Sensibilidad, detectando fácilmente concentraciones en ppm y frecuentemente ppb. -No destructivo, haciendo posible acoplamiento en línea; por ejemplo, a un espectrómetro de masas. -Análisis cuantitativos altamente precisos. -Requiere muestras pequeñas, típicamente en μL. -Confiable y relativamente simple. -Barato. 	<ul style="list-style-type: none"> -Limitado a muestras volátiles. -Requiere acoplarse a un detector para confirmar la identidad del pico.

4.5. Parámetros Cromatográficos.

La instrumentación en cromatografía de gases ha sido desarrollada continuamente desde la introducción del primer sistema comercial en 1954.²⁶ Los componentes básicos de un sistema cromatográfico moderno son: 1. Gas acarreador, 2. Control de flujo, 3. Entrada de la muestra y automuestreador, 4. Columnas, 5. Zonas de temperatura controlada (Horno), 6. Detectores, 7. Sistema de datos. Un esquema general de cada uno de estos componentes se presenta en la Figura 2.

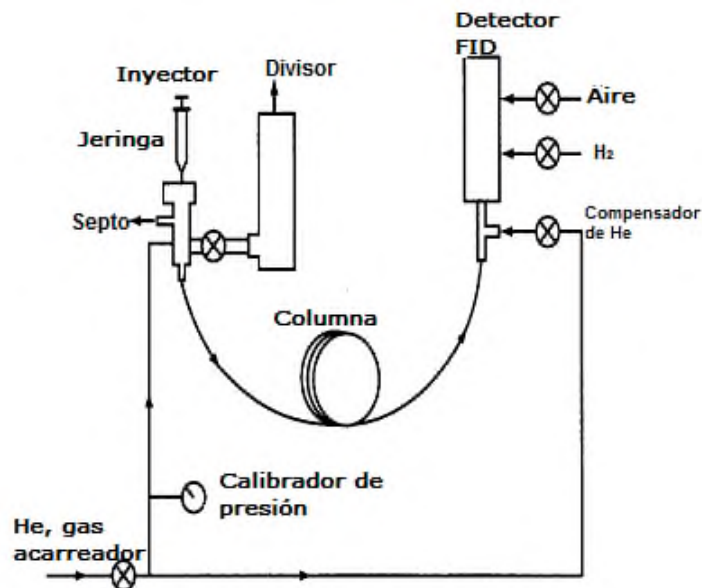


Figura 2. Esquema de un cromatógrafo de gases.

4.6. Gas acarreador:

El propósito principal del gas acarreador (*fase móvil*) es llevar a la muestra a través de la columna. Éste debe ser inerte y no interactuar químicamente con la muestra y también funciona como una matriz adecuada para que el detector evalúe los componentes de la muestra.

Tabla 2. Tipos de detectores y sus gases acarreadores

Detector	Gas acarreador
-Conductividad Térmica	-Helio
-Ionización de flama	-Helio o Nitrógeno
-Capturas de electrones	-Siempre Nitrógeno seco o Argón al 5% de metano.

Para el detector de conductividad térmica, el Helio es el gas acarreador más popular. Sin embargo, en algunas partes del mundo (donde el Helio es muy caro) el Hidrógeno es comúnmente utilizado, pero éste no es recomendado por alta peligrosidad ya que presenta una fácil ignición y es potencialmente explosivo. Por otra parte, con el detector de Ionización de Flama, el Nitrógeno o el Helio puede ser usado, el Nitrógeno provee una mayor sensibilidad pero un análisis más lento que el Helio. Finalmente, para el detector de Captura de Electrones, se recomienda usar siempre Oxígeno seco libre de Nitrógeno o una mezcla de Argón con 5% de metano.

4.7. Control de flujo

La medición y el control del flujo de gas acarreador son esenciales para la eficiencia de la columna y para el análisis cualitativo. La eficiencia de la columna depende de la adecuada velocidad lineal del gas, el cual puede ser fácilmente determinado cambiando el caudal hasta que el número de platos teóricos máximo es alcanzado. Los valores óptimos de flujo son de 75 a 90 mL/min para columnas empacada con un diámetro externo de 1/4"; de 25 mL/min para columnas empacada de 1/8" de diámetro externo y de 0.75 mL/min para una columna tubular abierta con un diámetro interno de 0.00000984". Los valores son meramente generales, el valor óptimo para una columna dada debe determinarse de forma experimental.

Para el análisis cualitativo, es esencial tener un caudal constante y reproducible para que los tiempos de retención sean siempre los mismos. Los valores de los tiempos de retención se utilizan para la identificación de los compuestos en una mezcla compleja.

Hay que tener en cuenta que, debido a las características químicas y físicas, dos o más compuestos pueden tener el mismo tiempo de retención. Obviamente, un buen control en el flujo es esencial para el método de identificación.

4.8. Sistema de inyección de la muestra

La principal función del inyector es vaporizar y mezclar la muestra con el gas portador antes de que ingrese a la columna. La inyección de la muestra es un proceso importante para que la separación de los picos sea reproducible, ya que si la inyección es lenta esto provoca un ensanchamiento de las bandas y como consecuencia se tiene una pobre resolución. Los inyectores se usan dependiendo del tipo de columna que se utilice en un determinado análisis. En la Tabla 3 se mencionan los tipos de inyección más comunes:

Tabla 3. Sistema de inyección

-Columna Empacada	-Columna Capilar
-Flash vaporizer -On column	-Split -Splitless -On column

Tabla 4. Volúmenes de muestra para diferentes tipos de columnas (µL)

Tipos de columna	Tamaño de la muestra (líquido)
-Analítica empacada regular: ¼" diámetro externo 10% líquido.	0.2 – 20 µL
-Empacada de alta eficiencia: 1/8" diámetro externo 3% líquido	0.01 - 2 µL
-Capilar (tubular abierta): 250 µm de diámetro interno 0.2 µm de película.	0.01 – 3 µL

4.9. Automuestreador

Las muestras pueden ser inyectadas automáticamente con equipos electrónicos (automuestreador). Esto evitaría los errores introducidos por el operador. El automuestreador se encuentra en la parte superior del cromatógrafo de gases. La

función del automuestreador consiste en la introducción de las muestras, estándares y los solventes. La rotación del dispositivo permite posicionar la muestra bajo la jeringa para ser inyectada al cromatógrafo de gases. La ventaja de usar este tipo de dispositivos es que proveen mejor precisión que con la inyección manual.

4.10. Columnas

Las columnas son el corazón para un cromatógrafo de gases. La selección de una columna cromatográfica se realiza de acuerdo a las aplicaciones y a las habilidades del sistema de inyección y detección.

Existen 2 tipos de columnas (Tabla 5):

- Columnas empacadas:

Estas columnas son de acero inoxidable, normalmente de tres, seis o doce metros de longitud con un diámetro externo de 1/4 o 1/8 pulgadas: son fáciles de usar por que las columnas son densamente empacadas con partículas pequeñas. Las columnas con 20 pies o más son imprácticas por su longitud.²⁴

- Columnas capilares:

Las columnas capilares se distinguen por su alto poder de separación y su eficiencia es de 2000 – 5000 platos teóricos por metro mientras que en las columnas empacadas presentan 1000 platos teóricos por metro. La diferencia en la eficiencia total también es muy significativa ya que en las columnas capilares podríamos tener de 25,000 – 100,000 platos teóricos por columna.

Tabla 5. Comparación de columnas empacadas y columnas capilares²⁴

	EMPACADAS	CAPILAR
Longitud (m)	1-5	5-60
Diámetro interno (mm)	2-4	0.10-0.53
Platos por metro	1,000	5,000
Platos totales	5,000	300,000
Resolución	Baja	Alta
Flujo (mL/min)	10-60	10-1,000
Permeabilidad (10 ⁷ cm ²)	1-10	10-1,000
Capacidad	10 µg/pico	>100 ng/pico
Grosor de película (µm)	10	0.1-1

4.11. Zonas de temperatura controlada (Horno)

La programación de la temperatura en la GC es un proceso donde se realiza el incremento de la temperatura de la columna durante una medida. El uso de la temperatura hace que los métodos sean muy efectivos para optimizar un análisis y frecuentemente es usado para examinar muestras complejas y reducir el tiempo de análisis (Tabla 6).

Por lo tanto, la temperatura es una de las dos variables más importantes en GC. Así que los tiempos y factores de retención disminuyen cuando se incrementa la temperatura.

Tabla 6. Ventajas y desventajas del aumento de la temperatura²⁷

Ventajas	Desventajas
Herramienta rápida y buena de exploración	Requiere instrumentación más compleja
Tiempo de análisis cortos	Señales de ruido de altas temperaturas
Mejor separación en puntos de ebullición de alto rango	Número limitado de fases líquidas adecuadas
Mejores límites de detección, forma de picos y precisión especialmente para picos que demoraron para eludir	Puede ser lento, considerando el tiempo de enfriamiento

4.12. Detectores

Un gran número de detectores para GC han sido desarrollados, elaborados y están disponibles en el mercado. En general, los detectores de CG son 4 o 5 veces más sensibles que los detectores de Cromatografía de Líquidos (CL), y son ideales para análisis de monitoreo ambiental. El detector ideal para la cromatografía tiene las siguientes características:

- Adecuada sensibilidad.
- Buena estabilidad y reproducibilidad.
- Respuesta semejante y lineal para los solutos.
- Intervalo de temperaturas de trabajo comprendido desde la temperatura ambiente hasta al menos 400 °C.
- Manejo sencillo.

Entre los cuales podemos encontrar: Detector de Ionización de Flama (FID), Detector de Conductividad Térmica (TCD), Detector de captura de electrones (ECD), Detector de Nitrógeno/Fosforo (NPD), entre otros

A continuación se realiza una breve descripción del detector FID debido a que es el que se utilizó en la experimentación.

✓ *Detector FID.*

Es el detector más utilizado y por lo general uno de los más aplicables en cromatografía de gases, posee una elevada sensibilidad, un gran intervalo de respuesta lineal, bajo ruido, resistente y fácil de utilizar. Su única desventaja es que la muestra es destruida por el detector.

4.13. Sistemas de datos

El mejor requerimiento de un sistema de datos es la habilidad para medir rápidamente la señal cromatográfica. En general, hay dos tipos de sistemas que son integradores y ordenadores personales.

Microprocesadores: Integradores basados en calcular el inicio, la cima, el final y el área de cada pico. Algunos integradores realizan cálculos de por ciento en área, por ciento en peso, estándar interno, estándar externo y normalización.

Ordenadores personales: Proveen medidas fáciles a sistemas cromatográficos, tienen que ser flexibles en la adquisición de datos, control de instrumento y reducción de datos.²⁴

5. MATERIALES Y REACTIVOS

5.1. Equipo

La Figura 3 muestra el Cromatógrafo de Gases equipado con su automuestreador y con detector de ionización de llama el cual fue utilizado en esta investigación.



Figura 3. Cromatógrafo de gases Agilent Technologies, modelo 7890A, Universidad del Papaloapan.

La Figura 4 muestra la columna cromatográfica (Columna capilar DB-WAX-polietilenglicol 30 m, 0.25 mm D.I, 0.25 μm de espesor de película, Temperatura mínima 20 $^{\circ}\text{C}$ y Temperatura máxima 250/260 $^{\circ}\text{C}$)

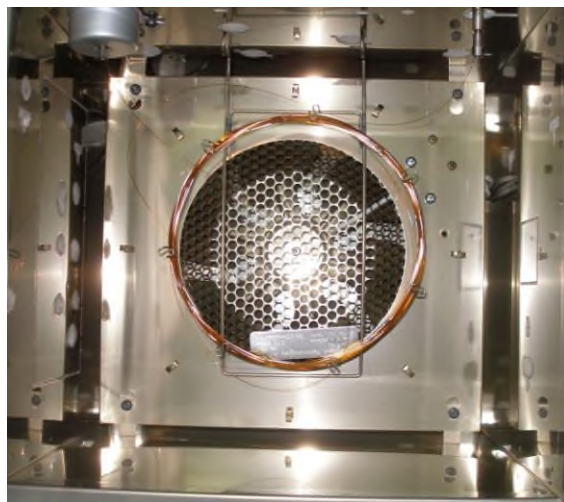


Figura 4. Columna capilar DB-WAX utilizada en la experimentación

5.2. Reactivos.

La Tabla 7 presenta las características de los diferentes compuestos empleados como patrones para llevar a cabo el desarrollo experimental.

Tabla 7. Características de los compuestos utilizados como patrones.

Compuesto	Fórmula	Pureza (%)	Masa molecular (g/mol)	Densidad (g/mL)	Punto de ebullición (°C)
Metanol	CH ₃ OH	99.9	32.04	0.791	64.7
Etanol	CH ₃ CH ₂ O	99.8	46.07	0.789	78
n-propanol	C ₃ H ₈ OH	99.8	60.10	0.802	97
2-metil-1-propanol	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	99.0	74.12	0.806	108
1-butanol	CH ₃ (CH ₂) ₃ OH	99.0	74.12	0.810	116-118
3-metil-1-butanol	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₂ OH	98.5	88.15	0.813	131-132
1-pentanol	CH ₃ (CH ₂) ₄ OH	99.0	88.15	0.811	136-138

5.3. Materiales.

Los materiales utilizados durante la experimentación se describen a continuación:

- Matraces aforados varios volúmenes: 5, 10, 25, 50 mL
- Micropipetas varios volúmenes: 20-100 µL y 100-1000 µL
- Bureta de 50 mL
- Vasos de precipitados de varios volúmenes: 30, 50, 100 mL
- Frascos viales

5.4. Muestras Analizadas.

En la Tabla 8, se registran los 83 mezcales analizados para la cuantificación de metanol, etanol y alcoholes superiores. (16 añejos, 25 jóvenes, 11 jóvenes con gusano, 22 reposados, 3 reposados con gusano, 5 tobalá, 1 añejo con gusano)

Tabla 8. Características de las muestras de mezcales utilizados para la cuantificación de metanol, etanol y alcoholes superiores.

	Número	Denominado	Número	Denominado
Añejos	1	Casco legendario	2	Don Luis
	3	Don Salomón	4	El As
	5	El Golpe	6	El Rey Zapoteco
	7	San Juan del Río	8	Agave de Cortez
	9	Benesín	10	Sinaí
Jóvenes	11	Don Salomón	12	Don Tomás
	13	Don Agave	14	Don Luis
	15	Don Tacho	16	El Golpe
	17	El Rey Zapoteco	18	Espinad Dorada
	19	Bacanda	20	Sinaí
	21	El Huehuate	22	San Juan del Río
Jóvenes con gusano	23	Bacanda (Santiago Zochila)	24	Agave de Cortez
	25	Matateco	26	Bacanda
	27	Chinantla	28	Don Luis
	29	Don Agave	30	Don Tacho
	31	Espina Dorada	32	Pensamiento
	33	El Rey Zapoteco	34	Sinaí
Reposados	35	Oro de Oaxaca		
	36	Don Agave	37	Don Luis
	38	Don Salomón	39	El embajador de Oaxaca
	40	El Famoso	41	El Golpe
	42	El Rey Zapoteco	43	Espina Dorada
	44	La Reliquia	45	Las Lomas
Reposados con gusano	46	Pensamiento	47	Sinaí
	48	Chinantla	49	El cortijo
Tobalá	50	Sinaí		
	51	Chagoya	52	Don Tacho
	53	Pensamiento	54	El Rey Zapoteco
Añejo con gusano	55	Mezcal Ángel Nieto		
	56	Sinaí		
	57	Productores de maguey y mezcales de San Dionisio	58	Benevá S.A. de C.V.
	59	Casa Guillermo Prieto	60	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.
	61	Tobalá S.A. de C.V.	62	Cosme Hernández
Jóvenes COMERCAM	63	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	64	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.
	65	Del maguey single Village Mezcal S.A. de C.V.	66	Zósimo Méndez Serna
	67	Compañía Bronco Matateco S.A. de C.V.		
	68	Ausencio León Ruiz y Sucesores (1)	69	Ausencio León Ruiz y Sucesores (2)
	70	Scorpión Mezcal	71	Compañía de Mezcal Reunión S.A. de C.V.
	72	Destilería los Danzantes	73	Mezcal del Amigo
Reposados COMERCAM	74	Bugarin Exportaciones (1)	75	Bugarin Exportaciones (2)
	76	Destilería Tlacolula S. de R.L. de M.I.	77	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.
	78	Licores Veracruz Producidos en Santiago Matatlán	79	Destilería los Danzantes
	80	Scorpión Mezcal	81	Scorpión Mezcal
	82	Compañía de Mezcal Reunión	83	Licores Veracruz Producidos en Santiago Matatlán

La Figura 5 muestra un grupo representativo de las muestras analizadas obtenidas a través de la COMERCAM y otras adquiridas en las diferentes tiendas del estado de Oaxaca.



Figura 5. Muestras de algunos mezcales analizados.

6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

6.1. Optimización cromatográfica

Con la finalidad de contar con un método de análisis capaz de resolver los diferentes analitos, se realizó la optimización de las condiciones cromatográficas. Dichas condiciones fueron: columna capilar DB-WAX de polietilenglicol de 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno, 0.25 μm de espesor de película, la velocidad de flujo del gas acarreador (N_2) fue de 0.70 mL/min, la temperatura del inyector de 220 $^{\circ}\text{C}$, la temperatura del detector de 300 $^{\circ}\text{C}$, el tipo de inyección Splitless. El programa de temperatura fue de 44 $^{\circ}\text{C}$ por 6 min, con una rampa de 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta llegar a 150 $^{\circ}\text{C}$, de una segunda rampa de 70 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta llegar a 220 $^{\circ}\text{C}$ y se mantiene esta temperatura durante 3 minutos. Estas condiciones proporcionaron una resolución >1.5 en el menor tiempo de análisis posible lo que garantizó una buena separación.

6.2. Inyección de los estándares

Se eligieron como estándares a los siguientes compuestos: metanol, etanol, n-propanol, 2-metil-1-propanol, 3-metil-1-butanol y 1-pentanol, los cuales se inyectaron previamente por triplicado 0.1 μL . Cada uno de los estándares se preparó al 10 % con agua destilada.

6.3. Identificación de los compuestos presentes en los mezcales

En esta parte se utilizó un mezcal joven “El Golpe” el cual fue elegido al azar. Durante el procedimiento se inyectó 0.1 μL del mezcal por triplicado ($n=3$) en las mismas condiciones que los estándares.

6.4. Identificación cualitativa

Para realizar la identificación de los compuestos presentes en cada uno de los mezcales, se procedió a realizar la comparación de los tiempos de retención de cada uno de los estándares con los tiempos de retención obtenidos en los cromatogramas de los mezcales.

6.5. Fortificación

La fortificación se realizó preparando una solución con 1 mL del mezcal y 50 μ L del compuesto a fortificar, para lo cual se tomaron 12 muestras, 4 jóvenes (Don Tomas, Don Luis, El Golpe y Espina Dorada), 4 reposados (Don Agave, El Famoso, El Golpe y Bacanda) y 4 añejados (Don Luis, El As, El Rey Zapoteco y Espina Dorada) como muestras a fortificar.

Las soluciones se prepararon colocando 100 μ L de los mezcales antes mencionado más 10 μ L del compuesto a fortificar (estándar).

6.6. Selección del estándar interno.

Una vez realizada la fortificación de los mezcales con los estándares, el siguiente paso es seleccionar el estándar interno el cual servirá para la obtención de las curvas de calibración para la cuantificación de los principales compuestos de los mezcales.

El estándar interno a elegir debe cumplir con las siguientes características: que el pico del cromatograma esté bien separado del pico de los demás componentes de las muestras, no debe formar parte de la muestra que se va analizar y debe tener una concentración similar a los picos de interés.

7. CURVAS DE CALIBRACIÓN.

La Tabla 9 muestra el intervalo de concentración para las curvas de calibración de metanol, etanol, propanol, 2-metil-1-propanol y 3-metil-1-butanol.

TABLA 9. Intervalo de concentración de las diferentes curvas.

Alcohol	Intervalo de concentración (mg/L)
Metanol	25.02 – 125.
n-propanol	64.09 – 161.84
2-metil-1-propanol	79.79 – 280.87
3-metil-1-propanol	32.22 – 612.31
Etanol	0.24 – 2.16 %(v/v)

7.1. Desarrollo para la preparación de las curvas de calibración del metanol y etanol.

7.1.1. Preparación del estándar interno 1-pentanol 1022.33 mg/L para la curva de calibración de metanol.

Se tomaron 32 μ L del 1-pentanol y se aforaron a 25 mL con agua destilada.

7.1.2. Preparación del estándar interno 1-pentanol 6% v/v para la curva de calibración de etanol.

Se toman 3 mL de etanol calidad reactivo y se aforan a 50 mL con agua destilada.

7.1.3. Preparación de la solución estándar de metanol.

Se tomaron 33 μ L de metanol grado HPLC, se aforaron a 25 mL con agua destilada para tener una concentración de 1042.69 mg/L.

7.1.4. Preparación de las curvas de calibración.

Una vez preparadas las soluciones estándares para cada compuesto se procedió a realizar las curvas de calibración las cuales se muestran en la Tabla 10.

- Se depositaron los mL correspondientes de cada alcohol en función al sistema a preparar (metanol y etanol) en un matraz volumétrico de 25 mL.
- Se adicionaron 2 mL de 1-pentanol (estándar interno para metanol) y 2 mL de acetonitrilo (estándar interno para etanol), se aforaron con agua destilada. De esta solución se inyectaron 0.1 μL por triplicado.

TABLA 10. Preparación de los sistemas para las curvas de calibración de metanol y etanol con 2 mL de Estándar Interno.

Sistema	METANOL			Concentración real (mg/L)
	mL tomados de la solución estándar	mL de E.I. agregados	V _{aforo} (mL)	
1	0.6	2	25	25.02
2	0.8	2	25	33.36
3	1.0	2	25	41.70
4	1.5	2	25	62.56
5	2.0	2	25	83.41
6	2.5	2	25	104.26
7	3.0	2	25	125.12
	Etanol			Concentración % V/V
1	1.0	2	25	0.24
2	1.5	2	25	0.36
3	2.0	2	25	0.48
4	2.5	2	25	0.60
5	3.0	2	25	0.72
6	3.5	2	25	0.84
7	4.0	2	25	0.96
8	5.0	2	25	1.2
9	6.0	2	25	1.44
10	7.0	2	25	1.68
11	8.0	2	25	1.92
12	9.0	2	25	2.16

7.2. Desarrollo de la preparación de curvas de calibración para alcoholes superiores.

7.2.1. Preparación del estándar interno (1-pentanol).

La solución del estándar interno se preparó a una concentración de 5031.81 mg/L. Para obtener dicha concentración se colocaron 63 μL de 1-pentanol en un matraz volumétrico de 10 mL y se aforaron con agua destilada.

7.2.2. Preparación de las curvas de calibración.

Solución A: Se midieron los microlitros correspondientes de cada alcohol para cada curva de calibración (n-propanol, 2-metil-1-propanol y 3-metil-1-butanol) como se muestra en la Tabla 11, se aforaron a 10 mL con agua destilada.

Solución B: Se depositaron 100 μL de la **solución A** en un matraz aforado de 5 mL, se añadieron 500 μL de 1-pentanol (estándar interno) y se aforaron con etanol al 40%. De esta solución final se inyectaron 0.1 μL por triplicado en el cromatógrafo de gases.

Tabla 11. Preparación de los sistemas para las curvas de calibración de los alcoholes superiores.

Sistema	n-propanol					
	Solución A		solución A (μL)	Solución B		concentración real (mg/L)
	alcohol (μL)	aforo agua (mL)		μL agregados de E.I.	aforo etanol (mL)	
1	40	10	100	500	5	64.09
2	51	10	100	500	5	81.72
3	63	10	100	500	5	100.94
4	76	10	100	500	5	121.78
5	88	10	100	500	5	141.01
6	101	10	100	500	5	161.84
	2-metil-1-propanol					
1	50	10	100	500	5	79.79
2	79	10	100	500	5	126.07
3	103	10	100	500	5	165.87
4	127	10	100	500	5	209.06
5	151	10	100	500	5	240.97
6	176	10	100	500	5	280.87

	3-metil-1-butanol					
1	20	10	100	500	5	32.22
2	70	10	100	500	5	112.79
3	120	10	100	500	5	193.36
4	170	10	100	500	5	273.93
5	220	10	100	500	5	354.50
6	270	10	100	500	5	435.06
7	320	10	100	500	5	515.63
8	380	10	100	500	5	612.31

7.2.3. Procedimiento de datos para realizar las curvas de calibración.

Las curvas de calibración de los diferentes analitos se efectuaron bajo el siguiente procedimiento:

- Se ubicaron en el cromatograma los picos de cada analito y del estándar interno mediante sus tiempos de retención y se registraron las áreas A_{alcohol} y $A_{\text{E.I.}}$ respectivamente.
- Se calcularon los cocientes de áreas ($A_{\text{alcohol}}/A_{\text{E.I.}}$) para cada caso y el promedio de las mismas.
- Se obtuvieron las concentraciones para cada alcohol.
- Se trazaron el promedio del cociente de áreas ($A_{\text{alcohol}}/A_{\text{E.I.}}$) en función de la concentración del alcohol.
- Se determinó la ecuación y la correlación lineal para cada curva.

8. CUANTIFICACIÓN DE LOS ALCOHOLES PRESENTES EN LOS MEZCALES.

8.1. Cuantificación de etanol y metanol en los mezcales.

Una vez obtenidas las curvas de calibración se procedió a realizar la cuantificación de etanol y metanol en las muestras de mezcales.

- Se colocó en un matraz de 25 mL, 1 mL de mezcal, 2 mL de 1-pentanol y 2 mL de acetonitrilo como estándares internos, se aforaron con agua destilada.
- Se inyectaron 0.1 μL por triplicado como se realizó para las curvas de calibración.

8.2. Cuantificación de alcoholes superiores en los mezcales.

- Se tomaron 500 μL de mezcal y se le agregaron 50 μL de 1-pentanol como estándar interno.
- Se inyectaron 0.1 μL por triplicado.
- Se obtuvo el cociente de áreas el cual se interpoló en la curva de calibración correspondiente y se calculó la concentración la cual fue corregida por el efecto dilución.

8.3. Cuantificación del 3-metil-1-butanol en mezcales.

En este apartado se describe la metodología de la dilución de diferentes muestras de mezcales que sobrepasaban los niveles de concentración de la curva de calibración:

- ◆ Se tomaron 250 μL de mezcal, 250 μL de agua destilada y se le agregaron 50 μL de 1-pentanol como estándar interno.
- ◆ Se inyectaron 0.1 μL por triplicado.
- ◆ Se obtuvo el cociente de áreas el cual se interpoló en la curva de calibración correspondiente, se calculó la concentración la cual fue corregida por el efecto dilución.

9. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez que se realizaron diversas pruebas para la optimización cromatográfica se obtuvieron las siguientes condiciones que proporcionan la mejor separación de la mezcla.

9.1. Condiciones cromatográficas para el análisis de muestras.

La Tabla 12 muestra las condiciones óptimas de operación del Cromatógrafo de Gases, las cuales se mantuvieron constantes durante todo el desarrollo experimental.

Tabla 12. Condiciones óptimas de operación.

Columna fase estacionaria	DB-WAX
Dimensiones	30 m X 0.25 DI, 0.25 μ m de espesor
Inyector	Splitless
Flujo de la fase móvil (N ₂)	0.70 mL/min
Temperatura del detector (FID)	300°C
Volumen de inyección.	0.1 μ L

9.2. Optimización del programa de temperatura para separar los componentes presentes en los mezcales por cromatografía de gases.

En trabajos previos se sugiere como adecuado el programa número 1 (Tabla 13) para la separación de alcoholes en muestras de tequilas,²² razón por la cual se consideró este programa para aplicarlo en las muestras de mezcal. Sin embargo, no se observó una buena separación entre el metanol y el etanol, el tiempo de análisis fue relativamente largo. Por ello, se optimizaron las condiciones de flujo de la fase móvil, de temperatura del horno, del inyector, del detector y del volumen de inyección, llegando finalmente a las condiciones especificadas en el programa número 2 como se indica en la Tabla 13.

Tabla 13. Programas de temperatura.

	Número de programa
Programa 1	60 °C, 6 min, 5 °C/min, 100 °C, 0 min, 10 °C/min, 200 °C, 0 min.
Programa 2	44 °C, 6 min, 20 °C/min, 150 °C, 70 °C/min; 220 °C, 3 min. 15.3 min

En la Figura 6 se muestra el cromatograma de elución de los compuestos con el programa de temperatura número 1, se observa una traslape entre la señal del metanol y la señal del etanol, por lo cual no fue aplicado para nuestros intereses.

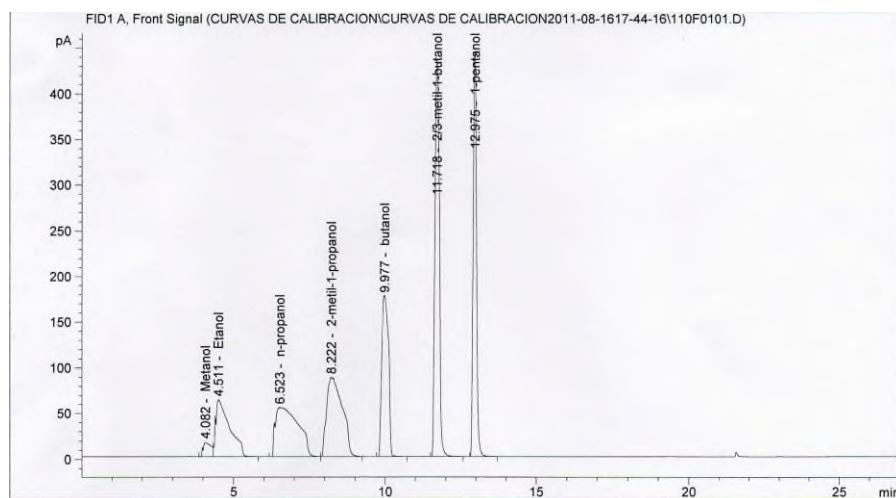


Figura 6. Cromatograma de los analitos obtenidos con el programa 1

En la Tabla 14 se muestra los analitos y su tiempo de retención eluído, aplicando el programa de temperatura 2, así mismo, la Figura 7 muestra el cromatograma obtenido con el mismo programa de temperatura.

Tabla 14. Analitos y Tiempos de retención al aplicar el programa 2

Analito	Tr
Metanol	5.627
Etanol	6.611
Acetonitrilo	7.634
n-propanol	8.551
2-metil-1-propanol	9.343
Butanol	10.105
3-metil-1-butanol	10.566
1-pentanol	10.960

Las Figuras 6 y 7 representan los cromatogramas obtenidos con los programas 1 y 2 respectivamente. En la Figura 6 se observa un traslape entre el metanol y el etanol, mientras que en la Figura 7 se observa una buena resolución en la señal de los analitos de interés. Así mismo, el tiempo de análisis del segundo programa fue de 15.3 minutos mientras que el del primero fue de 31.4 minutos, debido a esta diferencia se decidió trabajar con el programa 2

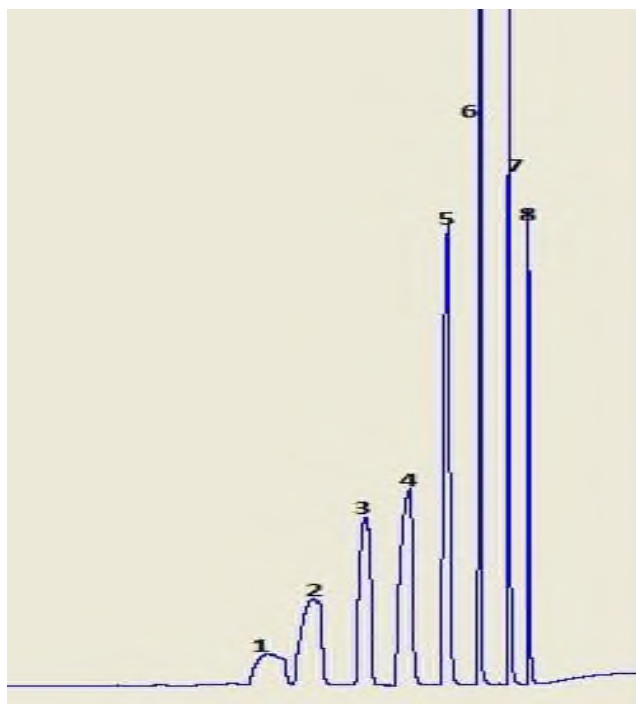


Figura 7. Cromatograma de los analitos obtenidos con el programa 2.

9.3. Inyección de los estándares.

Se inyectaron los diferentes estándares con una réplica de 5 veces, obteniéndose los tiempos de retención y se calcularon los promedio. La Tabla 15 muestra estos resultados, así como la desviación estándar y el coeficiente de variación.

TABLA 15. Tiempos de retención de los estándares.

Codificación: (A) Metanol, (B) Etanol, (C) Acetonitrilo, (D) n-propanol, (E) 2-metil-1-propanol, (F) 3-metil-1-butanol, (G) 1-pentanol.							
	Tiempo de retención (min) para cada estándar						
N° replica	A	B	C	D	E	F	G
1	5.616	6.575	7.635	8.55	9.335	10.609	11.011
2	5.611	6.603	7.631	8.567	9.335	10.693	11.067
3	5.658	6.600	7.636	8.525	9.345	10.507	10.908
4	5.618	6.605	7.631	8.572	9.348	10.511	10.910
5	5.635	6.674	7.639	8.544	9.353	10.510	10.908
Promedio	5.628	6.611	7.634	8.5516	9.3432	10.566	10.961
Desviación estándar	0.0192	0.0370	0.0034	0.0188	0.0080	0.0830	0.0740
Coficiente de variación	0.0034	0.0056	0.0004	0.0022	0.0009	0.0079	0.0068

Por otra parte, la Tabla 16 muestra los valores de resolución calculados

Tabla 16. Resolución de los estándares.

Compuesto	tr (min.)	W _{50%b}	Rs
Metanol	5.616	0.4787	Rs _{1/2} =2.29
Etanol	6.57	0.3534	Rs _{2/3} =3.58
Acetonitrilo	7.631	0.2393	Rs _{3/4} =3.83
n-propanol	8.567	0.2494	Rs _{4/5} =3.83
2-metil-1-propanol	9.335	0.1510	Rs _{5/6} =14.23
3-metil-1-butanol	10.693	0.0398	Rs _{6/7} =9.51
1-pentanol	11.067	0.0388	

9.4. Identificación cualitativa

Se efectuó la identificación cualitativa de los compuestos presentes en los mezcales mediante la comparación de sus tiempos de retención con los estándares previamente inyectados. La presencia de estos analitos se corroboró mediante el método de adición de estándar o fortificación.

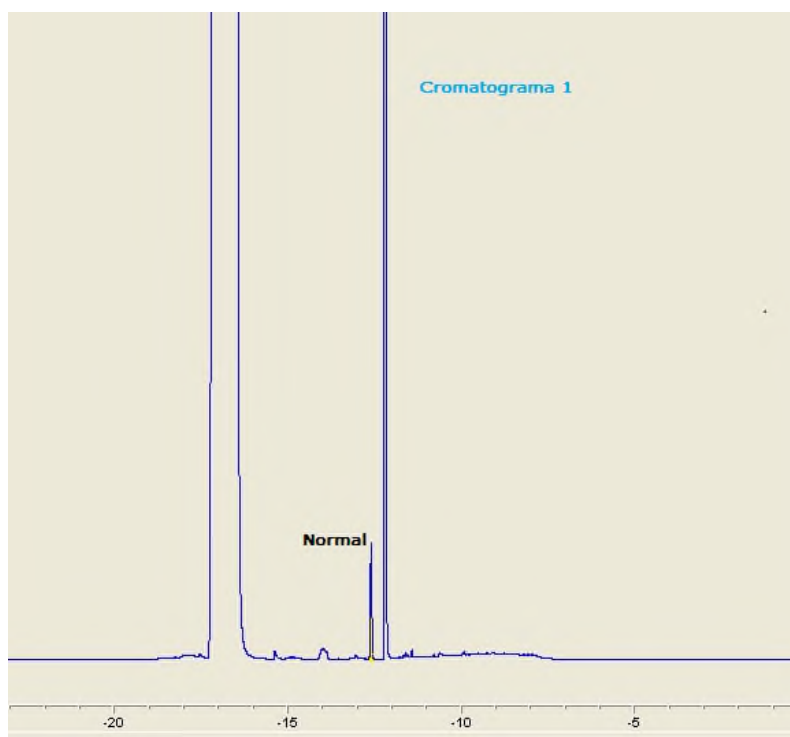


Figura 8. Cromatograma del mezcal Don Salomón normal

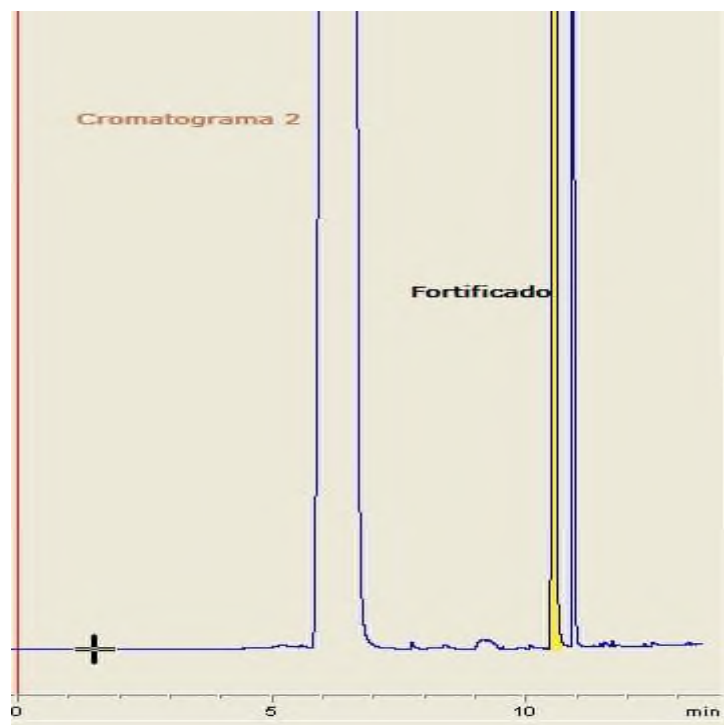


Figura 9. Cromatograma del mezcal Don Salomón fortificado con 3-metil-1-butanol.

Con el fin de esclarecer la fortificación, en la Figura 8 se muestra el mezcal añejo *Don Salomón* en la cual se presume que el pico amarillo, al cual denominaremos “normal”, es el 3-metil-1-butanol. Mientras que, en la Figura 9 aparece el mismo mezcal fortificado con 3-metil-1-butanol. Al comparar los dos cromatogramas se observó que en el segundo el área de dicho analito aumentó considerablemente, indicando que el mezcal contiene 3-metil-1-butanol. Cabe mencionar que se realizó el mismo procedimiento con los otros analitos.

9.5. Análisis del comportamiento de las muestras, tiempos de retención.

Al examinar los tiempos de retención de los compuestos en los diferentes mezcales, con los obtenidos por los estándares se identificaron: metanol, etanol, n-propanol, 2-metil-1-propanol, 2-/3-metil-1-butanol que conforman las diferentes categorías: añejos, reposados, jóvenes, reposados con gusano, añejos con gusano, tóbalas y jóvenes con gusano.

9.6. Selección del estándar interno.

Una vez disgregados e identificados los diferentes compuestos de interés, se eligieron como estándares internos los siguientes analitos: 1-pentanol para la determinación de metanol y alcoholes superiores, acetonitrilo para el etanol en las muestras de mezcales. Estos se seleccionaron debido a que no se encontraron en ninguno de los mezcales analizados, además que sus señales no se traslaparon con la señal de ningún analito y, finalmente, mostraron una señal analítica similar a los analitos de interés.

9.7. Curvas de calibración para los alcoholes presentes en los mezcales.

Los puntos de la curva de calibración se realizaron por triplicado según lo expuesto en las secciones 6.1 y 6.2, para cuantificar la concentración de metanol, etanol, n-propanol, 2-metil-1-propanol y 3-metil-1-butanol en las muestras de mezcales analizados.

Las Tablas 17 a la 21 presentan las curvas de calibración: relación de áreas (promedio) en función de la concentración así como la curva obtenida.

Tabla 17. Relación de área en función de la concentración del metanol.

Sistema	Metanol (mg/L)	$A_{\text{alcohol}}/A_{\text{E.I.}}$ promedio	Curva de calibración
1	25.02	0.0652	
2	33.36	0.1040	
3	41.70	0.1265	
4	62.56	0.2359	
5	83.41	0.3006	
6	104.26	0.3716	
7	125.12	0.4637	

Tabla 18. Relación de área en función de la concentración del etanol.

Sistema	% Etanol (v/v)	$A_{\text{alcohol}}/A_{\text{E.I.}}$ promedio	Curva de calibración
1	0.24	0.5006	
2	0.48	1.1816	
3	0.72	1.5643	
4	0.96	1.9615	
5	1.20	2.6427	
6	1.44	3.0856	
7	1.68	3.540	
8	1.92	3.990	
9	2.16	4.5371	

Tabla 19. Relación de área en función de la concentración del n-propanol.

Sistema	n-propanol (ml/L)	$A_{\text{alcohol}}/A_{\text{E.I.}}$ promedio	Curva de calibración
1	64.09	0.1369	
2	81.72	0.1800	
3	100.95	0.2309	
4	121.78	0.2864	
5	141.01	0.3406	
6	161.84	0.3694	

Tabla 20. Relación de área en función de la concentración del 2-metil-1-propanol.

Sistema	2-metil-1-propanol (ml/L)	$A_{\text{alcohol}}/A_{\text{E.I.}}$ promedio	Curva de calibración
1	79.79	0.1640	
2	126.07	0.2439	
3	165.87	0.3603	
4	209.06	0.4687	
5	240.97	0.5831	
6	280.87	0.6935	

Tabla 21. Relación de área en función de la concentración del 3-metil-1-butanol.

Sistema	3-metil-1-butanol (ml/L)	$A_{\text{alcohol}}/A_{\text{E.I.}}$ promedio	Curva de calibración
1	32.22	0.1285	
2	112.79	0.2368	
3	193.36	0.4892	
4	273.93	0.7005	
5	354.5	0.8543	
6	435.06	1.0577	
7	515.63	1.132	
8	612.31	1.4101	

La Tabla 22 presenta los parámetros de linealidad de las diferentes curvas de calibración presentadas en las Tablas 17 a la 21. Se observa que existe una relación lineal entre la relación de áreas $A_{\text{analito}}/A_{\text{E.I.}}$ y la concentración del analito. Cabe mencionar que todas las ecuaciones tuvieron coeficientes de correlación $R^2 > 0.99$ lo cual permite interpolar las muestras de mezcal mientras mantengan la concentración.

Tabla 22. Resumen de los parámetros de linealidad de las curvas de calibración.

Compuesto	Intervalo de concentración (mg/L)	Ecuación $Y = mx + b$	R^2
Metanol	25.05 – 125.12	$Y = 0.0039x - 0.0286$	$R^2 = 0.9959$
Etanol*	0.24 – 2.16	$Y = 2.0588x + 0.0854$	$R^2 = 0.9973$
n-propanol	64.09 – 161.84	$Y = 0.0025x - 0.0191$	$R^2 = 0.9930$
2-metil-1-propanol	79.79 – 280.87	$Y = 0.0027x - 0.0766$	$R^2 = 0.9915$
3-metil-1-butanol	32.22 – 612.31	$Y = 0.0022x + 0.0477$	$R^2 = 0.9915$

*concentración (%v/v)
 $Y = \text{cociente de áreas } (A_A/A_{E.I.})$
 $X = \text{concentración del analito } m = \frac{F_{\text{factor respuesta}}}{C_{E.I.}}$ $b = \text{ordenada al origen}$

9.8. Cuantificación de los alcoholes presentes en los mezcales realizando la comparación con la NOM-070-SCFI-1994.

La cuantificación de los compuestos se realizó con el procedimiento descrito en la sección 9 para realizar la comparación con lo reportado en la NOM-070-SCFI-1994. Primero se obtuvieron las concentraciones de etanol presente en ellos, cabe recordar que la norma reporta estas concentraciones como mg/100 mL de etanol anhidro.

Se realizó la conversión de los datos de las concentraciones (mg/L de mezcal) para comparar con las mismas unidades de la norma (mg/L de etanol anhidro) aplicando la siguiente operación:

$$\left(\frac{[\text{mg analito en tequila}]}{[\text{L tequila}]} \right) \left(\frac{[1\text{L tequila}]}{[1000\text{ mL tequila}]} \right) \left(\frac{100\text{ mL tequila}}{\text{mL etanol tequila}} \right) (100\text{mL etanol}) = \frac{\text{mg analito}}{100\text{ mL etanol anhidro}}$$

Tabla 23. Cantidad de etanol presente en los mezcales analizados.

	Número	Promedio	Número	Promedio
Añejos	1	30.16	2	33.17
	3	36.95	4	40.24
	5	34.67	6	42.57
	7	40.35	8	36.96
	9	36.21	10	35.63
Jóvenes	11	32.67	12	40.20
	13	36.33	14	35.60
	15	47.34	16	46.4
	17	41.79	18	33.10
	19	36.55	20	34.09
	21	39.33	22	39.87
Jóvenes con gusano	23	40.79	24	41.58
	25	44.10	26	32.67
	27	32.65	28	32.87
	29	31.76	30	34.27
	31	34.48	32	49.49
	33	49.63	34	38.29
Reposados	35	42.98		
	36	41.34	37	42.87
	38	41.54	39	30.36
	40	31.82	41	33.07
	42	41.13	43	33.08
	44	31.37	45	40.16
Reposados con gusano	46	37.50	47	38.27
	48	39.34	49	34.26
Tobalá	50	36.85		
	51	44.85	52	36.64
	53	47.05	54	41.42
Añejo con gusano	55	43.10		
	56	34.11		
Jóvenes COMERCAM	57	37.36	58	49.84
	59	49.01	60	43.31
	61	41.66	62	46.63
	63	48.17	64	53.88
	65	44.97	66	40.74
	67	33.79		
Añejos COMERCAM	68	37.38	69	52.87
	70	53.51	71	40.05
	72	36.39	73	36.95
Reposados COMERCAM	74	32.90	75	33.32
	76	33.98	77	34.41
	78	38.36	79	44.98
	80	40.14	81	39.46
	82	44.82	83	40.09

La Tabla 24 muestra un ejemplo de la cuantificación de los mezcales (mg/100 mL de alcohol anhidro).

Tabla 24. Cuantificación de los mezcales (mg/100 mL de alcohol anhidro)

Mezcal	%etanol	Metanol	Norma	n-propanol	2-metil-1-propanol	3-metil-1-butanol	Suma de alcoholes superiores	Norma
Casco legendario	30.17	209.15	si cumple	47.81	68.45	168.17	284.43	si cumple
Don Luis	33.13	172.12	si cumple	26.43	68.53	128.85	223.81	si cumple
Don Salomón	36.93	206.15	si cumple	23.49	39.12	102.50	165.11	si cumple
El As	40.25	188.43	si cumple	28.93	38.05	151.81	218.79	si cumple
El Golpe	34.62	253.39	si cumple	36.65	37.64	88.14	162.43	si cumple

Sabiendo que la NOM-070-SCFI-1994 acepta como máximo 300 mg/100 mL de etanol anhidro para metanol y analizando los resultados de la Tabla 24 extrapolandolos éstos en la ecuación de la curva de calibración se concluye que los mezcales analizados en las condiciones de trabajo están dentro de la norma. No obstante, algunos mezcales contienen una concentración de metanol por arriba de los 300 mg/100 mL de etanol anhidro (Tabla 11 en la sección de ANEXOS), es el caso del mezcal añejo *El Rey Zapoteco*, los mezcales Jóvenes *Don Tomás*, *Don Luis*, *Espina Dorada*, *Sinaí*; los mezcales jóvenes con gusano *Chinantla*, *Don Luis*, *Don Tacho*, *Pensamiento*; los mezcales reposados *El Rey Zapoteco* y *Espina Dorada*; los mezcales Tóbalas *Chagoaya*, *Don Tacho* y *Pensamiento*; *Sinaí*; el mezcal joven COMERCAM Tobalá S.A. de C.V. el mezcal añejo COMERCAM Compañía del Mezcal Reunión S.A. de C.V. y los mezcales reposados COMERCAM Destilería Tlacolula S. de R.L. de M.I. y Compañía del Mezcal Reunión.

En la misma Tabla también se reportan las concentraciones promedios de los alcoholes superiores ya que la norma NOM-070-SCFI-1994 lo señala como la suma de ellos dando un mínimo de 100 a un máximo de 400 mg/100 mL de etanol anhidro, por lo que los resultados caen dentro de la norma.

10. VALIDACION DEL SISTEMA

10.1. Linealidad.

En la Figura 10 se presenta la curva de calibración del metanol, realizada por triplicado, en el intervalo de 25.02 a 125.12 mg/L con un $R^2=0.996$, a partir de la preparación de siete niveles de concentración. Como puede observarse, la respuesta analítica (relación área metanol/área Estándar Interno) vs concentración es lineal en este intervalo.

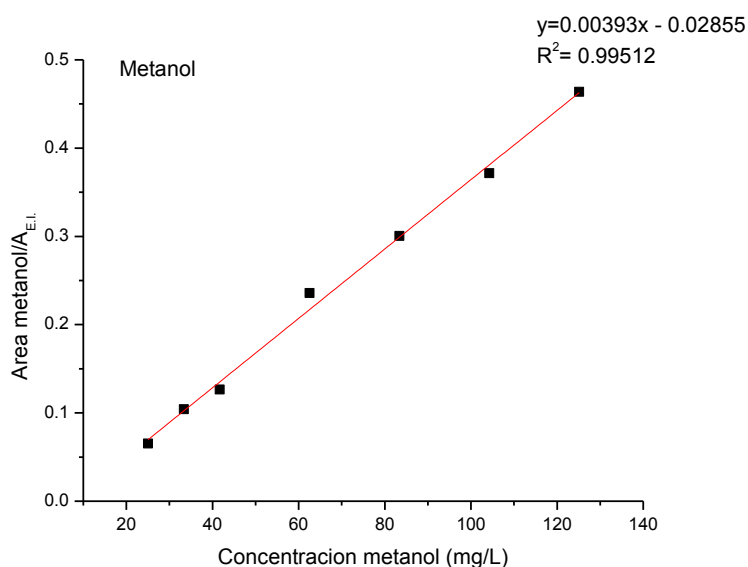


Figura 10. Curva de calibración del metanol.

10.2. Precisión y Exactitud.

Para evaluar la precisión y exactitud del sistema del metanol, se prepararon tres niveles de concentración por sextuplicado.

En la Tabla 25 se puede observar que el coeficiente de variación obtenido se encuentra dentro del criterio de aceptación por la AOAC (C.V. < 5.3%)¹, por lo que se afirma que la dispersión de los datos es mínima y por lo tanto se considera preciso.

La exactitud del sistema del metanol se evaluó a través del promedio de los porcentajes de recuperación. Nuevamente los resultados fueron adecuados

considerando que la AOAC acepta una recuperación promedio en el intervalo entre 90 y 107 % y el resultado fue de 91.46%.

Tabla 25. Respuesta analítica para evaluar la precisión del sistema

Repetición	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
1	0.0642	0.02321	0.4523
2	0.0658	0.2386	0.4512
3	0.0664	0.2375	0.4591
4	0.0664	0.2333	0.4573
5	0.0656	0.2349	0.4444
6	0.0657	0.2376	0.4480
Desvest	0.0008	0.0026	0.0055
Promedio	0.0657	0.2357	0.4521
c.v.	1.2271	1.1164	1.2236

10.3. Repetibilidad y Reproducibilidad.

Para evaluar la repetibilidad y reproducibilidad del sistema del metanol, se prepararon tres niveles de concentración por triplicado. Este procedimiento se realizó en dos días diferentes y con dos analistas distintos.

Tabla 26. Resultados de los coeficientes de variación obtenidos para evaluar la repetibilidad y reproducibilidad del sistema.

	Repetición	Primer día			Repetición	Segundo día			
		Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3		Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
Analista	1	1	0.06013	0.2053	0.4576	1	0.0613	0.2256	0.423
		2	0.05931	0.2006	0.4483	2	0.0622	0.2243	0.4152
		3	0.0584	0.2063	0.4456	3	0.0615	0.2241	0.4188
		desvest	0.0009	0.0030	0.0063	desvest	0.0005	0.0008	0.0039
		promedio	0.0593	0.2041	0.4505	promedio	0.0617	0.2247	0.4190
		c.v.	1.4598	1.4915	1.3974	c.v.	0.7663	0.3625	0.9317
	2	1	0.0613	0.2199	0.4224	1	0.0641	0.1932	0.4042
		2	0.0612	0.2149	0.4266	2	0.0644	0.1976	0.406
		3	0.0623	0.2136	0.4315	3	0.065	0.1953	0.4092
		desvest	0.0006	0.0033	0.0046	desvest	0.0005	0.0022	0.0025
		promedio	0.0616	0.2161	0.4268	promedio	0.0645	0.1954	0.4065
		c.v.	0.9875	1.5389	1.0670	c.v.	0.7105	1.1265	0.6230

Como puede observarse los resultados de los coeficientes de variación son menores a lo establecido por la AOAC (<5.3%) en días diferentes y por analistas distintos lo que indica que el sistema es reproducible y repetible.

En la Tabla 27 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros de validación para los sistemas restantes de interés observándose que todos los valores son menores a los establecidos por la AOAC y por lo tanto cumplen con los parámetros de validación.

Tabla 27. Parámetros de validación de los analitos.

Analito	Linealidad (R^2)	Precisión (C.V. < 5.3%)			Exactitud [% de recuperación promedio (80-110)]	Repetibilidad y Reproducibilidad (C.V. < 5.3%)											
		Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3		Primer día, Analista 1			Segundo día, Analista 1			Primer día, Analista 2			Segundo día, Analista 2		
						Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Etanol	0.9973	0.9964	0.8286	0.556	97.57	0.7489	1.2174	1.0678	0.5077	2.0591	3.8451	0.637	0.6237	0.6986	1.0028	1.0689	1.6227
n-propanol	0.991	1.5422	1.4672	0.4695	85.40	0.9277	1.6792	0.2532	1.8205	0.7275	2.0342	1.3449	1.0038	2.0812	1.8972	1.5875	1.478
2-metil-1-propanol	0.9915	1.9367	0.848	0.7465	108.5	0.8332	1.2288	2.2557	1.4571	1.9881	2.0131	45,725	1.2559	2.1088	1.7718	1.7034	1.8955
3-metil-1-butanol	0.9915	1.77	1.0932	1.4733	99.6	0.5297	2.2264	1.849	1.5059	0.1369	0.807	1.0413	2.0536	2.1284	1.1781	0.5099	2.1478

11. TRATAMIENTO DE LOS DATOS CON TÉCNICAS QUIMIOMÉTRICAS.

11.1. Introducción.

La combinación de la espectroscopia de UV-Vis con las técnicas de análisis multivariantes es aplicada para el control de calidad y autenticidad de bebidas espirituosas y cervezas y su control de calidad.²⁸

La adulteración es usualmente acompañada por la adición de alcohol, agua, caramelo y aromas de bebidas de menor valor comercial. Dichas bebidas son producidas bajo condiciones inadecuadas de higiene por lo que pueden convertirse en un alto riesgo para la salud. Otro problema frecuente para el consumidor de este tipo de bebidas lo constituye la posible ingestión de altos niveles de metanol, el cual es un componente natural que sólo debe estar presente en cantidades pequeñas; la sintomatología por la intoxicación de metanol depende de la cantidad tomada y varía desde náuseas, vómitos y puede ocasionar hasta la muerte.²⁶ De aquí que estas bebidas deban ser vigiladas por Organismos oficiales dedicados a su control.²⁵

Como ya se mencionó, existen dos tipos de mezcales: el Tipo I o 100% agave y el Tipo II que pueden recibir hasta un 20% de otros azúcares. Asimismo, de acuerdo a las características adquiridas en el proceso de elaboración y tiempo de almacenaje los mezcales se clasifican en Joven, Reposado y Añejo.¹

Generalmente, el análisis de compuestos volátiles es usado para caracterizar diferentes tipos de bebidas o variedades de una muestra tipo por Cromatografía de Gases con el fin de contrastar sus resultados con aquéllos permitidos por la Norma correspondiente. Independientemente de las técnicas analíticas usadas para la caracterización de las bebidas alcohólicas, las técnicas quimiométricas pueden ser aplicadas para elaborar modelos que representan las características intrínsecas de cada bebida analizada.² Entre dichas técnicas se encuentran Análisis de Componentes Principales (PCA: *Principal Components Analysis*), Modelado Suave Independiente de la analogía de clase (SIMCA: *Soft Independent Modelling of Class Analogy*), Análisis Cluster (CA: *Cluster Analysis*), Análisis Lineal Discriminante (LDA: *Discriminant Analysis*) entre otras.

El objetivo del presente análisis quimiométrico fue llevar a cabo una diferenciación de los mezcales de acuerdo a su tiempo de reposo o clase, en mezcales jóvenes, reposados y añejos empleando las quimiométricas de Análisis de Componentes Principales y Análisis Cluster a partir de datos espectroscópicos de UV-Vis.

11.2. Métodos Quimiométricos utilizados.

A continuación se expone brevemente un planteamiento muy básico sobre las técnicas quimiométricas de búsqueda de pautas que utilizaremos en el estudio de los mezcales.

La definición exacta de Quimiometría según la ICS (*International Chemometrics Society*) es la “ciencia que permite relacionar las medidas realizadas en un sistema químico o proceso con el estado del mismo mediante la aplicación de métodos matemáticos o estadísticos”.²⁹

La quimiometría se ha visto impulsada debido a que los métodos modernos de análisis automáticos facilitan la obtención de grandes cantidades de datos por una parte, y por otra al desarrollo de diversos programas enfocados para este efecto. El tratamiento quimiométrico de los datos permite desde la determinación simultánea de varios analitos en matrices complejas (empleando métodos de regresión multivariable) hasta la discriminación y la clasificación de las muestras (empleando métodos de reconocimiento de pautas).³⁰

11.3. Análisis de componentes Principales.

El análisis de componentes principales (PCA) es una técnica que se utiliza para reducir la dimensionalidad de datos correlacionados definiendo nuevas variables llamadas componentes principales no correlacionadas que contienen tanta información o varianza como sea posible.³⁰⁻³¹ Estos componentes pueden entenderse como combinaciones lineales de las variables originales medidas experimentalmente. Los componentes principales (PC) se obtienen en orden decreciente de importancia de forma tal que el primero explique la mayor variabilidad de los datos. Cada componente subsecuente toma en cuenta la variabilidad restante, es decir, una menor variabilidad, que no debe estar contenida en la primera. Así, sólo se requiere un número reducido de componentes principales para estudiar las pautas esenciales que subyacen en los datos. Cabe hacer notar que la interpretación de los componentes principales incluye el estudio tanto de las variables (a través de los “loadings”) como de las muestras (por medio de los “scores”).²³

11.4. Análisis Cluster.

Es una herramienta exploratoria usada para revelar relaciones entre muestras con el fin de agruparlas. Al igual que en PCA, los grupos no se suelen conocer antes

de realizar el análisis matemático. Este análisis busca objetos que se encuentren próximos en el espacio de las variables. La “homogeneidad” o más correctamente, la similitud entre las muestras depende de la distancia (a menor distancia mayor similitud).

Un método empieza considerando que cada objeto forma un “conglomerado” de tamaño uno y compara las distancias entre éstos. Los dos puntos que se encuentran más próximos se unen para formar uno nuevo, las distancias entre los nuevos puntos se comparan de nuevo y se combinan los dos que se encuentren más próximos. Existe una amplia forma de calcular la distancia entre los dos conglomerados, como la distancia entre los elementos o como los puntos más próximos de los mismos. Las sucesivas etapas de la agrupación se muestran sobre el dendograma de la Figura 14. El eje vertical puede mostrar la distancia entre dos muestras (o grupos) y cuando se unen a través de la similitud se forma otro conglomerado. La etapa en la que se detiene la formación de los grupos que determina el número de conglomerados en la clasificación final es una cuestión que queda a juicio de la persona que realiza el análisis y en la cual se toman en consideración criterios de interpretabilidad de los grupos formados.³⁰

11.5. Experimentación

11.5.1 Muestras y condiciones experimentales de medida.

Los estudios se realizaron sobre 84 muestras de mezcales de diferentes clases (37 Blancos o Jóvenes, 27 Reposados y 19 Añejos) de diferentes Casas Mezcaleras (Tabla 28). Una parte de los mezcales fueron adquiridos en los comercios y otros donados por el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal A. C. (COMERCAM).

Tabla 28. Tipos de Mezcales analizados por técnicas quimiométricas

ORIGEN	Blancos	Blancos con gusano	Reposados	Reposados con gusano	Añejos	Añejos con gusano
COMERCAM	11	-	10	-	6	-
Comercio	16	10	13	4	12	1
Total	27	10	23	4	18	1

A fin de identificar fácilmente el origen y la clase del mezcal, se usaron las claves y los códigos que se muestran en la Tabla 29. En todos los casos la letra “X” indica el número del mezcal.

Tabla 29. Claves y Códigos utilizados para la identificación de los mezcales

Claves						
Origen	Blancos	Blancos con gusano	Reposados	Reposados con gusano	Añejos	Añejos con gusano
COMERCAM	MCOMBX	-	MCOMRX	-	MCOMAX	-
Comercio	MJX	MJGX	MRX	MRGX	MAX	MAGX
Códigos	▲		◆		●	

La Tabla 30 muestra las marcas de las diferentes Casas mezcaleras y las claves usadas en el presente estudio.

TABLA 30. Marcas y Codificación de los mezcales Blancos, Reposados y Añejos.

Clave	Marca Mezcal Blanco	Código	Clave	Marca Mezcal Reposado	Código
MJ1	Don Salomón	▲	MR1	Don Agave	◆
MJ2	Don Tomás	▲	MR2	Don Luis	◆
MJ3	Chinantla	▲	MR3	Don Salomón	◆
MJ4	Don Agave	▲	MR4	Don Tomás	◆
MJ5	Don Luis	▲	MR5	El embajador de Oaxaca	◆
MJ6	Don Tacho	▲	MR6	El Famoso	◆
MJ7	El Golpe	▲	MR7	El Golpe	◆
MJ8	El Rey Zapoteco	▲	MR8	El Rey Zapoteco	◆
MJ9	Espina Dorada	▲	MR9	Espina Dorada	◆
MJ10	Matateco	▲	MR10	La Reliquia	◆
MJ11	Bacanda	▲	MR11	Las Lomas	◆
MJ12	Sinaí	▲	MR12	Pensamiento	◆
MJ13	El Huehuete	▲	MR13	Sinaí	◆
MJ14	San Juan del Río	▲	MRG1	Chinantla	◆
MJ15	Bacanda (Santiago Zochila)	▲	MRG2	El Cortijo	◆
MJ16	Agave de Cortes	▲	MRG3	El Embajador de Oaxaca	◆
MJG1	Matateco	▲	MRG4	Sinaí	◆
MJG2	Bacanda	▲	MCOMR1	Bugarín Exportaciones 1	◆

MJG3	Chinantla	▲	MCOMR2	Bugarín Exportaciones 2	◆
MJG4	Don Luis	▲	MCOMR3	Destilería Tlacolula S. de R.L. de M.I.	◆
MJG5	Don Agave	▲	MCOMR4	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	◆
MJG6	Don Tacho	▲	MCOMR5	Licores Veracruz producidos en Santiago Matatlan	◆
MJG7	Espina dorada	▲	MCOMR6	Destilería los danzantes	◆
MJG8	Pensamiento	▲	MCOMR7	Scorpion mezcal 1	◆
MJG9	Rey Zapoteco	▲	MCOMR8	Scorpion mezcal 2	◆
MJG10	Sinaí	▲	MCOMR9	Compañía de mezcal reunion	◆
MCOMJ1	Productores de maguey y mezcal de San Dionisio Ocotepc S.C. de R.L.	▲	MCOMR 10	Licores Veracruz producidos en Santiago Matatlán 2	◆
MCOMJ2	Benevá S.A de C.V.	▲	Clave	Marca Mezcal Añejo	Código
MCOMJ3	Casa Armando Guillermo Prieto	▲	MA10	Agave de Cortés	●
MCOMJ4	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.	▲	MA11	Benesin	● ●
MCOMJ5	Tóbala S.A. de C.V.	▲	MA12	Don Tacho	●
MCOMJ6	Cosme Hernández	▲	MAG	Sinaí	
MCOMJ7	Mezcales de Gusano S.P.R. de R.L.	▲	MCOMA1	Ausencio León Ruiz y sucesores 1	● ●
MCOMJ8	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.	▲	MCOMA2	Ausencio León Ruiz y sucesores 2	●
MCOMJ9	Del maguey single Village Mezcal S.A de C.V.	▲	MCOMA3	Scorpión Mezcal	● ●
MCOMJ10	Zósmimo Méndez Sernas	▲	MCOMA4	Compañía del Mezcal Reunión S.A de C.V.	● ●
MCOMJ11	Compañía Bronco Matateco S.A. de C.V.	▲	MCOMA5	Destilería los Danzantes	●
MA1	Casco Legendario	●	MCOMA6	Mezcal del Amigo	●
MA1	Don Luis	●	MA3	Don Salomon	●
MA4	El As		MA5	El Golpe	●
MA6	El Rey Zapoteco	●	MA7	Joya Azul	●
MA8	Pensamiento	●	MA9	San Juan del Río	●

11.5.1 Análisis Espectrofotométrico.

Para la obtención de los espectros UV-Vis se empleó un espectrofotómetro Perkin Elmer, modelo Lambda 25 en el intervalo de 190 a 600 nm y celdas de cuarzo de 1 cm de paso óptico. El blanco fue una solución etanol/agua, 40:60 (v:v).

12. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La combinación de la espectrofotometría UV-Vis con técnicas quimiométricas ha sido aplicada para lograr la diferenciación de varios productos como vinos y bebidas alcohólicas.²⁷ Para el caso de los Tequilas, los análisis cromatográficos y las herramientas quimiométricas aplicadas a los espectros de UV-Vis discriminan entre tequilas 100% agave y tequilas mixtos así como entre diferentes marcas de tequila.²³ Contreras y colaboradores realizaron un estudio basado en el espectro de absorción en combinación con las herramientas quimiométricas en el cual lograron diferenciar tequilas blancos y reposados de diferentes marcas así como la diferenciación de tequilas falsos de los originales.²⁹

12.1. Análisis de Componentes Principales con datos espectrofotométricos brutos de UV-Vis

La Figura 11 muestra los espectros de absorción de un mezcal blanco, un reposado y un añejo. Los espectros muestran un perfil de absorbancia diferente. En el intervalo de 190-320 nm se observan 2 máximos de Absorbancia (alrededor de 206 nm y 280 nm) cuyas intensidades son diferentes acorde a la clase del mezcal en cuestión; las más intensas corresponden al añejo y las intermedias al reposado y las más débiles al blanco. Esta diferencia probablemente se deba a que los mezcales reposados y añejados debido al tiempo de reposo en las barricas contienen un mayor número de componentes orgánicos que los blancos. Algunos autores han reportado la presencia de más de 200 compuestos orgánicos en la composición del tequila.³²⁻³³

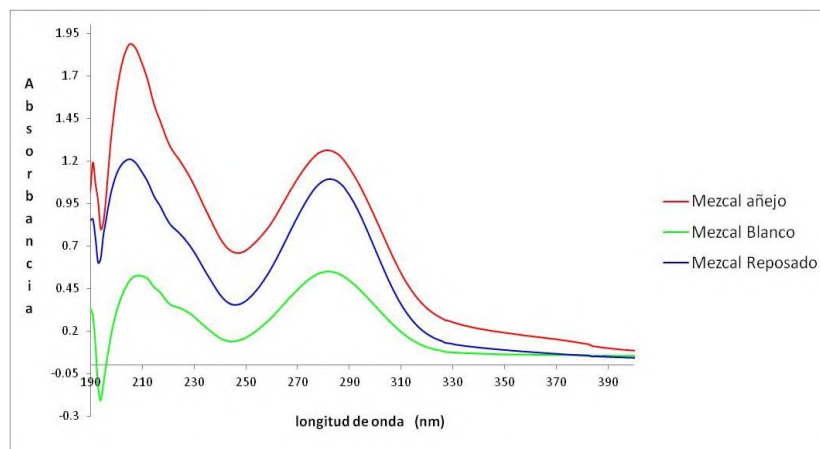


Figura 11. Espectros de UV-Vis (190-400 nm) de mezcales Blanco, Reposado y Añejo.

A partir de los espectros de las diferentes clases de mezcales, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) con el fin de encontrar algún modelo que permita determinar a qué variables experimentales (longitudes de onda) se asocian las diferencias entre los mezcales y así poder agruparlos por clase.

El mejor modelo se obtuvo con los datos espectrales de los datos en bruto, con un escalado de centrado en la media y con un intervalo de absorbancia de 200-400 nm. Los PCAs realizados bajo estas condiciones permitieron observar una clara diferenciación entre los mezcales. La Figura 12 muestra las gráficas de los scores. Tres PCs explican 98.48% de la varianza inicial (PC1: 89.43%, PC2: 7.60% y PC3: 1.48%). Específicamente se observa una separación de las tres clases de mezcales a lo largo del PC1 (Figura 12 (a)), los grupos quedan conformados por mezcales blancos, añejos y reposados. En la Figura 12 (b)) se puede observar nuevamente que el subespacio de scores PC1-PC2-PC3 separa bien las tres clases de mezcales.

El grupo de los mezcales añejos se encuentra a valores de PC1 menores. Después se encuentra el grupo de los mezcales reposados, el cual se encuentra a valores de PC1 medios y por último encontramos al grupo de los mezcales blancos que aparece a valores de PC1 mayores. Este orden podría asociarse a la complejidad en su composición química como resultado de su tiempo de reposo, siendo los añejos los más complejos y los blancos los más simples en su composición. Por otra parte, los tres grupos se caracterizan por presentar una cierta dispersión en PC2. Entre los añejos sobresale la muestra MA7 (*Joya Azul*), mezcal reportado con 3 años de reposo en barricas de roble, hecho que podría confirmar que los mezcales con mayor añejamiento se encuentran a valores de PC1 más negativos y valores más altos de PC2.

El análisis de mezcales llevados a cabo por CG-MS condujo a la identificación de 85 componentes entre los cuales se encontraban acetales ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas fenólicas y aldehídos fenólicos, ésteres, fenoles y terpenos, siendo los más abundantes los alcoholes, ésteres y ácidos³². Con respecto a los *loadings*, el PC1 está definido en forma mayoritaria alrededor de la variable de 204 nm, en concreto las variables que definen esa banda espectral (204-240 nm), ver Figura 13, la cual coincide con uno de los máximos de Absorbancia de un espectro típico de un mezcal. Esta longitud de onda es atribuida esencialmente a la presencia de ésteres. Aunque éstos existen incluso en los mezcales blancos, su contenido se va incrementando en mezcales reposados y añejos debido al tiempo de reposo en las barricas durante su elaboración (Figura 11). Por consiguiente, la concentración de este tipo de compuestos en un mezcal podría indicar su grado de añejamiento y por tanto ser determinante para diferenciar los mezcales de

acuerdo a sus clases (Figura 13). Lo anterior muestra que la contribución de PC1 al modelo está relacionada con la concentración de los esterés en los mezcales.

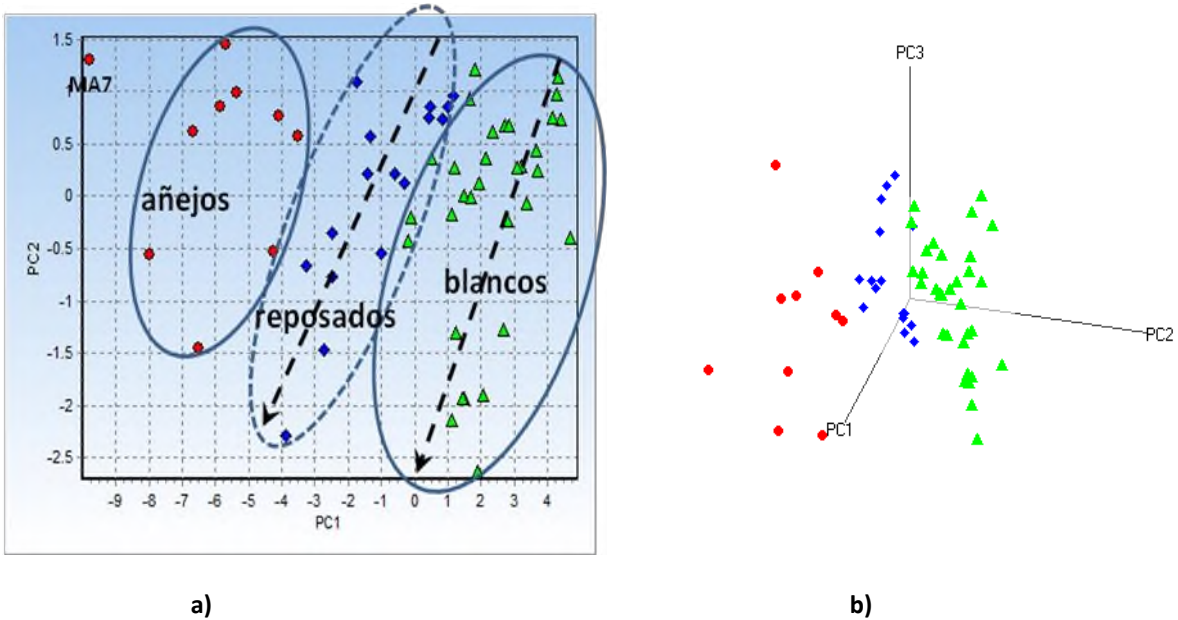


Figura 12. Gráfica de scores para el conjunto de mezcales con los datos absorbancia de UV-Vis, centrado en la media, para el intervalo (200-400 nm) a) Subespacio PC1-PC2 b) Subespacio PC1-PC2-PC3

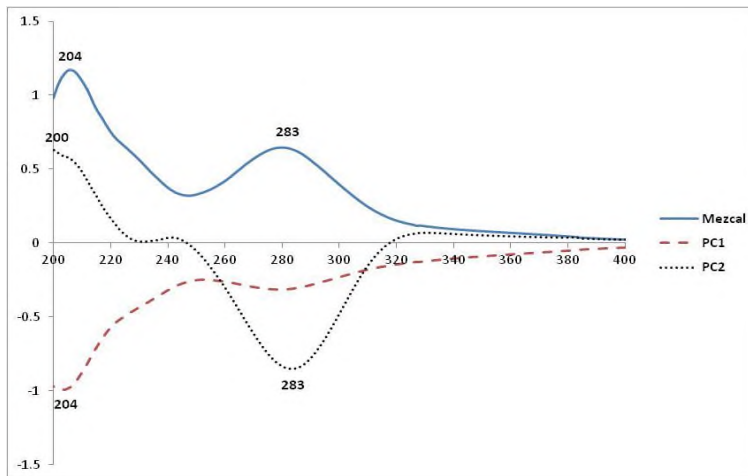


Figura 13. Gráfica de loadings para los datos absorbancia de UV-Vis para el conjunto de mezcales, con centrado en la media, para el intervalo (200-400 nm).

Por otra parte, el PC2 está definido mayoritariamente alrededor de la variable 283 nm. Dado que los componentes principales son ortogonales por definición, el hecho de que PC1 y PC2 vengan definidos por variables diferentes indica que ambos factores están teniendo en cuenta compuestos diferentes. Es cierto que

existe una pequeña participación de PC2 en la banda del entorno de 204 nm, lo cual sugiere que alguna estructura molecular diferente de los esteres genera una transición electrónica en este entorno. No obstante, no es posible profundizar más en este aspecto debido a la baja especificidad de las bandas de la región UV-VIS (en oposición, por ejemplo a lo que sucede en la zona IR).

En el caso de los tequilas blancos, bebidas con un origen muy similar a los mezcales, se ha reportado la existencia de una banda ancha de absorción centrada alrededor de los 280 nm, la cual es generada principalmente por tres compuestos orgánicos, furfural, 5-metilfurfural y 2-acetilfurano provenientes de la madera que constituye la barrica³³. Al comparar los espectros en la Figura 11 se observa que la banda a 283 nm es más intensa en los reposados y notoriamente más en los añejos que en los blancos, lo cual revela que la intensidad de dicha banda, también está relacionada con el grado de añejamiento de los mezcales.

Es importante mencionar que al examinar la secuencia de los espectros alrededor de 283 nm de cada grupo, en el caso de los reposados y blancos se observó que existe una pausa interna en función de su grado de añejamiento a lo largo de PC2. A medida que el valor de PC2 es menos positivo (según el sentido de las flechas) más grado de añejamiento presenta el mezcal. Sin embargo, este comportamiento no es claro en el caso de los añejos, posiblemente por el grado de abocamiento que estos mezcales pudieran tener.

12.2. Análisis Cluster con datos espectrofotométricos UV-Vis

Se realizaron distintos análisis cluster (CA) usando los espectros de absorbancia de UV-Vis de los mezcales. El mejor resultado se obtuvo con el método enlace promedio y la distancia Manhattan, el escalado centrado en la media y con el intervalo de 200 a 400 nm. El dendrograma de la Figura 14 muestra dos agrupaciones. En el primer grupo está conformado por prácticamente todos los mezcales añejos, el segundo grupo se encuentran los mezcales reposados y blancos. En el subgrupo 2A se encuentran todos los mezcales reposados junto con algunos blancos mientras que el subgrupo 2B se encuentra la mayoría de los mezcales blancos.

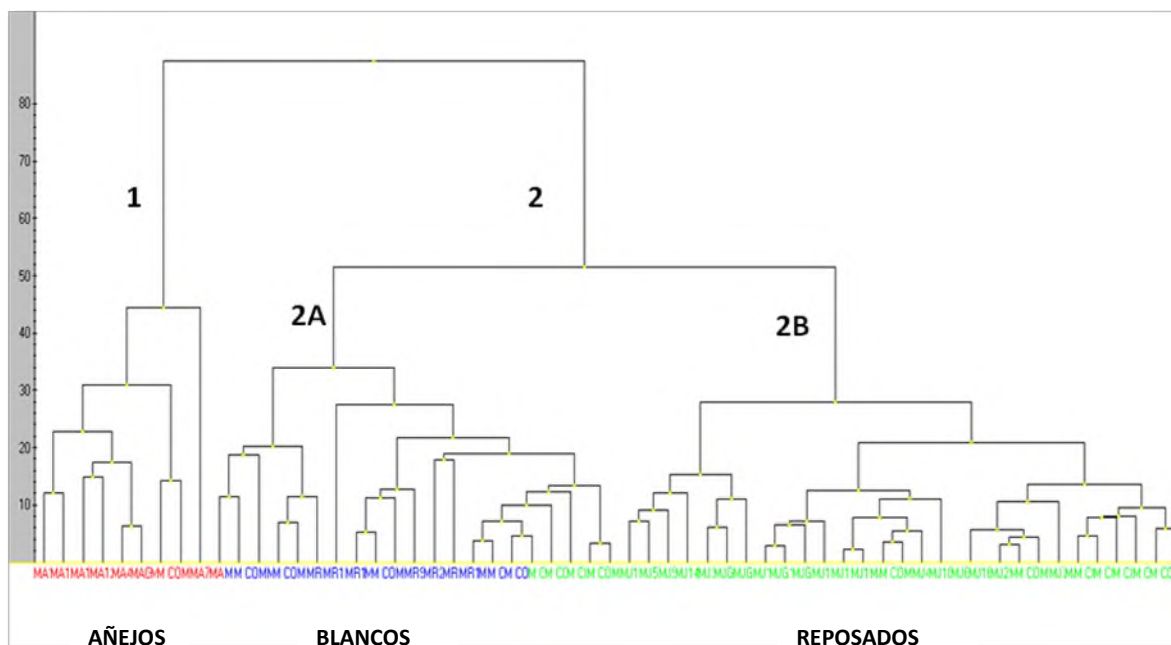


Figura 14. Dendrograma para el conjunto de todos los mezcales con el método de enlace promedio y la distancia Manhattan.

12.3. Análisis de Componentes Principales con la primera derivada de los datos UV-Vis

En el análisis de PCA el tratamiento previo de los datos es esencial para lograr la diferenciación entre clases de mezcales. Entre este tipo de tratamientos está el derivar los espectros originales para evitar problemas de línea de base espectral. Aunque en nuestro caso el análisis con los datos brutos fue satisfactorio, se intentaron modelos utilizando las primera y segunda derivada con el interés de compararlos.

La Figura 15 muestra el espectro de la primera derivada de los espectros originales. Las diferencias más notorias entre los espectros de cada mezcal aparecen en el intervalo de 190 a 330 nm.

El mejor resultado se logró con un escalado de centrado en la media y con un intervalo de 200-400 nm. Estas condiciones permitieron observar una diferenciación entre los mezcales de acuerdo a sus clases. La Figura 16 muestra las gráficas de los scores. Tres PCs explican 93.66% de la varianza inicial (PC1: 41.41%, PC2: 39.72% y PC3: 12.54%). A lo largo del PC1 se observa una separación de tres grupos de acuerdo a las clases de mezcales (Figura 16 (a)). En

la Figura 16 (b)) se puede observar nuevamente que el subespacio de scores PC1-PC2-PC3 separa bien las tres clases de mezcales.

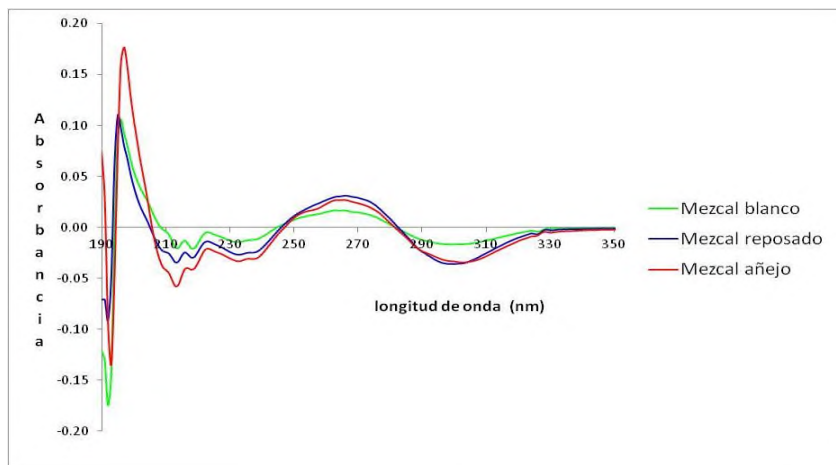


Figura 15. Primera derivada de los espectros de UV-Vis (190-350 nm) de mezcales Blanco, Reposado y Añejo.

El grupo de los mezcales blancos se encuentra a valores de PC1 menores. A PC1 medios se encuentra el grupo de los mezcales reposados, y por último se ubica el grupo de los mezcales añejos que aparece a valores de PC1 mayores. Este orden podría asociarse a la complejidad en su composición química como resultado de su tiempo de reposo, siendo los añejos los más complejos y los blancos los más simples en su composición. Por otra parte, los 3 grupos se caracterizan por presentar una cierta dispersión en PC2.

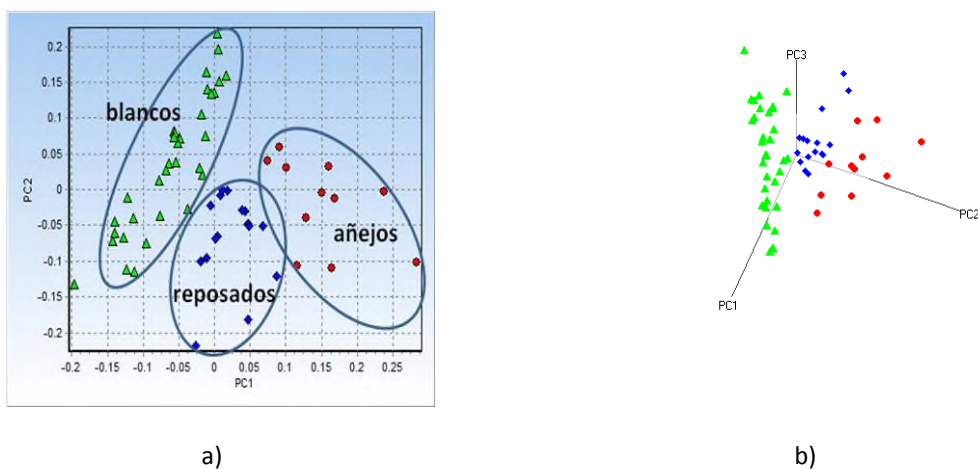


Figura 16. Gráfica de scores para el conjunto de mezcales con los datos de la primera derivada de absorbancia de UV-Vis, centrado en la media, para el intervalo (200-400 nm). a) Subespacio PC1-PC2 b) Subespacio PC1-PC2-PC3

Con respecto a los *loadings*, el PC1 está definido en forma mayoritaria (ver Figura 17) por la variable alrededor de 213 nm. La proximidad de este valor al máximo de 204 nm del espectro indica la presencia de esteres como ya se mencionó en el análisis de los *loadings* de los datos originales. El PC2 está determinado principalmente alrededor de las variables 211 y, en menor medida, 239 nm. Comparando con el estudio de los datos sin derivar, es interesante observar que la participación que se había apuntado del segundo componente principal se ha convertido en este nuevo estudio (datos derivados) en un factor independiente. Es decir, la sospecha que se planteaba arriba acerca de un tipo de estructuras en la composición de los mezcales cuya transición electrónica coincidía con las bandas de los ésteres, se confirma. Obsérvese también que el PC2 está muy relacionado con los hombros espectrales que se observan en la banda de 204 nm (ver Figura 17).

Por su parte, el PC3 está relacionado con las variables 267 y 303 nm (con signo contrario). Consultando la bibliografía no ha sido posible encontrar asignación química a estas bandas. La explicación más plausible que cabe hacer es suponer que hay algún tipo de relación inversa entre alguno de los compuestos orgánicos, furfural, 5-metilfurfural y 2-acetilfurano provenientes de la madera que constituye la barrica (según se indicó arriba). El hecho de que el PC3 presente una parte del pico espectral global del entorno de 283 nm con *loadings* positivos y otra parte con *loadings* negativos sugiere que cuando la concentración (señal) de un (o varios) grupo (s) funcional (es) aumenta (n), la concentración de otro (s) disminuye (n).

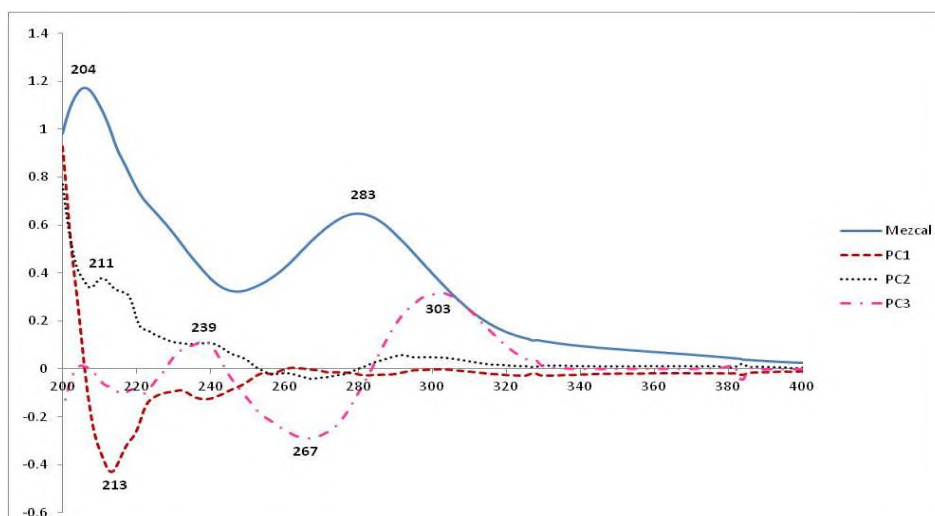


Figura 17. Gráfica de *loadings* para el conjunto de los datos de la primera derivada de los espectros de absorbancia de UV-Vis de mezcales, centrado en la media, para el intervalo (200-400 nm).

12.4. Análisis de Componentes Principales con la segunda derivada de los datos UV-Vis

La Figura 18 muestra el espectro de la segunda derivada de los espectros originales. Se puede observar que las bandas presentan las diferencias más pronunciadas en el intervalo de 190 a 220 nm. Sin embargo, los análisis de PCA y CA no fueron satisfactorios para la diferenciación de los mezcales por su clase.

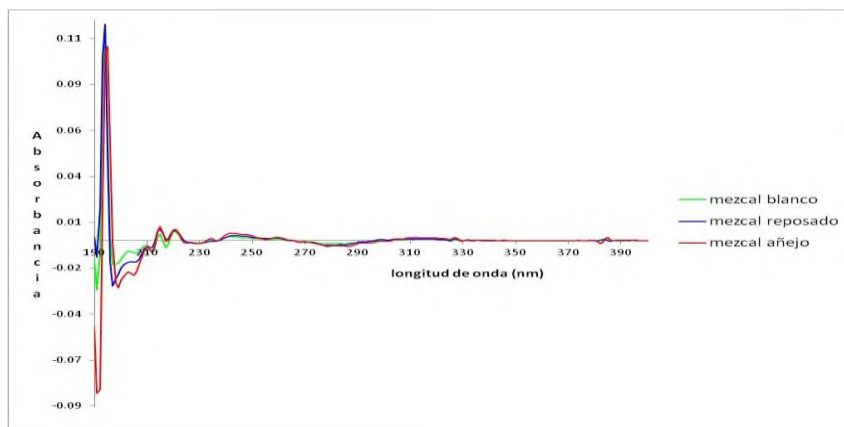


Figura 18. Segunda derivada de los espectros de UV-Vis (190-400 nm) de mezcales Blanco, Reposado y Añejo.

13. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un método analítico para la identificación y cuantificación de metanol, etanol, n-propanol, 2-metil-1-propanol y 3-metil-1-butanol por medio de Cromatografía de Gases. Las condiciones óptimas para el análisis fueron: columna capilar DB-WAX de polietilenglicol de 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno. 0.25 μm de espesor de película, la velocidad del flujo del gas acarreador (N_2) fue de 0.70 mL/min, la temperatura del inyector de 220 °C, la temperatura del detector de 300 °C, el tipo de inyección Splitless y el programa de temperatura fue de 44°C por 6 min, con una rampa de 20°C/min hasta llegar a 150°C, una segunda rampa de 70°C/min hasta llegar a 220 °C y manteniendo esta temperatura durante 3 minutos.
2. Se realizó la validación del método evaluándose los parámetros de linealidad, precisión, exactitud, repetibilidad, reproducibilidad, mismos que cumplen con los criterios establecidos por la AOAC por lo que puede utilizarse para realizar la identificación y cuantificación de alcoholes en mezcales que contengan estos analitos de forma rápida, económica y confiable.
3. La combinación de los espectros de absorbancia de UV-Vis y las técnicas quimiométricas de reconocimiento no supervisado de pautas, análisis de componentes principales y análisis cluster, permitió realizar una diferenciación entre las categorías de mezcales blancos, reposados y añejos.
4. A través del análisis de los scores de los espectros originales, se encontró un ordenamiento de los mezcales blancos y reposados de acuerdo a su tiempo de añejamiento y la variación de PC2.
5. El análisis de los loadings de los datos originales y primera derivada de los espectros UV-Vis permitió identificar las relaciones existentes entre variables y la estructura de varios que intervienen en la maduración de los mezcales.

14. BIBLIOGRAFIA:

1. Norma Oficial Mexicana. NOM-070-SCFI-1994. Bebidas alcohólicas- Mezcal-Especificaciones.
2. De León-Rodríguez A., González-Hernández L., Barba de la Rosa A.P., Escalante-Minakata P., López M.G. (2006). Characterization of volatile compounds of mezcal, an ethnic alcoholic beverage obtained from *Agave salmiana*. *J. Agric. Food. Chem.* 54, 1337.1341.
3. Kevin-Mac N., Riccardo L., Andrew S. (2005) Fast GC analysis of major volatile compounds in distilled alcoholic beverages, Optimisation of injection and chromatographic conditions. *Analytica Chem. Acta.* 542, 260-267.
4. Ruvalcaba J. *El maguey manso. Historia y presente de Epazoyucan, Hidalgo*. Universidad Autónoma de Chapingo, México, 1983. 123.
5. Real Academia Española. [en línea, disponible en http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=mezcal; internet; accesado el 10 de febrero del 2011].
6. COMERCAM, Consejo Mexicano Regulador del Mezcal [en línea, disponible en www.comercam.com ; internet; accesado el 9 de febrero de 2011].
7. Declaración general de la protección a la denominación de origen “Mezcal”. Diario Oficial de la Federación de México. D.F. 28 de Noviembre del 1994.
8. Ley de la Propiedad Industrial. Título quinto, capítulo I. Diarios Oficial de la Federación, última publicada 25 de Enero de 2006.
9. Medina V Ma. Guadalupe (2008). Cuantificación de alcoholes y aldehídos en mezcal por cromatografía de gases y microextracción en fase sólida seguido de cromatografía de gases. Tesis. Universidad Autónoma Nacional de México. 70 p.
10. Jiménez M Jesica A (2009). Identificación y cuantificación de algunos compuestos en la destilación t rectificación del mezcal obtenido de agave *Potatorum Zucc*. Tesis. Universidad Tecnológica de la Mixteca. 54 p.

11. Sánchez A (1985). Plan de Desarrollo de la Agroindustria Mezcalera en el Estado de Oaxaca. Tesis. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Oaxaca, México. 123 p.
12. Solano D (1985). Determinación químico – toxicológico de metanol y alcoholes superiores en vino. Lima, Perú. Pág. 69.
13. Cutzach I., Chatonnet P., Dubourcier D (1997). Identification of volatile compounds with a toasty aroma in heated oak used in Barrelmakin. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 45. 2217-2224.
14. Cutzach I., Chatonnet P., Dubourcier D (1999). Identifying new volatile compounds in toasted oak. Journal Agricultural and Food Chemistry. 47. 1663-1667.
15. Vera Guzmán Araceli M., Santiago García Patricia A. y López Mercedes G (2009). Compuestos volátiles aromáticos generados durante la elaboración de mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 32 (4). 273 – 279.
16. Medina Valtierra María Guadalupe. (2008). Cuantificación de alcoholes y aldehídos en Mezcal por Cromatografía de Gases y Microextracción en fase sólida seguido de Cromatografía de Gases. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. México, D.F.
17. Secretaría de Economía, **NOM-006- SCFI- 2005.**
18. Secretaría de Economía, **NOM-168-SCFI-2004.**
19. Lachenmeier W. Dirk., Sohniun Eva-Maria., Attig Rainer and López G. Mercedes. (2006). Quantification of Selected Volatile Constituents and Anions in Mexican Agave Spirits (Tequila, Mezcal, Sotol y Banacora). J. Agric. Food Chem., 54, 3911 – 3915.
20. De León-Rodríguez A., González-Hernández L., Barba de la Rosa A., Escalante-Minakata P., López M.G. (2006). Characterization of volatile compounds of mezcal, an ethnic alcoholic beverage obtained from Agave salmiana. J. Agric. Food Chem., 54, 1337-41.
21. Martínez Aguilar J.F. y Peña-Álvarez A. (2009). Characterization of Five Typical Agave Plants Used To Produce Mezcal through Their Simple Lipid

- Composition Analysis by Gas Chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 57, 1933–1939.
22. Molina Guerrero J.A., Botello Álvarez J.E., Estrada Baltazar A., Navarrete Bolaños J.L., Jiménez Islas H., Cárdenas Manríquez M. y Rico Martínez R. **(2007)**. Compuestos Volátiles en el Mezcal. *Revista Mexicana de Ingeniería Química.* 6, 41-50.
23. Cruz Ruiz E. **(2011)**. Identificación y cuantificación de los principales compuestos presentes en diferentes tipos de tequilas por cromatografía de gases capilar y técnicas Quimiométricas. Tesis. Universidad Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 103 pág.
24. Ludwig Huber. *Validation and a Qualification in Analytical Laboratories.* Informa Healthcare USA, Inc. New York, NY.
25. Renata S. da Costa, Sergio R.B. Santos, Luciano F. Almeida, Elaine C.L. Nascimento, Márcio J.C. Pontes, Ricardo A.C. Lima, Simone S. Simoes, Mario César U. Araújo. 2005. A novel strategy to verification of adulteration in alcoholic beverages base don Schlieren effect measurements and chemometric techniques. *Microchemical* 78, 27-33.
26. Gosselin R. E., Salinas M. R., Masoud T. y Alonso G. L. (1998). Wine differentiation according to color using conventional parameters and volatile components. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 363-374.
27. Barbosa-García O., Ramos-Ortiz, G., Maldonado, J. L., Pichardo-Molina, J. L., Meneses-Nava, M. A., Landgrave, J. E. A., & Cervantes-Martinez, J., (2007). UV–vis absorption spectroscopy and multivariate analysis as a method to discriminate tequila. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 66, 129-134
28. Dirk W. Lachenmeier. **2007**. Rapid quality control of spirit drinks and beer using multivariate data analysis of Fourier transform infrared spectra. *Food Chemistry* 101 825-832.
29. Contreras U., Barbosa-García O., J. L. Pichardo-Molina, Ramos-Ortiz G, Maldonado J. L, Meneses-Nava M. A, N. E. Ornelas-Soto y P. L. López-de-Alba. (2010). Screening method for identification of adulterate and fake

tequilas by using UV-VIS spectroscopy and chemometrics. Guanajuato, México.

- 30.** James M. Jane M. (2002). Estadística y Quimiometría para Química Analítica. Pearson Educación, S.A. 4a edición. España.
- 31.** Dallas J., (2000). Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Thomson editores. 1a edición, E.U.
- 32.** Chávez Torres MOnserratt. Estudio de la composición de ácidos grasos insaturados (Oleico, Linoleico y Linoléico) en aceites de Oliva extra virgen de venta en el mercado mexicano por cromatografía de gases. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- 33.** Andrade Garda J.M. Análisis Exploratorio de datos y Calibración Multivariante. Curso impartido en la FESC-Cuautitlán, UNAM 2010.

15. ANEXOS

DATOS EXPERIMENTALES

Tabla 1. Tiempos de retención promedio de los alcoholes presentes en los mezcales.

N°	Nombre del Mezcal	Metanol trp	Etanol trp	n-propanol trp	2-metil-1-propanol trp	3-metil-1-butanol trp
1	Casco Legendario	5.179	6.139	8.227	9.156	10.505
2	Don Luis	5.182	6.141	8.222	9.153	10.508
3	Don Salomón	5.147	6.110	8.230	9.155	10.504
4	El as	5.160	6.099	8.278	9.159	10.500
5	El Golpe	5.154	6.077	8.230	9.152	10.507
6	Rey Zapoteco	5.119	6.112	8.233	9.154	10.491
7	San Juan del Río	5.163	6.090	8.238	9.129	10.519
8	Agave de Cortez	5.164	6.123	8.242	9.158	10.496
9	Benesin	5.179	6.108	8.275	9.164	10.504
10	Sinaí	5.158	6.111	8.232	9.150	10.506
11	Don Salomón	5.177	6.117	8.174	9.123	10.508
12	Don Tomás	5.092	6.108	8.176	9.148	10.496
13	Don Agave	5.155	6.095	8.196	9.130	10.508
14	Don Luis	5.162	6.107	8.161	9.119	10.511
15	Don Tacho	5.173	6.107	8.219	9.141	10.497
16	El golpe	5.160	6.104	8.213	9.137	10.499
17	El rey zapoteco	5.155	6.144	8.195	9.130	10.506
18	Espina Dorada	5.192	6.137	8.178	9.127	10.512
19	Bacanda	5.185	6.124	8.188	9.131	10.497
20	Sinaí	5.188	6.116	8.155	9.117	10.511
21	El huehuete	5.179	6.122	8.175	9.125	10.515
22	San Juan del Río	5.164	6.101	8.213	9.141	10.504
23	Bacanda (Santiago Zoocchila)	5.108	6.077	8.206	9.130	10.508
24	Agave de Cortez	5.162	6.096	8.188	9.130	10.516
25	Matateco	5.151	6.083	8.215	9.143	10.500
26	Bacanda	5.181	6.125	8.206	9.141	10.514
27	Chinantla	5.163	6.111	8.253	9.151	10.510
28	Don Luis	5.167	6.104	8.202	9.142	10.507
29	Don Agave	5.190	6.132	8.208	9.137	10.511
30	Don Tacho	5.147	6.106	8.222	9.141	10.504

31	Espina Dorada	5.185	6.119	8.209	9.148	10.511
32	Pensamiento	5.149	6.101	8.219	9.138	10.500
33	Rey Zapoteco	5.137	6.113	8.216	9.143	10.499
34	Sinaí	5.186	6.129	8.214	9.141	10.515
35	Oro de Oaxaca	5.190	6.155	8.208	9.143	10.506
36	Don Agave	5.180	6.138	8.251	9.153	10.509
37	Don Luis	5.175	6.107	8.255	9.143	10.509
38	Don Salomón	5.160	6.087	8.255	9.141	10.515
39	El embajador de Oaxaca	5.167	6.091	8.224	9.134	10.507
40	El Famoso	5.171	6.076	8.221	9.146	10.505
41	El golpe	5.163	6.097	8.213	9.139	10.502
42	El rey zapoteco	5.134	6.104	8.237	9.149	10.496
43	Espina Dorada	5.159	6.091	8.243	9.151	10.508
44	La reliquia	5.178	6.111	8.212	9.141	10.515
45	Las Lomas	5.178	6.100	8.201	9.135	10.506
46	Pensamiento	5.160	6.090	8.216	9.149	10.505
47	Sinaí	5.159	6.082	8.225	9.147	10.502
48	Chinantla	5.243	6.078	8.230	9.150	10.512
49	El cortijo	5.142	6.099	8.211	9.148	10.509
50	Sinaí	5.162	6.100	8.225	9.150	10.498
51	Chagoya	5.103	6.115	8.260	9.156	10.492
52	Don Tacho	5.133	6.089	8.242	9.153	10.496
53	Pensamiento	5.147	6.065	8.259	9.155	10.493
54	El rey zapoteco	5.170	6.121	8.235	9.152	10.501
55	Angel Nieto	5.175	6.140	8.197	9.148	10.487
56	Sinaí	5.179	6.079	8.220	9.147	10.510
57	Productores de maguey y mezcal de San Dionisio Ocotepc S.C. de R.L.	5.155	6.084	8.276	9.157	10.498
58	Benevá S.A. de C.V.	5.180	6.096	8.230	9.149	10.501
59	Casa Armando Guillermo Prieto	5.149	6.090	8.250	9.156	10.496
60	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.	5.171	6.105	8.255	9.153	10.506
61	Tóbala S.A. de C.V.	5.152	6.104	8.249	9.156	10.506
62	Cosme Hernández	5.146	6.035	8.266	9.156	10.499
63	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	5.171	6.093	8.268	9.153	10.505
64	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.	5.153	6.092	8.257	9.157	10.491

65	Del maguey single Village Mezcal S.A. de C.V.	5.146	6.083	8.252	9.157	10.487
66	Zósimo Méndez Sernas	5.373	6.115	8.265	9.165	10.488
67	Compañía Bronco Matateco S.A de C.V.	5.154	6.067	8.247	9.153	10.495
68	Ausencio León Ruiz y Sucesores	5.158	6.099	8.271	9.158	10.505
69	Ausencio León Ruiz y Sucesores	5.147	6.083	8.247	9.158	10.498
70	Scorpión Mezcal	5.144	6.070	8.286	9.163	10.494
71	Compañía de Mezcal Reunión S.A de C.V.	5.070	6.066	8.310	9.171	10.496
72	Destilería los Danzantes	5.144	6.098	8.311	9.161	10.492
73	Mezcal del Amigo	5.155	6.091	8.277	9.163	10.501
74	Bugarin Exportaciones	5.164	6.093	8.244	9.155	10.504
75	Bugarin Exportaciones	5.143	6.069	8.278	9.161	10.505
76	Destilería Tlacolula S. de R.L. de MI.	5.149	6.076	8.233	9.151	10.506
77	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	5.159	6.074	8.243	9.156	10.502
78	Licores Veracruz Producidos en Santiago Matatlán	5.159	6.087	8.254	9.160	10.508
79	Destilería los danzantes	5.167	6.096	8.270	9.156	10.498
80	Scorpión Mezcal	5.123	6.016	8.232	9.154	10.498
81	Scorpión Mezcal	5.178	6.119	8.247	9.158	10.502
82	Compañía de Mezcal Reunión	5.131	6.118	8.312	9.167	10.502
83	Licores Veracruzanos producidos en Santiago Matatlán	5.176	6.107	8.247	9.160	10.500

Tabla 2. Valores de las áreas para la curva de calibración metanol (E.I.=1-pentanol)

Sistema	Nombre	A1	A2	A3	A1/A E.I.1	A2/A E.I.2	A3/ E.I.3	Promedio
1	Metanol	6.5	5.17	11.6	0.0602	0.0472	0.0882	0.0652
	E.I.	108	109.6	131.5				
2	Metanol	12.3	13.1	11.6	0.1022	0.1085	0.1012	0.1040
	E.I.	120.3	120.7	114.6				
3	Metanol	15.3	14.9	15.8	0.1258	0.1248	0.1288	0.1265
	E.I.	121.6	119.4	122.7				
4	Metanol	27.8	28.2	28	0.2321	0.2406	0.2351	0.2359
	E.I.	119.8	117.2	119.1				
5	Metanol	37.4	35.6	37.2	0.2968	0.2977	0.3072	0.3006
	E.I.	126	119.6	121.1				
6	Metanol	43.6	44.2	41.9	0.3752	0.3727	0.3669	0.3716
	E.I.	116.2	118.6	114.2				
7	Metanol	53.4	52.8	52.5	0.4576	0.4567	0.4768	0.4637
	E.I.	116.7	115.6	110.1				

Tabla 3. Valores de las áreas para la curva de calibración etanol (E.I.=1-pentanol)

Sistema	Nombre	A1	A2	A3	A1/A E.I.1	A2/A E.I.2	A3/ E.I.3	Promedio
1	Etanol	1524.1	1650.9	1428.5	0.5089	0.4988	0.4941	0.5006
	E.I.	2994.6	3309.8	2891.3				
2	Etanol	2979.7	3073.2	2670.7	1.1827	1.1764	1.1858	1.1816
	E.I.	2519.5	2612.3	2252.3				
3	Etanol	4593.5	4475.1	4593.8	1.5620	1.5668	1.5641	1.5643
	E.I.	2940.7	2856.2	2937.1				
4	Etanol	5886.7	5972.6	5991.6	1.9693	1.9633	1.9521	1.9615
	E.I.	2989.3	3042.2	3069.3				
5	Etanol	7765.8	7453.4	7512.4	2.6267	2.6509	2.6504	2.6427
	E.I.	2956.5	2811.6	2834.4				
6	Etanol	8812.2	9006.7	8733.2	3.0813	3.0822	3.0923	3.0852
	E.I.	2859.9	2922.2	2824.2				
7	Etanol	10272.7	9934.8	10368.9	3.5439	3.5572	3.5188	3.5400
	E.I.	2898.7	2792.9	2946.7				
8	Etanol	11423.6	12240	11936.7	3.9888	3.9906	3.9906	3.9900
	E.I.	2863.9	3067.2	2991.2				
9	Etanol	13244.3	12885.6	12973.3	4.5949	4.6139	4.4027	4.5371
	E.I.	2882.4	2792.8	2946.7				

Tabla 4. Valores de las áreas para la curva de calibración n-propanol (E.I.=1-pentanol)

Sistema	Nombre	A1	A2	A3	A1/A E.I.1	A2/A E.I.2	A3/ E.I.3	Promedio
1	Propanol	97.9	102.5	95.7	0.1390	0.1354	0.1363	0.1369
	E.I.	704.4	756.9	701.9				
2	Propanol	158.9	111.2	143.3	0.1752	0.1473	0.1805	0.1677
	E.I.	907	754.7	793.7				
3	Propanol	139.9	120.7	140.5	0.2483	0.2048	0.2396	0.2309
	E.I.	563.4	589.4	586.3				
4	Propanol	154.1	160.5	160.9	0.2846	0.2847	0.2898	0.2864
	E.I.	541.5	563.8	555.2				
5	Propanol	189.8	162.5	167.2	0.3419	0.3395	0.3403	0.3406
	E.I.	555.2	478.6	491.3				
6	Propanol	189.3	216.4	215.7	0.3664	0.3616	0.3802	0.3694
	E.I.	516.6	598.4	567.4				

Tabla 5. Valores de las áreas para la curva de calibración 2-metil-1-propanol (E.I.=1-propanol)

Sistema	Nombre	A1	A2	A3	A1/A E.I.1	A2/A E.I.2	A3/ E.I.3	Promedio
1	2-metil-1-propanol	116	123.6	115.2	0.1647	0.1633	0.1641	0.1640
	E.I.	704.4	756.9	701.9				
2	2-metil-1-propanol	224.8	180.4	194.3	0.2479	0.2390	0.2448	0.2439
	E.I.	907	754.7	793.7				
3	2-metil-1-propanol	207.9	207.6	210.9	0.3690	0.3522	0.3597	0.3603
	E.I.	563.4	589.4	586.3				
4	2-metil-1-propanol	250.3	269.5	258.6	0.4622	0.4780	0.4658	0.4687
	E.I.	541.5	563.8	555.2				
5	2-metil-1-propanol	317.4	280.5	290.6	0.5717	0.5861	0.5915	0.5831
	E.I.	555.2	478.6	491.3				
6	2-metil-1-propanol	354.1	414.6	398.4	0.6854	0.6928	0.7022	0.6935
	E.I.	516.6	598.4	567.4				

Tabla 6. Valores de las áreas para la curva de calibración 3-metil-1-butanol (E.I.=1-pentanol)

Sistema	Nombre	A1	A2	A3	A1/A E.I.1	A2/A E.I.2	A3/ E.I.3	Promedio	uL utilizados
1	3-metil-butanol	87.8	97.5	92.7	0.1246	0.1288	0.1321	0.1285	20
	E.I.	704.4	756.9	701.9					
2	3-metil-butanol	217.5	169.6	157.4	0.2398	0.2247	0.2459	0.2368	70
	E.I.	907	754.7	640.1					
3	3-metil-butanol	279.4	290.6	280.7	0.4959	0.4930	0.4788	0.4892	120
	E.I.	563.4	589.4	586.3					
4	3-metil-butanol	380.4	397.4	385.4	0.7025	0.7049	0.6942	0.7005	170
	E.I.	541.5	563.8	555.2					
5	3-metil-butanol	471.8	410.4	420.4	0.8498	0.8575	0.8557	0.8543	220
	E.I.	555.2	478.6	491.3					
6	3-metil-butanol	546.1	632.7	600.7	1.0571	1.0573	1.0587	1.0577	270
	E.I.	516.6	598.4	567.4					
7	3-metil-butanol	932.1	907.9	1020.6	1.1286	1.1377	1.1296	1.1320	320
	E.I.	825.9	798	903.5					
8	3-metil-butanol	1233	1234.8	1134.7	1.3986	1.4224	1.4101	1.4104	380
	E.I.	881.6	868.1	804.7					

Tabla 7. Valores de áreas de etanol en las muestras de mezcal (E.I.=1-pentanol)

N°	Nombre del mezcal	Alcohol	A1	A2	A3	A1/E.I.1	A2/E.I.2	A3/E.I.3	Promedio
1	Casco Legendario	Etanol	7518.10	7798.70	7950.20	2.57	2.57	2.57	2.57
		E.I.	2926.70	3039.80	3088.60				
2	Don Luis	Etanol	8189.20	8065.50	8120.30	2.83	2.81	2.80	2.82
		E.I.	2890.10	2865.40	2897.20				
3	Don Salomón	Etanol	9012.80	8562.00	8427.00	3.13	3.13	3.12	3.13
		E.I.	2876.50	2735.60	2698.80				
4	El as	Etanol	9877.20	10745.60	10499.40	3.40	3.39	3.41	3.40
		E.I.	2906.70	3167.50	3080.70				
5	El Golpe	Etanol	9206.00	9101.00	9022.80	2.89	2.95	2.97	2.94
		E.I.	3180.30	3081.00	3035.00				
6	Rey Zapoteco	Etanol	10505.90	10430.60	11561.70	3.60	3.59	3.58	3.59
		E.I.	2916.00	2904.00	3230.00				
7	San Juan del Río	Etanol	9677.40	10546.40	9956.20	3.41	3.41	3.41	3.41
		E.I.	2840.00	3092.00	2923.00				
8	Agave de Cortez	Etanol	8701.30	9261.80	9381.00	3.13	3.13	3.12	3.13
		E.I.	2776.00	2960.00	3003.00				
9	Benesin	Etanol	9141.80	8761.60	9175.90	3.14	2.96	3.11	3.07
		E.I.	2916.00	2960.00	2954.00				
10	Sinaí	Etanol	7694.20	8501.30	9175.90	2.98	2.97	3.11	3.02
		E.I.	2582.30	2860.40	2954.00				
11	Don Salomón	Etanol	9129.30	8945.80	8365.70	2.84	2.75	2.74	2.78
		E.I.	3216.10	3255.60	3051.50				
12	Don Tomás	Etanol	10490.20	10481.40	9380.10	3.40	3.39	3.40	3.40
		E.I.	3088.20	3087.50	2761.30				
13	Don Agave	Etanol	8702.70	8437.30	8933.30	3.08	3.08	3.07	3.08
		E.I.	2828.10	2738.00	2907.70				
14	Don Luis	Etanol	8723.60	8185.40	8394.40	3.01	3.02	3.02	3.02

		E.I.	2897.70	2711.10	2777.80				
15	Don Tacho	Etanol	11986.50	10731.90	12117.40	3.97	3.99	3.99	3.98
		E.I.	3018.30	2689.90	3036.50				
16	El golpe	Etanol	11669.80	10193.70	11334.90	3.89	3.87	3.88	3.88
		E.I.	3003.70	2634.90	2923.50				
17	El rey zapoteco	Etanol	9279.60	9764.80	9784.80	3.53	3.53	3.53	3.53
		E.I.	2632.20	2769.20	2773.40				
18	Espiná Dorada	Etanol	8075.10	7757.30	8141.30	2.81	2.81	2.82	2.81
		E.I.	2870.50	2765.30	2890.50				
19	Bancanda	Etanol	7957.00	7964.40	8056.00	3.09	3.09	3.11	3.10
		E.I.	2574.40	2579.40	2592.80				
20	Sinaí	Etanol	7809.00	7813.50	7702.10	2.90	2.90	2.88	2.89
		E.I.	2690.90	2698.00	2674.10				
21	El huehuete	Etanol	8778.00	8190.30	8446.40	3.37	3.28	3.32	3.32
		E.I.	2602.60	2496.70	2544.30				
22	San Juan del Río	Etanol	8995.30	8713.00	8488.90	3.40	3.37	3.33	3.37
		E.I.	2645.40	2585.30	2545.70				
23	Bacanda (Santiago Zochila)	Etanol	8805.90	8839.90	9235.80	3.40	3.47	3.46	3.44
		E.I.	2592.30	2544.60	2667.50				
24	Agave de Cortez	Etanol	8606.70	8858.20	8799.30	3.48	3.53	3.52	3.51
		E.I.	2470.40	2509.50	2502.50				
25	Matateco	Etanol	11047.20	10759.00	9997.20	3.70	3.71	3.74	3.72
		E.I.	2987.50	2900.00	2670.40				
26	Bacanda	Etanol	7084.50	8507.30	8446.50	2.77	2.78	2.78	2.78
		E.I.	2556.40	3058.50	3043.70				
27	Chinantla	Etanol	8250.00	8239.90	7671.30	2.77	2.78	2.77	2.77
		E.I.	2975.10	2966.40	2768.50				
28	Don Luis	Etanol	8391.10	7873.70	8119.70	2.79	2.79	2.80	2.79
		E.I.	3008.30	2822.60	2902.90				
29	Don Agave	Etanol	6967.20	7994.90	7647.60	2.70	2.70	2.71	2.70

		E.I.	2584.20	2958.70	2827.10				
30	Don Tacho	Etanol	8158.30	8731.70	8170.00	2.90	2.91	2.92	2.91
		E.I.	2814.90	3003.90	2800.40				
31	Espina Dorada	Etanol	9095.50	8821.10	8545.10	2.93	2.92	2.92	2.93
		E.I.	3100.70	3021.10	2924.10				
32	Pensamiento	Etanol	10170.30	10532.30	10575.30	4.17	4.16	4.15	4.16
		E.I.	2437.70	2530.90	2549.10				
33	Rey Zapoteco	Etanol	10513.90	9909.90	11123.90	4.18	4.18	4.16	4.17
		E.I.	2517.80	2370.50	2672.60				
34	Sinai	Etanol	7555.40	7386.40	7737.60	3.24	3.24	3.24	3.24
		E.I.	2331.50	2280.50	2390.40				
35	Oro de Oaxaca	Etanol	8683.30	8242.40	8075.10	3.62	3.63	3.63	3.63
		E.I.	2398.10	2273.40	2225.40				
36	Don Agave	Etanol	8161.80	8089.30	8095.80	3.49	3.49	3.48	3.49
		E.I.	2336.90	2315.80	2324.20				
37	Don Luis	Etanol	8445.90	8907.10	8632.70	3.50	3.68	3.67	3.62
		E.I.	2415.40	2420.40	2351.40				
38	Don Salomón	Etanol	8171.10	7660.60	8117.90	3.50	3.51	3.50	3.51
		E.I.	2333.80	2180.20	2316.50				
39	El embajador de Oaxaca	Etanol	7573.10	8013.30	7284.70	2.59	2.58	2.59	2.59
		E.I.	2928.50	3102.10	2814.90				
40	El Famoso	Etanol	9031.70	8776.50	7880.50	2.70	2.71	2.71	2.71
		E.I.	3346.90	3237.60	2909.20				
41	El golpe	Etanol	8417.50	8680.90	8194.90	2.81	2.81	2.81	2.81
		E.I.	2997.90	3089.80	2916.10				
42	El rey zapoteco	Etanol	10640.10	10773.60	10940.70	3.48	3.47	3.47	3.47
		E.I.	3060.40	3105.60	3151.30				
43	Espina Dorada	Etanol	9102.60	8867.10	8711.10	2.75	2.84	2.84	2.81
		E.I.	3312.80	3127.00	3062.60				
44	La reliquia	Etanol	7955.70	8091.90	8415.60	2.61	2.61	2.78	2.67

		E.I.	3046.10	3095.00	3026.30				
45	Las Lomas	Etanol	10152.20	10907.00	10816.40	3.40	3.38	3.39	3.39
		E.I.	2983.00	3225.90	3186.40				
46	Pensamiento	Etanol	9643.60	9075.60	9070.30	3.13	3.19	3.21	3.17
		E.I.	3084.00	2848.00	2828.00				
47	Sinaí	Etanol	8896.10	8311.00	9130.70	3.22	3.24	3.25	3.24
		E.I.	2761.60	2563.20	2812.60				
48	Chinantla	Etanol	8838.40	8607.50	8550.10	3.31	3.33	3.33	3.33
		E.I.	2671.70	2581.00	2565.20				
49	El cortijo	Etanol	8091.00	7973.40	7806.60	2.92	2.90	2.90	2.91
		E.I.	2771.10	2750.60	2690.60				
50	Sinaí	Etanol	8947.30	8513.00	7911.30	3.12	3.12	3.12	3.12
		E.I.	2867.50	2728.60	2534.90				
51	Chagoya	Etanol	10538.60	10734.90	10667.30	3.78	3.78	3.78	3.78
		E.I.	2786.90	2842.30	2823.50				
52	Don Tacho	Etanol	9243.00	8918.20	8950.50	3.10	3.10	3.10	3.10
		E.I.	2978.00	2873.70	2886.10				
53	Pensamiento	Etanol	10960.70	11705.80	11745.40	3.97	3.95	3.96	3.96
		E.I.	2759.00	2963.90	2968.20				
54	El rey zapoteco	Etanol	11002.40	10423.70	10584.30	3.50	3.49	3.50	3.50
		E.I.	3147.70	2986.10	3022.10				
55	Angel Nieto	Etanol	10986.4						
		E.I.	2980.3						
56	Sinaí	Etanol	8780.30	8888.00	8603.20	2.90	2.88	2.90	2.89
		E.I.	3028.00	3082.00	2967.00				
57	Productores de maguey y mezcal de San Dionisio Ocotepc S.C. de R.L.	Etanol	9753.10	9006.40	9867.10	3.17	3.16	3.16	3.16
		E.I.	3080.70	2847.30	3124.30				
58	Benevá S.A. de C.V.	Etanol	10985.90	11066.40	10600.10	4.20	4.18	4.18	4.19
		E.I.	2613.20	2644.70	2535.00				
59	Casa Armando Guillermo Prieto	Etanol	10866.00	10302.10	9726.30	4.12	4.12	4.12	4.12

		E.I.	2636.80	2498.30	2360.80				
60	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.	Etanol	9115.30	8495.80	9539.60	3.65	3.66	3.65	3.65
		E.I.	2498.30	2322.70	2613.10				
61	Tóbala S.A. de C.V.	Etanol	8575.80	8765.90	9639.10	3.52	3.52	3.51	3.52
		E.I.	2438.90	2491.80	2743.10				
62	Cosme Hernández	Etanol	9852.70	10408.30	10832.60	3.95	3.91	3.91	3.93
		E.I.	2491.30	2662.80	2767.90				
63	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	Etanol	10113.70	10710.90	10389.70	4.06	4.05	4.04	4.05
		E.I.	2491.30	2643.10	2568.80				
64	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.	Etanol	12407.70	11558.70	11559.43	4.51	4.52	4.54	4.52
		E.I.	2750.70	2559.30	2545.67				
65	Del maguey single Village Mezcal S.A. de C.V.	Etanol	11827.80	12075.10	12133.70	3.79	3.79	3.79	3.79
		E.I.	3118.60	3188.70	3203.40				
66	Zósimo Méndez Sernas	Etanol	10184.70	10535.00	11000.20	3.44	3.44	3.44	3.44
		E.I.	2960.00	3066.70	3193.70				
67	Compañía Bronco Matateco S.A de C.V.	Etanol	9062.10	9732.30	9820.60	2.87	2.86	2.87	2.87
		E.I.	3154.70	3398.90	3423.10				
68	Ausencio León Ruiz y Sucesores	Etanol	8241.60	8206.10	8130.80	3.17	3.16	3.16	3.16
		E.I.	2602.40	2597.40	2569.00				
69	Ausencio León Ruiz y Sucesores	Etanol	9245.10	9373.00	9447.20	4.43	4.44	4.44	4.44
		E.I.	2084.90	2108.70	2128.60				
70	Scorpión Mezcal	Etanol	10972.60	10429.30	8637.50	4.49	4.48	4.51	4.49
		E.I.	2446.30	2326.00	1916.90				
71	Compañía de Mezcal Reunión S.A de C.V.	Etanol	9623.00	10123.90	9477.60	3.36	3.39	3.40	3.38
		E.I.	2865.40	2986.50	2786.40				
72	Destilería los Danzantes	Etanol	9801.60	9068.00	9596.50	3.09	3.07	3.08	3.08
		E.I.	3174.30	2949.80	3111.20				
73	Mezcal del Amigo	Etanol	9771.40	10949.50	10130.70	3.12	3.13	3.13	3.13
		E.I.	3128.90	3502.30	3232.00				
74	Bugarin Exportaciones	Etanol	8920.60	8678.00	9024.00	2.80	2.79	2.80	2.80

		E.I.	3181.00	3115.40	3228.30				
75	Bugarin Exportaciones	Etanol	9488.10	8587.30	9642.20	2.82	2.83	2.83	2.83
		E.I.	3358.90	3033.20	3405.30				
76	Destilería Tlacolula S. de R.L. de Ml.	Etanol	10512.50	9694.20	9022.50	2.87	2.89	2.89	2.88
		E.I.	3663.10	3356.60	3117.40				
77	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	Etanol	8463.00	8151.70	9217.30	2.92	2.92	2.91	2.92
		E.I.	2896.40	2789.80	3163.30				
78	Licores Veracruz Producidos en Santiago Matatlán	Etanol	8025.70	8130.70	8728.60	3.23	3.25	3.25	3.24
		E.I.	2481.60	2500.00	2689.20				
79	Destilería los danzantes	Etanol	9511.20	9401.00	9027.90	3.78	3.79	3.80	3.79
		E.I.	2516.30	2480.50	2377.00				
80	Scorpión Mezcal	Etanol	9158.50	8939.20	10135.10	3.39	3.39	3.39	3.39
		E.I.	2700.40	2634.40	2991.30				
81	Scorpión Mezcal	Etanol	8832.90	8250.50	7839.20	3.34	3.32	3.34	3.33
		E.I.	2641.40	2481.70	2349.90				
82	Compañía de Mezcal Reunión	Etanol	8893.70	9227.20	9784.50	3.78	3.77	3.78	3.78
		E.I.	2352.10	2447.00	2591.00				
83	Licores Veracruzanos producidos en Santiago Matatlán	Etanol	9312.30	9173.50	8758.30	3.39	3.38	3.39	3.39
		E.I.	2747.80	2711.20	2584.80				

Tabla 8. Valores de concentración de etanol

N°	Nombre del mezcal	Area 1	Area 2	Area 3	Conc. dil. 1	Conc. dil. 2	Conc. dil. 3	Conc. real 1.	Conc. real 2.	Conc. real 13	Promedio	desv.	c.v.
1	Casco legendario	2.57	2.57	2.57	1.21	1.21	1.21	30.17	30.17	30.17	30.17	0.00	0.000
2	Don Luis	2.83	2.81	2.8	1.33	1.32	1.32	33.33	33.08	32.96	33.13	0.19	0.069
3	Don Salomón	3.13	3.13	3.12	1.48	1.48	1.47	36.97	36.97	36.85	36.93	0.07	0.010
4	El As	3.4	3.39	3.41	1.61	1.61	1.61	40.25	40.13	40.37	40.25	0.12	0.029
5	El Golpe	2.89	2.95	2.97	1.36	1.39	1.40	34.06	34.78	35.03	34.62	0.51	0.511
6	El Rey Zapoteco	3.6	3.59	3.58	1.71	1.70	1.70	42.68	42.56	42.43	42.56	0.12	0.029
7	San Juan del Río	3.41	3.41	3.41	1.61	1.61	1.61	40.37	40.37	40.37	40.37	0.00	0.000
8	Agave de Cortez	3.13	3.13	3.12	1.48	1.48	1.47	36.97	36.97	36.85	36.93	0.07	0.010
9	Benesín	3.14	2.96	3.12	1.48	1.40	1.47	37.09	34.91	36.85	36.28	1.20	2.870
10	Sinaí	2.98	2.97	3.11	1.41	1.40	1.47	35.15	35.03	36.73	35.63	0.95	1.799
11	Don Salomón	2.84	2.75	2.74	1.34	1.29	1.29	33.45	32.36	32.23	32.68	0.67	0.895
12	Don Tomás	3.4	3.39	3.4	1.61	1.61	1.61	40.25	40.13	40.25	40.21	0.07	0.010
13	Don Agave	3.08	3.07	3.08	1.45	1.45	1.45	36.36	36.24	36.36	36.32	0.07	0.010
14	Don Luis	3.01	3.02	3.02	1.42	1.43	1.43	35.51	35.63	35.63	35.59	0.07	0.010
15	Don Tacho	3.97	3.99	3.99	1.89	1.90	1.90	47.17	47.41	47.41	47.33	0.14	0.039
16	El Golpe	3.89	3.87	3.88	1.85	1.84	1.84	46.20	45.96	46.08	46.08	0.12	0.029
17	El Rey Zapoteco	3.53	3.53	3.53	1.67	1.67	1.67	41.83	41.83	41.83	41.83	0.00	0.000
18	Espina Dorada	2.81	2.81	2.82	1.32	1.32	1.33	33.08	33.08	33.21	33.13	0.07	0.010
19	Bacanda	3.09	3.09	3.11	1.46	1.46	1.47	36.48	36.48	36.73	36.57	0.14	0.039
20	Sinaí	2.9	2.9	2.88	1.37	1.37	1.36	34.18	34.18	33.93	34.10	0.14	0.039
21	El Huehuete	3.37	3.28	3.32	1.60	1.55	1.57	39.88	38.79	39.28	39.32	0.55	0.600
22	San Juan del Río	3.4	3.37	3.33	1.61	1.60	1.58	40.25	39.88	39.40	39.84	0.43	0.364
23	Bacanda (Santiago Zochila)	3.4	3.47	3.46	1.61	1.64	1.64	40.25	41.10	40.98	40.78	0.46	0.423
24	Agave de Cortez	3.48	3.53	3.52	1.65	1.67	1.67	41.22	41.83	41.71	41.58	0.32	0.206
25	Matateco	3.7	3.71	3.74	1.76	1.76	1.78	43.89	44.01	44.38	44.09	0.25	0.128
26	Bacanda	2.77	2.78	2.78	1.30	1.31	1.31	32.60	32.72	32.72	32.68	0.07	0.010
27	Chinantla	2.77	2.78	2.77	1.30	1.31	1.30	32.60	32.72	32.60	32.64	0.07	0.010

28	Don Luis	2.79	2.79	2.8	1.31	1.31	1.32	32.84	32.84	32.96	32.88	0.07	0.010
29	Don Agave	2.7	2.7	2.71	1.27	1.27	1.27	31.75	31.75	31.87	31.79	0.07	0.010
30	Don Tacho	2.9	2.91	2.92	1.37	1.37	1.38	34.18	34.30	34.42	34.30	0.12	0.029
31	Espina Dorada	2.93	2.92	2.92	1.38	1.38	1.38	34.54	34.42	34.42	34.46	0.07	0.010
32	Pensamiento	4.17	4.16	4.15	1.98	1.98	1.97	49.60	49.48	49.36	49.48	0.12	0.029
33	El Rey Zapoteco	4.18	4.18	4.16	1.99	1.99	1.98	49.72	49.72	49.48	49.64	0.14	0.039
34	Sinaí	3.24	3.24	3.24	1.53	1.53	1.53	38.31	38.31	38.31	38.31	0.00	0.000
35	Oro de Oaxaca	3.62	3.63	3.63	1.72	1.72	1.72	42.92	43.04	43.04	43.00	0.07	0.010
36	Don Agave	3.49	3.49	3.48	1.65	1.65	1.65	41.34	41.34	41.22	41.30	0.07	0.010
37	Don Luis	3.5	3.68	3.67	1.66	1.75	1.74	41.46	43.65	43.53	42.88	1.23	3.018
38	Don Salomón	3.5	3.51	3.5	1.66	1.66	1.66	41.46	41.58	41.46	41.50	0.07	0.010
39	El embajador de Oaxaca	2.59	2.58	2.59	1.22	1.21	1.22	30.41	30.29	30.41	30.37	0.07	0.010
40	El Famoso	2.7	2.71	2.71	1.27	1.27	1.27	31.75	31.87	31.87	31.83	0.07	0.010
41	El Golpe	2.81	2.81	2.81	1.32	1.32	1.32	33.08	33.08	33.08	33.08	0.00	0.000
42	El Rey Zapoteco	3.48	3.47	3.47	1.65	1.64	1.64	41.22	41.10	41.10	41.14	0.07	0.010
43	Espina Dorada	2.75	2.84	2.84	1.29	1.34	1.34	32.36	33.45	33.45	33.08	0.63	0.796
44	La Reliquia	2.61	2.61	2.78	1.23	1.23	1.31	30.66	30.66	32.72	31.34	1.19	2.841
45	Las Lomas	3.4	3.38	3.39	1.61	1.60	1.61	40.25	40.01	40.13	40.13	0.12	0.029
46	Pensamiento	3.13	3.19	3.21	1.48	1.51	1.52	36.97	37.70	37.94	37.54	0.51	0.511
47	Sinaí	3.22	3.24	3.25	1.52	1.53	1.54	38.06	38.31	38.43	38.27	0.19	0.069
48	Chinantla	3.31	3.33	3.33	1.57	1.58	1.58	39.16	39.40	39.40	39.32	0.14	0.039
49	El cortijo	2.92	2.9	2.9	1.38	1.37	1.37	34.42	34.18	34.18	34.26	0.14	0.039
50	Sinaí	3.12	3.12	3.12	1.47	1.47	1.47	36.85	36.85	36.85	36.85	0.00	0.000
51	Chagoya	3.78	3.78	3.78	1.79	1.79	1.79	44.86	44.86	44.86	44.86	0.00	0.000
52	Don Tacho	3.1	3.1	3.1	1.46	1.46	1.46	36.61	36.61	36.61	36.61	0.00	0.000
53	Pensamiento	3.97	3.95	3.96	1.89	1.88	1.88	47.17	46.93	47.05	47.05	0.12	0.029
54	El Rey Zapoteco	3.5	3.49	3.5	1.66	1.65	1.66	41.46	41.34	41.46	41.42	0.07	0.010
55	Mezcal Angel Nieto	3.5	3.52	3.49	1.66	1.67	1.65	41.46	41.71	41.34	41.50	0.19	0.069
56	Sinaí	2.9	2.88	2.9	1.37	1.36	1.37	34.18	33.93	34.18	34.10	0.14	0.039

57	Productores de maguey y mezcal de San Dionisio	3.17	3.16	3.16	1.50	1.49	1.49	37.46	37.33	37.33	37.38	0.07	0.010
58	Benevá S.A. de C.V.	4.2	4.18	4.19	2.00	1.99	1.99	49.96	49.72	49.84	49.84	0.12	0.029
59	Casa Armando Guillermo Prieto	4.12	4.12	4.12	1.96	1.96	1.96	48.99	48.99	48.99	48.99	0.00	0.000
60	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.	3.65	3.66	3.65	1.73	1.74	1.73	43.28	43.41	43.28	43.33	0.07	0.010
61	Tobalá S.A. de C.V.	3.52	3.52	3.51	1.67	1.67	1.66	41.71	41.71	41.58	41.67	0.07	0.010
62	Cosme Hernández	3.95	3.91	3.91	1.88	1.86	1.86	46.93	46.44	46.44	46.60	0.28	0.157
63	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	4.06	4.05	4.04	1.93	1.93	1.92	48.26	48.14	48.02	48.14	0.12	0.029
64	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.	4.51	4.52	4.54	2.15	2.15	2.16	53.73	53.85	54.09	53.89	0.19	0.069
65	Del maguey single Village Mezcal S.A. de C.V.	3.79	3.79	3.79	1.80	1.80	1.80	44.98	44.98	44.98	44.98	0.00	0.000
66	Zósimo Méndez Sernas	3.44	3.44	3.44	1.63	1.63	1.63	40.73	40.73	40.73	40.73	0.00	0.000
67	Compaa Bronco Matatec S.A. de C.V.	2.87	2.86	2.87	1.35	1.35	1.35	33.81	33.69	33.81	33.77	0.07	0.010
68	Ausencia León Ruiz y Sucesores (1)	3.17	3.16	3.16	1.50	1.49	1.49	37.46	37.33	37.33	37.38	0.07	0.010
69	Ausencia León Ruiz y Sucesores (2)	4.43	4.44	4.44	2.11	2.12	2.12	52.76	52.88	52.88	52.84	0.07	0.010
70	Scorpión Mezcal	4.49	4.48	4.51	2.14	2.13	2.15	53.49	53.36	53.73	53.53	0.19	0.069
71	Compaa de Mezcal Reunión S.A. de C.V.	3.36	3.39	3.4	1.59	1.61	1.61	39.76	40.13	40.25	40.05	0.25	0.128
72	Destilería los Danzantes	3.09	3.07	3.08	1.46	1.45	1.45	36.48	36.24	36.36	36.36	0.12	0.029
73	Mezcal del Amigo	3.12	3.13	3.13	1.47	1.48	1.48	36.85	36.97	36.97	36.93	0.07	0.010
74	Bugarin Exportaciones (1)	2.8	2.79	2.8	1.32	1.31	1.32	32.96	32.84	32.96	32.92	0.07	0.010
75	Bugarin Exportaciones (2)	2.82	2.83	2.83	1.33	1.33	1.33	33.21	33.33	33.33	33.29	0.07	0.010

76	Destilería Tlacolula S. de R.L. de M.I.	2.87	2.89	2.89	1.35	1.36	1.36	33.81	34.06	34.06	33.98	0.14	0.039
77	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	2.92	2.92	2.91	1.38	1.38	1.37	34.42	34.42	34.30	34.38	0.07	0.010
78	Licores Veracruz producidos en Santiago Matatlan	3.23	3.25	3.25	1.53	1.54	1.54	38.18	38.43	38.43	38.35	0.14	0.039
79	Destilería los Danzantes	3.78	3.79	3.8	1.79	1.80	1.80	44.86	44.98	45.11	44.98	0.12	0.029
80	Scorpión Mezcal	3.39	3.39	3.39	1.61	1.61	1.61	40.13	40.13	40.13	40.13	0.00	0.000
81	Scorpión Mezcal	3.34	3.32	3.34	1.58	1.57	1.58	39.52	39.28	39.52	39.44	0.14	0.039
82	Compañía del Mezcal Reunión	3.78	3.77	3.78	1.79	1.79	1.79	44.86	44.74	44.86	44.82	0.07	0.010
83	Licores Veracruz producidos en Santiago Matatlan	3.39	3.38	3.39	1.61	1.60	1.61	40.13	40.01	40.13	40.09	0.07	0.010

Todas las concentraciones estan expresadas en % v/v

Tabla 8. Valores de áreas de metanol en muestras de mezcales (E.I.=1-pentanol)

N°	Nombre del mezcal	Alcohol	A1	A2	A3	A1/E.I.1	A2/E.I.2	A3/E.I.3	Promedio
1	Casco Legendario	Metanol	10.00	10.40	10.60	0.07	0.07	0.07	0.07
		E.I.	140.70	150.10	153.20				
2	Don Luis	Metanol	9.80	9.40	9.20	0.06	0.06	0.06	0.06
		E.I.	158.80	157.40	159.90				
3	Don Salomón	Metanol	15.30	14.40	14.00	0.09	0.09	0.09	0.09
		E.I.	177.60	167.10	163.50				
4	El as	Metanol	15.40	15.20	15.70	0.09	0.08	0.09	0.08
		E.I.	174.90	187.60	183.90				
5	El Golpe	Metanol	14.60	14.80	15.00	0.10	0.11	0.11	0.10
		E.I.	143.80	140.80	138.70				
6	Rey Zapoteco	Metanol	33.80	33.20	37.20	0.19	0.19	0.20	0.19
		E.I.	177.50	176.20	188.00				
7	San Juan del Río	Metanol	15.20	17.30	16.10	0.11	0.12	0.12	0.12
		E.I.	132.90	147.30	137.50				
8	Agave de Cortez	Metanol	13.50	14.70	14.60	0.11	0.11	0.10	0.11
		E.I.	127.30	136.90	140.70				
9	Benesin	Metanol	13.70	12.90	12.80	0.10	0.10	0.09	0.10
		E.I.	132.90	126.80	135.10				
10	Sinaí	Metanol	12.00	13.50	14.30	0.13	0.13	0.14	0.13
		E.I.	92.00	103.40	105.70				
11	Don Salomón	Metanol	14.40	13.70	13.40	0.11	0.10	0.11	0.10
		E.I.	137.00	137.70	124.90				
12	Don Tomás	Metanol	49.20	49.70	44.00	0.37	0.36	0.37	0.37
		E.I.	133.80	136.20	118.20				
13	Don Agave	Metanol	22.10	21.30	22.40	0.18	0.18	0.18	0.18
		E.I.	123.20	118.40	126.10				
14	Don Luis	Metanol	28.60	26.40	27.40	0.23	0.23	0.23	0.23

		E.I.	125.90	116.40	120.20				
15	Don Tacho	Metanol	24.60	20.60	23.80	0.18	0.17	0.17	0.17
		E.I.	138.50	119.90	139.20				
16	El golpe	Metanol	13.90	12.20	13.90	0.10	0.10	0.11	0.10
		E.I.	137.30	116.60	132.00				
17	El rey zapoteco	Metanol	18.00	19.30	18.80	0.16	0.15	0.15	0.15
		E.I.	115.30	126.30	123.90				
18	Espina Dorada	Metanol	12.30	11.10	12.10	0.16	0.16	0.16	0.16
		E.I.	77.60	69.80	76.80				
19	Bancanda	Metanol	6.10	8.70	7.90	0.08	0.11	0.10	0.10
		E.I.	75.00	77.80	78.20				
20	Sinaí	Metanol	11.90	12.00	11.90	0.15	0.15	0.15	0.15
		E.I.	80.30	81.20	78.20				
21	El huehuete	Metanol	12.10	11.20	11.80	0.09	0.10	0.10	0.09
		E.I.	129.20	117.20	123.20				
22	San Juan del Río	Metanol	15.80	14.60	14.10	0.12	0.10	0.11	0.11
		E.I.	132.40	142.30	124.30				
23	Bacanda (Santiago Zoocchila)	Metanol	13.20	14.70	15.90	0.10	0.11	0.12	0.11
		E.I.	127.90	128.40	137.60				
24	Agave de Cortez	Metanol	18.00	18.30	18.50	0.14	0.14	0.14	0.14
		E.I.	127.80	129.20	128.70				
25	Matateco	Metanol	17.00	16.10	15.70	0.13	0.13	0.14	0.13
		E.I.	128.30	121.00	114.60				
26	Bacanda	Metanol	7.10	9.30	9.00	0.08	0.08	0.08	0.08
		E.I.	92.80	119.50	115.10				
27	Chinantla	Metanol	15.50	15.40	14.40	0.14	0.14	0.14	0.14
		E.I.	112.60	112.20	102.50				
28	Don Luis	Metanol	19.00	17.50	18.30	0.17	0.17	0.17	0.17
		E.I.	112.60	104.30	108.90				
29	Don Agave	Metanol	6.40	9.30	9.60	0.07	0.09	0.09	0.08

		E.I.	91.90	109.10	102.40				
30	Don Tacho	Metanol	20.40	22.30	20.60	0.20	0.20	0.20	0.20
		E.I.	100.70	109.20	100.80				
31	Espina Dorada	Metanol	10.00	9.30	9.62	0.07	0.07	0.07	0.07
		E.I.	142.10	136.80	134.90				
32	Pensamiento	Metanol	29.40	29.70	29.30	0.24	0.24	0.23	0.24
		E.I.	121.90	125.80	126.40				
33	Rey Zapoteco	Metanol	25.30	24.10	26.90	0.20	0.20	0.20	0.20
		E.I.	126.30	118.10	136.20				
34	Sinai	Metanol	11.40	10.90	11.40	0.10	0.10	0.10	0.10
		E.I.	114.60	111.60	118.10				
35	Oro de Oaxaca	Metanol	13.60	12.90	12.20	0.11	0.11	0.11	0.11
		E.I.	122.00	112.50	110.40				
36	Don Agave	Metanol	14.20	13.90	13.70	0.12	0.12	0.12	0.12
		E.I.	118.40	116.40	116.30				
37	Don Luis	Metanol	17.50	17.90	16.50	0.14	0.14	0.13	0.14
		E.I.	125.60	124.30	123.00				
38	Don Salomón	Metanol	12.00	11.10	12.30	0.10	0.10	0.10	0.10
		E.I.	120.80	108.80	117.40				
39	El embajador de Oaxaca	Metanol	9.50	10.30	9.40	0.08	0.08	0.08	0.08
		E.I.	124.50	133.90	119.20				
40	El Famoso	Metanol	12.30	12.60	11.70	0.09	0.09	0.09	0.09
		E.I.	144.20	144.30	126.40				
41	El golpe	Metanol	13.70	14.20	14.20	0.11	0.11	0.11	0.11
		E.I.	128.60	134.30	125.70				
42	El rey zapoteco	Metanol	26.50	26.70	26.80	0.19	0.19	0.19	0.19
		E.I.	137.40	138.40	141.50				
43	Espina Dorada	Metanol	18.80	18.30	18.20	0.13	0.13	0.13	0.13
		E.I.	142.50	140.40	135.50				
44	La reliquia	Metanol	12.00	12.00	11.50	0.08	0.08	0.08	0.08

		E.I.	143.60	144.30	135.60				
45	Las Lomas	Metanol	11.00	11.90	11.50	0.08	0.08	0.08	0.08
		E.I.	136.00	145.00	142.70				
46	Pensamiento	Metanol	13.60	12.00	11.30	0.10	0.09	0.09	0.09
		E.I.	140.90	128.20	129.50				
47	Sinaí	Metanol	10.10	9.20	9.50	0.08	0.08	0.07	0.08
		E.I.	127.20	111.20	128.10				
48	Chinantla	Metanol	13.50	13.90	14.60	0.10	0.10	0.10	0.10
		E.I.	135.60	140.30	147.30				
49	El cortijo	Metanol	13.20	12.70	12.30	0.08	0.08	0.08	0.08
		E.I.	160.70	157.00	151.30				
50	Sinaí	Metanol	11.30	10.40	10.30	0.07	0.07	0.07	0.07
		E.I.	160.40	152.20	138.00				
51	Chagoya	Metanol	35.30	34.60	35.40	0.26	0.25	0.26	0.25
		E.I.	137.80	139.10	138.60				
52	Don Tacho	Metanol	37.50	36.80	36.50	0.25	0.26	0.25	0.25
		E.I.	149.60	143.80	145.80				
53	Pensamiento	Metanol	36.40	39.00	38.50	0.22	0.23	0.23	0.23
		E.I.	164.50	170.00	168.50				
54	El rey zapoteco	Metanol	18.90	18.60	18.40	0.13	0.13	0.13	0.13
		E.I.	147.20	138.80	146.60				
55	Angel Nieto	Metanol	14.30	15.40	16.30	0.08	0.09	0.10	0.09
		E.I.	170.60	165.30	170.10				
56	Sinaí	Metanol	15.10	12.00	14.70	0.09	0.07	0.09	0.08
		E.I.	171.80	170.60	170.60				
57	Productores de maguey y mezcal de San Dionisio Ocotepc S.C. de R.L.	Metanol	16.50	15.80	17.50	0.11	0.12	0.12	0.12
		E.I.	146.40	134.40	150.40				
58	Benevá S.A. de C.V.	Metanol	17.20	18.00	16.60	0.12	0.13	0.12	0.12
		E.I.	143.40	143.60	137.70				
59	Casa Armando Guillermo Prieto	Metanol	19.30	18.10	17.50	0.13	0.13	0.14	0.14

		E.I.	143.60	135.30	127.80				
60	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.	Metanol	14.60	13.90	15.80	0.11	0.11	0.11	0.11
		E.I.	135.20	124.10	141.50				
61	Tóbala S.A. de C.V.	Metanol	34.20	37.70	36.80	0.26	0.27	0.24	0.26
		E.I.	133.10	137.30	151.00				
62	Cosme Hernández	Metanol	23.10	24.30	24.80	0.17	0.16	0.16	0.17
		E.I.	137.90	148.10	151.20				
63	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	Metanol	19.10	20.10	19.20	0.14	0.14	0.14	0.14
		E.I.	137.40	145.50	142.00				
64	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.	Metanol	21.40	18.40	20.00	0.14	0.13	0.14	0.13
		E.I.	153.60	144.20	147.80				
65	Del maguey single Village Mezcal S.A. de C.V.	Metanol	20.70	21.10	21.00	0.14	0.13	0.13	0.13
		E.I.	152.10	156.80	160.40				
66	Zósimo Méndez Sernas	Metanol	14.20	14.60	15.10	0.10	0.10	0.10	0.10
		E.I.	144.10	151.40	157.30				
67	Compañía Bronco Matateco S.A de C.V.	Metanol	14.10	16.30	15.40	0.09	0.10	0.09	0.09
		E.I.	152.90	164.70	166.30				
68	Ausencio León Ruiz y Sucesores	Metanol	8.90	8.40	8.20	0.06	0.06	0.06	0.06
		E.I.	149.70	149.40	147.90				
69	Ausencio León Ruiz y Sucesores	Metanol	25.50	26.10	26.60	0.18	0.18	0.19	0.18
		E.I.	138.80	143.80	141.70				
70	Scorpión Mezcal	Metanol	14.20	19.20	14.30	0.09	0.12	0.11	0.11
		E.I.	149.60	155.90	129.00				
71	Compañía de Mezcal Reunión S.A de C.V.	Metanol	45.30	47.70	44.40	0.27	0.27	0.27	0.27
		E.I.	165.60	174.30	164.70				
72	Destilería los Danzantes	Metanol	15.30	14.10	15.10	0.09	0.09	0.09	0.09
		E.I.	166.00	151.40	163.20				
73	Mezcal del Amigo	Metanol	10.50	11.70	10.40	0.07	0.06	0.06	0.06
		E.I.	158.90	181.40	169.40				
74	Bugarin Exportaciones	Metanol	13.50	14.00	14.30	0.09	0.09	0.09	0.09

		E.I.	155.50	149.10	157.20				
75	Bugarin Exportaciones	Metanol	12.30	11.20	12.30	0.08	0.08	0.07	0.08
		E.I.	162.40	146.10	165.60				
76	Destilería Tlacolula S. de R.L. de MI.	Metanol	26.10	23.90	20.90	0.15	0.15	0.14	0.14
		E.I.	177.00	163.90	152.90				
77	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	Metanol	10.90	5.70	7.60	0.08	0.04	0.05	0.06
		E.I.	141.10	136.20	154.40				
78	Licores Veracruz Producidos en Santiago Matatlán	Metanol	9.10	9.30	10.40	0.07	0.07	0.07	0.07
		E.I.	127.90	131.00	140.20				
79	Destilería los danzantes	Metanol	7.30	6.50	7.10	0.06	0.05	0.06	0.05
		E.I.	129.40	129.40	123.40				
80	Scorpión Mezcal	Metanol	15.10	12.10	14.60	0.11	0.09	0.10	0.10
		E.I.	138.50	136.30	145.50				
81	Scorpión Mezcal	Metanol	12.90	11.80	10.70	0.08	0.08	0.08	0.08
		E.I.	153.10	141.50	134.80				
82	Compañía de Mezcal Reunión	Metanol	40.80	41.30	43.70	0.30	0.29	0.29	0.29
		E.I.	136.10	140.10	151.30				
83	Licores Veracruzanos producidos en Santiago Matatlán	Metanol	11.20	10.80	10.40	0.07	0.07	0.07	0.07
		E.I.	162.60	158.60	152.40				

Tabla 9. Concentraciones de metanol.

N	Nombre del mezcal	Área 1	Área 2	Área 3	Conc. dil. 1	Conc. dil. 2	Conc. dil. 3	Conc. real 1.	Conc. real 2.	Conc. real 3	Promedio	desv	c.v.
1	Casco legendario	0.07	0.07	0.07	25.28	25.28	25.28	632.05	632.05	632.05	632.05	0.00	0.00
2	Don Luis	0.06	0.06	0.06	22.72	22.72	22.72	567.95	567.95	567.95	567.95	0.00	0.00
3	Don Salomón	0.09	0.09	0.09	30.41	30.41	30.41	760.26	760.26	760.26	760.26	0.00	0.00
4	El As	0.09	0.08	0.09	30.41	27.85	30.41	760.26	696.15	760.26	738.89	37.01	4.87
5	El Golpe	0.10	0.11	0.11	32.97	35.54	35.54	824.36	888.46	888.46	867.09	37.01	4.17
6	El Rey Zapoteco	0.19	0.19	0.19	56.05	56.05	56.05	1401.28	1401.28	1401.28	1401.28	0.00	0.00
7	San Juan del Río	0.13	0.13	0.14	40.67	40.67	43.23	1016.67	1016.67	1080.77	1038.03	37.01	3.42
8	Agave de Cortez	0.11	0.10	0.11	35.54	32.97	35.54	888.46	824.36	888.46	867.09	37.01	4.17
9	Benesín	0.10	0.10	0.09	32.97	32.97	30.41	824.36	824.36	760.26	802.99	37.01	4.87
10	Sinaí	0.13	0.13	0.14	40.67	40.67	43.23	1016.67	1016.67	1080.77	1038.03	37.01	3.42
11	Don Salomón	0.11	0.10	0.11	35.54	32.97	35.54	888.46	824.36	888.46	867.09	37.01	4.17
12	Don Tomás	0.37	0.36	0.37	102.21	99.64	102.21	2555.13	2491.03	2555.13	2533.76	37.01	1.45
13	Don Agave	0.18	0.18	0.18	53.49	53.49	53.49	1337.18	1337.18	1337.18	1337.18	0.00	0.00
14	Don Luis	0.23	0.23	0.23	66.31	66.31	66.31	1657.69	1657.69	1657.69	1657.69	0.00	0.00
15	Don Tacho	0.18	0.17	0.17	53.49	50.92	50.92	1337.18	1273.08	1273.08	1294.44	37.01	2.91
16	El Golpe	0.10	0.10	0.11	32.97	32.97	35.54	824.36	824.36	888.46	845.73	37.01	4.17
17	El Rey Zapoteco	0.16	0.15	0.15	48.36	45.79	45.79	1208.97	1144.87	1144.87	1166.24	37.01	3.23
18	Espina Dorada	0.16	0.16	0.16	48.36	48.36	48.36	1208.97	1208.97	1208.97	1208.97	0.00	0.00
19	Bacanda	0.08	0.11	0.10	27.85	35.54	32.97	696.15	888.46	824.36	802.99	97.92	11.88
20	Sinaí	0.15	0.15	0.15	45.79	45.79	45.79	1144.87	1144.87	1144.87	1144.87	0.00	0.00

2 1	El Huehuate	0.09	0.10	0.10	30.41	32.97	32.97	760.26	824.36	824.36	802.99	37.01	4.49
2 2	San Juan del Río	0.12	0.10	0.11	38.10	32.97	35.54	952.56	824.36	888.46	888.46	64.10	7.22
2 3	Bacanda (Santiago Zochila)	0.10	0.11	0.12	32.97	35.54	38.10	824.36	888.46	952.56	888.46	64.10	6.73
2 4	Agave de Cortez	0.14	0.14	0.14	43.23	43.23	43.23	1080.77	1080.77	1080.77	1080.77	0.00	0.00
2 5	Matateco	0.13	0.13	0.14	40.67	40.67	43.23	1016.67	1016.67	1080.77	1038.03	37.01	3.42
2 6	Bacanda	0.08	0.08	0.08	27.85	27.85	27.85	696.15	696.15	696.15	696.15	0.00	0.00
2 7	Chinantla	0.14	0.14	0.14	43.23	43.23	43.23	1080.77	1080.77	1080.77	1080.77	0.00	0.00
2 8	Don Luis	0.17	0.17	0.17	50.92	50.92	50.92	1273.08	1273.08	1273.08	1273.08	0.00	0.00
2 9	Don Agave	0.07	0.09	0.09	25.28	30.41	30.41	632.05	760.26	760.26	717.52	74.02	9.74
3 0	Don Tacho	0.20	0.20	0.20	58.62	58.62	58.62	1465.38	1465.38	1465.38	1465.38	0.00	0.00
3 1	Espina Dorada	0.07	0.07	0.07	25.28	25.28	25.28	632.05	632.05	632.05	632.05	0.00	0.00
3 2	Pensamiento	0.24	0.24	0.23	68.87	68.87	66.31	1721.79	1721.79	1657.69	1700.43	37.01	2.23
3 3	El Rey Zapoteco	0.20	0.20	0.20	58.62	58.62	58.62	1465.38	1465.38	1465.38	1465.38	0.00	0.00
3 4	Sinaí	0.10	0.10	0.10	32.97	32.97	32.97	824.36	824.36	824.36	824.36	0.00	0.00
3 5	Oro de Oaxaca	0.11	0.11	0.11	35.54	35.54	35.54	888.46	888.46	888.46	888.46	0.00	0.00
3 6	Don Agave	0.12	0.12	0.12	38.10	38.10	38.10	952.56	952.56	952.56	952.56	0.00	0.00
3 7	Don Luis	0.14	0.14	0.14	43.23	43.23	43.23	1080.77	1080.77	1080.77	1080.77	0.00	0.00
3 8	Don Salomón	0.10	0.10	0.10	32.97	32.97	32.97	824.36	824.36	824.36	824.36	0.00	0.00
3 9	El embajador de Oaxaca	0.08	0.08	0.08	27.85	27.85	27.85	696.15	696.15	696.15	696.15	0.00	0.00

9													
40	El Famoso	0.09	0.09	0.09	30.41	30.41	30.41	760.26	760.26	760.26	760.26	0.00	0.00
41	El Golpe	0.11	0.11	0.11	35.54	35.54	35.54	888.46	888.46	888.46	888.46	0.00	0.00
42	El Rey Zapoteco	0.19	0.19	0.19	56.05	56.05	56.05	1401.28	1401.28	1401.28	1401.28	0.00	0.00
43	Espina Dorada	0.13	0.13	0.13	40.67	40.67	40.67	1016.67	1016.67	1016.67	1016.67	0.00	0.00
44	La Reliquia	0.08	0.08	0.08	27.85	27.85	27.85	696.15	696.15	696.15	696.15	0.00	0.00
45	Las Lomas	0.08	0.08	0.08	27.85	27.85	27.85	696.15	696.15	696.15	696.15	0.00	0.00
46	Pensamiento	0.10	0.09	0.09	32.97	30.41	30.41	824.36	760.26	760.26	781.62	37.01	4.87
47	Sinaí	0.08	0.08	0.07	27.85	27.85	25.28	696.15	696.15	632.05	674.79	37.01	5.86
48	Chinantla	0.02	0.03	0.03	12.46	15.03	15.03	311.54	375.64	375.64	354.27	37.01	9.85
49	El cortijo	0.08	0.08	0.08	27.85	27.85	27.85	696.15	696.15	696.15	696.15	0.00	0.00
50	Sinaí	0.07	0.07	0.07	25.28	25.28	25.28	632.05	632.05	632.05	632.05	0.00	0.00
51	Chagoya	0.26	0.25	0.26	74.00	71.44	74.00	1850.00	1785.90	1850.00	1828.63	37.01	2.00
52	Don Tacho	0.25	0.26	0.25	71.44	74.00	71.44	1785.90	1850.00	1785.90	1807.26	37.01	2.07
53	Pensamiento	0.22	0.23	0.23	63.74	66.31	66.31	1593.59	1657.69	1657.69	1636.32	37.01	2.23
54	El Rey Zapoteco	0.13	0.13	0.13	40.67	40.67	40.67	1016.67	1016.67	1016.67	1016.67	0.00	0.00
55	Mezcal Angel Nieto				7.33	7.33	7.33	183.33	183.33	183.33	183.33	0.00	0.00
56	Sinaí	0.09	0.07	0.09	30.41	25.28	30.41	760.26	632.05	760.26	717.52	74.02	9.74
57	Productores de maguey y mezcal de San Dionisio	0.11	0.12	0.12	35.54	38.10	38.10	888.46	952.56	952.56	931.20	37.01	3.89

58	Benevá S.A. de C.V.	0.12	0.13	0.12	38.10	40.67	38.10	952.56	1016.67	952.56	973.93	37.01	3.89
59	Casa Armando Guillermo Prieto	0.13	0.13	0.14	40.67	40.67	43.23	1016.67	1016.67	1080.77	1038.03	37.01	3.42
60	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.	0.11	0.11	0.11	35.54	35.54	35.54	888.46	888.46	888.46	888.46	0.00	0.00
61	Tobalá S.A. de C.V.	0.26	0.27	0.24	74.00	76.56	68.87	1850.00	1914.10	1721.79	1828.63	97.92	5.69
62	Cosme Hernández	0.17	0.16	0.16	50.92	48.36	48.36	1273.08	1208.97	1208.97	1230.34	37.01	3.06
63	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	0.14	0.14	0.14	43.23	43.23	43.23	1080.77	1080.77	1080.77	1080.77	0.00	0.00
64	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.	0.14	0.13	0.14	43.23	40.67	43.23	1080.77	1016.67	1080.77	1059.40	37.01	3.42
65	Del maguey single Village Mezcal S.A. de C.V.	0.14	0.13	0.13	43.23	40.67	40.67	1080.77	1016.67	1016.67	1038.03	37.01	3.64
66	Zósimo Méndez Sernas	0.10	0.10	0.10	32.97	32.97	32.97	824.36	824.36	824.36	824.36	0.00	0.00
67	Compañía Bronco Matateco S.A. de C.V.	0.09	0.10	0.09	30.41	32.97	30.41	760.26	824.36	760.26	781.62	37.01	4.87
68	Ausencia León Ruiz y Sucesores (1)	0.06	0.06	0.06	22.72	22.72	22.72	567.95	567.95	567.95	567.95	0.00	0.00
69	Ausencia León Ruiz y Sucesores (2)	0.18	0.18	0.19	53.49	53.49	56.05	1337.18	1337.18	1401.28	1358.55	37.01	2.64
70	Scorpión Mezcal	0.09	0.12	0.11	30.41	38.10	35.54	760.26	952.56	888.46	867.09	97.92	11.02
71	Compañía de Mezcal Reunión S.A. de C.V.	0.27	0.27	0.27	76.56	76.56	76.56	1914.10	1914.10	1914.10	1914.10	0.00	0.00
72	Destilería los Danzantes	0.09	0.09	0.09	30.41	30.41	30.41	760.26	760.26	760.26	760.26	0.00	0.00
73	Mezcal del Amigo	0.07	0.06	0.06	25.28	22.72	22.72	632.05	567.95	567.95	589.32	37.01	6.52
74	Bugarin Exportaciones (1)	0.09	0.09	0.09	30.41	30.41	30.41	760.26	760.26	760.26	760.26	0.00	0.00
75	Bugarin Exportaciones (2)	0.08	0.08	0.07	27.85	27.85	25.28	696.15	696.15	632.05	674.79	37.01	5.86
7	Destilería Tlacolula S. de R.L. de M.I.	0.15	0.15	0.14	45.79	45.79	43.23	1144.87	1144.87	1080.77	1123.50	37.01	3.42

6													
7 7	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	0.08	0.04	0.05	27.85	17.59	20.15	696.15	439.74	503.85	546.58	133.4 4	26.4 8
7 8	Licores Veracruz producidos en Santiago Matatlán	0.07	0.07	0.07	25.28	25.28	25.28	632.05	632.05	632.05	632.05	0.00	0.00
7 9	Destilería los Danzantes	0.06	0.05	0.06	22.72	20.15	22.72	567.95	503.85	567.95	546.58	37.01	6.52
8 0	Scorpión Mezcal	0.11	0.09	0.10	35.54	30.41	32.97	888.46	760.26	824.36	824.36	64.10	7.78
8 1	Scorpión Mezcal	0.08	0.08	0.08	27.85	27.85	27.85	696.15	696.15	696.15	696.15	0.00	0.00
8 2	Compañía del Mezcal Reunión	0.30	0.29	0.29	84.26	81.69	81.69	2106.41	2042.31	2042.31	2063.68	37.01	1.81
8 3	Licores Veracruz producidos en Santiago Matatlán	0.07	0.07	0.07	25.28	25.28	25.28	632.05	632.05	632.05	632.05	0.00	0.00

Tabla 10. Valores de áreas para alcoholes superiores en muestras de mezcales (E.I.=1-pentanol)

N°	Nombre del mezcal	Alcohol	A1	A2	A3	A1/E.I.1	A2/E.I.2	A3/E.I.3
1	Casco Legendario	Propanol	170.50	177.00	165.40	0.308	0.320	0.299
		2-metil-1-propanol	237.50	246.00	231.30	0.429	0.444	0.418
		3-metil-1-butanol	594.1	609.1	561.8	1.073	1.100	1.014
		E.I.	553.9	572.3	527.3			
2	Don Luis	Propanol	109.80	106.30	86.60	0.192	0.189	0.159
		2-metil-1-propanol	278.50	271.30	257.70	0.487	0.483	0.475
		3-metil-1-butanol	518.6	504.1	490.8	0.907	0.897	0.904
		E.I.	571.9	562.1	543			
3	Don Salomón	Propanol	97.50	95.70	92.70	0.183	0.177	0.175
		2-metil-1-propanol	149.20	150.70	146.40	0.280	0.278	0.277
		3-metil-1-butanol	432.2	435.5	424.1	0.810	0.804	0.802
		E.I.	533.8	542	528.5			
4	El as	Propanol	122.00	134.90	121.30	0.236	0.261	0.239
		2-metil-1-propanol	155.30	159.60	146.10	0.301	0.308	0.288
		3-metil-1-butanol	665.3	663.5	627	1.289	1.282	1.238
		E.I.	516.3	517.5	506.5			
5	El Golpe	Propanol	138.80	148.10	155.70	0.262	0.267	0.280
		2-metil-1-propanol	125.80	134.90	139.10	0.238	0.243	0.250
		3-metil-1-butanol	345.1	367.2	368.3	0.652	0.662	0.663
		E.I.	529.1	555	555.9			
6	El Rey Zapoteco	Propanol	223.50	230.00	216.60	0.401	0.417	0.417
		2-metil-1-propanol	195.50	203.80	191.70	0.351	0.370	0.369
		3-metil-1-butanol	688.7	713.5	665.4	1.237	1.294	1.282
		E.I.	556.8	551.3	519.1			
7	San Juan del Río	Propanol	135.40	126.90	145.80	0.254	0.241	0.275
		2-metil-1-propanol	244.40	247.20	245.50	0.458	0.470	0.463
		3-metil-1-butanol	583.6	575.8	580.4	1.094	1.094	1.095

		E.I.	533.6	526.3	530.1			
8	Agave de Cortez	Propanol	112.70	129.50	130.70	0.218	0.239	0.233
		2-metil-1-propanol	176.40	190.60	199.20	0.341	0.352	0.355
		3-metil-1-butanol	584.1	615.3	641.3	1.130	1.136	1.144
		E.I.	516.8	541.4	560.4			
9	Benesin	Propanol	113.1	126	120.9	0.212	0.226	0.212
		2-metil-1-propanol	264.6	280.9	287.1	0.495	0.504	0.503
		3-metil-1-butanol	592	619.3	639.2	1.107	1.112	1.121
		E.I.	534.6	557	570.4			
10	Sinaí	Propanol	141.70	138.20	133.30	0.262	0.265	0.249
		2-metil-1-propanol	206.60	146.60	203.50	0.382	0.281	0.381
		3-metil-1-butanol	670.2	639	659.6	1.238	1.227	1.234
		E.I.	541.5	520.9	534.4			
11	Don Salomón	Propanol	106.30	112.20	113.40	0.190	0.190	0.189
		2-metil-1-propanol	129.00	135.40	139.40	0.230	0.229	0.232
		3-metil-1-butanol	429.1	451.7	458.6	0.765	0.764	0.764
		E.I.	560.9	591.2	600.5			
12	Don Tomás	Propanol	65.70	69.70	66.80	0.139	0.141	0.137
		2-metil-1-propanol	263.80	272.50	269.40	0.557	0.550	0.552
		3-metil-1-butanol	586.6	609.2	600.5	1.239	1.230	1.231
		E.I.	473.6	495.2	487.9			
13	Don Agave	Propanol	185.50	171.90	176.20	0.316	0.325	0.317
		2-metil-1-propanol	214.80	195.50	201.10	0.366	0.369	0.362
		3-metil-1-butanol	554.7	511.3	526.3	0.945	0.966	0.946
		E.I.	587.2	529.3	556.1			
14	Don Luis	Propanol	111.80	73.60	72.20	0.183	0.135	0.136
		2-metil-1-propanol	309.40	263.90	257.30	0.507	0.485	0.485
		3-metil-1-butanol	480.4	426	416.1	0.787	0.783	0.784
		E.I.	610.8	544.1	531			
15	Don Tacho	Propanol	86.70	93.00	85.00	0.209	0.215	0.210

		2-metil-1-propanol	130.70	137.10	126.10	0.315	0.317	0.312
		3-metil-1-butanol	421.2	439.2	411.7	1.016	1.016	1.017
		E.I.	414.4	432.3	404.7			
16	El Golpe	Propanol	174.30	172.30	178.10	0.300	0.302	0.312
		2-metil-1-propanol	295.90	290.90	293.00	0.509	0.509	0.513
		3-metil-1-butanol	734.3	721.3	721.9	1.262	1.263	1.264
		E.I.	581.9	571.3	571.1			
17	El Rey Zapoteco	Propanol	163.80	161.90	165.30	0.289	0.287	0.292
		2-metil-1-propanol	146.60	145.30	146.80	0.258	0.257	0.260
		3-metil-1-butanol	570.2	567.3	569.3	1.005	1.004	1.007
		E.I.	567.2	564.8	565.4			
18	Espina Dorada	Propanol	75.20	108.80	94.20	0.145	0.187	0.186
		2-metil-1-propanol	207.50	247.30	210.50	0.400	0.425	0.415
		3-metil-1-butanol	618.2	685.1	600.9	1.192	1.177	1.185
		E.I.	518.6	582.2	507			
19	Bacanda	Propanol	97.00	85.90	96.80	0.163	0.169	0.179
		2-metil-1-propanol	198.10	168.50	185.20	0.334	0.332	0.342
		3-metil-1-butanol	674.4	581.4	618.1	1.136	1.145	1.140
		E.I.	593.9	507.9	542.2			
20	Sinaí	Propanol	145.40	157.90	154.30	0.295	0.320	0.313
		2-metil-1-propanol	125.20	136.10	133.50	0.254	0.255	0.255
		3-metil-1-butanol	349.6	376.3	369.4	0.708	0.704	0.704
		E.I.	493.7	534.3	524.5			
21	El Huehuete	Propanol	105.50	134.10	110.90	0.227	0.264	0.227
		2-metil-1-propanol	180.60	205.60	189.80	0.389	0.404	0.388
		3-metil-1-butanol	645.6	695.3	677.3	1.389	1.367	1.384
		E.I.	464.8	508.7	489.4			
22	San Juan del Río	Propanol	133.80	137.00	141.40	0.259	0.259	0.258
		2-metil-1-propanol	186.30	191.10	198.60	0.361	0.361	0.363
		3-metil-1-butanol	408.8	418.2	431.8	0.791	0.790	0.789

		E.I.	516.7	529.7	547.5			
23	Bacanda (Santiago Zochila)	Propanol	26.60	26.40	28.10	0.062	0.062	0.064
		2-metil-1-propanol	79.60	79.30	81.70	0.186	0.186	0.185
		3-metil-1-butanol	303.3	302.2	310.6	0.708	0.709	0.705
		E.I.	428.4	426.5	440.8			
24	Agave de Cortez	Propanol	136.30	136.60	135.60	0.265	0.263	0.265
		2-metil-1-propanol	212.70	211.30	210.90	0.414	0.407	0.412
		3-metil-1-butanol	648	643.5	643.9	1.260	1.240	1.258
		E.I.	514.2	519.1	511.7			
25	Matateco	Propanol	153.40	151.70	162.80	0.363	0.351	0.367
		2-metil-1-propanol	131.80	138.30	141.90	0.312	0.320	0.320
		3-metil-1-butanol	506	517.8	529.8	1.198	1.197	1.195
		E.I.	422.5	432.7	443.2			
26	Bacanda	Propanol	130.20	128.40	132.50	0.304	0.304	0.297
		2-metil-1-propanol	109.40	107.50	113.80	0.255	0.255	0.255
		3-metil-1-butanol	501.7	494	523.5	1.170	1.171	1.172
		E.I.	428.7	422	446.6			
27	Chinantla	Propanol	141.60	140.20	137.00	0.246	0.245	0.243
		2-metil-1-propanol	148.40	147.10	143.70	0.258	0.257	0.255
		3-metil-1-butanol	362	357.8	350.8	0.629	0.625	0.622
		E.I.	575.9	572.2	564.4			
28	Don Luis	Propanol	88.10	113.70	107.80	0.162	0.205	0.193
		2-metil-1-propanol	248.20	261.10	262.10	0.458	0.470	0.469
		3-metil-1-butanol	494.9	504.5	510.1	0.913	0.909	0.914
		E.I.	542.2	555.1	558.4			
29	Don Agave	Propanol	145.50	141.40	142.20	0.257	0.252	0.256
		2-metil-1-propanol	207.00	202.80	201.20	0.366	0.362	0.362
		3-metil-1-butanol	707.6	699.1	690.2	1.250	1.246	1.241
		E.I.	566.3	560.9	556.3			
30	Don Tacho	Propanol	157.70	161.70	164.80	0.283	0.285	0.288

		2-metil-1-propanol	183.50	187.90	191.80	0.329	0.332	0.336
		3-metil-1-butanol	492.6	504.3	510.7	0.883	0.890	0.894
		E.I.	557.7	566.7	571.5			
31	Espina Dorada	Propanol	101.90	100.80	108.00	0.181	0.179	0.192
		2-metil-1-propanol	180.70	180.80	195.20	0.321	0.321	0.347
		3-metil-1-butanol	554	552.3	590.4	0.985	0.982	1.049
		E.I.	562.6	561.8	600.6			
32	Pensamiento	Propanol	79.50	90.30	95.30	0.202	0.204	0.212
		2-metil-1-propanol	88.30	100.40	101.80	0.224	0.227	0.226
		3-metil-1-butanol	332.6	373.4	379.2	0.845	0.843	0.842
		E.I.	393.5	443.2	450.4			
33	El Rey Zapoteco	Propanol	222.90	222.00	224.30	0.391	0.390	0.394
		2-metil-1-propanol	211.20	210.60	211.90	0.371	0.370	0.372
		3-metil-1-butanol	738.9	738.9	741.1	1.297	1.298	1.300
		E.I.	569.6	569.4	569.9			
34	Sinaí	Propanol	147.70	151.80	160.50	0.268	0.268	0.281
		2-metil-1-propanol	125.50	130.90	135.50	0.228	0.231	0.237
		3-metil-1-butanol	351.1	365	369.7	0.638	0.645	0.647
		E.I.	550.6	565.9	571.2			
35	Oro de Oaxaca	Propanol	129.00	122.00	133.90	0.227	0.224	0.229
		2-metil-1-propanol	207.70	193.50	216.90	0.365	0.355	0.370
		3-metil-1-butanol	630.7	593.2	657.2	1.110	1.087	1.122
		E.I.	568.3	545.8	585.5			
36	Don Agave	Propanol	114.80	121.90	114.00	0.221	0.219	0.220
		2-metil-1-propanol	161.00	172.20	157.50	0.309	0.309	0.304
		3-metil-1-butanol	585.6	624.4	576.2	1.125	1.120	1.113
		E.I.	520.4	557.4	517.8			
37	Don Luis	Propanol	109.00	104.80	103.20	0.192	0.191	0.191
		2-metil-1-propanol	267.80	257.20	253.10	0.471	0.468	0.469
		3-metil-1-butanol	520.3	502.7	494.2	0.914	0.915	0.916

		E.I.	569	549.4	539.3			
38	Don Salomón	Propanol	98.20	91.80	109.90	0.185	0.172	0.182
		2-metil-1-propanol	130.60	128.00	149.70	0.246	0.239	0.249
		3-metil-1-butanol	388.6	389.9	438.6	0.733	0.729	0.728
		E.I.	530.5	534.9	602.2			
39	El embajador de Oaxaca	Propanol	99.5	93.6	98.9	0.1862	0.1747	0.1768
		2-metil-1-propanol	157.4	155.8	163.2	0.2946	0.2907	0.2918
		3-metil-1-butanol	532.4	533.6	555	0.9964	0.9957	0.9923
		E.I.	534.3	535.9	559.3			
40	El famoso	Propanol	179.20	168.20	185.00	0.351	0.353	0.346
		2-metil-1-propanol	200.10	186.20	209.10	0.392	0.391	0.391
		3-metil-1-butanol	543.1	509.3	568.8	1.064	1.069	1.064
		E.I.	510.2	476.4	534.4			
41	El Golpe	Propanol	159.50	155.70	154.40	0.283	0.302	0.306
		2-metil-1-propanol	142.80	133.20	130.70	0.253	0.258	0.259
		3-metil-1-butanol	387.3	357.8	349.7	0.687	0.694	0.693
		E.I.	563.7	515.5	504.3			
42	El Rey Zapoteco	Propanol	251.70	240.20	214.50	0.443	0.444	0.417
		2-metil-1-propanol	207.70	198.40	189.30	0.366	0.367	0.368
		3-metil-1-butanol	732.8	702	670.6	1.290	1.298	1.304
		E.I.	568	540.8	514.3			
43	Espina Dorada	Propanol	88.70	101.70	90.80	0.174	0.180	0.170
		2-metil-1-propanol	210.30	236.00	552.00	0.413	0.418	1.031
		3-metil-1-butanol	532.4	586.1	218.3	1.046	1.038	0.408
		E.I.	508.9	564.6	535.5			
44	La Reliquia	Propanol	109.80	102.00	111.00	0.200	0.202	0.196
		2-metil-1-propanol	177.80	163.90	183.40	0.325	0.324	0.323
		3-metil-1-butanol	565.7	525.8	583.5	1.033	1.040	1.029
		E.I.	547.8	505.7	567.1			
45	Las Lomas	Propanol	171.4	165.7	138.2	0.292	0.295	0.263

		2-metil-1-propanol	123.5	117.3	99	0.211	0.209	0.188
		3-metil-1-butanol	421.8	405.2	376.5	0.720	0.721	0.716
		E.I.	586.1	561.8	525.7			
46	Pensamiento	Propanol	114.70	111.30	108.50	0.205	0.202	0.203
		2-metil-1-propanol	200.90	196.80	190.00	0.359	0.357	0.356
		3-metil-1-butanol	692.3	681.8	662.1	1.237	1.238	1.241
		E.I.	559.7	550.9	533.7			
47	Sinaí	Propanol	140.90	141.30	134.60	0.272	0.272	0.272
		2-metil-1-propanol	212.00	212.60	201.50	0.409	0.409	0.407
		3-metil-1-butanol	711.8	712.7	681.2	1.373	1.371	1.375
		E.I.	518.4	519.7	495.4			
48	Chinantla	Propanol	133.80	140.40	134.50	0.256	0.267	0.265
		2-metil-1-propanol	114.10	119.50	114.00	0.218	0.227	0.224
		3-metil-1-butanol	391.2	392.6	379.8	0.748	0.746	0.748
		E.I.	523.1	526.2	508			
49	El cortijo	Propanol	133.40	117.00	105.20	0.224	0.232	0.220
		2-metil-1-propanol	233.90	198.10	183.50	0.393	0.393	0.384
		3-metil-1-butanol	685.5	588	559.6	1.152	1.165	1.172
		E.I.	595.3	504.6	477.3			
50	Sinaí	Propanol	133.70	137.90	129.90	0.235	0.234	0.238
		2-metil-1-propanol	203.20	209.50	192.00	0.357	0.356	0.352
		3-metil-1-butanol	686.5	705.2	646.1	1.207	1.197	1.183
		E.I.	568.6	588.9	546.1			
51	Chagoya	Propanol	199.90	198.60	193.70	0.394	0.394	0.391
		2-metil-1-propanol	171.00	170.30	167.10	0.337	0.338	0.337
		3-metil-1-butanol	373.5	371.4	365.7	0.736	0.736	0.738
		E.I.	507.3	504.5	495.6			
52	Don Tacho	Propanol	256.90	237.90	248.00	0.531	0.541	0.532
		2-metil-1-propanol	217.10	197.40	208.50	0.449	0.449	0.447
		3-metil-1-butanol	419.1	382.8	404.3	0.866	0.871	0.868

		E.I.	484	439.4	466			
53	Pensamiento	Propanol	207.00	213.90	190.00	0.432	0.435	0.414
		2-metil-1-propanol	179.20	183.60	174.70	0.374	0.374	0.381
		3-metil-1-butanol	423.7	433	407.6	0.885	0.881	0.889
		E.I.	478.8	491.4	458.7			
54	El Rey Zapoteco	Propanol	174.90	175.60	178.30	0.367	0.367	0.375
		2-metil-1-propanol	363.00	365.40	362.80	0.762	0.764	0.763
		3-metil-1-butanol	450.3	447.6	448.3	0.945	0.936	0.943
		E.I.	476.5	478.2	475.6			
55	Angel Nieto	Propanol	119.8	121.3	123.1	0.238	0.231	0.242
		2-metil-1-propanol	120.4	120.8	119.5	0.239	0.230	0.235
		3-metil-1-butanol	401	410.9	398.7	0.797	0.783	0.784
		E.I.	503	524.7	508.4			
56	Sinaí	Propanol	144.90	142.60	143.60	0.258	0.261	0.264
		2-metil-1-propanol	212.10	205.80	204.10	0.378	0.377	0.375
		3-metil-1-butanol	685	665.3	661.4	1.222	1.217	1.216
		E.I.	560.6	546.5	544.1			
57	Productores de maguey y mezcal de San Dionisio	Propanol	147.40	151.80	149.90	0.300	0.316	0.307
		2-metil-1-propanol	138.40	138.60	139.40	0.282	0.289	0.285
		3-metil-1-butanol	369.3	362.5	367.6	0.753	0.755	0.752
		E.I.	490.7	480.3	489			
58	Benevá S.A. de C.V.	Propanol	177.20	155.40	178.80	0.309	0.297	0.310
		2-metil-1-propanol	219.80	196.80	221.60	0.383	0.376	0.384
		3-metil-1-butanol	341.8	312.6	343.4	0.596	0.597	0.595
		E.I.	573.7	523.3	577.1			
59	Casa Armando Guillermo Prieto	Propanol	130.00	125.20	131.80	0.226	0.228	0.226
		2-metil-1-propanol	278.80	267.90	282.50	0.484	0.487	0.485
		3-metil-1-butanol	734.8	699.5	745	1.275	1.273	1.278
		E.I.	576.4	549.7	582.9			
60	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.	Propanol	187.50	190.20	193.60	0.351	0.369	0.364

		2-metil-1-propanol	270.30	264.40	272.80	0.506	0.513	0.513
		3-metil-1-butanol	557.3	538.1	554.5	1.043	1.044	1.043
		E.I.	534.1	515.6	531.8			
61	Tóbala S.A. de C.V.	Propanol	302.40	291.00	309.20	0.569	0.574	0.568
		2-metil-1-propanol	235.90	224.60	241.80	0.444	0.443	0.444
		3-metil-1-butanol	612.2	584	626.5	1.151	1.153	1.152
		E.I.	531.8	506.7	544			
62	Cosme Hernández	Propanol	100.90	110.70	118.30	0.172	0.187	0.187
		2-metil-1-propanol	267.50	274.80	296.40	0.456	0.465	0.468
		3-metil-1-butanol	660	667.4	723.4	1.126	1.129	1.141
		E.I.	586.3	591.1	634			
63	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	Propanol	88.10	87.70	95.80	0.172	0.173	0.173
		2-metil-1-propanol	163.70	162.30	177.30	0.320	0.320	0.321
		3-metil-1-butanol	623.9	619.6	672	1.220	1.220	1.215
		E.I.	511.3	507.8	552.9			
64	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.	Propanol	154.40	161.50	152.40	0.298	0.291	0.307
		2-metil-1-propanol	282.80	299.40	272.70	0.546	0.539	0.548
		3-metil-1-butanol	682.6	728.7	657.8	1.317	1.312	1.323
		E.I.	518.3	555.6	497.2			
65	Del maguey single village Mezcal S.A. de C.V.	Propanol	240.40	226.60	240.20	0.462	0.454	0.461
		2-metil-1-propanol	206.90	199.00	206.70	0.398	0.399	0.397
		3-metil-1-butanol	491.1	486.4	503.6	0.944	0.974	0.967
		E.I.	520.3	499.3	520.9			
66	Zósimo Méndez Sernas	Propanol	165.80	167.00	160.70	0.286	0.282	0.289
		2-metil-1-propanol	251.00	256.90	239.80	0.433	0.434	0.432
		3-metil-1-butanol	548.6	577.8	540.3	0.947	0.977	0.973
		E.I.	579.3	591.6	555.4			
67	Compañía Bronco Matateco S.A. de C.V.	Propanol	114.20	117.00	115.40	0.1916	0.1897	0.1892
		2-metil-1-propanol	283.60	291.10	288.90	0.4758	0.4720	0.4738
		3-metil-1-butanol	622.1	645.1	636.3	1.0436	1.0461	1.0435

		E.I.	596.1	616.7	609.8			
68	Ausencio León Ruiz y Sucesores	Propanol	109.7	108.4	101.3	0.1945	0.1948	0.1801
		2-metil-1-propanol	197.4	194.3	192.7	0.3499	0.3491	0.3426
		3-metil-1-butanol	650.1	640.9	650.3	1.1525	1.1515	1.1561
		E.I.	564.1	556.6	562.5			
69	Ausencio León Ruiz y Sucesores	Propanol	120.9	97.7	125.5	0.2086	0.1721	0.2112
		2-metil-1-propanol	150.6	138.1	157.1	0.2598	0.2432	0.2643
		3-metil-1-butanol	523.9	519.3	544.7	0.9037	0.9146	0.9165
		E.I.	579.7	567.8	594.3			
70	Scorpión Mezcal	Propanol	168.4	159.6	157.4	0.2864	0.2887	0.2913
		2-metil-1-propanol	190.5	179.2	177	0.3240	0.3242	0.3275
		3-metil-1-butanol	612.2	571.6	566.1	1.0412	1.0340	1.0476
		E.I.	588	552.8	540.4			
71	Compañía de Mezcal Reunión S.A de C.V.	Propanol	188.5	196.6	200.9	0.3364	0.3375	0.3430
		2-metil-1-propanol	237.7	248	249.6	0.4242	0.4258	0.4262
		3-metil-1-butanol	525.2	549.1	552.7	0.9374	0.9427	0.9437
		E.I.	560.3	582.5	585.7			
72	Destilería los Danzantes	Propanol	158.8	154.3	153.6	0.2713	0.2707	0.2721
		2-metil-1-propanol	236	228.7	226.1	0.4031	0.4012	0.4005
		3-metil-1-butanol	809.7	796.6	787.3	1.3832	1.3973	1.3944
		E.I.	585.4	570.1	564.6			
73	Mezcal del Amigo	Propanol	155.5	144.2	139.9	0.3028	0.3073	0.3089
		2-metil-1-propanol	152.5	138.7	133.9	0.2970	0.2955	0.2957
		3-metil-1-butanol	325	297.5	287.8	0.6329	0.6339	0.6355
		E.I.	513.5	469.3	452.9			
74	Bugarin Exportaciones	Propanol	135.4	139.8	124.3	0.2625	0.2736	0.2584
		2-metil-1-propanol	181.4	181	166.5	0.3516	0.3542	0.3462
		3-metil-1-butanol	543.9	538.2	507.5	1.0543	1.0532	1.0551
		E.I.	515.9	511	481			
75	Bugarin Exportaciones	Propanol	114.9	122.3	111.5	0.2163	0.2410	0.2215

		2-metil-1-propanol	233.9	227.5	224.5	0.4402	0.4483	0.4461
		3-metil-1-butanol	610.7	582.5	578.5	1.1494	1.1478	1.1494
		E.I.	531.3	507.5	503.3			
76	Destilería Tlacolula S. de R.L. de Ml.	Propanol	153.1	163.2	146.2	0.2886	0.2893	0.2862
		2-metil-1-propanol	188.8	201.7	179.3	0.3559	0.3576	0.3510
		3-metil-1-butanol	651.8	691.8	622.1	1.2287	1.2264	1.2179
		E.I.	530.5	564.1	510.8			
77	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	Propanol	82.6	110.4	80.1	0.1434	0.1851	0.1411
		2-metil-1-propanol	159.5	175.9	156.4	0.2769	0.2949	0.2755
		3-metil-1-butanol	508.5	531.5	499.6	0.8827	0.8912	0.8802
		E.I.	576.1	596.4	567.6			
78	Licores Veracruz Producidos en Santiago Matatlán	Propanol	105.5	104.6	95.8	0.2049	0.2015	0.1846
		2-metil-1-propanol	181.3	182.5	178.2	0.3520	0.3515	0.3433
		3-metil-1-butanol	656.7	663.2	663.8	1.2751	1.2773	1.2788
		E.I.	515	519.2	519.1			
79	Destilería los danzantes	Propanol	149.7	169.8	152.3	0.2545	0.2678	0.2554
		2-metil-1-propanol	193.2	211.1	196.2	0.3285	0.3329	0.3290
		3-metil-1-butanol	670.2	738	687.2	1.1394	1.1639	1.1524
		E.I.	588.2	634.1	596.3			
80	Scorpión Mezcal	Propanol	154.1	150.1	155.1	0.2665	0.2608	0.2663
		2-metil-1-propanol	168.7	166.4	170.5	0.2918	0.2891	0.2928
		3-metil-1-butanol	539.7	537.1	543.5	0.9334	0.9333	0.9332
		E.I.	578.2	575.5	582.4			
81	Scorpión Mezcal	Propanol	144.5	142.5	141.5	0.2543	0.2521	0.2452
		2-metil-1-propanol	178.1	176.7	178.9	0.3134	0.3126	0.3100
		3-metil-1-butanol	529	526	538.5	0.9310	0.9306	0.9331
		E.I.	568.2	565.2	577.1			
82	Compañía de Mezcal Reunión	Propanol	147.3	149.8	152.2	0.2891	0.2850	0.2864
		2-metil-1-propanol	270.3	278.8	282.5	0.5305	0.5304	0.5315
		3-metil-1-butanol	627.3	632.2	639.3	1.2312	1.2028	1.2028

		E.I.	509.5	525.6	531.5			
83	Licores Veracruzanos producidos en Santiago Matatlán	Propanol	120.4	118.3	118.6	0.2378	0.2364	0.2367
		2-metil-1-propanol	201.3	198.2	198.5	0.3976	0.3961	0.3961
		3-metil-1-butanol	607	600.5	600.8	1.1989	1.2000	1.1990
		E.I.	506.3	500.4	501.1			

Tabla 11. Valores de concentración de alcoholes superiores en muestras de mezcal.

N°	Nombre del mezcal	alcohol	A1/E.I.1	A2/E.I.2	A3/E.I.3	conc. dil 1	conc. dil 2	conc. dil. 3	conc. real 1	conc. real 2	conc. real 3	promedio	desvest	c.v.
1	Casco Legendario	n-propanol	0.308	0.320	0.299	130.767	135.461	127.084	143.844	149.007	139.792	144.214	4.619	3.203
		2-metil-1-propanol	0.429	0.444	0.418	187.177	192.861	183.031	205.895	212.147	201.334	206.459	5.428	2.629
		3-metil-1-butanol	1.073	1.100	1.014	465.853	478.162	439.347	512.438	525.978	483.281	507.233	21.819	4.302
2	Don Luis	n-propanol	0.192	0.189	0.159	84.437	83.285	71.434	92.880	91.613	78.577	87.690	7.918	9.029
		2-metil-1-propanol	0.487	0.483	0.475	208.731	207.131	204.143	229.604	227.844	224.557	227.335	2.562	1.127
		3-metil-1-butanol	0.907	0.897	0.904	390.501	385.962	389.167	429.551	424.558	428.084	427.397	2.566	0.600
3	Don Salomón	n-propanol	0.183	0.177	0.175	80.701	78.267	77.801	88.771	86.094	85.581	86.815	1.713	1.973
		2-metil-1-propanol	0.280	0.278	0.277	131.891	131.350	130.967	145.080	144.485	144.063	144.543	0.511	0.353
		3-metil-1-butanol	0.810	0.804	0.802	346.348	343.548	343.073	380.983	377.903	377.380	378.755	1.947	0.514
4	El as	n-propanol	0.236	0.261	0.239	102.159	111.911	103.435	112.375	123.102	113.778	116.418	5.830	5.008
		2-metil-1-propanol	0.301	0.308	0.288	139.776	142.595	135.204	153.753	156.854	148.724	153.111	4.103	2.680
		3-metil-1-butanol	1.289	1.282	1.238	564.042	561.103	541.003	620.446	617.213	595.104	610.921	13.793	2.258
5	El Golpe	n-propanol	0.262	0.267	0.280	112.573	114.379	119.675	123.830	125.817	131.642	127.096	4.060	3.194
		2-metil-1-propanol	0.238	0.243	0.250	116.430	118.394	121.046	128.074	130.233	133.151	130.486	2.548	1.953
		3-metil-1-butanol	0.652	0.662	0.663	274.791	279.055	279.468	302.270	306.961	307.415	305.548	2.848	0.932
6	El Rey Zapoteco	n-propanol	0.401	0.417	0.417	168.200	174.518	174.544	185.020	191.970	191.999	189.663	4.021	2.120
		2-metil-1-propanol	0.351	0.370	0.369	158.412	165.286	165.146	174.254	181.814	181.660	179.243	4.321	2.411
		3-metil-1-butanol	1.237	1.294	1.282	540.541	566.597	560.970	594.595	623.257	617.067	611.639	15.082	2.466
7	San Juan del Río	n-propanol	0.254	0.241	0.275	109.139	104.087	117.657	120.053	114.496	129.423	121.324	7.544	6.218
		2-metil-1-propanol	0.458	0.470	0.463	198.008	202.331	199.896	217.809	222.564	219.886	220.086	2.384	1.083
		3-metil-1-butanol	1.094	1.094	1.095	475.456	475.615	475.994	523.002	523.176	523.594	523.257	0.304	0.058
8	Agave de Cortez	n-propanol	0.218	0.239	0.233	94.869	103.318	100.931	104.356	113.650	111.024	109.676	4.791	4.368
		2-metil-1-propanol	0.341	0.352	0.355	154.789	158.759	160.022	170.268	174.635	176.025	173.643	3.004	1.730
		3-metil-1-butanol	1.130	1.136	1.144	492.057	494.908	498.482	541.262	544.399	548.331	544.664	3.542	0.650
9	Benesis	n-propanol	0.212	0.226	0.212	92.264	98.125	92.423	101.490	107.937	101.665	103.698	3.673	3.542
		2-metil-1-propanol	0.495	0.504	0.503	211.685	215.151	214.789	232.853	236.667	236.268	235.263	2.096	0.891

		3-metil-1-butanol	1.107	1.112	1.121	481.668	483.704	487.690	529.835	532.075	536.459	532.789	3.369	0.632
10	Sinaí	n-propanol	0.262	0.265	0.249	112.312	113.764	107.415	123.543	125.140	118.157	122.280	3.659	2.992
		2-metil-1-propanol	0.382	0.281	0.381	169.679	132.606	169.408	186.647	145.867	186.349	172.954	23.459	13.564
		3-metil-1-butanol	1.238	1.227	1.234	540.897	535.920	539.355	594.987	589.511	593.291	592.596	2.803	0.473
11	Don Salomón	n-propanol	0.190	0.190	0.189	83.447	83.553	83.177	91.791	91.909	91.495	91.732	0.213	0.233
		2-metil-1-propanol	0.230	0.229	0.232	113.551	113.195	114.348	124.906	124.514	125.783	125.068	0.650	0.519
		3-metil-1-butanol	0.765	0.764	0.764	326.055	325.609	325.453	358.660	358.170	357.998	358.276	0.344	0.096
12	Don Tomás	n-propanol	0.139	0.141	0.137	63.130	63.940	62.405	138.886	140.669	137.292	138.949	1.690	1.216
		2-metil-1-propanol	0.557	0.550	0.552	234.670	232.179	232.875	516.275	510.793	512.325	513.131	2.828	0.551
		3-metil-1-butanol	1.239	1.230	1.231	541.317	537.505	537.766	1190.898	1182.510	1183.085	1185.498	4.686	0.395
13	Don Agave	n-propanol	0.316	0.325	0.317	134.002	137.547	134.380	147.403	151.302	147.818	148.841	2.142	1.439
		2-metil-1-propanol	0.366	0.369	0.362	163.853	165.169	162.306	180.239	181.686	178.536	180.154	1.576	0.875
		3-metil-1-butanol	0.945	0.966	0.946	407.706	417.406	408.506	448.476	459.146	449.356	452.326	5.923	1.309
14	Don Luis	n-propanol	0.183	0.135	0.136	80.855	61.748	62.028	88.941	67.922	68.231	75.031	12.047	16.056
		2-metil-1-propanol	0.507	0.485	0.485	215.981	208.008	207.836	237.579	228.809	228.620	231.669	5.119	2.210
		3-metil-1-butanol	0.787	0.783	0.784	335.822	334.202	334.507	369.405	367.622	367.958	368.328	0.947	0.257
15	Don Tacho	n-propanol	0.209	0.215	0.210	91.327	93.691	91.653	200.920	206.121	201.636	202.892	2.819	1.389
		2-metil-1-propanol	0.315	0.317	0.312	145.184	145.830	143.774	319.404	320.826	316.302	318.844	2.313	0.726
		3-metil-1-butanol	1.016	1.016	1.017	440.322	440.119	440.726	968.709	968.261	969.597	968.856	0.680	0.070
16	El Golpe	n-propanol	0.300	0.302	0.312	127.454	128.277	132.382	140.200	141.105	145.620	142.308	2.903	2.040
		2-metil-1-propanol	0.509	0.509	0.513	216.706	216.959	218.387	238.377	238.655	240.226	239.086	0.997	0.417
		3-metil-1-butanol	1.262	1.263	1.264	551.909	552.209	552.887	607.100	607.430	608.176	607.569	0.551	0.091
17	El Rey Zapoteco	n-propanol	0.289	0.287	0.292	123.155	122.300	124.584	270.941	269.060	274.084	271.362	2.538	0.935
		2-metil-1-propanol	0.258	0.257	0.260	124.097	123.652	124.533	273.014	272.033	273.973	273.007	0.970	0.355
		3-metil-1-butanol	1.005	1.004	1.007	435.268	434.876	435.999	957.589	956.726	959.198	957.838	1.254	0.131
18	Espina Dorada	n-propanol	0.145	0.187	0.186	65.642	82.391	81.960	72.207	90.630	90.155	84.331	10.502	12.454
		2-metil-1-propanol	0.400	0.425	0.415	176.561	185.692	182.143	194.218	204.261	200.358	199.612	5.063	2.536
		3-metil-1-butanol	1.192	1.177	1.185	520.162	513.202	517.049	572.178	564.522	568.754	568.484	3.835	0.675

19	Bacanda	n-propanol	0.163	0.169	0.179	72.971	75.291	79.053	80.268	82.820	86.958	83.349	3.376	4.051
		2-metil-1-propanol	0.334	0.332	0.342	151.910	151.244	154.878	167.101	166.368	170.366	167.945	2.128	1.267
		3-metil-1-butanol	1.136	1.145	1.140	494.475	498.643	496.493	543.922	548.507	546.143	546.191	2.293	0.420
20	Sinaí	n-propanol	0.295	0.320	0.313	125.444	135.572	132.655	137.989	149.129	145.921	144.346	5.735	3.973
		2-metil-1-propanol	0.254	0.255	0.255	122.295	122.713	122.640	134.524	134.985	134.904	134.804	0.246	0.182
		3-metil-1-butanol	0.708	0.704	0.704	300.192	298.448	298.450	330.211	328.293	328.295	328.933	1.107	0.337
21	El Huehuate	n-propanol	0.227	0.264	0.227	98.432	113.085	98.282	108.275	124.394	108.110	113.593	9.354	8.235
		2-metil-1-propanol	0.389	0.404	0.388	172.279	178.062	172.008	189.507	195.868	189.209	191.528	3.762	1.964
		3-metil-1-butanol	1.389	1.367	1.384	609.675	599.599	607.382	670.642	659.559	668.120	666.107	5.809	0.872
22	San Juan del Río	n-propanol	0.259	0.259	0.258	111.220	111.095	110.946	122.342	122.204	122.041	122.196	0.151	0.124
		2-metil-1-propanol	0.361	0.361	0.363	161.910	161.989	162.718	178.101	178.188	178.990	178.426	0.490	0.275
		3-metil-1-butanol	0.791	0.790	0.789	337.943	337.183	336.807	371.737	370.902	370.488	371.042	0.636	0.172
23	Bacanda (Santiago Zochila)	n-propanol	0.062	0.062	0.064	32.477	32.400	33.139	71.449	71.279	72.906	71.878	0.894	1.244
		2-metil-1-propanol	0.186	0.186	0.185	97.188	97.234	97.017	213.814	213.915	213.437	213.722	0.252	0.118
		3-metil-1-butanol	0.708	0.709	0.705	300.129	300.390	298.604	660.283	660.858	656.928	659.356	2.123	0.322
24	Agave de Cortez	n-propanol	0.265	0.263	0.265	113.669	112.899	113.640	125.036	124.189	125.004	124.743	0.480	0.385
		2-metil-1-propanol	0.414	0.407	0.412	181.575	179.130	181.021	199.732	197.043	199.123	198.633	1.410	0.710
		3-metil-1-butanol	1.260	1.240	1.258	551.141	541.793	550.298	606.255	595.973	605.327	602.518	5.688	0.944
25	Matateco	n-propanol	0.363	0.351	0.367	152.871	147.876	154.571	336.316	325.327	340.057	333.900	7.657	2.293
		2-metil-1-propanol	0.312	0.320	0.320	143.908	146.749	146.952	316.598	322.847	323.295	320.913	3.744	1.167
		3-metil-1-butanol	1.198	1.197	1.195	522.697	522.260	521.681	1149.933	1148.972	1147.697	1148.867	1.122	0.098
26	Bacanda	n-propanol	0.304	0.304	0.297	129.124	129.346	126.314	284.072	284.562	277.892	282.175	3.718	1.317
		2-metil-1-propanol	0.255	0.255	0.255	122.885	122.718	122.746	270.347	269.980	270.041	270.123	0.197	0.073
		3-metil-1-butanol	1.170	1.171	1.172	510.265	510.416	511.132	1122.582	1122.916	1124.490	1123.329	1.019	0.091
27	Chinantla	n-propanol	0.246	0.245	0.243	105.990	105.648	104.734	116.589	116.212	115.208	116.003	0.714	0.616
		2-metil-1-propanol	0.258	0.257	0.255	123.809	123.584	122.669	136.190	135.943	134.936	135.690	0.664	0.489
		3-metil-1-butanol	0.629	0.625	0.622	264.037	262.548	260.839	290.441	288.803	286.923	288.722	1.760	0.610
28	Don Luis	n-propanol	0.162	0.205	0.193	72.634	89.571	84.861	79.898	98.528	93.347	90.591	9.616	10.615
		2-metil-1-	0.458	0.470	0.469	197.913	202.580	202.214	217.704	222.838	222.435	220.992	2.855	1.292

		propanol												
		3-metil-1-butanol	0.913	0.909	0.914	393.210	391.430	393.547	432.531	430.573	432.901	432.002	1.251	0.290
29	Don Agave	n-propanol	0.257	0.252	0.256	110.412	108.478	109.887	121.454	119.326	120.876	120.552	1.100	0.913
		2-metil-1-propanol	0.366	0.362	0.362	163.752	162.282	162.324	180.127	178.510	178.557	179.065	0.920	0.514
		3-metil-1-butanol	1.250	1.246	1.241	546.279	544.859	542.272	600.907	599.345	596.499	598.917	2.235	0.373
30	Don Tacho	n-propanol	0.283	0.285	0.288	120.747	121.774	122.986	132.822	133.952	135.284	134.019	1.232	0.920
		2-metil-1-propanol	0.329	0.332	0.336	150.233	151.174	152.670	165.257	166.291	167.937	166.495	1.352	0.812
		3-metil-1-butanol	0.883	0.890	0.894	379.805	382.813	384.506	417.785	421.094	422.957	420.612	2.619	0.623
31	Espina Dorada	n-propanol	0.181	0.179	0.192	80.089	79.307	84.426	88.098	87.238	92.869	89.402	3.033	3.393
		2-metil-1-propanol	0.321	0.321	0.347	147.329	147.394	156.874	162.062	162.134	172.562	165.586	6.041	3.649
		3-metil-1-butanol	0.985	0.982	1.049	425.915	424.542	455.324	468.507	466.996	500.857	478.787	19.128	3.995
32	Pensamiento	n-propanol	0.202	0.204	0.212	88.453	89.138	92.276	194.597	196.104	203.007	197.903	4.484	2.266
		2-metil-1-propanol	0.224	0.227	0.226	111.480	112.272	112.082	245.256	246.998	246.580	246.278	0.909	0.369
		3-metil-1-butanol	0.845	0.843	0.842	362.516	361.277	361.008	797.535	794.809	794.218	795.521	1.769	0.222
33	El Rey Zapoteco	n-propanol	0.391	0.390	0.394	164.171	163.594	165.071	180.588	179.953	181.578	180.706	0.819	0.453
		2-metil-1-propanol	0.371	0.370	0.372	165.699	165.357	166.081	182.269	181.892	182.689	182.283	0.399	0.219
		3-metil-1-butanol	1.297	1.298	1.300	567.966	568.174	569.411	624.763	624.991	626.352	625.369	0.859	0.137
34	Sinaí	n-propanol	0.268	0.268	0.281	114.941	114.938	120.035	126.435	126.432	132.038	128.302	3.236	2.522
		2-metil-1-propanol	0.228	0.231	0.237	112.790	114.042	116.230	124.069	125.446	127.853	125.789	1.915	1.522
		3-metil-1-butanol	0.638	0.645	0.647	268.167	271.496	272.515	294.984	298.645	299.767	297.799	2.501	0.840
35	Oro de Oaxaca	n-propanol	0.227	0.224	0.229	98.437	97.050	99.117	108.281	106.755	109.029	108.022	1.159	1.073
		2-metil-1-propanol	0.365	0.355	0.370	163.732	159.676	165.575	180.105	175.644	182.133	179.294	3.320	1.851
		3-metil-1-butanol	1.110	1.087	1.122	482.773	472.339	488.527	531.051	519.572	537.380	529.334	9.027	1.705
36	Don Agave	n-propanol	0.221	0.219	0.220	95.880	95.118	95.705	105.468	104.629	105.275	105.124	0.439	0.418
		2-metil-1-propanol	0.309	0.309	0.304	142.955	142.790	141.026	157.250	157.070	155.129	156.483	1.176	0.751
		3-metil-1-butanol	1.125	1.120	1.113	489.813	487.500	484.129	538.794	536.250	532.542	535.862	3.144	0.587
37	Don Luis	n-propanol	0.192	0.191	0.191	84.266	83.941	84.184	92.692	92.336	92.602	92.543	0.185	0.200
		2-metil-1-propanol	0.471	0.468	0.469	202.685	201.758	202.190	222.954	221.934	222.409	222.432	0.510	0.229
		3-metil-1-	0.914	0.915	0.916	393.960	394.226	394.851	433.356	433.649	434.337	433.780	0.503	0.116

		butanol												
38	Don Salomón	n-propanol	0.185	0.172	0.182	81.683	76.288	80.639	89.852	83.917	88.703	87.491	3.148	3.598
		2-metil-1-propanol	0.246	0.239	0.249	119.549	116.999	120.440	131.504	128.699	132.484	130.896	1.965	1.501
		3-metil-1-butanol	0.733	0.729	0.728	311.280	309.646	309.377	342.408	340.611	340.315	341.111	1.133	0.332
39	El embajador de Oaxaca	n-propanol	0.186	0.175	0.177	82.130	77.504	78.371	90.343	85.254	86.208	87.269	2.705	3.100
		2-metil-1-propanol	0.295	0.291	0.292	137.478	136.047	136.442	151.226	149.651	150.086	150.321	0.813	0.541
		3-metil-1-butanol	0.996	0.996	0.992	431.247	430.913	429.369	474.372	474.004	472.306	473.561	1.102	0.233
40	El famoso	n-propanol	0.351	0.353	0.346	148.134	148.866	146.113	162.947	163.752	160.724	162.475	1.568	0.965
		2-metil-1-propanol	0.392	0.391	0.391	173.629	173.129	173.289	190.992	190.442	190.618	190.684	0.281	0.147
		3-metil-1-butanol	1.064	1.069	1.064	462.175	464.254	462.123	508.392	510.680	508.336	509.136	1.337	0.263
41	El Golpe	n-propanol	0.283	0.302	0.306	120.821	128.455	130.107	132.903	141.300	143.117	139.107	5.449	3.917
		2-metil-1-propanol	0.253	0.258	0.259	122.195	124.070	124.360	134.414	136.477	136.796	135.896	1.293	0.951
		3-metil-1-butanol	0.687	0.694	0.693	290.622	293.811	293.517	319.684	323.192	322.868	321.915	1.939	0.602
42	El Rey Zapoteco	n-propanol	0.443	0.444	0.417	184.894	185.303	174.469	203.383	203.833	191.916	199.710	6.754	3.382
		2-metil-1-propanol	0.366	0.367	0.368	163.803	164.246	164.694	180.184	180.670	181.163	180.672	0.490	0.271
		3-metil-1-butanol	1.290	1.298	1.304	564.746	568.353	571.004	621.220	625.188	628.104	624.838	3.455	0.553
43	Espina Dorada	n-propanol	0.174	0.180	0.170	77.359	79.691	75.464	85.095	87.660	83.011	85.255	2.329	2.731
		2-metil-1-propanol	0.413	0.418	1.031	181.424	183.183	410.153	199.566	201.502	451.168	284.079	144.707	50.939
		3-metil-1-butanol	1.046	1.038	0.408	453.854	450.173	163.617	499.239	495.190	179.978	391.469	183.168	46.790
44	La Reliquia	n-propanol	0.200	0.202	0.196	87.815	88.320	85.933	96.597	97.152	94.526	96.092	1.384	1.440
		2-metil-1-propanol	0.325	0.324	0.323	148.582	148.409	148.148	163.440	163.250	162.963	163.218	0.240	0.147
		3-metil-1-butanol	1.033	1.040	1.029	447.716	450.930	446.009	492.488	496.023	490.610	493.040	2.749	0.558
45	Las Lomas	n-propanol	0.292	0.295	0.263	124.617	125.618	112.795	137.078	138.180	124.075	133.111	7.845	5.894
		2-metil-1-propanol	0.211	0.209	0.188	106.413	105.701	98.119	117.054	116.271	107.931	113.752	5.057	4.445
		3-metil-1-butanol	0.720	0.721	0.716	305.442	306.161	303.858	335.986	336.777	334.244	335.669	1.296	0.386
46	Pensamiento	n-propanol	0.205	0.202	0.203	89.612	88.453	88.959	98.574	97.299	97.855	97.909	0.639	0.653
		2-metil-1-propanol	0.359	0.357	0.356	161.312	160.679	160.224	177.443	176.747	176.247	176.812	0.601	0.340
		3-metil-1-butanol	1.237	1.238	1.241	540.551	540.869	542.220	594.606	594.956	596.442	595.335	0.975	0.164
47	Sinaí	n-propanol	0.272	0.272	0.272	116.359	116.395	116.320	127.995	128.035	127.952	127.994	0.041	0.032

		2-metil-1-propanol	0.409	0.409	0.407	179.834	179.882	179.016	197.817	197.871	196.917	197.535	0.536	0.271
		3-metil-1-butanol	1.373	1.371	1.375	602.441	601.667	603.341	662.685	661.834	663.675	662.732	0.921	0.139
48	Chinantla	n-propanol	0.256	0.267	0.265	109.953	114.367	113.546	120.948	125.804	124.900	123.884	2.582	2.084
		2-metil-1-propanol	0.218	0.227	0.224	109.157	112.481	111.485	120.072	123.730	122.633	122.145	1.877	1.537
		3-metil-1-butanol	0.748	0.746	0.748	318.250	317.456	318.154	350.075	349.202	349.969	349.749	0.476	0.136
		n-propanol	0.224	0.232	0.220	97.275	100.387	95.803	107.003	110.425	105.383	107.604	2.574	2.392
49	El cortijo	2-metil-1-propanol	0.393	0.393	0.384	173.893	173.773	170.761	191.282	191.151	187.837	190.090	1.952	1.027
		3-metil-1-butanol	1.152	1.165	1.172	501.736	507.991	511.240	551.910	558.790	562.364	557.688	5.313	0.953
		n-propanol	0.235	0.234	0.238	101.696	101.306	102.787	111.865	111.437	113.066	112.123	0.845	0.753
50	Sinaí	2-metil-1-propanol	0.357	0.356	0.352	160.729	160.129	158.587	176.802	176.142	174.445	175.796	1.216	0.692
		3-metil-1-butanol	1.207	1.197	1.183	527.114	522.630	516.098	579.826	574.893	567.708	574.142	6.093	1.061
		n-propanol	0.394	0.394	0.391	165.259	165.103	163.976	181.785	181.613	180.373	181.257	0.770	0.425
51	Chagoya	2-metil-1-propanol	0.337	0.338	0.337	153.214	153.393	153.247	168.536	168.733	168.572	168.613	0.105	0.062
		3-metil-1-butanol	0.736	0.736	0.738	312.978	312.943	313.724	344.275	344.237	345.097	344.536	0.486	0.141
		n-propanol	0.531	0.541	0.532	219.954	224.208	220.516	241.949	246.629	242.567	243.715	2.542	1.043
52	Don Tacho	2-metil-1-propanol	0.449	0.449	0.447	194.501	194.759	194.083	213.952	214.235	213.492	213.893	0.375	0.175
		3-metil-1-butanol	0.866	0.871	0.868	371.913	374.313	372.680	409.105	411.744	409.948	410.266	1.348	0.329
		n-propanol	0.432	0.435	0.414	180.572	181.755	173.326	198.630	199.930	190.658	196.406	5.020	2.556
53	Pensamiento	2-metil-1-propanol	0.374	0.374	0.381	166.989	166.751	169.429	183.687	183.426	186.372	184.495	1.631	0.884
		3-metil-1-butanol	0.885	0.881	0.889	380.555	378.844	382.226	418.610	416.728	420.449	418.596	1.861	0.444
		n-propanol	0.367	0.367	0.375	154.461	154.524	157.598	169.907	169.977	173.358	171.080	1.973	1.153
54	El Rey Zapoteco	2-metil-1-propanol	0.762	0.764	0.763	310.520	311.376	310.898	341.572	342.514	341.988	342.025	0.472	0.138
		3-metil-1-butanol	0.945	0.936	0.943	407.871	403.777	406.772	448.658	444.155	447.449	446.754	2.331	0.522
		n-propanol	0.238	0.231	0.242	102.908	100.112	104.493	113.199	110.123	114.942	112.755	2.440	2.164
55	Angel Nieto	2-metil-1-propanol	0.239	0.230	0.235	117.024	113.640	115.426	128.726	125.004	126.969	126.899	1.862	1.467
		3-metil-1-butanol	0.797	0.783	0.784	340.689	334.279	334.784	374.758	367.707	368.263	370.243	3.921	1.059
		n-propanol	0.258	0.261	0.264	111.029	112.013	113.209	122.132	123.215	124.530	123.292	1.201	0.974
56	Sinaí	2-metil-1-propanol	0.378	0.377	0.375	168.498	167.844	167.302	185.348	184.628	184.032	184.669	0.659	0.357

		3-metil-1-butanol	1.222	1.217	1.216	533.730	531.674	530.857	587.103	584.842	583.943	585.296	1.628	0.278
57	Productores de maguey y mezcal de San Dionisio	n-propanol	0.300	0.316	0.307	127.795	134.061	130.258	140.574	147.467	143.283	143.775	3.473	2.415
		2-metil-1-propanol	0.282	0.289	0.285	132.832	135.248	133.952	146.115	148.773	147.348	147.412	1.330	0.902
		3-metil-1-butanol	0.753	0.755	0.752	320.408	321.380	320.017	352.449	353.518	352.019	352.662	0.772	0.219
58	Benevá S.A. de C.V.	n-propanol	0.309	0.297	0.310	131.189	126.425	131.570	144.308	139.067	144.727	142.701	3.154	2.210
		2-metil-1-propanol	0.383	0.376	0.384	170.269	167.657	170.588	187.296	184.423	187.647	186.456	1.769	0.949
		3-metil-1-butanol	0.596	0.597	0.595	249.128	249.847	248.793	274.041	274.831	273.672	274.181	0.592	0.216
59	Casa Armando Guillermo Prieto	n-propanol	0.226	0.228	0.226	97.855	98.744	98.084	107.641	108.619	107.893	108.051	0.508	0.470
		2-metil-1-propanol	0.484	0.487	0.485	207.516	208.873	207.869	228.267	229.760	228.656	228.894	0.775	0.338
		3-metil-1-butanol	1.275	1.273	1.278	557.777	556.733	559.269	613.555	612.406	615.196	613.719	1.402	0.228
60	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.	n-propanol	0.351	0.369	0.364	148.063	155.196	153.259	162.869	170.716	168.585	167.390	4.057	2.424
		2-metil-1-propanol	0.506	0.513	0.513	215.809	218.297	218.361	237.390	240.126	240.197	239.238	1.601	0.669
		3-metil-1-butanol	1.043	1.044	1.043	452.608	452.699	452.266	497.869	497.969	497.493	497.777	0.251	0.050
61	Tóbala S.A. de C.V.	n-propanol	0.569	0.574	0.568	235.094	237.362	234.993	258.603	261.098	258.492	259.398	1.473	0.568
		2-metil-1-propanol	0.444	0.443	0.444	192.662	192.541	192.995	211.928	211.795	212.294	212.006	0.258	0.122
		3-metil-1-butanol	1.151	1.153	1.152	501.584	502.207	501.797	551.742	552.428	551.977	552.049	0.348	0.063
62	Cosme Hernández	n-propanol	0.172	0.187	0.187	76.478	82.551	82.277	84.126	90.806	90.505	88.479	3.773	4.264
		2-metil-1-propanol	0.456	0.465	0.468	197.352	200.554	201.521	217.087	220.609	221.674	219.790	2.400	1.092
		3-metil-1-butanol	1.126	1.129	1.141	490.002	491.537	496.959	539.002	540.691	546.655	542.116	4.021	0.742
63	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	n-propanol	0.172	0.173	0.173	76.562	76.722	76.947	84.219	84.395	84.642	84.418	0.213	0.252
		2-metil-1-propanol	0.320	0.320	0.321	146.950	146.746	147.138	161.645	161.421	161.852	161.639	0.216	0.133
		3-metil-1-butanol	1.220	1.220	1.215	532.965	532.939	530.777	586.261	586.233	583.855	585.450	1.381	0.236
64	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.	n-propanol	0.298	0.291	0.307	126.799	123.911	130.247	139.479	136.302	143.271	139.684	3.489	2.498
		2-metil-1-propanol	0.546	0.539	0.548	230.456	227.954	231.508	253.501	250.750	254.659	252.970	2.008	0.794
		3-metil-1-butanol	1.317	1.312	1.323	576.954	574.480	579.686	634.649	631.928	637.654	634.744	2.865	0.451
65	Del maguey single village Mezcal S.A. de C.V.	n-propanol	0.462	0.454	0.461	192.456	189.174	192.090	211.702	208.092	211.299	210.364	1.978	0.940
		2-metil-1-propanol	0.398	0.399	0.397	175.650	175.984	175.338	193.215	193.583	192.872	193.223	0.355	0.184
		3-metil-1-butanol	0.944	0.974	0.967	407.354	421.120	417.767	448.089	463.232	459.544	456.955	7.896	1.728

66	Zósimo Méndez Sernas	n-propanol	0.286	0.282	0.289	122.123	120.554	123.376	134.335	132.610	135.714	134.220	1.555	1.159	
		2-metil-1-propanol	0.433	0.434	0.432	188.845	189.202	188.282	207.730	208.122	207.110	207.654	207.654	0.510	0.246
		3-metil-1-butanol	0.947	0.977	0.973	408.775	422.261	420.506	449.653	464.487	462.556	458.898	458.898	8.065	1.758
67	Compañía Bronco Matateco S.A. de C.V.	n-propanol	0.192	0.190	0.189	84.271	83.528	83.337	92.699	91.881	91.671	92.083	92.083	0.543	0.590
		2-metil-1-propanol	0.476	0.472	0.474	204.577	203.196	203.838	225.035	223.515	224.222	224.257	224.257	0.761	0.339
		3-metil-1-butanol	1.044	1.046	1.043	452.689	453.796	452.617	497.958	499.176	497.878	498.338	498.338	0.727	0.146
68	Ausencio León Ruiz y Sucesores	n-propanol	0.194	0.195	0.180	85.428	85.542	79.676	93.970	94.096	87.643	91.903	91.903	3.690	4.015
		2-metil-1-propanol	0.350	0.349	0.343	157.977	157.661	155.251	173.775	173.427	170.776	172.659	172.659	1.640	0.950
		3-metil-1-butanol	1.152	1.151	1.156	502.161	501.707	503.813	552.378	551.878	554.194	552.817	552.817	1.219	0.221
69	Ausencio León Ruiz y Sucesores	n-propanol	0.209	0.172	0.211	91.062	76.467	92.109	100.169	84.114	101.320	95.201	95.201	9.619	10.104
		2-metil-1-propanol	0.260	0.243	0.264	124.589	118.452	126.276	137.048	130.297	138.903	135.416	135.416	4.529	3.345
		3-metil-1-butanol	0.904	0.915	0.917	389.111	394.038	394.927	428.022	433.441	434.420	431.961	431.961	3.447	0.798
70	Scorpión Mezcal	n-propanol	0.286	0.289	0.291	122.198	123.125	124.146	134.418	135.437	136.561	135.472	135.472	1.072	0.791
		2-metil-1-propanol	0.324	0.324	0.328	148.363	148.433	149.680	163.199	163.276	164.648	163.708	163.708	0.815	0.498
		3-metil-1-butanol	1.041	1.034	1.048	451.571	448.322	454.481	496.728	493.154	499.929	496.604	496.604	3.389	0.682
71	Compañía de Mezcal Reunión S.A de C.V.	n-propanol	0.336	0.338	0.343	142.211	142.644	144.843	156.432	156.909	159.328	157.556	157.556	1.553	0.985
		2-metil-1-propanol	0.424	0.426	0.426	185.495	186.056	186.206	204.045	204.662	204.827	204.511	204.511	0.412	0.202
		3-metil-1-butanol	0.937	0.943	0.944	404.389	406.800	407.253	444.827	447.480	447.979	446.762	446.762	1.694	0.379
72	Destilería los Danzantes	n-propanol	0.271	0.271	0.272	116.147	115.902	116.460	127.762	127.492	128.106	127.787	127.787	0.308	0.241
		2-metil-1-propanol	0.403	0.401	0.400	177.683	176.947	176.689	195.451	194.642	194.358	194.817	194.817	0.567	0.291
		3-metil-1-butanol	1.434	1.432	1.430	630.320	629.400	628.255	693.352	692.340	691.081	692.258	692.258	1.138	0.164
73	Mezcal del Amigo	n-propanol	0.303	0.307	0.309	128.770	130.546	131.199	141.646	143.601	144.319	143.189	143.189	1.383	0.966
		2-metil-1-propanol	0.297	0.296	0.296	138.364	137.832	137.870	152.200	151.615	151.658	151.824	151.824	0.326	0.215
		3-metil-1-butanol	0.633	0.634	0.635	266.005	266.465	267.164	292.606	293.111	293.880	293.199	293.199	0.642	0.219
74	Bugarin Exportaciones	n-propanol	0.262	0.274	0.258	112.622	117.072	111.008	123.884	128.780	122.109	124.924	124.924	3.455	2.766
		2-metil-1-propanol	0.352	0.354	0.346	158.599	159.558	156.575	174.459	175.514	172.233	174.069	174.069	1.675	0.962
		3-metil-1-butanol	1.054	1.053	1.055	457.534	457.059	457.906	503.287	502.764	503.697	503.249	503.249	0.467	0.093
75	Bugarin Exportaciones	n-propanol	0.216	0.241	0.222	94.145	104.034	96.255	103.559	114.437	105.881	107.959	107.959	5.729	5.307
		2-metil-1-	0.440	0.448	0.446	191.423	194.398	193.576	210.565	213.838	212.934	212.446	212.446	1.690	0.796

		propanol												
		3-metil-1-butanol	1.149	1.148	1.149	500.793	500.038	500.779	550.872	550.042	550.857	550.590	0.475	0.086
76	Destilería Tlacolula S. de R.L. de MI.	n-propanol	0.289	0.289	0.286	123.078	123.364	122.127	135.386	135.701	134.340	135.142	0.712	0.527
		2-metil-1-propanol	0.356	0.358	0.351	160.182	160.800	158.377	176.200	176.880	174.215	175.765	1.385	0.788
		3-metil-1-butanol	1.229	1.226	1.218	536.796	535.763	531.906	590.476	589.339	585.097	588.304	2.835	0.482
77	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	n-propanol	0.143	0.185	0.141	64.991	81.684	64.088	71.490	89.853	70.497	77.280	10.900	14.104
		2-metil-1-propanol	0.277	0.295	0.276	130.912	137.606	130.425	144.003	151.367	143.467	146.279	4.414	3.018
		3-metil-1-butanol	0.883	0.891	0.880	379.527	383.400	378.408	417.480	421.740	416.249	418.489	2.882	0.689
78	Licores Veracruz Producidos en Santiago Matatlán	n-propanol	0.205	0.201	0.185	89.582	88.226	81.460	98.540	97.048	89.606	95.065	4.786	5.034
		2-metil-1-propanol	0.352	0.352	0.343	158.755	158.556	155.514	174.631	174.412	171.065	173.369	1.999	1.153
		3-metil-1-butanol	1.275	1.277	1.279	557.930	558.932	559.569	613.723	614.825	615.526	614.691	0.909	0.148
79	Destilería los danzantes	n-propanol	0.255	0.268	0.255	109.442	114.752	109.803	120.386	126.228	120.784	122.466	3.264	2.665
		2-metil-1-propanol	0.328	0.333	0.329	150.022	151.671	150.233	165.024	166.839	165.256	165.706	0.987	0.596
		3-metil-1-butanol	1.139	1.164	1.152	496.231	507.343	502.155	545.854	558.077	552.370	552.100	6.116	1.108
80	Scorpión Mezcal	n-propanol	0.267	0.261	0.266	114.247	111.967	114.165	125.671	123.163	125.581	124.805	1.423	1.140
		2-metil-1-propanol	0.292	0.289	0.293	136.432	135.459	136.798	150.076	149.005	150.478	149.853	0.761	0.508
		3-metil-1-butanol	0.933	0.933	0.933	402.597	402.534	402.503	442.857	442.788	442.754	442.799	0.053	0.012
81	Scorpión Mezcal	n-propanol	0.254	0.252	0.245	109.365	108.489	105.717	120.301	119.338	116.288	118.643	2.095	1.766
		2-metil-1-propanol	0.313	0.313	0.310	144.461	144.160	143.185	158.908	158.576	157.503	158.329	0.734	0.464
		3-metil-1-butanol	0.931	0.931	0.933	401.505	401.338	402.461	441.655	441.472	442.707	441.945	0.666	0.151
82	Compañía de Mezcal Reunión	n-propanol	0.289	0.285	0.286	123.283	121.643	122.184	135.611	133.807	134.402	134.607	0.919	0.683
		2-metil-1-propanol	0.531	0.530	0.532	224.859	224.830	225.228	247.345	247.313	247.750	247.470	0.244	0.098
		3-metil-1-butanol	1.231	1.203	1.203	537.958	525.053	525.056	591.754	577.558	577.561	582.291	8.195	1.407
83	Licores Veracruzanos producidos en Santiago Matatlán	n-propanol	0.238	0.236	0.237	102.761	102.204	102.312	113.038	112.425	112.543	112.668	0.325	0.289
		2-metil-1-propanol	0.398	0.396	0.396	175.626	175.068	175.085	193.189	192.575	192.593	192.785	0.349	0.181
		3-metil-1-butanol	1.199	1.200	1.199	523.270	523.791	523.301	575.597	576.170	575.631	575.799	0.321	0.056

Tabla 12. Cuantificación de los mezcales (mg/100 mL de alcohol anhidro)

	Mezcal	%etanol	Metanol	Norma	n-propanol	2-metil-1-propanol	3-metil-1-butanol	Suma de alcoholes superiores	Norma
Añejos	Casco legendario	30.17	209.15	si cumple	47.81	68.45	168.17	284.43	si cumple
	Don Luis	33.13	172.12	si cumple	26.43	68.53	128.85	223.81	si cumple
	Don Salomón	36.93	206.15	si cumple	23.49	39.12	102.50	165.11	si cumple
	El As	40.25	188.43	si cumple	28.93	38.05	151.81	218.79	si cumple
	El Golpe	34.62	253.39	si cumple	36.65	37.64	88.14	162.43	si cumple
	El Rey Zapoteco	42.56	330.27	no cumple	44.55	42.10	143.68	230.33	si cumple
	San Juan del Río	40.37	268.02	si cumple	30.07	54.55	129.68	214.30	si cumple
	Agave de Cortez	36.93	240.80	si cumple	29.68	46.98	147.37	224.03	si cumple
	Benesín	36.28	207.25	si cumple	28.68	65.03	147.25	240.96	si cumple
	Sinaí	35.63	294.63	si cumple	34.35	48.51	166.40	249.27	si cumple
Jóvenes	Don Salomón	32.68	275.47	si cumple	28.08	38.29	109.69	176.06	si cumple
	Don Tomás	40.21	635.41	no cumple	22.90	55.78	123.95	202.64	si cumple
	Don Agave	36.32	368.68	no cumple	40.97	49.59	124.51	215.08	si cumple
	Don Luis	35.59	464.88	no cumple	21.08	65.08	103.46	189.62	si cumple
	Don Tacho	47.33	268.46	si cumple	21.43	33.68	102.33	157.44	si cumple
	El Golpe	46.08	192.96	si cumple	30.91	51.93	131.96	214.80	si cumple

	El Rey Zapoteco	41.83	273.86	si cumple	41.71	39.05	139.18	219.94	si cumple
	Espina Dorada	33.13	364.54	no cumple	25.48	60.30	171.72	257.50	si cumple
	Bacanda	36.57	224.67	si cumple	22.80	45.95	149.45	218.20	si cumple
	Sinaí	34.10	337.34	no cumple	42.35	39.54	96.49	178.38	si cumple
	El Huehuete	39.32	209.90	si cumple	28.90	48.71	169.37	246.99	si cumple
	San Juan del Río	39.84	225.18	si cumple	30.65	44.76	93.08	168.49	si cumple
	Bacanda (Santiago Zochila)	40.78	232.30	si cumple	8.81	26.20	80.83	115.85	si cumple
	Agave de Cortez	41.58	259.42	si cumple	30.00	47.77	144.90	222.67	si cumple
Jóvenes con gusnao	Matateco	44.09	243.29	si cumple	29.02	55.70	206.88	291.59	si cumple
	Bacanda	32.68	213.15	si cumple	32.84	62.71	274.54	370.10	si cumple
	Chinantla	32.64	331.42	no cumple	35.53	41.56	88.44	165.54	si cumple
	Don Luis	32.88	386.62	no cumple	27.56	67.24	131.44	226.25	si cumple
	Don Agave	31.79	238.99	si cumple	37.95	56.38	188.56	282.89	si cumple
	Don Tacho	34.30	426.11	no cumple	39.11	48.58	122.74	210.43	si cumple
	Espina Dorada	34.46	183.48	si cumple	25.93	48.02	138.85	212.80	si cumple
	Pensamiento	49.48	335.97	no cumple	25.45	55.05	141.12	221.62	si cumple
	El Rey Zapoteco	49.64	296.01	si cumple	36.41	36.73	126.00	199.13	si cumple
	Sinaí	38.31	215.41	si cumple	33.51	32.85	77.77	144.13	si cumple
	Oro de Oaxaca	43.00	206.50	si cumple	25.13	41.71	123.15	190.00	si

									cumple
Reposados	Don Agave	41.30	230.87	si cumple	25.43	37.85	129.63	192.92	si cumple
	Don Luis	42.88	248.20	si cumple	21.60	51.92	101.24	174.75	si cumple
	Don Salomón	41.50	198.56	si cumple	21.06	31.51	82.11	134.69	si cumple
	El embajador de Oaxaca	30.37	229.09	si cumple	28.74	49.51	155.98	234.23	si cumple
	El Famoso	31.83	238.65	si cumple	51.06	59.92	159.99	270.97	si cumple
	El Golpe	33.08	268.52	si cumple	42.06	41.09	97.33	180.47	si cumple
	El Rey Zapoteco	41.14	340.77	no cumple	48.56	43.93	151.92	244.40	si cumple
	Espina Dorada	33.08	303.47	no cumple	25.78	85.58	118.81	230.17	si cumple
	La Reliquia	31.34	212.69	si cumple	30.67	52.07	157.31	240.06	si cumple
	Las Lomas	40.13	173.25	si cumple	33.14	28.32	83.58	145.04	si cumple
	Pensamiento	37.54	200.55	si cumple	26.11	47.16	158.77	232.04	si cumple
	Sinaí	38.27	164.67	si cumple	33.45	51.62	173.19	258.26	si cumple
Reposados con gusano	Chinantla	39.32	95.25	si cumple	31.49	31.04	77.37	139.90	si cumple
	El cortijo	34.26	203.58	si cumple	31.41	55.49	162.79	249.69	si cumple
	Sinaí	36.85	171.47	si cumple	30.42	47.70	155.79	233.92	si cumple
Tobalá	Chagoya	44.86	412.58	no cumple	40.42	37.60	76.82	154.83	si cumple
	Don Tacho	36.61	487.67	no cumple	66.52	58.38	111.97	236.86	si cumple
	Pensamiento	47.05	352.60	no cumple	41.75	39.22	88.98	169.94	si cumple

	El Rey Zapoteco	41.42	245.03	si cumple	41.30	82.58	107.87	231.75	si cumple
	Mezcal Angel Nieto	41.50	199.61	si cumple	27.18	30.59	89.26	147.03	si cumple
Añejo con gusano	Sinaí	34.10	222.47	si cumple	36.15	54.14	171.59	261.88	si cumple
Jóvenes COMERCAM	Productores de maguey y mezcal de San Dionisio	37.38	255.29	si cumple	38.48	39.45	94.39	172.32	si cumple
	Benevá S.A. de C.V.	49.84	191.51	si cumple	28.63	37.41	55.01	121.05	si cumple
	Casa Armando Guillermo Prieto	48.99	220.61	si cumple	22.05	46.70	125.22	193.97	si cumple
	Destiladora de Agaves Mexicanos S.A. de C.V.	43.33	205.22	si cumple	38.65	55.23	114.92	208.80	si cumple
	Tobalá S.A. de C.V.	41.67	413.57	no cumple	62.27	50.89	132.52	245.68	si cumple
	Cosme Hernández	46.60	260.07	si cumple	18.98	47.13	116.26	182.37	si cumple
	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	48.14	224.80	si cumple	17.53	33.56	121.54	172.62	si cumple
	LAAJSH DOOB S.P.R. de R.L.	53.89	199.76	si cumple	25.92	46.95	117.80	190.68	si cumple
	Del maguey single Village Mezcal S.A. de C.V.	44.98	226.14	si cumple	46.77	42.96	101.61	191.34	si cumple
	Zósimo Méndez Sernas	40.73	202.11	si cumple	32.95	50.98	112.65	196.57	si cumple
Compañía Bronco Matatec S.A. de C.V.	33.77	224.93	si cumple	27.25	66.36	147.47	241.08	si cumple	
Añejos COMERCAM	Ausencia León Ruiz y Sucesores (1)	37.38	151.88	si cumple	24.59	46.19	147.89	218.67	si cumple
	Ausencia León Ruiz y Sucesores (2)	52.84	265.11	si cumple	18.01	25.61	81.71	125.33	si cumple
	Scorpión Mezcal	53.53	165.51	si cumple	25.32	30.60	92.81	148.73	si cumple
	Compañía de Mezcal Reunión S.A. de C.V.	40.05	475.37	no cumple	39.34	51.07	111.57	201.98	si cumple
	Destilería los Danzantes	36.36	208.76	si cumple	35.12	53.54	190.24	278.89	si

									cumple
	Mezcal del Amigo	36.93	153.40	si cumple	38.76	41.09	79.36	159.21	si cumple
Reposados COMERCAM	Bugarin Exportaciones (1)	32.92	231.04	si cumple	37.97	52.90	152.95	243.82	si cumple
	Bugarin Exportaciones (2)	33.29	189.54	si cumple	32.40	63.76	165.26	261.42	si cumple
	Destilería Tlacolula S. de R.L. de M.I.	33.98	316.87	no cumple	39.77	51.72	173.12	264.60	si cumple
	Mezcales de gusano S.P.R. de R.L.	34.38	146.70	si cumple	22.46	42.51	121.61	186.58	si cumple
	Licores Veracruz producidos en Santiago Matatlan	38.35	164.70	si cumple	24.79	45.20	160.26	230.25	si cumple
	Destilería los Danzantes	44.98	125.98	si cumple	27.23	36.84	122.75	186.83	si cumple
	Scorpión Mezcal	40.13	205.55	si cumple	31.09	37.33	110.31	178.74	si cumple
	Scorpión Mezcal	39.44	176.37	si cumple	30.07	40.13	112.00	182.20	si cumple
	Compañía del Mezcal Reunión	44.82	455.68	no cumple	30.04	55.22	129.93	215.18	si cumple
	Licores Veracruz producidos en Santiago Matatlan	40.09	157.59	si cumple	28.10	48.09	143.62	219.81	si cumple

