



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

Perfil sensorial de mezcales artesanales de Oaxaca
elaborados con los agaves *karwinskii*, *potatorum*,
americana, *rhodacantha*, *marmorata* y *angustifolia*

TESIS

QUE PRESENTA:
MONSERRAT REYES HERNÁNDEZ

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICA DE ALIMENTOS

TUTOR: PATRICIA SEVERIANO PÉREZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. 2024





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: Patricia Severiano Pérez**
VOCAL: **Profesor: Adelina Escamilla Loeza**
SECRETARIO: **Profesor: Sandra Teresita Ríos Díaz**
1er. SUPLENTE: **Profesor: Jessica Ivette Marquéz Zetina**
2° SUPLENTE **Profesor: Darío Rodrigo De la Cruz De la Cruz**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

LABORATORIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL.
ANEXO DEL LABORATORIO 4D, EDIFICIO A, CUARTO PISO. FACULTAD
DE QUÍMICA. CIUDAD UNIVERSITARIA

**ESTE PROYECTO DE TESIS SE DESARROLLÓ CON EL PRESUPUESTO PAIP
5000-9089 DE LA FACULTAD DE QUÍMICA-UNAM. LOS MEZCALES
FUERON PROPORCIONADOS POR CORNELIO I. PÉREZ RICÁRDEZ.**

(Patricia Severiano Pérez)

Asesora

(Montserrat Reyes Hernández)

Sustentante



1.	Introducción	11
2.	Objetivos Generales	14
3.	Objetivos Particulares	14
4.	Antecedentes	15
4.1.	Historia	15
4.2.	Denominación de origen	17
4.3.	Definición	19
4.4.	Clasificación	19
4.5.	Cadena de Producción	21
4.6.	Agave	22
4.6.1.	<i>Agave angustifolia</i>	25
4.6.2.	<i>Agave rhodacantha</i>	25
4.6.3.	<i>Agave marmorata</i>	26
4.6.4.	<i>Agave americana</i>	27
4.6.5.	<i>Agave potatorum</i>	27
4.6.6.	<i>Agave karwinskii</i>	28
4.7.	Proceso de elaboración	31
4.7.1.	Cultivo y Cosecha del agave	33
4.7.2.	Cocción	35
4.7.3.	Molienda del Agave	36
4.7.4.	Fermentación	37
4.7.5.	Destilación	39
4.7.5.1.	Tipos de Destiladores	41
4.7.6.	Envasado	44
4.8.	Estudios Analíticos del Mezcal	45
4.9.	Evaluación sensorial	46
4.10.	Panel Sensorial	47
4.10.1.	Tipos de Panel sensorial	47
4.10.2.	Panel de Expertos	47



4.10.3.	Panel de Jueces Entrenados	48
4.10.4.	Panel de Jueces Consumidores	48
4.10.5.	Reclutamiento	48
4.10.6.	Selección	49
4.10.7.	Entrenamiento	50
4.10.8.	Validación del Panel	50
4.11.	Pruebas Sensoriales	51
4.11.1.	Pruebas Discriminativas	52
4.11.2.	Pruebas Descriptivas	52
4.12.	Estudios Sensoriales de Mezcal	53
4.13.	Análisis de Componentes Principales	54
5.	Hipótesis	55
6.	Metodología	55
6.1.	Pre selección de Jueces	56
6.2.	Selección de Jueces	57
6.3.	Selección de Muestras	57
6.4.	Perfil de Dilución	64
6.5.	Preparación de las muestras para su evaluación	64
6.6.	Pre selección de Atributos	66
6.7.	Selección de Atributos	67
6.8.	Selección de Escala	67
6.9.	Entrenamiento de jueces	68
7.	Análisis Estadístico	70
7.1.	Evaluación del desempeño del panel	70
7.2.	Evaluación de muestras y jueces	71
7.3.	Evaluación de los perfiles sensoriales	71
8.	Resultados	72
8.1.	Etapa de preselección del panel	72
8.2.	Etapa de selección del panel	73
8.2.1.	Umbral de gustos básicos	73
8.2.2.	Prueba triangular	76
8.2.3.	Pruebas de capacidad olfativa	77



8.2.4.	Capacidad para definir atributos	79
8.3.	Jueces Seleccionados	82
8.4.	Generación de atributos	83
8.5.	Selección de atributos	86
8.6.	Entrenamiento de jueces	94
8.7.	Comprobación del entrenamiento del panel	100
8.8.	Perfil sensorial de mezcales	105
9.	Conclusiones	186
10.	Bibliografía	188



Índice de Tabla

TABLA 1 CATEGORÍAS DE MEZCAL.....	20
TABLA 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS DE MEZCAL TRADICIONAL EMPLEADAS.....	57
TABLA 3 ESCALAS UTILIZADAS PARA LOS ATRIBUTOS DE APARIENCIA.....	68
TABLA 4 RESULTADOS GRUPALES DE LAS PRUEBAS TRIANGULARES	76
TABLA 5 RESULTADOS GRUPALES DE IDENTIFICACIÓN DE OLORES	78
TABLA 6 CANTIDAD DE PALABRAS GENERADAS POR JUEZ.	79
TABLA 7 PALABRAS GENERADAS POR PREGUNTA.....	81
TABLA 8 PORCENTAJE DE IDENTIFICACIÓN DE OLORES DE LOS JUECES SELECCIONADOS	82
TABLA 9 JUECES SELECCIONADOS.....	83
TABLA 10. ATRIBUTOS GENERADOS EN LA SESIÓN 1 PARA EL MEZCAL 2.2 (TOBASICHE SILVESTRE 8 A 10 AÑOS)	84
TABLA 11 ATRIBUTOS GENERADOS EN LA SESIÓN 1 PARA EL MEZCAL 5.1 (MAGUEY ARROQUEÑO CULTIVADO 10 A 12 AÑOS)	85
TABLA 12 ATRIBUTOS GENERADOS EN LA SESIÓN 2 PARA EL MEZCAL 6.2 (MAGUEY TEPEXTATE SILVESTRE DE PUNTAS).....	86
TABLA 13 COMPARATIVO DE ATRIBUTOS GENERADOS PARA EL MEZCAL 2.2 (TOBASICHE SILVESTRE 8 A 10 AÑOS)	87
TABLA 14 COMPARATIVO DE ATRIBUTOS GENERADOS PARA EL MEZCAL 5.1 (MAGUEY ARROQUEÑO CULTIVADO 10 A 12 AÑOS)	89
TABLA 15 COMPARATIVO DE ATRIBUTOS GENERADOS PARA EL MEZCAL 6.2 (MAGUEY TEPEXTATE SILVESTRE DE PUNTAS).....	91
TABLA 16 ATRIBUTOS SELECCIONADOS PARA EL PERFIL SENSORIAL DE MEZCAL.....	93



Índice de Figuras

FIGURA 1 MAYAHUEL, LA DIOSA DEL MAGUEY AUTOR: GONCALVES DE LIMA, OSWALDO	15
FIGURA 2 MAPA DE LA D.O DEL MEZCAL RECUPERADA DE: OAXACA Y SUS REGIONES PRODUCTORAS DE MEZCAL: UN ANÁLISIS DESDE CADENAS GLOBALES DE VALOR (2016)	18
FIGURA 3 MORFOLOGÍA, COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE UNA PLANTA DE AGAVE (CIATEJ, 2017)...	22
FIGURA 4 REPRESENTACIÓN FORMA DE LAS HOJAS DEL AGAVE RECUPERADA DE: AGAVE (AGAVE SPP.) GUÍA TÉCNICA PARA LA DESCRIPCIÓN VARIETAL (2014)	23
FIGURA 5 MAGUEY ESPADÍN (AGAVE ANGUSTIFOLIA HAW (INIFAP, 2002).....	25
FIGURA 6 MAGUEY MEXICANO (AGAVE RHODACANTHA TREL.) (INIFAP,2002)	26
FIGURA 7 MAGUEY TEPEZTATE (AGAVE MARMORATA ROEHL.) (INIFAP, 2002)	26
FIGURA 8 MAGUEY ARROQUEÑO (AGAVE AMERICANA L) (INIFAP, 2002).....	27
FIGURA 9 MAGUEY TOBALÁ (AGAVE POTATORUM) (INIFAP, 2002)	28
FIGURA 10 MAGUEY BARRIL (AGAVE KARWINSKII) (INIFAP, 2002).....	30
FIGURA 11 MAGUEY TOBASICHE (AGAVE KARWINSKII) (INIFAP, 2002).....	30
FIGURA 12 MAGUEY SAN MARTINERO (AGAVE KARWINSKII) (INIFAP, 2002).....	31
FIGURA 13 MAGUEY CUICHE (AGAVE KARWINSKII) (INIFAP, 2002).....	31
FIGURA 14 ESQUEMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL MEZCAL RECUPERADA DE: HTTPS://MEZCALUNION.COM.....	33
FIGURA 15 JIMA DE AGAVES RECUPERADA DE: LA CRÓNICA JALISCO, RICARDO GÓMEZ (2021).....	34
FIGURA 16 TRANSPORTE DE PIÑAS PARA SU COCIMIENTO FOTOGRAFÍA TOMADA POR: ISABEL REYES (2022)	34
FIGURA 17 COCCIÓN DEL AGAVE RECUPERADA DE: HTTPS://REALMINERO.COM.MX/PROCESO/#	35
FIGURA 18 MOLINO DE PIEDRA MOTORIZADO RECUPERADO DE: INNOVACIÓN DE UN MOLINO DE AGAVE COCIDO PARA LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL (2013).....	37
FIGURA 19 TINAS DE FERMENTACIÓN RECUPERADA DE: HTTPS://ELHORNODELUCAS.COM/VINOS/MEZCAL- ORO-OAXACA-PRESENTE-LA-FERIA-INTERNACIONAL-DEL-MEZCAL-2017-OAXACA.....	39
FIGURA 20 ALAMBIQUE DE COBRE RECUPERADA DE: HTTPS://WWW.DESTILADORESDECOBRE.COM.MX/ ...	42
FIGURA 21 DESTILADOR DE OLLAS DE BARRO USADOS PARA LA DESTILACIÓN DEL MEZCAL EN VILLAS DE SOL VEGA RECUPERADA DE: HTTPS://WWW.MEZCALE.COM/2017/10/OLLAS-DE-BARRO-USADOS-PARA-LA.HTML	43
FIGURA 22 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS PRUEBAS SENSORIALES (SEVERIANO, 2019)	51
FIGURA 23 DIAGRAMA DEL MÉTODO CONVENCIONAL APLICADO AL DESARROLLO DEL PERFIL SENSORIAL DE MEZCALES TRADICIONALES MONO-VARIETALES- AUTORÍA PROPIA	55
FIGURA 24 DE IZQUIERDA A DERECHA MEZCAL 1.2 ELABORADO CON AGAVE ESPADÍN Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS Y MEZCAL 1.1 ELABORADO CON AGAVE ESPADÍN CAPÓN Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS (AUTORÍA PROPIA).....	60
FIGURA 25 DE IZQUIERDA A DERECHA MEZCAL 2.1 ELABORADO CON AGAVE TOBASICHE SILVESTRE Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS Y MEZCAL 2.2 ELABORADO CON TOBASICHE SEMI CULTIVADO Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS (AUTORÍA PROPIA)	60
FIGURA 26 MEZCAL 3.2 ELABORADO CON AGAVE CUISHE CULTIVADO Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS (AUTORÍA PROPIA)	61
FIGURA 27 DE IZQUIERDA A DERECHA MEZCAL 4.1 ELABORADO CON AGAVE TOBALÁ SILVESTRE Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS Y MEZCAL 4.2 ELABORADO CON TOBALÁ	



SILVESTRE Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS. FOTOGRAFÍA DE ALEJANDRO OROS TÉLLEZ.....	61
FIGURA 28 DE IZQUIERDA A DERECHA MEZCAL 5.1 ELABORADO CON ARROQUEÑO CULTIVADO Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS Y MEZCAL 5.2 ELABORADO CON ARROQUEÑO CULTIVADO Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS FOTOGRAFÍA TOMADA POR :ALEJANDRO OROS TÉLLEZ.....	61
FIGURA 29 DE IZQUIERDA A DERECHA MEZCAL 6.1 ELABORADO CON TEPEXTATE SILVESTRE Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS Y MEZCAL 6.2 ELABORADO CON TEPEXTATE SILVESTRE Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS FOTOGRAFÍA TOMADA POR :ALEJANDRO OROS TÉLLEZ.....	62
FIGURA 30 MEZCAL 7.1 ELABORADO CON AGAVE SAN MARTINERO CULTIVADO Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS (AUTORÍA PROPIA)	62
FIGURA 31 MEZCAL 3.2 ELABORADO CON AGAVE BARRIL CULTIVADO Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS (AUTORÍA PROPIA)	62
FIGURA 32 DE IZQUIERDA A DERECHA MEZCAL 8.2 ELABORADO CON MEXICANO CULTIVADO Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS Y MEZCAL 8.10 ELABORADO CON MEXICANO CHINITO CULTIVADO Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS (AUTORÍA PROPIA).....	63
FIGURA 33 DE IZQUIERDA A DERECHA MEZCAL 9.2 ELABORADO CON AGAVE MEXICANO Y AGAVE TOBASICHE Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS Y MEZCAL 9.1 ELABORADO CON AGAVE MEXICANO Y AGAVE TOBASICHE Y DESTILADO CON DESTILADOR DE COBRE CON PLATILLOS FOTOGRAFÍA TOMADA POR :ALEJANDRO OROS TÉLLEZ.....	63
FIGURA 34 MEZCALES DESTILADOS CON OLLA DE BARRO, DE IZQUIERDA A DERECHA MEZCAL 1.3 ELABORADO CON AGAVE ESPADÍN CULTIVADO, 2.3 ELABORADO CON AGAVE TOBASICHE SILVESTRE, 3.3 ELABORADO CON AGAVE CUISHE CULTIVADO, 4.3 ELABORADO CON AGAVE TOBALÁ OREJÓN SILVESTRE, 5.3 ELABORADO CON AGAVE ARROQUEÑO CULTIVADO, 6.3 ELABORADO CON AGAVE TEPEXTATE, 7.3 ELABORADO CON AGAVE SAN MARTINERO CULTIVADO Y 9.3 ELABORADO CON AGAVE ESPADÍN CULTIVADO Y AGAVE TOBASICHE (AUTORÍA PROPIA)	63
FIGURA 35 COPAS DE FLAUTA - AUTORÍA PROPIA	65
FIGURA 36 ESCALA EMPLEADA	67
FIGURA 37 GRÁFICA DEL PORCENTAJE GRUPAL DE RECONOCIMIENTO DEL GUSTO DULCE	74
FIGURA 38 GRÁFICA DEL PORCENTAJE GRUPAL DE RECONOCIMIENTO DEL GUSTO ÁCIDO	74
FIGURA 39 GRÁFICA DEL PORCENTAJE GRUPAL DE RECONOCIMIENTO DEL GUSTO AMARGO	75
FIGURA 40 GRÁFICA DEL PORCENTAJE GRUPAL DE RECONOCIMIENTO DEL GUSTO SALADO	75
FIGURA 41 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DE LA SENSACIÓN PICANTE	95
FIGURA 42 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DEL SABOR A CUITLACOCHÉ	95
FIGURA 43 ESTABILIDAD DE LA EVALUACIÓN DE LA HOMOGENEIDAD DE PERLADO	96
FIGURA 44 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DE TAMAÑO DE PERLADO.....	96
FIGURA 45 ESTABILIDAD DE EVOLUCIÓN DE LA DURACIÓN DE PERLADO	96
FIGURA 46 ESTABILIDAD DE LA EVALUACIÓN DE OLOR CUITLACOCHÉ	96
FIGURA 47 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DEL SABOR ÁCIDO	96
FIGURA 48 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DEL SABOR MADERA	96



FIGURA 49 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DEL SABOR MAPLE	97
FIGURA 50 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DEL SABOR JENGIBRE	97
FIGURA 51 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DE SENSACIÓN DE PERMANENCIA	97
FIGURA 52 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DE SENSACIÓN DE PALATABILIDAD	97
FIGURA 53 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DE SENSACIÓN ADORMECIMIENTO.....	97
FIGURA 54 ESTABILIDAD DE EVALUACIÓN DE SENSACIÓN DE ARDIENTE.....	97
FIGURA 55 GRÁFICOS DE ACP DE LOS ATRIBUTOS QUE MUESTRAN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LOS PRODUCTOS	98
FIGURA 56 DIAGRAMA DE RESULTADOS DEL PERFIL	99
FIGURA 57 ANOVA A DOS VÍAS DEL ATRIBUTO LAGRIMEO	100
FIGURA 58 COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE ATRIBUTOS DE OLOR AL INICIO (COLOR AZUL) Y AL FINAL DEL ENTRENAMIENTO (COLOR ROJO) EL VALOR DESEABLE ES MENOR AL 40% (LÍNEA VERDE).....	101
FIGURA 59 COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE ATRIBUTOS DE APARIENCIA AL INICIO (COLOR AZUL) Y AL FINAL DEL ENTRENAMIENTO (COLOR ROJO) EL VALOR DESEABLE ES MENOR AL 40% (LÍNEA VERDE).....	102
FIGURA 60 COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE ATRIBUTOS DE SABOR AL INICIO (COLOR AZUL) Y AL FINAL DEL ENTRENAMIENTO (COLOR ROJO) EL VALOR DESEABLE ES MENOR AL 40% (LÍNEA VERDE).....	103
FIGURA 61 COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE ATRIBUTOS DE TEXTURA AL INICIO (COLOR AZUL) Y AL FINAL DEL ENTRENAMIENTO (COLOR ROJO) EL VALOR DESEABLE ES MENOR AL 40% (LÍNEA VERDE).....	104
FIGURA 62 COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE ATRIBUTOS DE OLOR AL INICIO (COLOR AZUL) Y AL FINAL DEL ENTRENAMIENTO (COLOR ROJO) EL VALOR DESEABLE ES MENOR AL 40% (LÍNEA VERDE).....	104
FIGURA 63 ANOVA A DOS VÍAS DEL ATRIBUTO LAGRIMEO	105
FIGURA 64 ANOVA A DOS VÍAS DEL ATRIBUTO ARDIENTE.....	105
FIGURA 65 GRÁFICO RADIAL PARA LOS ATRIBUTOS DE APARIENCIA DE LAS 25 MUESTRAS EVALUADAS. DE NS: DIFERENCIA ENTRE JUECES NO SIGNIFICATIVA AL 5%.....	110
FIGURA 66 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS DE LOS ATRIBUTOS DE APARIENCIA DE LAS 25 MUESTRAS EVALUADAS.....	111
FIGURA 67 GRÁFICO RADIAL PARA LOS ATRIBUTOS DE OLOR DE LAS 25 MUESTRAS EVALUADAS. DE NS: DIFERENCIA ENTRE JUECES NO SIGNIFICATIVA AL 5%.....	117
FIGURA 68 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS DE LOS ATRIBUTOS DE OLOR DE LAS 25 MUESTRAS EVALUADAS.	118
FIGURA 69 GRÁFICO RADIAL PARA LOS ATRIBUTOS DE SABOR DE LAS 25 MUESTRAS EVALUADAS. DE NS: DIFERENCIA ENTRE JUECES NO SIGNIFICATIVA AL 5%.....	123
FIGURA 70 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS DE LOS ATRIBUTOS DE SABOR DE LAS 25 MUESTRAS EVALUADAS.....	124
FIGURA 71 GRÁFICO RADIAL PARA LOS ATRIBUTOS DE TEXTURA Y RESABIO DE LAS 25 MUESTRAS EVALUADAS. DE NS: DIFERENCIA ENTRE JUECES NO SIGNIFICATIVA AL 5%.....	127
FIGURA 72 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS DE LOS ATRIBUTOS DE TEXTURA DE LAS 25 MUESTRAS EVALUADAS.	128



FIGURA 73 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS DE LOS ATRIBUTOS DE RESABIO DE LAS 25 MUESTRAS EVALUADAS	129
FIGURA 74 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE TEXTURA Y APARIENCIA PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE ANGUSTIFOLIA (1.1, 1.2 Y 1.3)	132
FIGURA 75 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE OLOR PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE ANGUSTIFOLIA (1.1, 1.2 Y 1.3)	134
FIGURA 76 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE SABOR Y RESABIO PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE ANGUSTIFOLIA (1.1, 1.2 Y 1.3)	137
FIGURA 77 CONSENSO DE LOS JUECES AL EVALUAR LAS MUESTRAS DE AGAVE ANGUSTIFOLIA (1.1, 1.2 Y 1.3)	138
FIGURA 78 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE TEXTURA Y APARIENCIA PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE AMERICANA (8.1 Y 8.2) Y MEZCLA DE AGAVE AMERICANA Y AGAVE KARWINSKII (9.1)	140
FIGURA 79 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE OLOR PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE AMERICANA (8.1 Y 8.2) Y MEZCLA DE AGAVE AMERICANA Y AGAVE KARWINSKII (9.1)	142
FIGURA 80 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE SABOR Y RESABIO PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE AMERICANA (8.1 Y 8.2) Y MEZCLA DE AGAVE AMERICANA Y AGAVE KARWINSKII (9.1)	144
FIGURA 81 CONSENSO DE LOS JUECES AL EVALUAR LAS MUESTRAS DE AGAVE AMERICANA (8.1 Y 8.2) Y MEZCLA DE AGAVE AMERICANA Y AGAVE KARWINSKII (9.1)	145
FIGURA 82 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE TEXTURA Y APARIENCIA PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE MARMORATA (6.1, 6.2 Y 6.3)	147
FIGURA 83 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE OLOR PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE MARMORATA (6.1, 6.2 Y 6.3)	149
FIGURA 84 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE SABOR Y RESABIO PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE MARMORATA (6.1, 6.2 Y 6.3)	152
FIGURA 85.0 CONSENSO DE LOS JUECES AL EVALUAR LAS MUESTRAS DE AGAVE MARMORATA (6.1, 6.2 Y 6.3)	153
FIGURA 86 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE TEXTURA Y APARIENCIA PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE AMERICANA (5.1, 5.2 Y 5.3)	155
FIGURA 87 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE OLOR PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE AMERICANA (5.1, 5.2 Y 5.3)	157
FIGURA 88 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE SABOR Y RESABIO PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE AMERICANA (5.1, 5.2 Y 5.3)	160



FIGURA 89 CONSENSO DE LOS JUECES AL EVALUAR LAS MUESTRAS DE AGAVE AMERICANA (5.1, 5.2 Y 5.3).....	161
FIGURA 90 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE TEXTURA Y APARIENCIA PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE POTATORUM (4.1,4.2 Y 4.3).....	163
FIGURA 91 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE OLOR PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE POTATORUM (4.1,4.2 Y 4.3)	165
FIGURA 92 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE SABOR Y RESABIO PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE POTATORUM (4.1,4.2 Y 4.3).....	168
FIGURA 93 CONSENSO DE LOS JUECES AL EVALUAR LAS MUESTRAS DE AGAVE POTATORUM (4.1,4.2 Y 4.3)	169
FIGURA 94 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE TEXTURA Y APARIENCIA PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE KARWINSKII (2.1, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 7.1, 7.3 Y 8.11).....	172
FIGURA 95 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE OLOR PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE KARWINSKII (2.1, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 7.1, 7.3 Y 8.11)	174
FIGURA 96 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE SABOR Y RESABIO PARA LAS MUESTRAS DE AGAVE KARWINSKII (2.1, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 7.1, 7.3 Y 8.11)	177
FIGURA 97 CONSENSO DE LOS JUECES AL EVALUAR LAS MUESTRAS DE AGAVE KARWINSKII (2.1, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 7.1, 7.3 Y 8.11).....	178
FIGURA 98 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE TEXTURA Y APARIENCIA PARA LAS MUESTRAS DE MEZCLA DE AGAVE RHODACANTHA CON AGAVE KARWINSKII (MUESTRAS 9.1 Y 9.2) Y CON MEZCLA DE AGAVE KARWINSKII Y AGAVE ANGUSTIFOLIA (MUESTRA 9.3)	180
FIGURA 99 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE OLOR PARA LAS MUESTRAS DE MEZCLA DE AGAVE RHODACANTHA CON AGAVE KARWINSKII (MUESTRAS 9.1 Y 9.2) Y CON MEZCLA DE AGAVE KARWINSKII Y AGAVE ANGUSTIFOLIA (MUESTRA 9.3).....	182
FIGURA 100 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON DATOS SENSORIALES DE LOS ATRIBUTOS DE SABOR Y RESABIO PARA LAS MUESTRAS DE MEZCLA DE AGAVE RHODACANTHA CON AGAVE KARWINSKII (MUESTRAS 9.1 Y 9.2) Y CON MEZCLA DE AGAVE KARWINSKII Y AGAVE ANGUSTIFOLIA (MUESTRA 9.3)	184
FIGURA 101 CONSENSO DE LOS JUECES AL EVALUAR LAS MUESTRAS DE MEZCAL DE AGAVE RHODACANTHA Y AGAVE KARWINSKII (MUESTRAS 9.1 Y 9.2) Y CON MEZCLA DE AGAVE KARWINSKII Y AGAVE ANGUSTIFOLIA (MUESTRA 9.3)	185



Antes de que el maíz se constituyera como un alimento esencial, los agaves fueron la principal fuente de carbohidratos para las culturas nativas americanas (Zizumbo y Colunga, 2008). Evidencias de su consumo han sido encontradas en las cuevas de Guilá Naquitz en Oaxaca, México como desechos de hojas cocidas masticadas con una antigüedad de 9000 años antes de Cristo (Smith, 1986). A partir de las diferentes especies de agave las dos culturas comenzaron a elaborar diversas bebidas alcohólicas. Su elaboración se llevó a cabo por procesos diferentes en el oeste y en el centro de México. En el Oeste, los tallos y pedúnculos florales eran cocidos previamente a la fermentación mientras que en el centro se elaboraban a partir de esta vía fresca obtenida del pedúnculo floral (Pearson y Darling, 2000).

El mezcal es una bebida alcohólica que se obtiene de la destilación del jugo fermentado de las cabezas o piñas de agave cocidas.

En la región de Ejutla, Oaxaca se emplea una gran cantidad de agaves para elaborar mezcal, entre ellos: *A. americana* (arroqueño, Sierrudo o Coyote), *A. karwinskii* (Barril, Caballo, Cuishito, chino, Tobasiche o San Martinero), *A. angustifolia* -(Espadín), *A. convallis Trel* (Jabalí), *A. rhodacantha* (mexicano), *A. marmorata* (Tepextate), *A. potatorum* (Tobalá) (Pérez,2007).

El mezcal se ha convertido en uno de los productos más representativos de México a nivel internacional, ya que su carácter artesanal y su variedad de presentaciones lo han convertido en una bebida altamente demandada en mercados nacionales y extranjeros.



De acuerdo con datos oficiales, en los últimos cuatro años las ventas nacionales de mezcal crecieron 110 por ciento, al pasar de 320 mil litros en 2010, a 650 mil el año pasado (SRE,2016).

En el 2021, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural declaró que la balanza comercial agroalimentaria del país (agropecuaria y agroindustrial) rompió récord en exportaciones, con un valor de 44 mil 442 millones de dólares, el más alto reportado en 29 años, de igual manera declaró que el tequila y mezcal, tuvieron un valor de exportación de tres mil 317 millones de dólares.

Un mezcal tradicional se hace exclusivamente de maguey, ya sea silvestre o cultivado, y sólo maguey maduro. Sus procesos de elaboración son estrictamente naturales, es decir, sin hacer uso de productos químicos que los aceleren, particularmente durante la fermentación, pues altera sus sabores y olores. Su elaboración se apega estrictamente al proceso cultural, tecnológico y al gusto histórico que cada región, comunidad y población ha construido a lo largo de su historia (Pérez,2007).

La destilación es uno de los pasos en la elaboración del mezcal en el que se generan la mayoría de las características organolépticas de esta bebida. El proceso de destilación se realiza utilizando un implemento rústico basado en el sistema traído por los españoles a América aprendido por ellos en las Filipinas, del cual la pieza más importante es el alambique en cuyo interior se coloca una pieza acanalada de madera u otro material (en algunos casos se emplea una hoja de agave o un tubo de PVC) por la cual escurre hacia el exterior el líquido producto de la condensación (Gschaedler et al, 2020).

Según el Consejo Regulador del Mezcal (2022) en 2017 se produjeron un millón de litros de mezcal, y en 2018 la producción se



incrementó a 5.9 millones de litros, de los cuales 2.5 fueron para el consumo nacional y 3.4 para la exportación. En 2019 esta cifra se incrementó a 7.1 millones de litros, de los que el 90% se produjo sólo en Oaxaca (un incremento del 35% respecto a 2018). Y el año 2021 se envasaron 2.7 millones de litros para el consumo nacional y 4.7 para la exportación: el 80.3% fue mezcal oaxaqueño, y el resto de la producción fue por el incremento en otros estados de la república. La industria del mezcal genera anualmente cerca de 16,000 empleos directos y alrededor de 48,000 indirectos en Oaxaca. De la producción total, 63.17% se destina a la exportación, con un valor de 5,433 millones de pesos (mdp) y el resto, 36.82%, es para consumo nacional. El mezcal oaxaqueño se exporta a 64 países, entre ellos Estados Unidos, España, Francia e Inglaterra, de acuerdo con el Consejo Regulador del Mezcal y el gobierno de Oaxaca.

Anteriormente se comercializaban mezcales elaborados con un solo tipo de agave, sin embargo, con el paso del tiempo y como consecuencia de la alta demanda, hoy día lo más común es encontrar mezcales elaborados con mezcla de agaves, no conociéndose que características aporta cada agave a la mezcla elaborada. Por ello, resulta de suma importancia elaborar los perfiles de mezcales elaborados con un solo tipo de agave para conocer qué características sensoriales presentan, este conocimiento puede permitir a los maestros mezcalilleros optimizar la mezcla de agaves para elaborar sus mezcales.



Objetivo General

- Desarrollar el perfil sensorial mediante un análisis descriptivo convencional de 22 mezcales artesanales mono-varietales provenientes de la región de Ejutla, Oaxaca para conocer sus atributos sensoriales.
- Desarrollar el perfil sensorial mediante un análisis descriptivo convencional de 3 mezcales artesanales elaborados con mezclas de agaves provenientes de la región de Ejutla, Oaxaca para conocer sus atributos sensoriales.

Objetivos Particulares

- Seleccionar y entrenar a un grupo de personas para conformar un panel sensorial para la evaluación de Mezcal artesanal.
-
- Generar el perfil sensorial de los mezcales en estudio mediante un análisis descriptivo convencional, para identificar los atributos que proporciona cada tipo de agave.
-





Figura 1 Mayahuel, la diosa del maguey
Autor: Goncalves de Lima, Oswaldo

HISTORIA

La palabra mezcal tiene su origen en vocablos de la lengua náhuatl; deriva de "mexcalli" ("metl" o "meztli": maguey e "ixcalli": cocer) por lo que la traducción sería "maguey cocido" (Torretera, 2001).

El mezcal es una de las bebidas alcohólicas que causan orgullo nacional, por lo que a lo largo de los años se ha investigado su origen; actualmente existen diversas teorías y leyendas sobre el nacimiento de este destilado.

Como toda bebida ancestral mexicana el mezcal tiene una serie de leyendas sobre su surgimiento, la más conocida es la que habla sobre una joven y bella Diosa llamada Mayahuel, que vivía encerrada y lejos de los demás dioses, debido a que su abuela la cuidaba celosamente, fue seducida por Quetzalcóatl para obtener la planta mágica que ella poseía para que se compartiera con los seres humanos, sin embargo, en la huida, los dioses se enamoraron y decidieron vivir su amor eterno, sin embargo, dicha felicidad terminó cuando se dieron cuenta que los hermanos de Mayahuel los perseguían y para no ser encontrados, Mayahuel decidió que tanto ella como Quetzalcóatl tomarán la forma de su planta mágica. Sus hermanos solo vieron plantas y piedras, pero identificaron una planta diferente reconociendo a su hermana a la que cruelmente destrozaron. Quetzalcóatl, que se había salvado, recobró su forma, tomó los restos de su amada y cuidadosamente la sembró, regándola todos los días con su llanto. Con el tiempo resurgió la planta mágica, pero Mayahuel no pudo recobrar su forma, quedando para siempre en el sagrado Maguey o Agave.



Otra leyenda muy popular menciona que un rayo, al caer sobre el agave hizo la primera tatemada siendo así cómo se obtuvo la mágica bebida. Es por esta razón que se le considera como la bebida llegada del cielo: "elixir de los dioses" (Bancomext, 1997).

Existen diversos estudios antropológicos sobre cuándo y cómo surgió el mezcal. El origen del mezcal se remonta al siglo XVI, donde se puede determinar que el mezcal es el resultado de tres sistemas de conocimiento: árabe, español y prehispánico. Y es que, a partir de la conquista, los españoles introdujeron a México el sistema de destilación por medio del alambique, éste a su vez, le sería heredado por los árabes. El mezcal es la primera bebida eminentemente mestiza que surge al mundo por la conquista española de tierras americanas (García, 2022).

Existe una teoría que señala que la posible primera destilación del mezcal fue de la mano de los primeros marineros filipinos, quienes llegaron al país con el galeón Manila en 1570 y que éstos trajeron consigo técnicas y alambiques de su país natal; esta teoría señala que las primeras destilaciones del mezcal tuvieron lugar en la zona de Colima y fue en estas costas en donde se dieron las plantaciones de cocos filipinos.

En 1994 antropólogos de la Universidad Nacional Autónoma de México realizaron excavaciones en la población de Oaxaca y obtuvieron pruebas para determinar que del maguey antiguamente se obtuvo mezcal; los científicos encontraron en algunas casas indígenas evidencias de materiales relacionados con esta bebida, encontraron formas semejantes a las que se utilizan en la actualidad para quemar las piñas del maguey y procesar este destilado, ollas de barro partidas



a la mitad y restos de la planta por lo que concluyeron que el origen del mezcal data del año 400 a. C y este se destilaba en ollas de barro.

El 26 de enero de 1994, la Cámara de Diputados del Estado de Oaxaca, aprobó la iniciativa de denominar con el nombre de "Región del Mezcal" a una zona de la entidad que incluye a los distritos de Tlacolula, Yautepec, Miahuatlán, Sola de Vega, Ocotlán, Ejutla y Zimatlán, en razón de que concentran la mayor parte del inventario magueyero, envasadoras de mezcal, y sobre todo por la vocación y el arraigo de la actividad entre la población. La intención de esta iniciativa fue promover la zona de Denominación de Origen (Palma, Pérez y Vinicio, 2011).

DENOMINACIÓN DE ORIGEN

Se entiende por denominación de origen, el nombre de una región geográfica del país, que sirva para designar un producto originario de la misma, y cuya calidad o característica se deban exclusivamente al medio geográfico, comprendiendo en éste los factores naturales y los humanos (IMPI,2017).

Una denominación de origen existe sin necesidad de que se declare la existencia de ésta; es decir, que regularmente por la costumbre o tradición, algunos productos con características especiales o singulares son designados con el nombre del lugar donde se producen; sin embargo, para que pueda ser considerada esa indicación de procedencia una denominación de origen y ser protegida como tal por media de la declaratoria respectiva, debe cumplir con tres condiciones principales:



- La denominación de origen deberá estar constituida por el nombre de un lugar o región geográfica del país.
- Que con dicho nombre se designe un producto originario de esa región geográfica.
- Que el producto tiene características y cualidades especiales respecto de productos de su misma clase o especie y que éstas se deban exclusivamente al medio geográfico, incluido en éste último los factores naturales y los humanos (IMPI,2017).

La denominación de origen para el mezcal está establecida para los siguientes estados de la república mexicana: Zacatecas, Durango, Guerrero, Michoacán, San Luis Potosí, Guanajuato, Tamaulipas (11 municipios) y Oaxaca; en el 2018 el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial otorgó de igual manera la denominación de origen a los municipios de: Asientos, Calvillo, Cosío, El Llano, Rincón de los Romos y Tepezalá pertenecientes al Estado de Aguascalientes y los municipios de Almoloya de Alquisiras, Amatepec, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Luvianos, Malinalco, Ocuilan, Sultepec, Tejupilco, Tenancingo, Tlatlaya, Tonatico, Villa Guerrero, Zacualpan y Zumpahuacán pertenecientes al Estado de México.



Figura 2 Mapa de la D.O del Mezcal

Recuperada de: Oaxaca y sus regiones productoras de mezcal: Un análisis desde cadenas globales de valor (2016)



DEFINICIÓN

Según la NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones, se entiende como mezcal a la bebida alcohólica destilada mexicana, 100% de maguey o agave, obtenida por destilación de jugos fermentados con microorganismos espontáneos o cultivados, extraídos de cabezas maduras de magueyes o agaves cocidos, cosechados en el territorio comprendido por la Resolución. De igual manera esta norma establece la siguiente definición: Es un líquido de aroma y sabor derivado de la especie de maguey o agave empleado, así como del proceso de elaboración; diversificando sus cualidades por el tipo de suelo, topografía, clima, agua, productor autorizado, maestro mezcalero, graduación alcohólica, microorganismos, entre otros factores que definen el carácter y las sensaciones organolépticas producidas por cada Mezcal.

El mezcal puede ser añadido de edulcorantes, colorantes, aromatizantes y/o saborizantes permitidos por el Acuerdo correspondiente de la Secretaría de Salud (NOM-070-SCFI-2016, BEBIDAS ALCOHÓLICAS-MEZCAL-ESPECIFICACIONES).

CLASIFICACIÓN

Según la NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones, el mezcal se puede clasificar de la siguiente manera:

De acuerdo con el proceso específico utilizado de cocción del maguey o agave, molienda, fermentación y destilación, se obtienen tres categorías de Mezcal (Ver Tabla 1):



Tabla 1 Categorías de Mezcal

Mezcal
Mezcal Artesanal
Mezcal Ancestral

De igual manera esta norma establece que el mezcal se puede dividir en las siguientes clases:

a) Blanco o Joven: Mezcal incoloro y translúcido que no está sujeto a ningún tipo de proceso posterior.

b) Madurado en Vidrio: Mezcal estabilizado en recipiente de vidrio más de 12 meses, bajo tierra o en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

c) Reposado: Mezcal que debe permanecer entre 2 y 12 meses en recipientes de madera que garanticen su inocuidad, sin restricción de tamaño, forma, y capacidad en L, en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

d) Añejo: Mezcal que debe permanecer más de 12 meses en recipientes de madera que garanticen su inocuidad de capacidades menores a 1000 L, en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

e) Abocado con: Mezcal al que se debe incorporar directamente ingredientes para adicionar sabores, tales como gusano de maguey, damiana, limón, miel, naranja, mango, entre otros, siempre que estén autorizados por el Acuerdo correspondiente de la Secretaría de Salud, así como en la NOM-142-SSA1/SCFI-2014.

f) Destilado con: Mezcal que debe destilarse con ingredientes para incorporar sabores, tales como pechuga de pavo o pollo, conejo, mole, ciruelas, entre otros, en términos de la presente Norma Oficial Mexicana.



CADENA DE PRODUCCIÓN

La cadena productiva del mezcal está compuesta por tres sectores: los productores de agave, los palenqueros o destiladores y los comercializadores. Los productores de agave son el grupo más numeroso de la cadena de producción del mezcal y está conformado por campesinos indígenas que trabajan en los terrenos de temporal. El siguiente sector es llamado el corazón de la actividad se trata de los palenqueros o destiladores. Finalmente, se encuentra el sector de los comercializadores que controlan el mercado nacional e internacional. Son los que cuentan con mayor infraestructura y técnicas de comercialización por lo que se quedan con la mayor parte de las ganancias de esta agroindustria (García,2022).



AGAVE

El maguey (*Agave spp.*) destaca por su relevancia histórica, agroecológica, cultural y socioeconómica, es originario de América y ha formado parte de la dieta de los habitantes mesoamericanos desde tiempos ancestrales (9000-10000 a. C.), se distribuye ampliamente en el mundo y comprende entre 136 y 200 especies, de las cuales 186 se encuentran en México, por lo cual se le considera como el centro de origen y dispersión biológica (CONABIO, 2020).

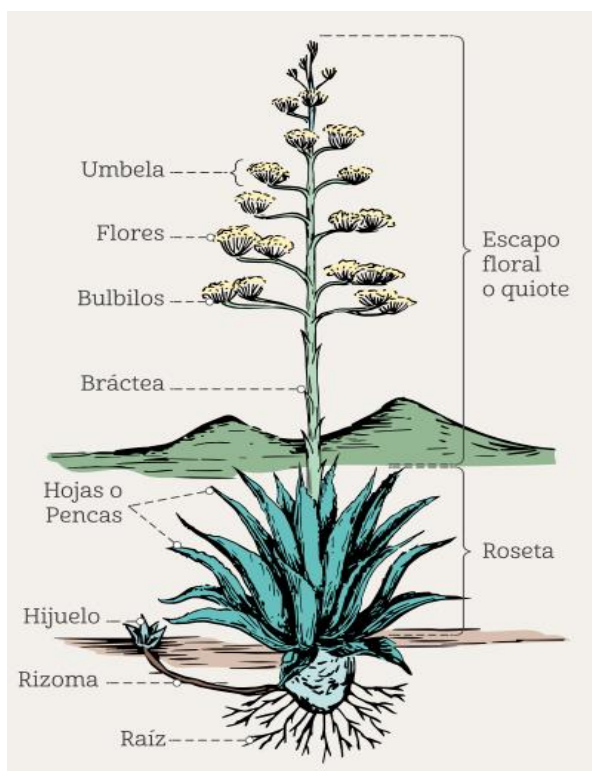


Figura 3 Morfología, composición y estructura de una planta de agave (CIATEJ, 2017)

El agave, comúnmente denominado 'maguey', es una planta de la cual se aprovechan sus hojas, tallo, flores y frutos para satisfacer necesidades de la población como fuente de alimento, bebida, medicina, ornato, fibra, combustible y fertilizante. Además, el escapo floral y sus fibras se utilizan para la construcción de viviendas, como implemento agrícola y las flores son muy apreciadas en la alimentación humana (García-Mendoza, 2007). En general, ofrece más de 100 formas de uso, entre las cuales 70 sirven de empleo a las personas que le dan algún tipo de aprovechamiento. De estas, destaca la producción de bebidas destiladas como: bacanora, charanda, sotol, tequila y mezcal (Esparza-Ibarra et al., 2015).



Las plantas del género *Agave* son monocotiledóneas, sus hojas se muestran en disposición arrossetada, también denominadas pencas, dependiendo de la especie, el borde de las pencas puede ser lineal, espatulada, lanceolada, deltoide, oblonga u ovada, generalmente son rígidas, en su mayoría con espinas laterales (Gentry, 1982; García-Mendoza, 2007).

Su tallo, dependiendo de la especie puede ser acaulescente o caulescente, también se le denomina 'corazón del maguey o piña de maguey.

Es una planta hermafrodita, que posee inflorescencia en espiga, sus flores son de color amarillo verdoso, su fruto es capsular leñoso alargado dehiscente y cada cápsula contiene numerosas semillas aplanadas y de testa negra (Esparza-Ibarra et al., 2015).

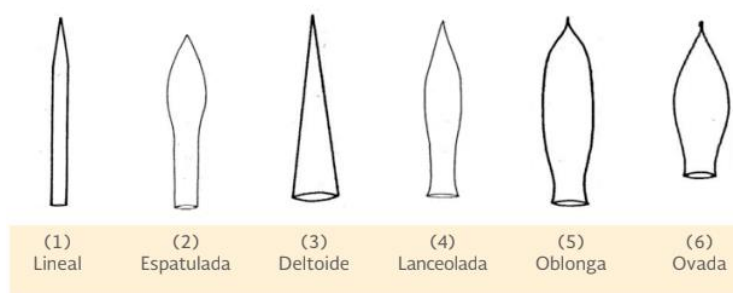


Figura 4 Representación forma de las hojas del agave
Recuperada de: AGAVE (*Agave spp.*) GUÍA TÉCNICA PARA LA DESCRIPCIÓN VARIETAL (2014)

La materia prima para elaborar mezcal es el agave; México es un país con una alta diversidad de agaves, estas plantas pertenecen a la familia botánica de las Agavaceas.

Esta familia de plantas es endémica del continente americano, incluye nueve géneros y casi 330 especies diferentes.

El género *Agave* es el más representativo y diverso con 200 especies, de las cuales 150 se distribuyen en México, y 104 son endémicas al territorio nacional. Los magueyes mezcaleros se distribuyen desde Sonora hasta Chiapas y desde Nuevo León y



Tamaulipas hasta la Península de Yucatán estos se encuentran de manera silvestre o cultivada.

El maguey mezcalero es una planta de la familia de las amarilidáceas, de hojas largas y fibrosas de forma lanceolada, de color verde azulado. Se aprovecha la piña o cabeza (tallo y base de sus hojas) para la elaboración de mezcal. La planta madura entre los siete y los diez años, aunque los ciclos de cultivo varían en las diferentes regiones (Financiera Rural, 2011).

Los taxónomos de Agave han reconocido ampliamente las dificultades en la clasificación exacta de este género (Gentry, 1982; Granados, 1993), dado que los primeros estudios a este respecto se realizaron utilizando plantas fuera de su hábitat nativo y sin considerar las estructuras florales (Irish e Irish, 2000).

La clasificación basada solamente en características morfológicas se complica, debido tanto a factores ambientales como al largo ciclo de vida, y la característica de ser monocápicos, semélparos, esto es, que sólo tienen una floración al cabo de la cual la planta muere (Granados, 1993).

El área Mayeguera de Oaxaca se localiza en la región de los valles centrales (distritos de Tlacolula, Zimatlán, Ejutla y Ocotlán) y en la sierra Sur (Yautepec, Miahuatlán y Sola de Vega) es una cota altitudinal de 800 a 1800 msnm, con temperaturas medias de 20 a 25 grados centígrados y precipitaciones anuales de 450 a 644 mm. Los climas predominantes son el semicálido, subhúmedo y el cálido seco (Arredondo, 2002).

En la región de Ejutla, Oaxaca se emplea una gran cantidad de agaves para elaborar mezcal, entre ellos: arroqueño, barril, caballo, coyote, cuishito, chino, -espa-dín, jabalí, mexicano o chontal,



mexicano penca larga, me-xi-ca-no liso, san martinero, sierrudo, tepextate, tobalá, tobasiche corto y tobasiche largo (Pérez,2007)

Agave angustifolia (Agave Espadín)

Su distribución es la más amplia entre las especies de Agave y tiene una gran plasticidad morfológica. Sus variantes silvestres y cultivadas se utilizan como cerca viva, fuente de fibra, medicinas, bebida y alimento. Hoy día la producción se basa en cultivos y poblaciones silvestres. Los mezcales de Oaxaca son en su mayoría de espadín cultivado, que se utiliza por su alta producción de azúcares, tiempo breve de maduración y fácil propagación por hijuelos, obtenidos de plantas adultas en cultivo, y bulbillos, cuyo desarrollo se induce al cortar las flores de plantas en reproducción (CONABIO,2006).

Sus características morfológicas son las siguientes:

- Roseta 1.5 m de ancho y 1 m de alto
- Hojas rectas, angostas y rígidas, verde claro a grisáceo
- Espinas pequeñas
- Inflorescencia ramificada, hasta 5 m de alto
- Floración enero a mayo en el norte julio a octubre en el sur
- Reproducción semilla, bulbilo e hijuelo (CONABIO,2018)



Figura 5 Maguey Espadín (*Agave angustifolia* Haw (inifap, 2002)

Agave rhodacantha (Agave Mexicano)

Se puede encontrar desde Sonora hasta Oaxaca, principalmente en los pies de monte, cuyos suelos someros y ricos en materia orgánica aportan los nutrientes que requiere para alcanzar sus impresionantes



dimensiones. Crece en bosques de pino-encino y bosques secos, principalmente entre 1000 y 2500 m de altitud (Conabio,2006).

Sus características morfológicas son las siguientes:

- Roseta 4 m de ancho y 2 m de alto
- Hojas rectas y fibrosas, verde a verde claro
- Espinas pequeñas y oscuras
- Inflorescencia ramificada, hasta 9 m de alto
- Floración mayo a agosto
- Reproducción semilla e hijuelo (CONABIO,2018)



Figura 6 Maguey Mexicano (*Agave rhodacantha* Trel.) (inifap,2002)

Agave marmorata (Agave Tepeztate)

El *Agave marmorata* es endémico de Oaxaca y Puebla. Se desarrolla en el bosque tropical caducifolio, el matorral xerófilo y en ocasiones en la transición hacia el bosque de encinos. Próspera de preferencia sobre suelos calizos, en elevaciones de 680 a 1800 m de altitud (IBUNAM,2021).

Sus características morfológicas son las siguientes:

- Roseta 2 m de ancho y 1.5 m de alto
- Hojas onduladas y abiertas, con líneas horizontales sobre el verde oscuro
- Espinas grandes
- Inflorescencia ramificada, hasta 6 m de alto
- Floración abril a junio

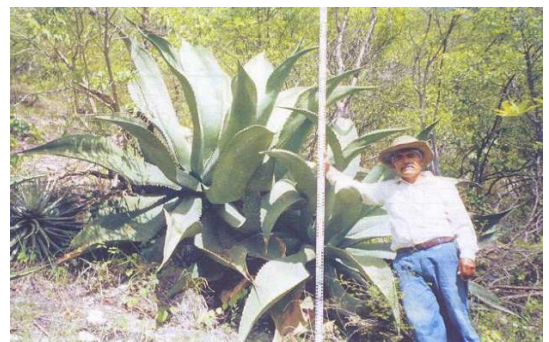


Figura 7 Maguey Tepeztate (*Agave marmorata* RoezL.) (inifap, 2002)



- Reproducción semilla (CONABIO,2018).

Agave americana (Agave Arroqueño)

Dentro de la especie *Agave americana* la variedad *oaxacensis* se conoce únicamente domesticada en la zona donde se unen el valle de Tehuacán y el extremo oriental de la cuenca del Balsas. Se distingue por sus hojas blanquecinas y el gran tamaño de la inflorescencia, de las flores y los frutos. Se cultiva en traspatio aprovechando sus hijuelos para formar cercas vivas y extraer fibra de sus largas hojas. La producción de mezcal a partir de esta variedad es limitada, ya que tarda hasta 20 años en madurar (CONABIO,2006).

Sus características morfológicas son las siguientes:

- Roseta 3 m de ancho y 2 m de alto
- Hojas rectas y blanquecinas
- Espinas diminutas o ausentes
- Inflorescencia ramificada, hasta 10 m de alto
- Floración junio a agosto
- Reproducción semilla e hijuelo (CONABIO,2018).

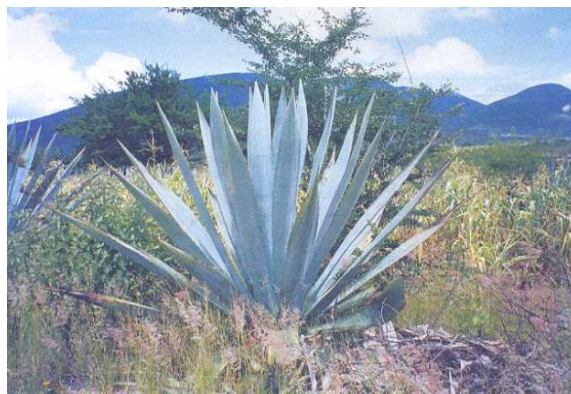


Figura 8 Maguey Arroqueño (*Agave americana* L) (inifap, 2002)

Agave potatorum (Agave Tobalá)

Nombre con el que se conoce al *A. potatorum* en el estado de Oaxaca. Esta especie es endémica de los estados de Oaxaca, Puebla y parte de Guerrero, donde se le denomina papalomé o papalometl. Es uno de los agaves silvestres más apreciados para la elaboración de mezcal (Gallardo,2016).



Característico de las partes interiores y secas de la Sierra Madre del Sur, valle de Tehuacán y sierras de Oaxaca. Los murciélagos visitan sus flores otoñales, acarreado y mezclando el polen de poblaciones lejanas, que gracias a este intercambio son genéticamente similares. *A. potatorum* y *A. cupreata* son especies emparentadas en proceso de diferenciación: habitan en sitios ecológicamente similares y sabemos que comparten genes. Como en el caso de otras especies que no producen hijuelos ni bulbilos, sino que dependen de las semillas para mantenerse, la mayor parte de la producción del mezcal tobalá depende de las poblaciones silvestres ubicadas en encinares y selvas bajas y que son muy apreciadas para este fin (CONABIO,2006).

Sus características morfológicas son las siguientes:

- Roseta basal con entre 30 a 80 hojas planas con forma de espátulas de hasta 25 cm de largo y con un borde de flequillos cortos y afilados
- Hojas de color blanco plateado, con la carne de color lila con decoloración verde en las puntas
- Espinas oscuras y que terminan en una aguja de hasta 4 cm de largo.



Figura 9 Maguey Tosalá (*Agave potatorum*) (inifap, 2002)

El tallo floral puede ser desde 2,5 hasta 5 m de largo cuando está completamente desarrollado con pálidas flores verdes y amarillas (CONABIO,2018).

Agave karwinskii (Agave Tobasiche, Cuishe, Barril, San Martinero)

Esta especie micro endémica limita su distribución a las zonas áridas del valle de Tehuacán y los valles centrales de Oaxaca, entre los



750 y 2000 m de altitud. A diferencia de otros magueyes mezcaleros, es una planta que crece en áreas de suelos calizos y poca lluvia, donde las colonias formadas por hijuelos dan sombra y humedad a las plantas más pequeñas. Por su tronco se le utiliza para leña y como cerca viva en la delimitación de terrenos; también se extraen fibras de sus hojas (CONABIO, 2006).

Sus características morfológicas son las siguientes:

- Roseta 1.5 m de ancho y 1.5 m de alto, sobre un tronco de hasta 2.5 m
- Hojas rectas y angostas, verde oscuro
- Espinas pequeñas
- Inflorescencia ramificada, hasta 3.5 m de alto por encima de la planta
- Floración junio a septiembre
- Reproducción semilla, hijuelo y bulbilo (CONABIO,2018)

El agave San Martinero es llamado así debido a que proviene de la comunidad de San Martín Lachilá, ubicada en la zona occidental del Distrito de Ejutla, Oaxaca, cuyos habitantes acostumbran sembrarlo y usarlo para elaborar mezcal. Algunas comunidades donde se cultiva son San Andrés Zabache, La Compañía, Agua del Espino, Agua Blanca, San Agustín Amatengo, La Noria, El Sauz y Yogana. Asimismo, se cultiva en Yautepec, Tlacolula, Miahuatlán, Ejutla y Ocotlán y en otros distritos como Centro, Villa Alta, Sola de Vega, Zimatlán, Zaachila, Tehuantepec y Nochixtlán, donde las plantaciones cuentan con menor cobertura y por lo general se les intercala con los cultivos básicos o con otras especies de Agave. Se adapta fácilmente a las condiciones nutricionales y climáticas adversas y requiere de altas intensidades lumínicas para compensar estas dificultades (Gallardo,2016).



Su piña, cabeza o parte aprovechable, ya rasuradas las pencas, semeja un tronco de 30 a 45 cm de diámetro, y llega a medir hasta 2.30 m de altura, tarda en madurar 13 o más años y se le utiliza mezclado con otros magueyes para transformarlo en mezcal.

Es importante mencionar que para los taxónomos estos 4 nombres (Tobasiche, Cuishe, Barril, San Martinero) se refieren a un mismo agave (*Agave karwinskii*) sin embargo para los maestros mezcaleros cada uno es un agave diferente ya sea por la región y altura a la que se cosecha o por el estado de maduración al que se corta para su procesamiento por lo que se decidió respetar la clasificación de los maestros mezcalilleros al momento de evaluar las muestras.



Figura 10 Maguey Barril (*Agave karwinskii*) (inifap, 2002)



Figura 11 Maguey Tobasiche (*Agave karwinskii*) (inifap, 2002)





Figura 12 Maguey San Martinero (*Agave karwinskii*) (inifap, 2002)



Figura 13 Maguey Cuiche (*Agave karwinskii*) (inifap, 2002)

PROCESO DE ELABORACIÓN

Según la NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones, el proceso de elaboración del mezcal debe cumplir con la NOM-251-SSA1-2009 y la materia prima debe someterse a los siguientes procedimientos a fin de obtener las diferentes categorías de Mezcal:

- Mezcal

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

Cocción: cocimiento de cabezas o jugos de maguey o agave en hornos de pozo, mampostería o autoclave.

Molienda: tahona, molino chileno o egipcio, trapiche, desgarradora, tren de molinos o difusor.

Fermentación: recipientes de madera, piletas de mampostería o tanques de acero inoxidable.

Destilación: alambiques, destiladores continuos o columnas de cobre o acero inoxidable.



- Mezcal Artesanal

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

Cocci3n: cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo o elevados de mampostería.

Molienda: con mazo, tahona, molino chileno o egipcio, trapiche o desgarradora.

Fermentaci3n: oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

Destilaci3n: con fuego directo en alambiques de caldera de cobre u olla de barro y montera de barro, madera, cobre o acero inoxidable; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

- Mezcal ancestral.

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

Cocci3n: cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo.

Molienda: con mazo, tahona, molino chileno o egipcio.

Fermentaci3n: oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

Destilaci3n: con fuego directo en olla de barro y montera de barro o madera; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).



La elaboración del mezcal conlleva un tiempo aproximado de 492 horas, a partir de la cocción de las piñas hasta la obtención de la bebida. De manera más detallada las etapas que más tiempo requieren son la cocción del agave que tarda 3 días, y la fermentación que tarda hasta 5 días (Gschaedle et al, 2020).



Figura 14 Esquemática de la producción del mezcal
Recuperada de: <https://mezcalunion.com>

A continuación, se describen más a fondo las etapas de este proceso.

CULTIVO Y COSECHA DEL AGAVE

La elaboración del mezcal se comienza con el cultivo del maguey, la cosecha se realiza en los terrenos más diversos y su cultivo se conoce como agricultura orgánica, debido a que no se hace uso de productos artificiales.

Los productores estiman que la edad óptima para la cosecha del agave es entre 6 y 10 años. Un indicador de madurez es el surgimiento del escapo floral o "quiote", el cual se desarrolla en la parte central de la roseta, alcanzando en algunas especies una altura considerable lo que indica que la planta ha entrado en su ciclo de floración, al término del cual la planta muere, sin embargo la experiencia de los productores ha dado origen a una práctica denominada "capar", la cual consiste en



cortar desde su base el "quiate" como un proceso previo a la cosecha, después de realizar este proceso se deja el agave en el campo de 6 a 12 meses antes de cosecharlo con la intención de que la cabeza o "piña" acumule la mayor cantidad de azúcares posibles (Gschaedler et al, 2020).

Cuando el agave alcanza la madurez, se procede a la cosecha, esta se realiza de manera manual, para lo cual se corta el agave y se "jima *in situ*", es decir se le cortan las hojas perimetrales al agave en el sitio donde se reprodujo dejando rasurada la piña o cabeza (Gschaedler et al, 2020), las piñas son llevadas a las fábricas de mezcal a través de diferentes medios de transporte (CIIDIR, 1999).



Figura 15 Jima de agaves
Recuperada de: La Crónica Jalisco, Ricardo Gómez (2021)

Durante la transportación es importante no exponer por mucho tiempo las cabezas de maguey a los efectos del ambiente ya que estas se pueden reseca o incluso si se llegan a mojar por la lluvia pueden resultar inservibles (GEA,2002).



Figura 16 Transporte de piñas para su cocimiento
Fotografía tomada por: Isabel Reyes (2022)



COCCIÓN

Tradicionalmente se realiza en un horno a flor de la tierra de forma trunco-cónica y revestido de piedras cuya capacidad varía normalmente de 4 a 6 toneladas. El cocimiento tiene una duración aproximada de 72 horas, cuando las piñas se extraen del horno, presentan una coloración café parduzca y despiden un aroma ahumado y dulce. Posteriormente se procede a la selección del agave en estado cocido. Para esta labor se utilizan machetes y hachas. Las dimensiones aproximadas a las que se reduce la piña son de 6 x 10 x 12 cm. El seccionado se realiza con el fin de obtener un material más cómodo para trabajar en la etapa de molienda (CIIDIR, 1999).



Figura 17 Cocción del Agave
Recuperada de: <https://realminero.com.mx/proceso/#>

El proceso de cocción o cocimiento al cual se somete las “piñas” o cabezas de agave tiene 3 grandes objetivos:

- Ablandar el agave para facilitar la molienda.
- Generar azúcares asimilables por las levaduras en la fermentación. En efecto las piñas de agave son muy ricas en azúcares, sin embargo, estos azúcares forman largas cadenas en las plantas y las levaduras son incapaces de asimilar los azúcares en esta forma. Durante el cocimiento, gracias el calor generado estos azúcares se hidrolizan para formar azúcares simples (principalmente fructosa) que



consume la levadura empleada durante la fermentación para reproducirse y producir alcohol (principalmente etanol).

- Generar algunos compuestos volátiles los cuales son importantes en las características aromáticas del producto final. (Gschaedler et al, 2020).

En el horneado del maguey dos son los aspectos a cuidar: la temperatura óptima del horno la cual se define en base a la experiencia del fabricante, éste debe tener cuidado en el tiempo de combustión de la hoja verde de la palma. La minimización del tiempo de tapado del horno fomenta una cocción uniforme y evita el ahumado de las cabezas. La cocción se lleva a cabo para hidrolizar o transformar los fructanos en fructosa, monosacárido apropiado para que se lleve a cabo la fermentación (Ramales y Ortiz, 2006).

MOLIENDA DEL AGAVE

La molienda consiste en reducir de tamaño el agave previamente fraccionado con el machete, para esto, es colocado en el piso del molino chileno, donde pasará la rueda dentada o lisa, según sea el caso, a fin de reducirlo a una masa fibrosa (CIIDIR, 1999).

Ya que se cocieron las piñas, se cortan nuevamente en pedazos más pequeños para ponerlos en la molienda. Este proceso se realiza de dos maneras: mecanizada a través del uso de molinos o desgarradoras que funcionan a base de un motor ya sea eléctrico o a base de combustible y de forma manual, en canoas o bateas en las que se desmenuzan las piñas cocidas empleando un mazo de madera. El proceso mecanizado se realiza en "vinatas" donde se cuenta con energía eléctrica o cuando existe la posibilidad de conectar el molino a un tractor mediante una extensión o flecha cardan o a una planta autónoma (portátil) de energía a base de combustible. En el caso de la



molienda manual, se utilizan diferentes implementos para la maceración y trituración de las piñas, a veces se lleva a cabo con un pequeño mazo de madera o con un hacha dentro de una batea o canoa de madera (Gschaedler et al, 2020).

El martajado se realiza con la finalidad de que el dulce contenido se combina con la fibra, para facilitar la fermentación y tener un buen rendimiento en la destilación (GEA, 2002), como resultado de este proceso se tiene un jugo de agave que contiene aproximadamente 12% p/v de azúcares reductores (Ramales y Ortiz, 2006).



Figura 18 Molino de Piedra motorizado

Recuperado de: Innovación de un molino de agave cocido para la producción de mezcal (2013)

FERMENTACIÓN

Se coloca el material en barricas de roble y se agrega un porcentaje de 5% a 10% de agua tibia. El tiempo de la fermentación varía según la calidad del maguey y la temperatura ambiente; pero se necesitan de 72 a 200 h (CIIDIR, 1999).



Como resultado de la molienda se obtiene el bagazo el cual representa cerca de un 40% del peso total de la piña, posteriormente se extrae el jugo de esta y se procede a preparar el mosto, esto se hace ajustando el grado de sólidos disueltos en el medio para obtener una concentración de azúcares que puede ir de 4 a 10% p/v (Escalante, 2012).

El mosto se coloca en tinajas que contienen agua y se dejan reposar a temperatura ambiente este no debe estar expuesto al viento, en algunos casos el mosto obtenido es colocado en pieles, tambos de metal o tinajas de madera (encino, sabino o ahuehuete) (Espinoza y Reyes, 2014), los maestros mezcalilleros dicen que el tipo de material de los recipientes influyen en el sabor del mezcal.

El proceso de fermentación tiene dos elementos fundamentales: el agua y la temperatura. A diferencia de la fermentación en la producción de tequila, en la fermentación del mezcal el agave cocido y molido se emplea para la elaboración del mosto y se fermenta junto con el bagazo (la fibra proveniente de agave), añadiendo agua al proceso, en este proceso no se adiciona ninguna otra sustancia a la tina de fermentación (ni levaduras, ni productos químicos como urea que pudieran acelerar el proceso).

Generalmente, el tiempo total del proceso de fermentación es de 9 días. Durante los primeros 4 días la mezcla se mantiene en reposo, para posteriormente realizar una batida o mezclado que permita homogeneizar, después de lo cual se deja reposar otros 5 días más para concluir la fermentación (Gschaedler et al, 2020).

Un estudio de carbohidratos no estructurales del agave *Salmiana* realizado por Michael-Cuello et al. 2008, reveló que el jarabe resultante



está compuesto de fructosa, glucosa, sacarosa y xilosa (Espinoza y Reyes ,2014).



Figura 19 Tinajas de Fermentación

Recuperada de: <https://elhornodelucas.com/vinos/mezcal-oro-oaxaca-presente-la-feria-internacional-del-mezcal-2017-Oaxaca>

DESTILACIÓN

La destilación se efectúa en aparatos llamados alambiques, elaborados con materiales de la región y adaptados con la capacidad e ingenio de los productores. Los equipos utilizados presentan una gran variedad, van desde los industriales de destilación continua, hasta los más rústicos que predominan en el estado de Oaxaca (CIIDIR, 1999).

Al finalizar el proceso de la fermentación, los mostos cocidos llamados "tepache" se pasan a los alambiques para llevar a cabo la destilación. La destilación se realiza en un alambique, con el bagazo y con equipos hechos de cobre, ollas de barro, carrizo o quiote; dependiendo la región, las costumbres o la capacidad de producción.

En esta operación se efectúa la separación del alcohol y del agua aprovechando para ellos sus diferentes puntos de ebullición, ya que el etanol presenta un punto de ebullición más bajo que el agua (78°C a



nivel del mar) este se separa primero al alcanzar esta temperatura (Espinosa y Reyes, 2014).

Generalmente se obtienen 3 garrafrones por olla reduciéndose su contenido alcohólico por garrafón. Al alcohol o mezcal del primer garrafón se le conoce con el nombre de punta y tiene una graduación alcohólica de 60° G.L (60% v/v). Al mezcal contenido en los dos garrafrones siguientes se le conoce con el nombre de xixe y tiene una graduación alcohólica de 30° G.L aproximadamente. Estos últimos garrafrones se destinan a otra operación llamada redestilación (Ramales y Ortiz, 2010).

Para elaborar un producto de mejor calidad se destila el producto con el fin de subir la graduación alcohólica, y se mezcla con agua para llegar a una graduación de 40°, cómo es embotellado regularmente por todos los comercializadores. Tradicionalmente el mezcal se consume en graduaciones de más de 45°, nunca menos, según el gusto histórico de cada región y población, que es el que ha establecido los intervalos de graduación en los que es aceptable consumir su mezcal (Pérez, 2007).

Esta operación es el punto en el que se definen los compuestos que acompañan al etanol y su cantidad. Si la destilación se restringe a un intervalo limitado de temperaturas de ebullición, los aromas se ven disminuidos; si la destilación se amplía a dicho intervalo, aumentan los compuestos organolépticos (Espinosa y Reyes, 2014).



TIPOS DE DESTILADORES

Un destilador es un equipo o aparato empleado para la separación de los alcoholes sometiendo el mosto fermentado al calor para evaporar el alcohol y otros compuestos. Los destiladores pueden ser desde muy sencillos y rudimentarios hasta del tipo industrial fabricados bajo diseño y con diferentes capacidades, por lo que pueden construirse con ollas de barro, cazos, troncos y carrizos, de metales como el cobre y acero inoxidable (Gallardo,2020).

- Destilador Árabe de cobre "Alambique" o "Alquitara"

Es un aparato utilizado para la destilación de líquidos mediante un proceso de evaporación por calentamiento y posterior condensación por enfriamiento. Antiguamente se usaba para producir perfumes, medicinas y extraer el alcohol procedente de frutas fermentadas. Es una herramienta de destilación simple que está constituida por una caldera, donde se calienta la mezcla. Los vapores emitidos salen por la parte superior y se enfrían en un serpentín situado en un recipiente refrigerado por agua. El líquido resultante se recoge en el depósito final. Cuando se destilan líquidos procedentes de la fermentación alcohólica de frutas, como el alcohol hierve a una temperatura (80 °C), inferior a la del agua, los vapores que primero se forman son los de aquel, aunque mezclados con una pequeña proporción de agua y se consigue destilar una sustancia con mayor grado alcohólico que la original (Belauzaran, 2020).





Figura 20 Alambique de cobre
Recuperada de: <https://www.destiladoresdecobre.com.mx/>

- Destilador Filipino, Huichol o asiático

Es una técnica procedente de Japón (kabuto gama chiki) y traída a la Nueva España de Filipinas. Aunque tomando en consideración lo complejo de las comunicaciones en el siglo XVI también es posible que este conocimiento haya sido traído por los europeos pues lo descubrieron tras la vuelta al mundo de Elcano-Magallanes (Valenzuela et al, 2008).

Este destilador consiste en un agujero dentro de una construcción de tabiques o piedras en el cual se sitúa el combustible, casi siempre leña. Sobre el fuego se encuentra una olla que puede ser de barro o de cobre. Se le pone encima una montera de madera, la cual lleva una capucha de enfriamiento. El líquido destilado va a salir por una "cuchara" de agave, bambú o madera. Hoy en día, muchos llevan un serpentín de condensación. Debido a las temperaturas altas a la que el tepache con bagazo es expuesto, el mezcal puede estar terminado en una sola destilación (Belauzaran, 2020).



- Destilador de barro

Si bien existen evidencias sobre los distintos usos del maguey de los pueblos originarios Mesoamericanos antes de la llegada de los españoles, no hay pruebas contundentes respecto a que ya se obtenía mezcal como un producto derivado de un proceso de destilación del agave. Empero, existían las ollas de barro, particularmente las llamadas Capacha, las cuales bien pudieron haber sido usadas para destilar.

Estas ollas se montan directamente sobre la fuente de calor encima de ellas se pone una capucha de enfriamiento, el líquido ya destilado sale por una "cuchara" de madera, de agave o bien de bambú. Con este método se realiza el Mezcal Ancestral también (Belauzaran, 2020).



Figura 21 Destilador de ollas de barro usados para la destilación del mezcal en Villas de Sol Vega
Recuperada de: <https://www.mezcale.com/2017/10/ollas-de-barro-usados-para-la.html>

- Destilador de captación interna "Campanilla"

Este destilador es único de Palmar Segundo, un pueblo que se localiza en el Municipio Mexquitic de Carmona del Estado de San Luis Potosí. La fuente de calor está bajo la tierra. El combustible es el bagazo y pencas secas. Sobre el horno se empotran grandes ollas de barro para evitar que se rompan. En esas ollas se cuece el jugo fermentado (no lleva bagazo). Dentro de ese gran vaso, va la "campanilla», una olla de barro más pequeña que se coloca basculando con cuerdas y con pedazos de penca como agarraderas para poderlas



manejar y saber cuándo la “campanilla” está llena. Una capucha de cobre, donde se vierte agua fría, tapa todo el conjunto que se sella al borde con bagazo fresco para evitar que el vapor escape.

Esta manera de destilar es de la región de Ejutla de Crespo, área donde normalmente se destila dos veces en barro. Este método consiste en lograr dos destilaciones en el mismo proceso, usando un destilador de cobre (árabe) refrescando la primera pasada de vapor antes de que el mezcal llegue al serpentín de condensación. De esta manera el producto sale con altas concentraciones de etanol desde su primera destilación (Belauzaran, 2020).

ENVASADO

Este es el último paso para la elaboración del mezcal, los mezcaleros estandarizan el producto por medio de algunos métodos como la homogeneización y estabilización del mezcal. Primero realizan el ajuste del grado de alcohol conforme a la NOM, que indica que debe estar entre 36 y 55%..

Algunos mezcaleros utilizan una pipeta de carrizo y un recipiente pequeño donde vierten el mezcal, observan la formación de burbujas que se hace y según el tamaño de estas se determina si el mezcal es de buena calidad o no; otros se valen de las pruebas de laboratorio que hacen posible dar al destilado una misma graduación por medio de métodos de dilución, filtración y reposado. De esta forma, el mezcal está listo para envasarse de acuerdo a las marcas de los productores.



ESTUDIOS ANALITICOS DEL MEZCAL

La producción de bebidas fermentadas y destiladas ha sido una práctica realizada desde la antigüedad por muchas culturas en México, lo cual ha despertado el interés para muchos investigadores; el mezcal a lo largo de los años ha obtenido una popularidad importante en el mundo esto ha generado que los investigadores se interesen cada vez más en comprender la complejidad de esta bebida.

Derivado de la importancia de la industria del mezcal se han realizado diversos estudios enfocados a distintas temáticas entre las que destacan la de los compuestos volátiles en el mezcal.

En 2018 se realizó un estudio llamado "Volatile compound profiles in Mezcal spirits as influenced by agave species and production process" en este estudio se realizó el análisis cromatográfico (GC-MS) de mezcales elaborados con *Agave angustifolia* provenientes de la región de Matatlán y Tlacolula y *Agave potatorum* provenientes de la región de Sola Vega en Oaxaca. Se identificaron 84 compuestos en el *Agave angustifolia* y 81 en el *Agave potatorum* entre ellos alcoholes, ésteres, ácidos orgánicos, algunos fenoles, cetonas, naftalenos y furanos; de estos se encontró diferencia significativa en 26 compuestos basados en la especie de agave utilizado en la elaboración del mezcal, de estos se encontraron 24 compuestos basados en la región de proveniencia del agave y 10 compuestos basados en la época del año, por lo que se concluyó que el mezcal tiene una composición muy compleja que se ve afectada por factores ambientales tales como el lugar de origen, la temperatura, prácticas de destilación lo que a su vez influye en la diversidad microbiológica encargada de la fermentación (Vera et al-2018).



En 2019 se publicó otro artículo llamado "Fermentative capabilities of native yeast straight grown on juices from different agave species used for tequila and mezcal production" en este estudio se analizaron jugos de *Agave angustifolia*, *Agave cupreata*, *Agave durangensis*, *A. salmiana*, *A. tequilana* obtenidos en autoclave a 92°C por 18 horas; se encontró que la concentración de saponina en *A. durangensis* fue de 430.8 ppm siendo el agave con mayor concentración de este compuesto; de igual manera se encontró el crecimiento de 8 levaduras en 24 horas en todos los jugos; el mayor contenido de etanol se encontró en el jugo de *A. angustifolia*

EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial se ha definido como la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar esas respuestas a los productos percibidos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído (Stone y Sidel 2004).

La evaluación sensorial comprende un conjunto de técnicas para una medición precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los efectos potencialmente sesgados de la identidad de marca y otra información que pueda tener influencia en la percepción del consumidor. Como tal, intenta aislar las propiedades sensoriales de los alimentos en sí mismos y proporciona información importante y útil sobre las características sensoriales de sus productos, a los desarrolladores, científicos de alimentos y gerentes (Lawless y Haymann 2010).

Severiano, 2019, indica que al establecer un control dentro de las variables y contar con metodologías bien definidas, la evaluación sensorial arroja resultados objetivos y no subjetivos, como los



provenientes de una degustación, en la que los consumidores prueban un alimento, pero no siguiendo una metodología, ni controlando las variables ambientales, por lo que no se puede hacer un análisis estadístico de sus resultados.

Las técnicas de análisis sensorial se han desarrollado como poderosas herramientas para entender cómo los atributos de apariencia, olor, flavour y otras sensaciones conducen a las preferencias de los consumidores. Las técnicas sensoriales modernas pueden ayudar a los productores a desarrollar nuevos productos que son altamente atractivos para el consumidor. También permiten mejorar el sabor, textura y color de cierto producto para llegar a un mercado específico, así como monitorear su calidad (Escobedo, 2010).

PANEL SENSORIAL

El hombre es el instrumento de medición fundamental en la evaluación sensorial llamado comúnmente analizador que se define como un mecanismo nervioso complejo que empieza en un aparato receptor externo y termina en el cerebro (Espinosa y Reyes, 2014).

Tipos de panel sensorial

Existen tres tipos principales de paneles de jueces que son:

Panel de expertos:

Son personas de gran experiencia en vino, muchas veces enólogos famosos. Son los clásicos degustadores o catadores ya citados (Catania y Avagnina, 2007).



Panel de jueces entrenados:

Se trata de personas entrenadas especialmente para actuar como jueces. Deben poseer habilidades para detectar la sensación analizada y por supuesto poseer cierto conocimiento y práctica acerca de la evaluación sensorial (Catania y Avagnina, 2007).

Panel de jueces consumidores:

Deben ser personas que habitualmente consumen el producto y usualmente son elegidos al azar. Generalmente se utilizan para pruebas de preferencia (Catania y Avagnina, 2007).

Según la Norma ISO 8586:2012 la formación de un panel de evaluación sensorial debe considerar las siguientes etapas: reclutamiento, selección y entrenamiento de jueces, además de un proceso de validación del panel, que permita asegurar la confiabilidad del panel de evaluación sensorial.

Reclutamiento:

El reclutamiento es un punto de partida importante en la formación de un panel sensorial. El principio de esta etapa es reclutar candidatos y escoger a los más aptos para entrenarlos y así formar un panel de evaluación sensorial.

El número de personas que hay que reclutar variará en función de los siguientes elementos:

- Los recursos económicos y las exigencias de la empresa
- Tipo y frecuencia de las pruebas que se vayan a realizar
- Si la interpretación estadística de los resultados es o no necesaria.



No es aconsejable poner en marcha un programa con menos de 10 panelistas. Es necesario reclutar por lo menos dos o tres veces el número de personas que hacen falta para formar el panel final.

Los candidatos deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Interés y motivación
- Actitud hacia los alimentos
- Conocimientos y aptitudes para interpretar y expresar sus percepciones sensoriales
- Buena salud
- Aptitud para comunicar y describir las sensaciones percibidas
- Disponibilidad para asistir tanto a los entrenamientos y evaluaciones posteriores (International Standard ISO 8586:2012).

Selección:

En el proceso de selección, la elección de las pruebas y de las sustancias que se van a utilizar se hace en función de las aplicaciones previstas y de las propiedades que se vayan a evaluar.

Todas las pruebas utilizadas en la selección tienen el doble propósito de familiarizar a los jueces con los métodos y con los materiales utilizados en análisis sensorial.

Se dividen en tres clases:

- a) Las que tienen como objetivo detectar incapacidad
- b) Las que tienen como objetivo determinar la agudeza sensorial
- c) Las que tienen como objetivo evaluar el potencial de los candidatos para describir y comunicar las percepciones sensoriales.



Para seleccionar a los jueces se debe considerar tanto el comportamiento de los candidatos en las entrevistas, como su potencial (International Standard ISO 8586:2012).

Las pruebas aplicadas son algunas de las siguientes:

- Test de gustos básicos
- Test de umbral de reconocimiento
- Test de ordenamiento de color
- Test triangular

Entrenamiento:

El entrenamiento se basa en proporcionar a los jueces los principios elementales de las técnicas utilizadas en el análisis sensorial y desarrollar su aptitud para detectar, reconocer y describir los estímulos sensoriales.

El objetivo del entrenamiento es que los jueces sean capaces de detectar y reconocer sabores y olores, deben conocer los conceptos de clasificación con ayuda de una escala, clasificación en categorías, escalas de intervalos y escalas proporcionales y, por último, el uso de descriptores en que les permite desarrollar un vocabulario y así describir las características sensoriales (International Standard ISO 8586:2012).

Validación del Panel:

Es necesario controlar periódicamente la eficacia y comportamiento de los jueces, con el fin de examinar cada comportamiento individual para comprobar si los jueces pueden obtener resultados apropiados y reproducibles (International Standard ISO 8586:2012).



Comprende la capacidad de un panel para detectar, identificar y medir un atributo, utilizar atributos de una manera similar a otros paneles o evaluadores, discriminar entre estímulos, utilizar una escala correctamente, repetir sus propios resultados, y reproducir los resultados de otros paneles o evaluadores (International Standard ISO 11132:2012).

El método de validación de un panel sensorial especificado en la Norma ISO 11132:2012 está diseñado para ser usado en análisis descriptivos.

PRUEBAS SENSORIALES

Existen varias pruebas de análisis sensorial y cada una responde a objetivos determinados.

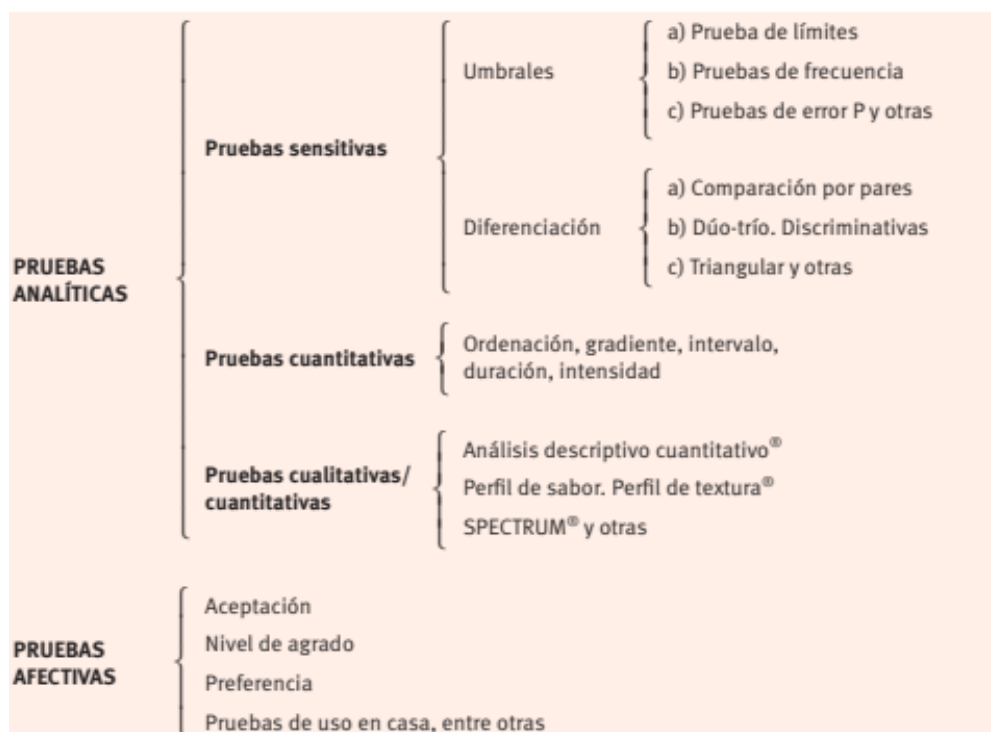


Figura 22 Clasificación general de las pruebas sensoriales (Severiano, 2019)



PRUEBAS DISCRIMINATIVAS

Las pruebas de diferencia se diseñan para determinar si es posible distinguir diferencias entre muestras, por medio de análisis sensorial. Las pruebas de diferencia pueden utilizarse para determinar si ha ocurrido un cambio perceptible en la apariencia, sabor o textura de un alimento, como resultado de su almacenamiento o si ha ocurrido un cambio en el proceso de elaboración o alteración en algún ingrediente (Watts y Cols, 1995).

PRUEBAS DESCRIPTIVAS

El análisis descriptivo es un método sensorial por el cual los atributos de un producto alimenticio son identificados y cuantificados, utilizando un panel de jueces entrenados específicamente para este propósito. El análisis puede incluir todos los parámetros del producto, o puede ser limitada a ciertos aspectos, por ejemplo, aroma, sabor, textura, y gusto.

Una de las pruebas más utilizadas dentro de la descripción sensorial de los alimentos son los denominados perfiles sensoriales.

Las principales aplicaciones del perfil sensorial son:

- a) Para definir un estándar de fabricación ya que se establecen las especificaciones o características que debe reunir el producto
- b) Para mejorar productos, estableciendo los atributos, éstos se pueden relacionar con las percepciones de los consumidores,
- c) para comparar un producto con otros del mismo tipo.

Las diferentes etapas en la elaboración de un perfil sensorial son:

- A) Formación de un panel de jueces
- B) Elaboración de una lista de términos descriptivos
- C) Reducción de la lista de términos



- D) Elección de los productos de referencia o estándares
- E) Entrenamiento y calibración del panel de jueces
- F) Elaboración del perfil sensorial (García, 2022)

ESTUDIOS SENSORIALES DEL MEZCAL

En el trabajo realizado en Febrero del 2012 se realizó el estudio del efecto de la región de procedencia del agave y las condiciones de fermentación sobre el perfil aromático de mezcal (García, 2012) , en este estudio se realizó la evaluación a dos diferentes diluciones una de 20% y otra de 38 % de 4 muestras de mezcal de la región de Matatlan, Oaxaca de 2 diferentes fabricantes elaborados con *Agave angustifolia*, 2 muestras del palenque Danzantes y 2 muestras del palenque Margaritas y una muestra de la zona del altiplano de San Luis Potosí elaborado a partir de *Agave Salamina*. Se generaron 53 diferentes descriptores, A nivel cualitativo, algunos de los descriptores fueron diferenciadores del lote (acetona, caramelo, cuero mojado y vinagre) o del fabricante (picante, agave cocido, clavo, cítrico y floral), obteniéndose una especie de huella aromática cualitativa para cada mezcal. El descriptor humo fue el único descriptor común para los 5 mezcales; la intensidad de los descriptores disminuyó como efecto de la dilución.

En octubre del 2018 se realizó un análisis sensorial de Mezcales provenientes de la localidad de Totomochapa, Tlapa de Comonfort, Guerrero, México (Mozqueda, et al., 2018); este trabajo tuvo como objetivo describir sensorialmente el mezcal elaborado en la localidad de Totomochapa para distinguirlo de los mezcales de las localidades de Xochihuehuetlan, Zitala y Tlacolula. En este trabajo se generaron los



siguientes descriptores sensoriales del mezcal: olor a maguey cocidos, olor a alcohol, olor dulce ,olor a ceniza ,olor a humo, olor a maguey quemado, olor a Palma, color amarillo-verde, sabor químico, sabor maguey, rasposo, sabor residual amargo, sabor dulce, sabor residual alcohol, picor en cavidad nasal y sabor agrio a través del método de análisis descriptivo cuantitativo (ADC) (Hernández 2007) y se obtuvo como resultado que el mezcal de Tlacolula, Oaxaca, se diferenció de los otros tres mezcales por las características de olor a maguey cocido, olor a ceniza y olor a humo.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de componentes principales es uno de los métodos de análisis de datos multivariantes más utilizados que permite investigar conjuntos de datos multidimensionales con variables cuantitativas. Se utiliza ampliamente en bioestadística, marketing, sociología y muchos otros campos.

Es un método de proyección, ya que proyecta las observaciones de un espacio p -dimensional con p variables a un espacio k -dimensional (donde $k < p$) para conservar la máxima cantidad de información (la información se mide aquí a través de la varianza total del conjunto de datos) de las dimensiones iniciales. Las dimensiones del ACP también se denominan ejes o factores. Si la información asociada a los 2 o 3 primeros ejes representa un porcentaje suficiente de la variabilidad total del diagrama de dispersión, las observaciones podrían representarse en un gráfico de 2 o 3 dimensiones, facilitando así su interpretación (XLSTAT Software estadístico de Excel).



Hipótesis

- Los perfiles sensoriales de los mezcales variarán en función de la especie de agave y el tipo de destilador empleado presentando características sensoriales diferentes.
- Los agaves con más años de maduración permitirán elaborar mezcales con mayor riqueza aromática y gustativa que aquellos con menos años de maduración.

Metodología

Se utilizó la metodología descriptiva para un análisis sensorial a través de un método convencional (Murray et al., 2001; Stone & Sidel, 2004).

La aplicación de este método se realizó con base en la norma ISO 13299:2016 por lo que se siguieron los siguientes pasos.

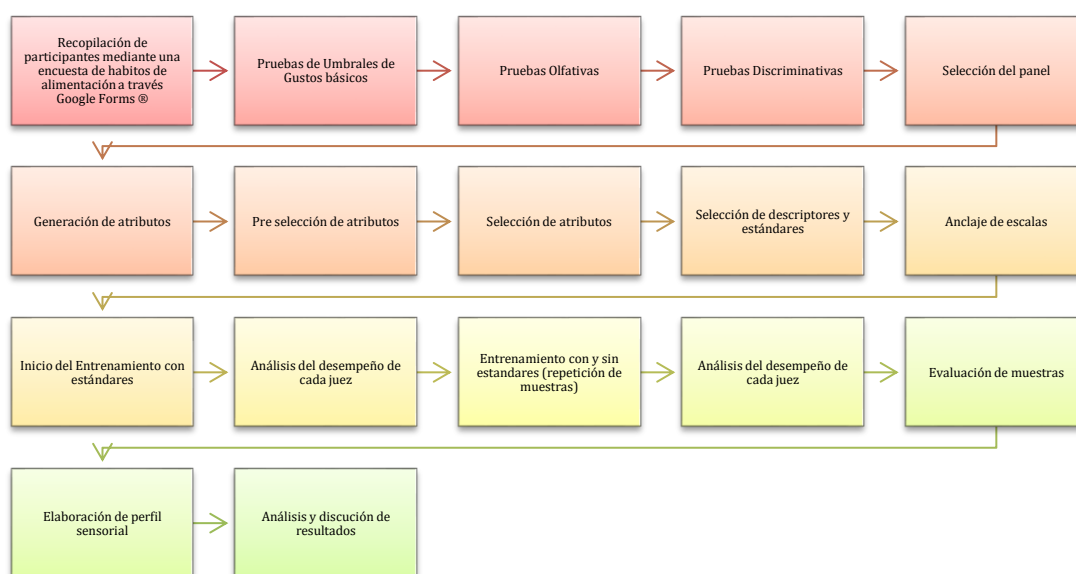


Figura 23 Diagrama del Método convencional aplicado al desarrollo del perfil sensorial de mezcales tradicionales mono-varietales- Autoría Propia



❖ PRESELECCIÓN DE JUECES

En esta etapa se realizó una convocatoria a los alumnos de la Facultad de Química a través de un formulario de Google forms ® en el cual se les pidió que se registrarán y se les aplicó el cuestionario el cual contenía preguntas tales como: edad, género, avance escolar, presencia de anosmia y/o de daltonismo, pérdida de gusto y olfato a causa del COVID de igual manera se les pidió describir algunos olores y sabores así como la descripción de productos con algún olor en específico para evaluar la capacidad descriptiva de los participantes.

Posteriormente se le realizaron pruebas de umbral de gustos básicos, pruebas triangulares y pruebas de capacidad olfativa; para las pruebas de capacidad olfativa los aromas se presentaron en tubos de 13 x 100 marca pyrex forrados con papel aluminio dentro del cual se colocó una tira de papel filtro impregnado con el aroma a esto se le conoce como batería de olores (García, 2007 y Méndez, 2011).

Para la prueba de gustos básicos se siguió el procedimiento descrito por Juárez et al, 2015 en el artículo "Valores de normalidad de umbrales de percepción y reconocimiento de sabores básicos en población mexicana sana "; las concentraciones utilizadas estuvieron en un intervalo de 0.1 a 1% de sacarosa para el gusto dulce , para el gusto salado de 0.1-1% de cloruro de sodio, para el gusto ácido de 0.1 - 1% de ácido cítrico y para el gusto amargo de 0.1-1% de cafeína ya que son los intervalos utilizados en trabajos previos de Mezcal.

La prueba se realizó siguiendo un orden ascendente, donde las muestras se ordenan y evalúan de menor a mayor concentración. Estas pruebas se realizaron con el propósito de saber si los jueces son capaces de detectar los gustos básicos y relacionar estos resultados



con las pruebas de olor para así seleccionar a las personas que serán entrenadas como jueces (García ,2022).

❖ SELECCIÓN DE JUECES

La selección de los jueces se realizó con base a los siguientes criterios:

1. Uso adecuado de los sentidos
2. Buena capacidad discriminante
3. Capacidad para expresar los estímulos percibidos
4. Disponibilidad para asistir a todas las sesiones de entrenamiento
5. Poseer un buen estado de salud
6. Gusto por las muestras a evaluar (Escobedo, 2010).

❖ MUESTRAS DE ESTUDIO

En la tabla siguiente se muestran los mezcales en estudio de los que se elaborará el perfil sensorial, los mezcales fueron proporcionados por Cornelio Ignacio Pérez Ricárdez.

Tabla 2 Características de las muestras de mezcal tradicional empleadas

Mezcal	Código Lab	Maestro Mezcalillero	Población	Maguey empleado y edad	Tipo de destilador	No. de destilaciones	Fecha de destilación	% Alcohólico
1	1.1	Gregorio Hernández	Ejutla, Oaxaca	Espadín <i>capón</i> (8 a 11 años)	Cobre con platillos	1	Diciembre 2012	61.6
2	1.2	Sergio Carreño	Yogana Ejutla, Oaxaca	Espadín <i>cultivado</i> (8 a 11 años)	Cobre con platillos	1	Marzo 2018	52.4
3	1.3	Eduardo Ángeles	Santa Catarina Minas, Ocotlán, Oaxaca	Espadín cultivado (12 años)	Ollas de barro	2	Abril 2022	49.6
4	2.1	Gregorio Hernández	Ejutla, Oaxaca	Tobasiche silvestre (8 a 10 años)	Cobre con platillos	1	Octubre 2014	56.4
5	2.2	Sergio Carreño	Yogana Ejutla, Oaxaca	Tobasiche semi cultivado (8 a 10 años)	Cobre con platillos	1	Abril 2014	50.7



Continuación de la Tabla 2 Características de las muestras de mezcal tradicional empleadas

Mezcal	Código Lab	Maestro Mezcalillero	Población	Maguey empleado y edad	Tipo de destilador	No. de destilaciones	Fecha de destilación	% Alcohólico
6	2.3	Eduardo Ángeles	Santa Catarina Minas, Ocotlán, Oaxaca	Tobasiche silvestre (15 a 18 años)	Ollas de barro	2	Febrero 2022	50.2
7	3.2	Sergio Carreño	Yogana Ejutla, Oaxaca	Cuishe <i>cultivado</i> (10 a 12 años)	Cobre con platillos	1	Mayo 2019	57.7
8	3.3	Eduardo Ángeles	Santa Catarina Minas, Ocotlán, Oaxaca	Cuishe <i>cultivado</i> (15 años)	Ollas de barro	2	Agosto 2022	52.2
9	4.1	Gregorio Hernández	Ejutla, Oaxaca	Tobalá silvestre (10 a 12 años)	Cobre con platillos	1	Marzo 2019	53.5
10	4.2	Cayetano Fabián	Yogana Ejutla, Oaxaca	Tobalá <i>silvestre</i> (10 años)	Cobre con platillos	1	Marzo 2019	53.2
11	4.3	Eduardo Ángeles	Santa Catarina Minas, Ocotlán, Oaxaca	Tobalá orejón silvestre (15 años)	Ollas de barro	2	Enero 2022	53.6
12	5.1	Gregorio Hernández	Ejutla, Oaxaca	Maguey Arroqueño <i>cultivado</i> (10 a 12 años)	Cobre con platillos	1	Marzo de 2019	62.1
13	5.2	Margarito Mata	Zeguiche, Yogana, Ejutla, Oaxaca	Maguey Arroqueño <i>cultivado</i> (15 años)	Cobre con platillos	1	Julio de 2004	49.2
14	5.3	Eduardo Ángeles	Santa Catarina Minas, Ocotlán, Oaxaca.	Maguey Arroqueño <i>cultivado</i> (20 a 25 años)	Ollas de barro	2	Agosto 2022.	51.2
15	6.1	Gregorio Hernández	Ejutla, Oaxaca	Maguey Tepextate silvestre (15 a 20 años)	Cobre con platillos	1	Marzo de 2019.	55.3



Continuación de la Tabla 2 Características de las muestras de mezcal tradicional empleadas

Mezcal	Código Lab	Maestro Mezcalillero	Población	Magüey empleado y edad	Tipo de destilador	No. de destilaciones	Fecha de destilación	% Alcohólico
16	6.2	Sergio Carreño	Yogana, Ejutla, Oaxaca	Magüey Tepextate silvestre (15 a 20 años)	Cobre con platillos	1	Abril de 2019	51.6
17	6.3	Eduardo Ángeles	Santa Catarina Minas, Ocotlán, Oaxaca.	Magüey Tepextate (15-20 años)	Ollas de barro	2	Mayo de 2022	51.6
18	7.1	Gregorio Hernández	Ejutla, Oaxaca	Magüey San Martinero cultivado (13 años) de puntas	Cobre con platillos	1	Septiembre de 2008.	52.9
19	7.3	Eduardo Ángeles	Santa Catarina Minas, Ocotlán, Oaxaca	Magüey San Martinero cultivado (15 años)	Ollas de barro	2	Julio de 2022.	51.8
20	8.1	Gregorio Hernández	Ejutla, Oaxaca	Magüey Mexicano chinito silvestre (10 a 12 años) de puntas	Cobre con platillos	1	Mayo de 2014.	65.3
21	8.2	Sergio Carreño	Yogana, Ejutla, Oaxaca	Magüey Mexicano cultivado (10 a 12 años)	Cobre con platillos	1	Mayo de 2014.	56.3
22	8.11	Gregorio Hernández	Ejutla, Oaxaca	Magüey Barril cultivado (10 a 12 años) de puntas	Cobre con platillos	1	Mayo de 2020.	60.7
23	9.1	Gregorio Hernández	Ejutla, Oaxaca	Magüey Mexicano (10 a 13 años) y Magüey Tobasiche (8 a 10 años)	Cobre con platillos	1	Abril de 2019.	58.1
24	9.2	Andrés García	Yogana, Ejutla, Oaxaca	Magüey Mexicano (10 a 13 años) y Magüey Tobasiche (8 a 10 años)	Cobre con platillos	1	Julio de 2017.	50.6



Continuación de la Tabla 2 Características de las muestras de mezcal tradicional empleadas

Mezcal	Código Lab	Maestro Mezcalillero	Población	Maguey empleado y edad	Tipo de destilador	No. de destilaciones	Fecha de destilación	% Alcohólico
25	9.3	Eduardo Ángeles	Santa Catarina Minas, Ocotlán, Oaxaca	Maguey Espadín cultivado (12 años) y Maguey Tobasiche (15 a 18 años)	Olla de barro	2	Enero de 2022	51.5

A continuación, se presentan las fotografías correspondientes a las muestras seleccionadas.



Figura 24 de izquierda a derecha Mezcal 1.2 elaborado con Agave Espadín y destilado con destilador de cobre con platillos y Mezcal 1.1 elaborado con Agave Espadín Capón y destilado con destilador de cobre con platillos



Figura 25 de izquierda a derecha Mezcal 2.1 elaborado con Agave Tobasiche silvestre y destilado con destilador de cobre con platillos y Mezcal 2.2 elaborado con Tobasiche semi cultivado y destilado con destilador de cobre con platillos





Figura 26 Mezcal 3.2 elaborado con Agave Cuishe cultivado y destilado con destilador de cobre con platillos



Figura 27 de izquierda a derecha Mezcal 4.1 elaborado con Agave Tobalá silvestre y destilado con destilador de cobre con platillos y Mezcal 4.2 elaborado con Tobalá silvestre y destilado con destilador de cobre con platillos. Fotografía de Alejandro Oros Téllez



Figura 28 de izquierda a derecha Mezcal 5.1 elaborado con Arroqueño cultivado y destilado con destilador de cobre con platillos y Mezcal 5.2 elaborado con Arroqueño cultivado y destilado con destilador de cobre con platillos
Fotografía tomada por :Alejandro Oros Téllez





Figura 29 de izquierda a derecha Mezcal 6.1 elaborado con Tepextate silvestre y destilado con destilador de cobre con platillos y Mezcal 6.2 elaborado con Tepextate silvestre y destilado con destilador de cobre con platillos
Fotografía tomada por :Alejandro Oros Téllez



Figura 30 Mezcal 7.1 elaborado con Agave San Martinero cultivado y destilado con destilador de cobre con platillos



Figura 31 Mezcal 3.2 elaborado con Agave Barril cultivado y destilado con destilador de cobre con platillos





Figura 32 de izquierda a derecha Mezcal 8.2 elaborado con mexicano cultivado y destilado con destilador de cobre con platillos y Mezcal 8.10 elaborado con mexicano chininto cultivado y destilado con destilador de cobre con platillos



Figura 33 de izquierda a derecha Mezcal 9.2 elaborado con Agave mexicano y Agave Tobasiche y destilado con destilador de cobre con platillos y Mezcal 9.1 elaborado con Agave mexicano y Agave Tobasiche y destilado con destilador de cobre con platillos
Fotografía tomada por :Alejandro Oros Tellez



Figura 34 Mezcales destilados con olla de barro, de izquierda a derecha mezcal 1.3 elaborado con Agave Espadín cultivado, 2.3 elaborado con Agave Tobasiche silvestre, 3.3 elaborado con Agave Cuishe cultivado, 4.3 elaborado con Agave TobaLá Orejón silvestre, 5.3 elaborado con Agave Arroqueño cultivado, 6.3 elaborado con Agave Tepextate, 7.3 elaborado con Agave San Martinero cultivado y 9.3 elaborado con Agave Espadín cultivado y Agave Tobasiche



En 2014 se desarrolló en el laboratorio de Evaluación Sensorial de la facultad de Química, UNAM el perfil sensorial de mezcales tradicionales bajo el título "DESARROLLO DEL PERFIL SENSORIAL DE MEZCALES TRADICIONALES DE DOS REGIONES PRODUCTORAS: ZAPOTITLÁN DE VADILLO, SUR DE JALISCO, Y LA REGIÓN OCCIDENTAL DEL DISTRITO DE EJUTLA, VALLES CENTRALES DE OAXACA" por Espinosa y Reyes, con este conocimiento previo, se inició el desarrollo del perfil sensorial de los mezcales objeto de esta tesis.

❖ PERFIL DE DILUCIÓN

En el estudio de Espinosa y Reyes (2014), a través del empleo del perfil de dilución se determinó que la dilución al 30% del volumen alcohólico se puede percibir los atributos sensoriales que se perciben en los mezcales sin diluir, por tanto, en este trabajo se evaluarán los mezcales diluidos al 30% del volumen alcohólico.

❖ PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA SU EVALUACIÓN

La evaluación se realizó según lo establecido por Espinosa y Reyes (2014) a continuación se describe la metodología empleada: se vertieron 30 ml de la muestra diluida al 30% en una copa de flauta y se cubrió con una tapa de vidrio (Figura 35), la evaluación se realizó en cabinas independiente de color blanco que cuentan con luz blanca y roja, se colocaron las muestras a evaluar junto con un vaso de agua y una galleta habanera que sirvieron como enjuague, de igual manera se les proporciona una computadora que contenía el cuestionario en el programa estadístico FIZZ Software Solutions for Sensory Analysis and Consumer Test (BIOSYSTEMES, version 2.30 c, país de origen Francia).





Figura 35 Copas de flauta

❖ GENERACIÓN DE ATRIBUTOS

En un trabajo previo (Rodríguez, 2022), se generaron los atributos por el panel entrenado que trabajó en el laboratorio de Evaluación Sensorial de 2019-junio 2022. Como terminaba el periodo de trabajo fue necesario seleccionar a un nuevo panel.

Con el objetivo de evaluar si la gente seleccionada presentaba una buena capacidad para describir los atributos de los mezcales, se evaluaron los mezcales que, en la evaluación de Rodríguez, 2022, presentaron el mayor número de atributos, para ello se evaluaron los mezcales en dos sesiones, se evaluaron 2 de mezcales en la primera sesión y un mezcal en la segunda sesión. A cada juez del nuevo panel se le proporcionaron las muestras y evaluaron las siguientes características sensoriales: apariencia, olor, flavour y otras sensaciones describiendo todo lo percibido.



Los atributos de apariencia se evaluaron de manera visual con el mezcal sin diluir , los atributos de olor se evaluaron con aspiraciones cortas y continuas agitando un poco la copa de flauta, para la evaluación de flavour se utilizó una técnica llamada endulzado de boca que consiste en formar una burbuja de saliva en la punta de los labios y sorber un poco de la muestra de mezcal dejando pasar el líquido por cada rincón de la boca para después deglutir la muestra, posteriormente con la lengua se generan unos golpeteos en la superficie del paladar y se respira profundamente, para los atributos de otras sensaciones se les indicó a los jueces dar un sorbo de la muestra y enseguida determinar las sensaciones percibidas durante y después de haber deglutido la muestra.

❖ PRESELECCIÓN DE ATRIBUTOS

Esta etapa consistió en analizar los descriptores generados y separarlos en cuatro características sensoriales: Apariencia, Olor, Flavour y Otras sensaciones, para posteriormente analizar los resultados obtenidos por los 13 jueces, realizando el conteo de cada atributo así como su repetibilidad en el panel, una vez obtenidos estos resultados se procedió a la comparación con los resultados obtenidos por Rodríguez 2022, se encontró que ambos paneles habían generado los mismos atributos con ligeras variaciones en la frecuencia de mención, con base en ello, se decidió trabajar con los atributos ya generados con Rodríguez para seleccionar los atributos que formarán parte del perfil de los mezcales mono varietales.



❖ ELECCIÓN DE ATRIBUTOS

En esta etapa se determina la presencia o ausencia de los atributos en las muestras evaluadas esto se realizó evaluando cada mezcal sin diluir para los atributos de apariencia o la dilución al 30% de alcohol para los atributos de olor, sabor, resabio y textura, usando estándares de referencia.

Una vez obtenidos los resultados se compararon con los promedios obtenidos por presencia o ausencia del atributo quedando los atributos con promedios mayores a 2.

❖ SELECCIÓN DE LA ESCALA

Se realizó un cuestionario en el programa estadístico FIZZ Software Acquisition, dónde se utilizó una escala de intensidad de 10 puntos donde 0 equivale a ausencia del atributo y 9 equivale a la mayor intensidad (Espinoza y Reyes 2014).

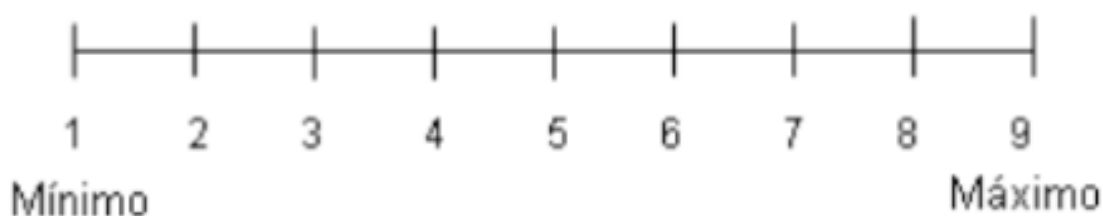


Figura 36 Escala empleada

A modo de ejemplo se muestran los anclajes de la escala de apariencia.



Tabla 3 Escalas utilizadas para los atributos de Apariencia

Atributo	Escala	
Aceitoso	Poco	Mucho
halo plateado	Poco	Mucho
intensidad de color	Incoloro	Amarillo
Lagrimeo	Lento	Rápido
Brillo	Opaco	Brillante
Película	Ligera	Densa
Limpio	con partículas	sin partículas
tamaño perlado	Pequeño	Grande
duración del perlado	Poco	Mucho
homogeneidad del perlado	Homogéneo	Heterogéneo

❖ ENTRENAMIENTO DE JUECES

El entrenamiento del panel en la metodología descriptiva convencional tiene como propósito otorgar a los jueces el conocimiento básico de las pruebas sensoriales realizadas, así como mejorar significativamente su capacidad para detectar, identificar, comparar, memorizar y comunicar de manera adecuada los atributos presentes en las muestras otorgadas, proporcionando resultados estadísticos reproducibles y con poca variación (Villavivencio,2021).

Antes de comenzar con el entrenamiento se revisó y analizó la lista de atributos generados por Espinosa y Reyes (2014) para compararlos con los atributos generados por el nuevo panel e identificar si se había generado algún atributo nuevo, posteriormente se revisaron los estándares utilizados en 2014 y como los atributos generados en este proyecto estaban comprendidos en el trabajo de Espinosa y Reyes (2014) se decidió trabajar con estos estándares,



revisando la intensidad en la escala para que correspondiera a la intensidad con los que están presentes en los mezcales de este estudio.

De igual manera se revisaron las guías de evaluación y se realizaron los cambios pertinentes en la forma de evaluar las sensaciones de picante, refrescante y quemante, para la sensación de picante se le indico a los jueces que retuvieran el estándar por debajo de su lengua 3 segundos para identificar el picor en boca, para la sensación de refrescante se les indico a los jueces que tomaran el estándar, lo deglutieran y posteriormente jalaran aire para identificar de manera correcta la sensación, por ultimo para la sensación de quemante se les solicito a los jueces que retuvieran el estándar en la boca por 5 segundos para lograr identificar la sensación.

El entrenamiento del panel constó de 4 fases. La primera fase consistió en darles a los jueces estándares en fresco de olor, sabor y textura y se le solicitó que describieran todas las notas que percibían con cada estándar, así como recuerdos que les trajeran a la mente, esta información se recopiló en un cuestionario en papel, que en cada evaluación futura se les proporcionó para que recordaran las sensaciones producidas por los estándares otorgados.

La segunda fase consistió en la evaluación de mezcales sin el uso de estándares para así identificar los atributos en los que el panel se encontraba más disperso es decir presentaban una variación de más de 3 unidades en los datos recopilados.

En la tercer fase se les proporciono a los jueces los estándares de los atributos seleccionados en la segunda fase y una muestra de mezcal; para esta fase se le solicitó a los jueces primero probar el estándar y posteriormente la muestra de mezcal esto ayudo a que los jueces identificarán cada nota en las muestras de mezcal,



posteriormente se realizó la evaluación del panel de manera individual, se analizaron los datos obtenidos de cada juez y se realizó un ajuste personalizado indicándole a cada juez los atributos en los que debía continuar utilizando estándares, después de 2 meses con este ajuste se analizaron nuevamente los datos y se observó que ya eran homogéneos es decir los datos proporcionados por los 14 jueces no variaron en más de 2 unidades , posteriormente se realizó el análisis del panel mediante el software XLSTAT donde se observó un consenso en las evaluación y una correcta discriminación de las muestras por el panel.

En la cuarta fase se llevó a cabo la segunda evaluación de muestras de mezcal sin utilizar estándares, evaluando por duplicado todas las muestras. Posteriormente se analizaron los resultados a través del software XLSTAT para confirmar que el panel ya no presentaba diferencia significativa al evaluar las muestras. Todo el entrenamiento desde la generación de atributos hasta tener el panel completamente entrenado duró 7 meses, observándose que tomar como referencia el estudio de Espinosa y Reyes (2014), redujo medio año el tiempo de entrenamiento. En todas las fases se utilizó agua natural y una galleta habanera como enjuague entre muestras.

ANALISIS ESTADISTICO

❖ EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PANEL

Se realizó haciendo el análisis estadístico para evaluar el desempeño del panel, que consiste en hacer el análisis outlier, el Análisis de Componentes Principales para evaluar la correlación entre la evaluación de los diferentes jueces, la dispersión con base a la media y el efecto de la evaluación de los jueces a la evaluación final, algunos



de estos resultados los más importante para evaluar el desempeño del panel se muestran en la sección de resultados.

❖ EVALUACIÓN DE MUESTRAS Y JUECES

Para evaluar si existía diferencia entre dos factores (jueces y muestras) se realizó el ANOVA con DMS para determinar si existía diferencia entre jueces y entre muestras con un $\alpha=0.05$. Se empleó el XLSTAT, Software estadístico Excel.

❖ EVALUACIÓN DE LOS PERFILES SENSORIALES

Se realizó un análisis radial, así como un PCA con los atributos sensoriales de las muestras el cual tiene como objetivo hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlos por orden de importancia (Shlens,2009).



A continuación, se presentan los resultados generados desde la selección hasta la evaluación del perfil del mezcal.

❖ ETAPA DE PRESELECCIÓN DEL PANEL

De las 54 personas que respondieron la encuesta de hábitos, se seleccionaron 34 participantes, el 80 % de los participantes eran mujeres mientras que el 20 % eran hombres con un rango de edad de 19-29 años.

1. Ningún participante padecía anosmia ni daltonismo; únicamente un participante padece de rinitis.
2. El 63.3 % de los participantes no ha padecido COVID mientras que el 36.7 % si lo ha padecido alrededor de un año atrás; de los participantes que presentaron COVID únicamente 36.6 % perdieron el olfato y/o gusto por menos de una semana.
3. Ningún participante fuma.

Una vez obtenidos los resultados del cuestionario de preselección se seleccionaron los participantes que presentaran un buen estado de salud, presentaran una adecuada percepción sensorial (sin problemas de anosmia, alteraciones en el sentido del olfato o gusto y/o daltonismo) y contarán disponibilidad de tiempo e interés en la evaluación sensorial.



❖ ETAPA DE SELECCIÓN DEL PANEL

En esta etapa participaron 34 personas que fueron seleccionadas con base en los resultados de la etapa de per-selección. A los participantes se aplicaron pruebas de umbral de los gustos básicos, pruebas triangulares y pruebas de capacidad olfativa; estas pruebas se aplicaron con el objetivo de evaluar la capacidad de los participantes para detectar los gustos básicos, su capacidad de identificar la muestra diferente en un grupo de muestras con las mismas características físicas y su capacidad para identificar olores sin conocer su procedencia. A continuación se presentan los resultados obtenidos en las diferentes pruebas.

❖ **Umbral de gustos básicos**

Su objetivo es determinar el umbral absoluto, que es la concentración a la cual el 50% de los jueces reconoce el gusto básico del que se trata (Utrera, 2007).

A continuación, se presentan los gráficos de porcentaje de reconocimiento grupal de los 34 candidatos de los diferentes gustos básicos.



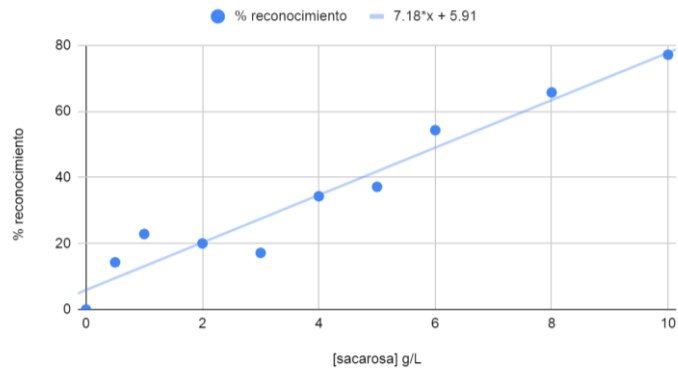


Figura 37 Gráfica del porcentaje grupal de reconocimiento del gusto Dulce

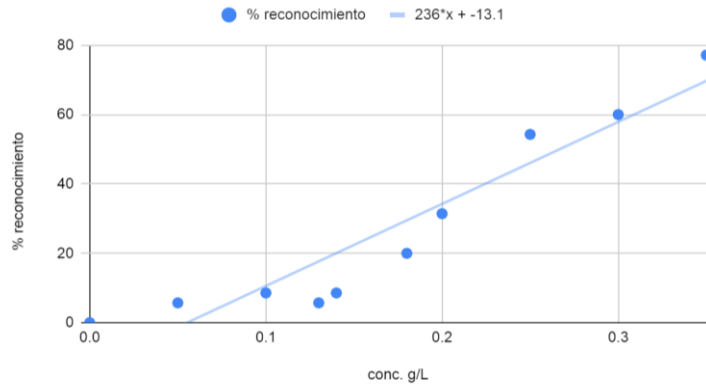


Figura 38 Gráfica del porcentaje grupal de reconocimiento del gusto Ácido



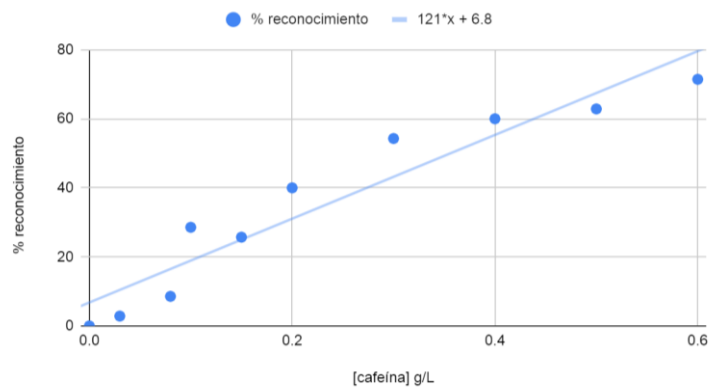


Figura 39 Gráfica del porcentaje grupal de reconocimiento del gusto Amargo

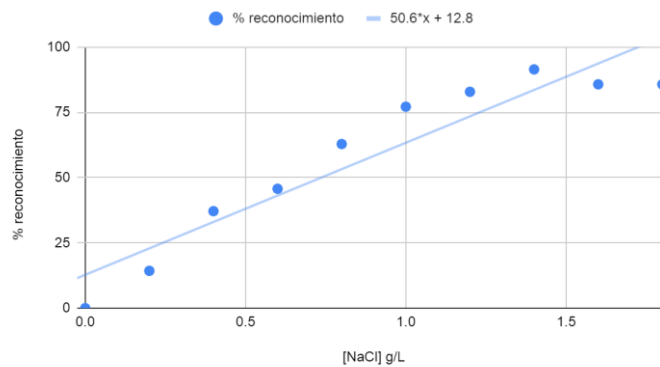


Figura 40 Gráfica del porcentaje grupal de reconocimiento del gusto Salado

Los umbrales grupales obtenidos fueron: 6.14g/L ,0.26 g/L, 0.357g/L y 0.735 g/L para los gustos básicos dulce, ácido, amargo y salado respectivamente, comparando con los resultados de las mismas pruebas (con las mismas concentraciones) del panel seleccionado en el año 2021 (Villavicencio, 2021); se observa que en la prueba de 2021 los umbrales fueron más sensibles en los gustos dulce y salado sin embargo para los gustos amargo y ácido los umbrales fueron prácticamente iguales.



Prueba Triangular

Se realizaron 4 pruebas triangulares una para cada uno de los siguientes productos: pan de caja, refresco de cola, jugo de naranja y salchichas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 4 Resultados grupales de las Pruebas Triangulares

No. Juez	Día 1		Día 2	
	Pan de caja	Refresco de Cola	Jugo naranja	Salchichas Viena
1	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
2	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
3	Acierto	Error	Acierto	Error
4	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
5	Acierto	Error	Acierto	Acierto
6	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
7	Acierto	Error	Acierto	Acierto
8	Acierto	Error	Acierto	Acierto
9	Acierto	Acierto	Error	Error
10	Acierto	Error	Acierto	Acierto
11	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
12	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
14	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
15	Acierto	Error	Acierto	Acierto
16	Acierto	Error	Error	Acierto
17	Acierto	Error	Acierto	Acierto
20	Acierto	Acierto	Error	Acierto
21	Error	Error	Acierto	Acierto
22	Acierto	Error	Acierto	Acierto
23	Acierto	Error	Acierto	Acierto
24	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
25	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
26	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
27	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
28	Acierto	Error	Acierto	Acierto
29	Acierto	Error	Acierto	Acierto
30	Acierto	Error	Acierto	Acierto
31	Error	Error	Acierto	Acierto



Continuación Tabla 4 Resultados grupales de las Pruebas Triangulares

32	NRP	NRP	NRP	NRP
33	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
34	Acierto	Acierto	Error	Acierto
35	NRP	NRP	Acierto	Acierto
36	NRP	NRP	Acierto	Error
37	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
38	Acierto	Acierto	Acierto	Acierto
No. Aciertos	30	17	30	31
Xi calculada	44.45	3.70	44.45	49.44

NRP= no realizó la prueba

El 50% de los candidatos lograron identificar la muestra diferente en la triada de refresco de cola, el 88.23% de los candidatos identificaron la muestra diferente en la triada de jugo de naranja y pan de caja mientras que el 91.17% de los candidatos identificaron la muestra diferente en la triada de salchicha Viena. Realizando el análisis de CHI cuadrado con $\alpha=5\%$, considerando 34 juicios se determinó que existe diferencia significativa entre las muestras en cada triada.

Pruebas de capacidad olfativa

Se realizaron 2 sesiones para evaluar la capacidad olfativa de los jueces; la primera sesión consistió en la identificación de 16 olores y la segunda en la identificación de 9 olores. Los olores evaluados fueron: rosa, limón, canela, naranja, chocolate amargo, chocolate abuelita, guayaba, lavanda, galleta, clavo, humo, nardo, chile, frutos rojos, café, cebolla, piña, madera, leche, manzana, avellana, cereza, mango, nuez, fresa, agave, arándano, vainilla, uva, mantequilla, lichi, orégano, albahaca, durazno, nota verde, romero, anís, mandarina, hierbabuena y jazmín.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por los candidatos.



Tabla 5 Resultados grupales de identificación de olores

Olor	Porcentaje de identificación
Rosas	11.53
Limón	69.23
Canela	69.23
Naranja	57.69
Chocolate abuelita	73.07
Piña	30.76
Guayaba	19.23
Lavanda	30.76
Galleta	26.92
Clavo	46.15
Chocolate amargo	80.76
Humo	46.15
Nardo	57.69
Chile	23.07
Frutos rojos	34.61
Café	19.23
Cebolla	23.07
Madera	3.84
Leche	3.84
Manzana	7.69
Avellana	11.53
Cereza	69.23
Mango	61.53
Nuez	42.30
Fresa	42.30
Agave	11.53
Arándano	3.84
Vainilla	11.53
Uva	42.30
Lichi	3.84
Mantequilla	42.30
Orégano	84.61
Albahaca	23.07
Durazno	19.23
Nota verde	57.69
Anís	46.15
Mandarina	57.69



Continuación Tabla 5 Resultados grupales de identificación de olores

Olor	Porcentaje de identificación
Hierbabuena	53.84
Jazmín	26.92
Herbal romero	3.84

Los aromas que presentaron un porcentaje de identificación menor al 10% fueron: herbal romero, lichi, arándano, manzana, leche y madera, mientras que los que presentaron un porcentaje de identificación mayor al 80% fueron: orégano y chocolate amargo.

Capacidad para definir atributos

Para evaluar la capacidad para definir atributos, se hicieron a los jueces un total de 20 preguntas, 7 de ellas indicaban la descripción de productos, 2 indicaban la descripción de olores, 5 indicaban la descripción de sabores y el resto la descripción de textura y/o diferenciación de gustos.

Los 34 candidatos generaron un total de 7064 palabras, a continuación, se presentan los resultados de los 34 candidatos.

Tabla 6 Cantidad de palabras generadas por juez.

Jueces	Total de palabras
5	150
6	57
7	180
8	175
12	73
13	124
16	377
18	138
19	84
20	118
21	109
24	105
27	163



Continuación Tabla 6 Cantidad de palabras generadas por juez.

Jueces	Total de palabras
49	119
30	283
34	211
35	163
37	116
38	197
40	154
41	89
43	382
44	140
45	62
50	148
52	191
54	74
56	214
57	185
58	182
1	201
2	156
3	283
4	117
9	110
10	179
11	110
14	140
15	92
17	175
22	280
23	170
26	288
Total	7064
Promedio	164.2790698

A continuación, se presentan los resultados generados por pregunta



Tabla 7 Palabras generadas por pregunta

Pregunta	Palabras Generadas	Promedio
¿Qué productos tienen un olor herbal?	273	6.3
¿Qué productos tienen un olor cocido?	198	4.6
¿Qué productos tienen un sabor amargo?	192	4.
¿Qué productos tienen un olor de limpio y fresco?	258	6.0
¿Cómo describiría la diferencia entre crudo y cocido?	929	21.6
¿Cuáles son los olores característicos de un invernadero o herbario?	266	6.2
¿Cómo describirías el olor a nixtamal?	232	5.4
¿Cómo describirías el sabor a maíz?	225	5.2
¿Qué productos tienen un color verde olivo?	222	5.2
¿Qué productos tienen color verde botella?	226	5.2
¿Qué productos tienen una textura crujiente?	270	6.3
Describe las propiedades de textura de una hoja de lechuga fresca	268	6.2
Describe las propiedades de textura de unas hojas de verdolagas cocidas al vapor	175	4.1
Describe las propiedades de textura de unas hojas de orégano o laurel secas.	203	4.7
¿Cómo describirías la diferencia entre sabor y aroma?	1082	25.2
¿Cómo describirías la diferencia entre sabor y textura?	977	22.7
¿Cómo describirías el sabor de una planta comestible?	243	5.6



Continuación Tabla 7 Palabras generadas por pregunta

Pregunta	Palabras Generadas	Promedio
¿Cómo definirías el sabor a cocido?	310	7.2
¿Cómo definirías el sabor ácido?	306	7.1
¿Cómo definirías el sabor ácido láctico?	209	4.9

Los jueces que generaron un cantidad igual o mayor al promedio de palabras generadas por pregunta se considera que tienen capacidad para definir los atributos.

Jueces Seleccionados

Se analizaron los resultados de los 34 candidatos y se seleccionaron 13 Jueces las cuales presentaron:

-Umbrales de los gustos dulce, ácido y amargo iguales al grupal (6.14g/L ,0.26 g/L, 0.357g/L respectivamente) y un umbral menor al grupal para el gusto salado (0.458 g/L).

-Porcentaje de identificación de olores mayor al 43%, a continuación, se presentan los resultados individuales.

Tabla 8 Porcentaje de identificación de olores de los jueces seleccionados

NO. JUEZ	% de Identificación
5	50.855
6	49.145
7	43.59
8	51.28
12	55.125
13	62.395
16	45.895
18	47.01
19	45.295
20	58.55
21	52.99
24	43.59
27	62.395



-Porcentaje de aciertos en las pruebas triangulares del 92.3% para las muestras de refresco de cola, jugo de naranja y salchicha Viena y del 53.8% para las muestras de pan de caja.

-Buena capacidad para definir atributos

En la Tabla 9, se presenta la lista de las personas seleccionadas para ser entrenadas en la evaluación de mezcal

Tabla 9 Jueces Seleccionados

Número	Nombre
1	Gaenza Ruiz Samantha Stephanie
2	García Cerón Wendolyne
3	García Moreno Diana Yunuen
4	García Reyes Mariana Michell
5	Ortiz Frayre Andrea
6	Oseguera Sánchez Víctor Javier
7	Rodríguez Méndez Daniela
8	Roldan Miranda Edgar Jesús
9	Rubi Delgado Edith Guadalupe
10	Sánchez Ramírez Yasmin
11	Téllez Cruz Lizbeth
12	Viveros Gutiérrez Andrea Abigail
13	Aguilera Ocaña Vivian

❖ GENERACIÓN DE ATRIBUTOS

Como primera etapa del entrenamiento se realizó la generación de descriptores de los tres mezcales que presentaron una mayor diversidad sensorial según los resultados de Rodríguez (2022) es decir presentaron la mayor cantidad de atributos de olor y sabor. Esta etapa tuvo como objetivo corroborar los atributos generados con anterioridad e identificar nuevos atributos en caso de ser necesario.



A continuación, se presentan los resultados generados para los mezcales 2.2, 5.1 y 6.2.

Tabla 10 Atributos generados en la sesión 1 para el Mezcal 2.2 (Tobasiche silvestre 8 a 10 años)

A. Apariencia	A. Olor	A. Sabor	A. Resabio	A. Textura
amarillento	agave	ácido	adormecimiento	Viscoso
Brillante	fermentado	dulce	amargo	Aceitoso
Lagrimeo	ácido	fermentado	astringente	Quemante
transparente	alcohol	madera	acidez	Líquida
Claro	frutal	ahumado	acetosidad en labios	Astringente
ligeramente dorado	destilado de agave	alcohol	metálico	rasposo en la boca
Incoloro	notas florales	frutal	quemante	Ligera
líquido	humo	notas frescas		Adormecimiento
transparente	mezcal	mezcal		Amargo
Aceitoso	madera	destilado de agave		poco aceitoso
color hueso	tequila	maguey		muy aceitoso
blanquecino	amargo	gusano maguey		poco viscoso
transparente con tonos naranjas	dulce	tequila		poco quemante
película delgada	fruto seco	agrio		
lagrimeo rápido	maguey	agave		
Translúcido	cítrico			
poco aceitoso				
poco lagrimeo				
formación de película				
lagrimeo alto				



Tabla 11 Atributos generados en la sesión 1 para el mezcal 5.1
(Maguey Arroqueño cultivado 10 a 12 años)

A. Apariencia	A. Olor	A. Sabor	A. Resabio	A. Textura
turbio	ácido	ácido	astringente	Quemante
amarillo tenue	agave	alcohol	quemante	poco viscoso
transparente	ahumado	amargo	Ácido	poco aceitoso
leve tono dorado	alcohol	agave	amargo	Líquido
líquido	destilado de agave	agrio	aceitoso	muy aceitoso
blanquecino	dulce	destilado de agave	adormecimiento	Astringente
incolore	agrio	madera	Calor	muy quemante
tonalidad hueso	madera	ahumado	hormigueo	Adormecimiento
nulo lagrimeo	caña	mezcal	madera	
Lagrimeo	fermentado	dulce		
lagrimeo lento	Tequila	tequila		
poca película	mantequilla	grano tostado		
poco aceitoso	amargo			
formación de película	Granos			
lagrimeo rápido	sidra			
Incolore				
poco lagrimeo				
Aceitoso				
Cristalino				



Tabla 12 Atributos generados en la sesión 2 para el mezcal 6.2 (Maguey Tepextate silvestre de puntas)

A. Apariencia	A. Olor	A. Sabor	A. Resabio	A. Textura
color amarillo	agave	dulce	hormigueo	poco aceitoso
lagrimeo poco	ácido	ácido	astringente	poco viscoso
translúcido	fermentado	picoso	picoso	quemante en cachetes
transparente	alcohol	madera	Agrio	Adormecimiento
Incoloro	destilado de agave	café	adormecimiento	Astringente
ligeramente dorada	humo	amargo	quemante	Picor
Turbio	dulce	tequila	amargo	Líquido
lagrimeo lento	madera	alcohol	sensación de gas	Viscoso
mucho lagrimeo	amargo	ahumado	ahumado	aceitoso
formación de película	Tequila	agrio	aceitoso	muy aceitoso
ligeramente aceitoso	maguey	agave	Ácido	Quemante
formación de micelas en copa	frutal	maguey	metálico	muy quemante
poco aceitoso	acetona	rompope	quemado	
Aceitoso	lácteo queso		Café	
película en superficie	nota verde		agave	
lagrimeo rápido	agrio			
Líquido				

❖ SELECCIÓN DE ATRIBUTOS

Se revisaron los atributos y se eliminaron aquellos que fueran sinónimos y/o ambiguos, mediante una sesión grupal con los jueces se seleccionaron los atributos que mejor describen al mezcal, considerando como criterios los de mayor frecuencia de mención, los que fueron comunes a todas las muestras y aquellos que solo se presentaban en algunas de las muestras; los resultados se compararon con los obtenidos por el panel anterior y se observó que ambos paneles generaron atributos similares sin embargo el panel anterior generó una mayor cantidad de atributos debido a que este panel ya había sido entrenado por más de 2 años, por lo que con base en estos resultados



y los previamente obtenidos se seleccionaron los atributos para evaluar el perfil de mezcal.

A continuación, se presenta el comparativo de los atributos generados por Rodríguez (2022) y los atributos generados en este panel, a modo de ejemplo en la tabla 13.0 se observan en color rojo los atributos seleccionados.

Tabla 13 Comparativo de atributos generados para el Mezcal 2.2 (Tobasiche silvestre 8 a 10 años)

Mezcal 2.2									
Panel Anterior					Panel Actual				
apar encia	olor	sabor	resabi o	textura	aparie ncia	Olor	sabor	resabi o	Textura
transl ucido	herbal	madera	Astrin gente	quemant e	color amarill o	Agave	dulce	hormi gueo	poco aceitoso
incol oro	terros o	ahuma do	amarg o	astringe nte	lagrim eo poco	Acido	acido	astrin gente	poco viscoso
transp arente	mader a	dulce	quema nte	aceitoso	traslú cido	Ferment ado	picoso	picoso	quemante en cachetes
amaril lo	ahum ado	amargo	adorm ecimie nto	adormec imiento	transp arente	Alcohol	mader a	Agrio	adormecim iento
amaril o- verdo so	alcohol	tabaco	picant e	picante	incol oro	destilado de agave	café	Adorm ecimie nto	astringente
halo platea do	tabaco	alcohol	dulce	viscoso	ligera mente dorada	Humo	amarg o	Quem ante	picor
brillan te	resina	resina	metáli co	amargo	turbio	Dulce	tequila	amarg o	liquido
turbio	dulce	picante	resina	palatabili dad	lagrim eo lento	Madera	alcohol	sensac ión de gas	viscoso
película densa	naranj a	ácido	aceite	pungent e	mucho lagrim eo	Amargo	ahuma do	Ahum ado	aceitoso
película ligera	acetona	agrio	mader a	caliente	formac ión de película	Tequila	agrio	Aceito so	muy aceitoso
poco lagrim eo	humo	quema nte	ardient e	ligero	ligera mente aceitos o	Maguey	agave	Acido	quemante
lagrim eo nulo	magu ey	ocote	Refres cante		formac ión de micela s en copa	Frutal	mague y	Metálic o	muy quemante
lagrim eo lento	agave	metálic o	acetona		poco aceitos o	Acetona	rompo pe	Quem ado	



Continuación Tabla 13 Comparativo de atributos generados para el Mezcal 2.2 (Tobasiche silvestre 8 a 10 años)

Mezcal 2.2									
Panel Anterior					Panel Actual				
apar encia	olor	sabor	resabi o	textura	apar encia	Olor	sabo r	resabi o	textur a
lagrim eo rápido	picant e	terroso			aceitos o	lácte o ques o		Café	
aceito so	fresco	mague y			pelícu la en superfi cie	nota verde		agave	
poco aceito so	oréga no	agave			lagrim eo rápido	Agrio			
	frutal	agave fermen tado			liquido				
	floral	frutal							
	clavo	etanol							
	verde	humo							
	ocote	herbal							
	caña ferme ntada	canela							
	salmu era	manza nilla							
	naranj a	guayab a							
	agrio	manza na							
	pimien ta	durazn o							
	Hierba buena								
	guaya ba								
	guard ado								
	llanta quem ada								
	duraz no								
	Miel								
	Uva								



Tabla 14 Comparativo de atributos generados para el mezcal 5.1 (Maguey Arroqueño cultivado 10 a 12 años)

Mezcal 5.1									
Panel Anterior					Panel Actual				
apar encia	olor	sabor	resabio	textura	apar encia	olor	sabo r	resabio	Textur a
transl ucido	herba l	menta a	Astringe nte	quemante	amaril lento	agave	acido	adorme cimient o	Viscoso
incol oro	madera	metáli co	amargo	astrin gente	brillan te	ferme ntado	dulce	amargo	Aceitoso
transp arente	Ahumado	terroso	quemante	aceitoso	lagrim eo	acido	ferme ntado	Astringe nte	Queman te
amaril lo	alcohol	magu ey	Adorme cimient o	adorme cimient o	transp arente	alcohol	madera	acidez	Liquida
platea do- amaril lo	tabaco	quemado	Picante	viscoso	claro	frutal	ahumado	acetosid ad en labios	Astringe nte
verde	resina	humedad	Dulce	amargo	ligera mente dorad o	destilado de agave	alcohol	metálic o	rasposo en la boca
ligera mente verde oliva	Ferm entado	pasas	metálico	ligera	incol oro	notas floral es	frutal	quemante	Ligera
rosáce o	dulce	herba l	Agave	palatabi lidad	liquido	humo	notas frescas		Adorme cimient o
brillan te	lácteo	manzana		picante	transp arente	mezc al	mezc al		Amargo
cristali no	Metáli co	plásti co		no aceitoso	aceito so	madera	destilado de agave		poco aceitoso
turbio	agave ferme ntado	mango			color hueso	tequil a	magu ey		muy aceitoso
pelícu la densa	humo	Sábila			blanq uecino	amar go	gusan o magu ey		poco viscoso
pelícu la ligera	magu ey	Gasoli na			transp arente con tonos naranjas	dulce	tequil a		poco quemante
pelícu la delgada	agave	Caña			pelícu la delgada	fruto seco	agrio		
lagrim eo nulo	picante	te limón			lagrim eo rápido	magu ey	agave		
lagrim eo lento	frutal	Chab acanos			transl ucido	cítrico			



Continuación tabla 14 comparativo de atributos generados para el mezcál 5.1 (Maguey Arroqueño cultivado 10 a 12 años)

Mezcál 5.1									
Panel Anterior					Panel Actual				
aparición	olor	sabor	resabio	textura	aparición	olor	sabor	resabio	Textura
lagrimeo rápido	verde	Lavanda			poco aceitoso				
aceitoso	caña fermentada	Floral			poco lagrimeo				
homogéneo	salmuera	Tabaco			formación de película				
	guayaba	fermentado			lagrimeo alto				
	miel	Frutal							
	tejocote	Durazno							
	roble	Pimiento							
	plástico	Alcohol							
	pimiento	Resina							
	manzana	Picante							
	Mantequilla	Agave							
	queso	Madera							
	piña de agave	Ahumado							
	fruta fermentada	Amargo							
	piedra mojada	Humo							
	húmeda	Dulce							



Tabla 15 Comparativo de atributos generados para el mezcal 6.2 (Maguay Tepextate silvestre de puntas)

Mezcal 6.2									
Panel Anterior					Panel Actual				
apar encia	olor	sabo r	resabio	textura	apar encia	olor	sabo r	resabio	Textura
película densa	madera	dulce	amargo	quemante	turbio	ácido	ácido	Astringente	Quemante
lagrimo rápido	humo	madera	quemante	astringente	amarillo tenué	agave	alcohol	quemante	poco viscoso
aceitoso	dulce	humo	Astringente	aceitoso	transparente	ahumado	amargo	ácido	poco aceitoso
turbio	alcohol	amargo	adormecimiento	viscoso	leve tono dorado	alcohol	agave	amargo	Líquido
translúcido	resina	ahumado	metálico	adormecimiento	líquido	destilado de agave	agrio	aceitoso	muy aceitoso
amarillo	agave	alcohol	picante	palatabilidad	blanquecino	dulce	destilado de agave	adormecimiento	Astringente
película ligera	fermentado	resina	dulce	ligera	incoloro	agrio	madera	calor	muy quemante
lagrimo lento	tabaco	agave	humo	volátil	tonalidad hueso	madera	ahumado	hormiguero	Adormecimiento
brillante	frutal	tabaco	alcohol	amargo	nulo lagrimo	caña	mezcal	madera	
incoloro	Ahumado	menta	pungente	fresco	lagrimo	fermentado	dulce		
transparente	maguay cocido	limón		líquido	lagrimo lento	tequila	tequila		
opaco	plátano	vainilla		sedoso	poca película	mantequilla	grano tostado		
película delgada	metálico	mineral			poco aceitoso	amargo			
ligera mente amarillo	agave fermentado	ciruela			formación de película	granos			
amarillo- verde	maguay	quemante			lagrimo rápido	sidra			



Continuación Tabla 15 Comparativo de atributos generados para el mezcal 6.2 (Maguey Tepextate silvestre de puntas)

Mezcal 6.2									
Panel Anterior					Panel Actual				
Apariencia	olor	sabor	resabio	textura	apariciencia	olor	sabor	resabio	Textura
ligeramente verde oliva	picante	ocote			incolore				
gris	floral	miel			poco lagrimoso				
blanco	ocote	metálico			aceitoso				
poco turbio	pimienta	maguey			crystalino				
	hierbabuena	seco							
	durazno	humedad							
	miel	romero							
	roble	agave fermentado							
	canela	frutal							
	pimiento	roble							
	queso	manzana							
	piña de agave	pimienta							
	etanol	Epazote							
	copal	Pimiento							
	ciruela	Lavanda							
	cáscara naranja	Cenizas							
	tabasco cocido	Salado							
	pino	elote tierno							
	azar								

Una vez seleccionados los atributos, se utilizaron estándares para determinar la presencia o ausencia de los atributos.

A continuación, se presentan los atributos seleccionados.



Tabla 16 Atributos Seleccionados para el perfil sensorial de Mezcal

APARIENCIA	OLOR	FLAVOUR	RESABIO	TEXTURA
aceitoso	Ácido	ácido	metálico	Palatabilidad
halo plateado	Agave	agave	amargo	Permanencia
intensidad de color	agave fermentado	agave fermentado		Adormecimiento
lagrimeo	ahumado	humo		Ardiente
brillo	Chile	alcohol		Astringente
película	Clavo	anís		Fresco
limpio	Dulce	azahar		Picante
tamaño perlado	fermentado	dulce		Retronasabilidad
duración del perlado	Azahar	frutal		Caliente
homogeneidad del perlado	Fresco	cuitlacoche/terroso		Quemante
	Frutal	madera		
	Herbal	maguey cocido		
	Humo	menta		
	Madera	metálico		
	maguey cocido	pasto		
	metálico	pimienta		
	Orégano	pimiento		
	pimiento	resina		
	Resina	romero		
	salmuera	salado		
	Terroso	seco		
	Anís	maple		
	aceituna	miel		



Continuación Tabla 16 Atributos Seleccionados para el perfil sensorial de Mezcal

APARIENCIA	OLOR	FLAVOUR	RESABIO	TEXTURA
	Barro	naranja		
	Tabaco	nuez		
	Umami	epazote		
	Ajo	esquites		
	Hongos	jengibre		
	Jengibre	umami		
	Romero			

Se seleccionaron 10 atributos de apariencia, 10 atributos de textura, 2 atributos de resabio, 30 atributos de olor de los cuales 5 atributos se incluyeron debido a que son característicos de algunas muestras estos son: hongos, jengibre, romero, aceituna y ajo; y se seleccionaron 29 atributos de sabor de los cuales 7 atributos se incluyeron debido a que son característicos de algunas muestras estos son: naranja, nuez, maple, epazote, esquites, miel y jengibre.

❖ ENTRENAMIENTO DE JUECES

Después de 12 semanas de evaluaciones se evaluaron los resultados de 10 mezcales con 2 réplicas para hacer el análisis del desempeño del panel.

Al evaluar la puntuación que otorgó cada juez a cada parámetro, se obtuvieron los diagramas de caja para cada atributo. En las figuras 41 y 42 podemos observar la media de evaluación de cada juez para los atributos de sensación quemante y de sabor cuitlacoche.

En la figura 42 se puede observar que la media de evaluación de los jueces es muy pequeña lo que nos indica que los jueces han sido



consistentes a lo largo de las evaluaciones al momento de detectar este sabor, los jueces con una media mayor son: 20,21 y 27.

En la figura 41 se puede observar que la media de evaluación de cada juez para la sensación picante cubre un rango amplio; lo que nos indica que es un atributo que presenta una gran variabilidad en la evaluación de las muestras por lo que se ha presentado una gran dificultad al evaluar este atributo; los jueces con una media mayor son: 18, 19 y 24. También en adormecimiento la dispersión en la evaluación de este atributo es amplia en los jueces 8,16,20 y 21 (Figura 53), para el atributo de homogeneidad de perlado se observa dispersión en los jueces 6,13,27 y 29 (Figura 43), en el atributo de duración de perlado los jueces 5,6,27 y 29 presentan la mayor dispersión (Figura 45), para el atributo de permanencia se observa dispersión en los jueces 16,19,21 y 24 (Figura 51).

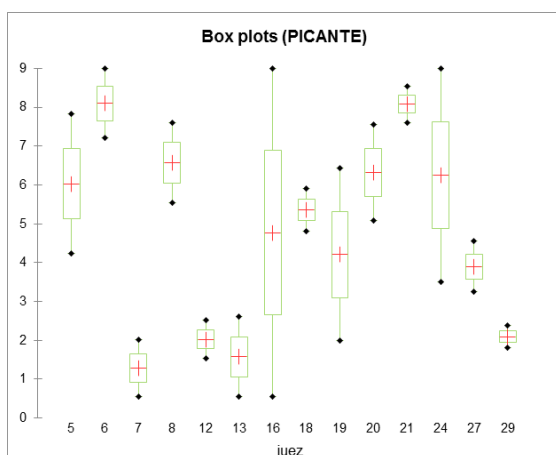


Figura 41 Estabilidad de evaluación de la sensación picante

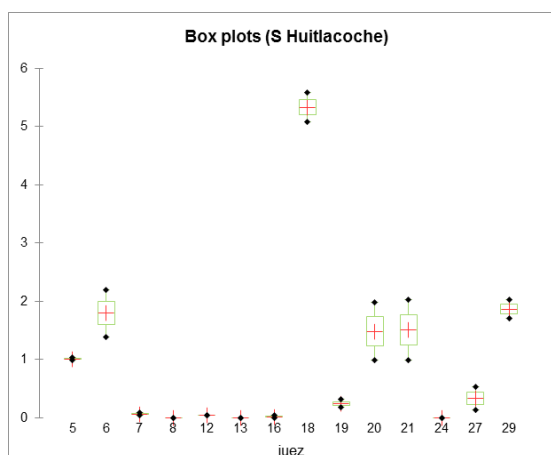


Figura 42 Estabilidad de evaluación del sabor a cuitlacoche



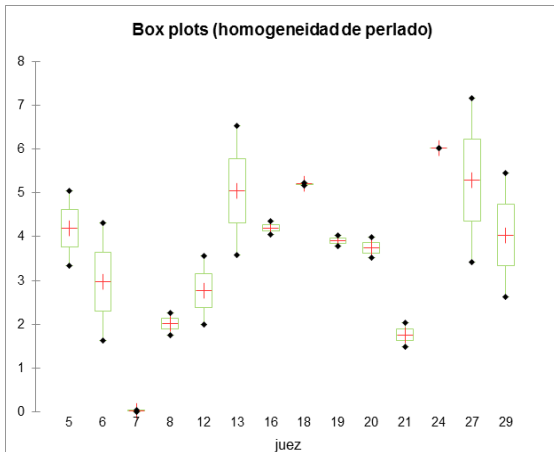


Figura 43 Estabilidad de evaluación de homogeneidad de perlado

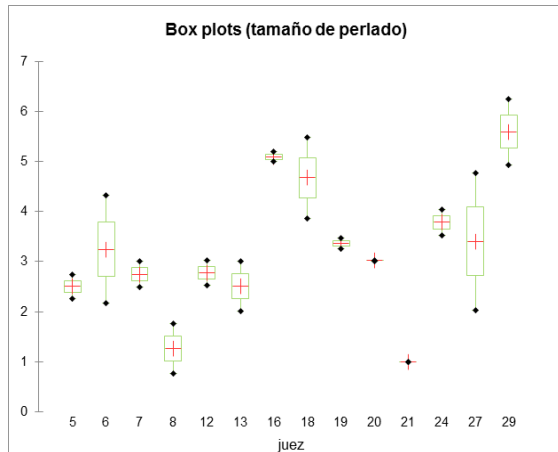


Figura 44 Estabilidad de la evaluación del tamaño de perlado

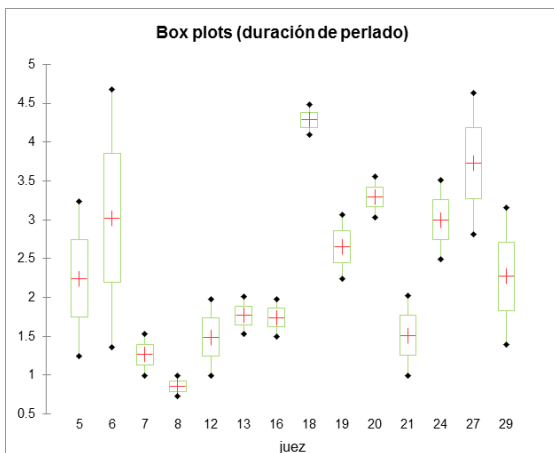


Figura 45 Estabilidad de evolución de la duración de perlado

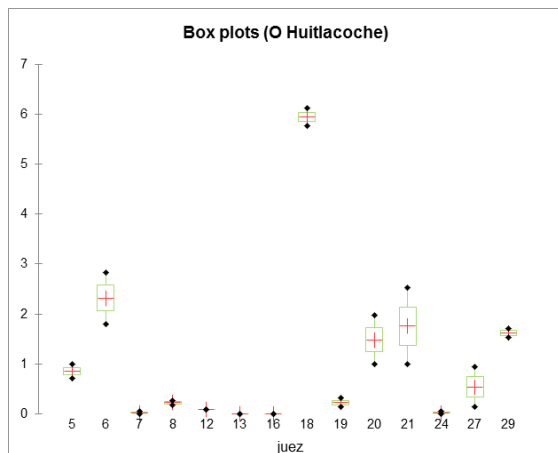


Figura 46 Estabilidad de la evaluación de olor huitlacoche

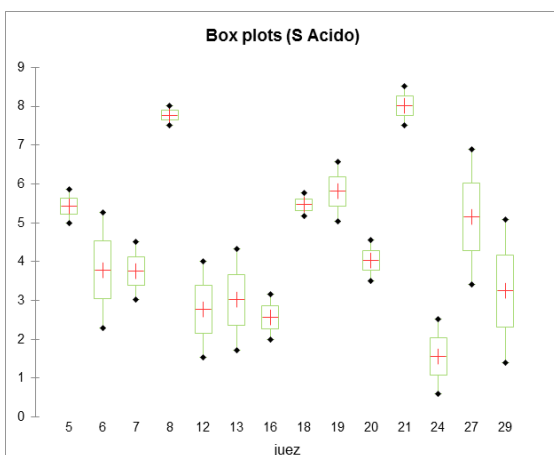


Figura 47 Estabilidad de evaluación del sabor ácido

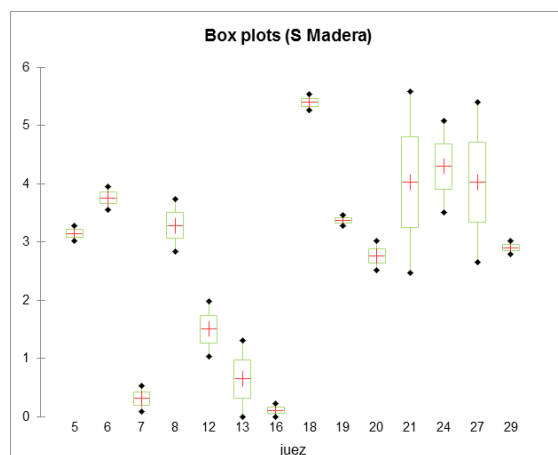


Figura 48 Evaluación de estabilidad del sabor madera



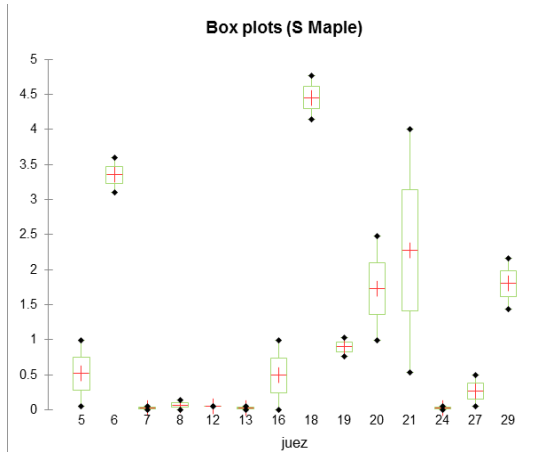


Figura 49 Estabilidad de evaluación del sabor maple

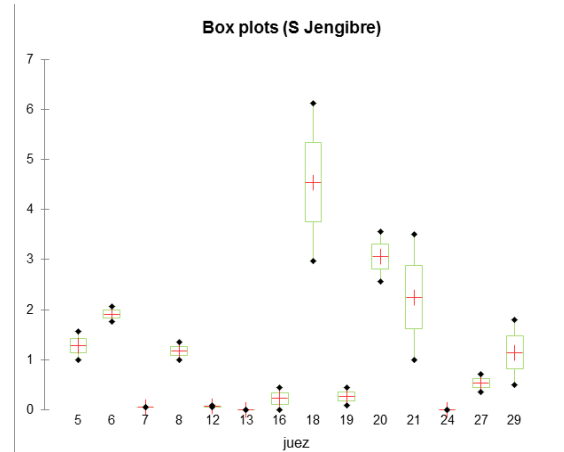


Figura 50 Estabilidad de evaluación del sabor jengibre

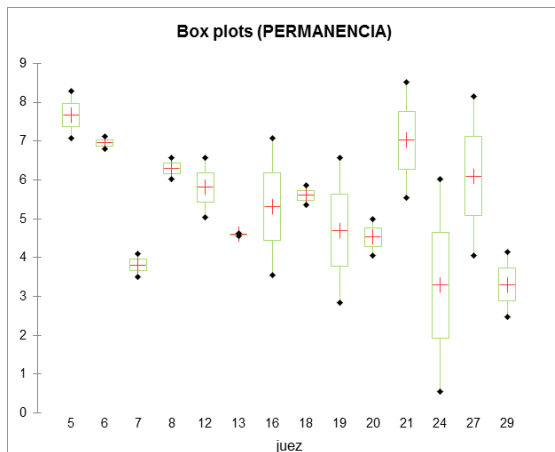


Figura 51 Estabilidad de evaluación de sensación de permanencia

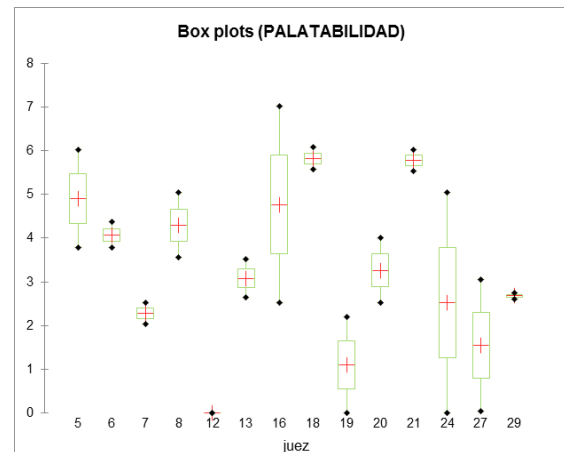


Figura 52 Estabilidad de evaluación de sensación de palatabilidad

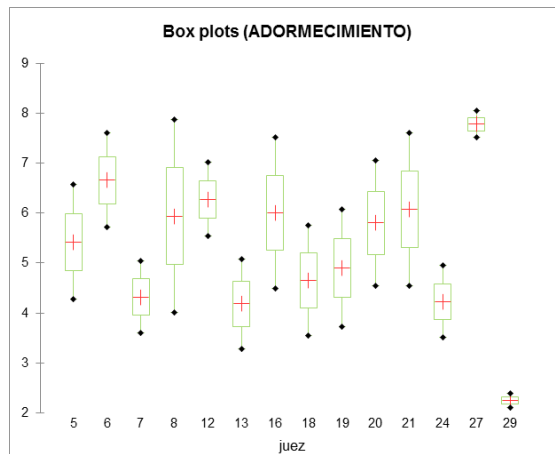


Figura 53 Estabilidad de evaluación de sensación adormecimiento

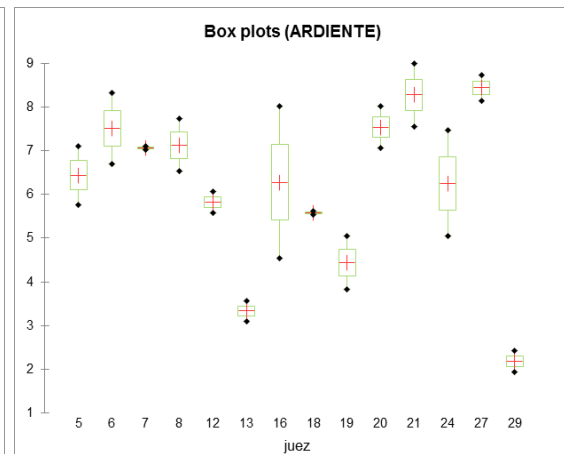


Figura 54 Estabilidad de evaluación de sensación de ardiente



Para evaluar la varianza en los resultados dada por los jueces, para los atributos en los que el efecto del producto fue significativo, se elaboraron gráficas de componentes principales para los diferentes atributos (Figura 55) , en las que se puede observar que los atributos tamaño de perlado, homogeneidad de perlado, duración de perlado, sabor ácido, sabor madera, permanencia, adormecimiento, ardiente y picante presentan la mayor correlación entre sus resultados, esto quiere decir que los jueces tuvieron un alto consenso, mientras que olor cuitlacoche, sabor huitlacoche, sabor maple, sabor jengibre y palatabilidad, fueron los que menor consenso mostraron ya que la evaluación de los jueces aparece correlacionada tanto con el componente 1 y el componente 2 y no en un solo cuadrante como se esperaría.

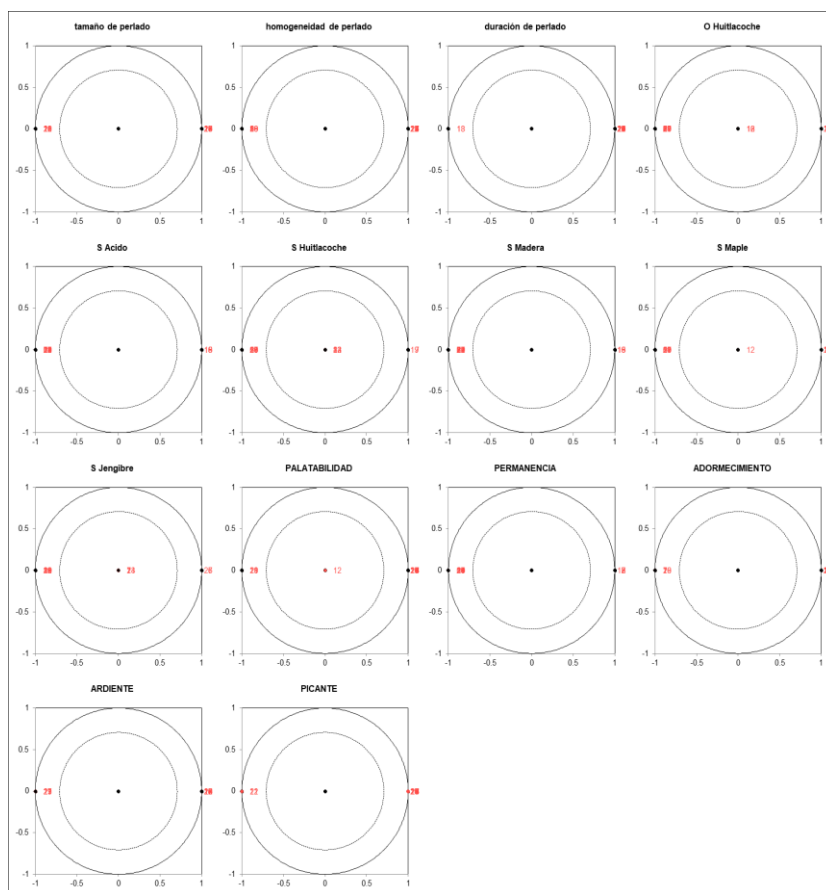


Figura 55 Gráficos de ACP de los atributos que muestran diferencia significativa entre los productos



En la Figura 56, en el análisis de clúster se puede observar que el panel se encuentra dividido en 2 grupos siendo el grupo de los jueces 18,21,5,8,20 y 6 el que se debe trabajar de una manera más personalizada y así lograr ajustar al panel completo en todos los atributos presenten en las diferentes muestras de mezcal tradicional.

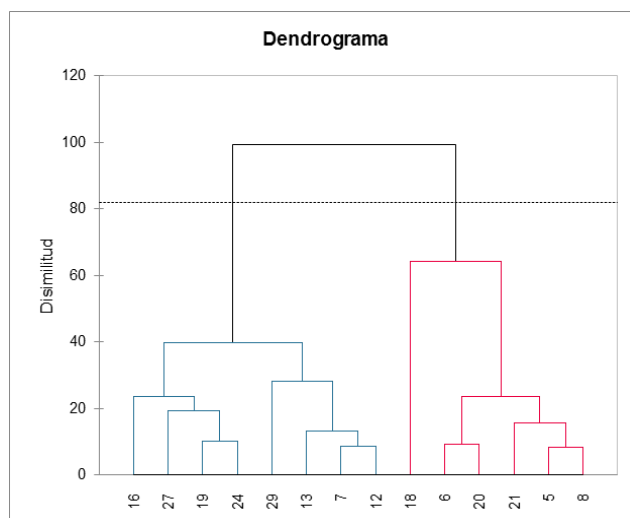


Figura 56 Diagrama de resultados del perfil

Con base en estos resultados, se inició una etapa de entrenamiento personalizado ajustando en cada juez los atributos en los que todavía presentaban diferencia con respecto al grupo, para ello se tuvieron que emplear más estándares tales como: olor a romero, orégano, clavo, dulce, sabor a pimienta, pimienta, maple y anís; posteriormente se volvió a realizar el análisis para evaluar el consenso y la forma en que cada juez evaluó considerando las muestras, las réplicas y los jueces.

Posterior al entrenamiento individual se observó que en las muestras de mezcal ya había un grupo de atributos anclados (Olor a azahar, olor a madera, olor a tabaco, intensidad de color, lagrimeo, limpieza, tamaño del perlado, homogeneidad del perlado, sabor



ahumado, sabor a azahar, sabor a naranja y sensación caliente) es decir que ya no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los jueces; esto se corroboró elaborando ANOVAS a dos vías en el software XLSTAT.

A continuación, se muestra a modo de ejemplo la ANOVA a dos vías del atributo lagrimeo donde ya no se observa diferencia entre los jueces.

Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (lagrimeo):					
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
JUEZ	10	33.133	3.313	0.632	0.778
MUESTRA	4	37.997	9.499	1.811	0.146

Figura 57 ANOVA a dos vías del atributo Lagrimeo

❖ COMPROBACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DEL PANEL

La Segunda verificación del entrenamiento de los jueces consistió en la determinación de los coeficientes de variación al final del entrenamiento para cada atributo mostrando de manera general una disminución en los mismos respecto a las primeras evaluaciones, sin embargo, métodos estadísticos más sensibles, como el análisis de varianza, son mejores indicadores para mostrar diferencias más significativas (Lawless et al., 2013);

Los resultados de seguimiento de los coeficientes de variación (CV) que se generaron al inicio y final del entrenamiento se muestran en las figuras 58 a 62; al inicio del entrenamiento los CV generados para cada atributo fueron elevados ya que la mayoría se encontraba por encima del 60% esto debido a la falta de entrenamiento, así como a la poca familiaridad con las muestras y los atributos presentes en



estas. Se sabe que el panel está entrenado hasta obtener un coeficiente de variación menor o igual al 35% (Carrasco,2010) sin embargo debido a la complejidad del mezcal se decidió establecerlo al 40% (Carmona,2013).

En la Figura 58 se puede observar que al inicio del entrenamiento el 50% de los atributos se encontraban con un CV por arriba del 100% indicando la falta de entrenamiento del panel; en la misma gráfica se observa que al finalizar el entrenamiento los coeficientes de variación para cada atributo de olor disminuyeron significativamente. Los atributos de: chile, clavo, dulce, azahar, frutal, orégano, pimiento, salmuera, aceituna, tabaco, umami y jengibre presentaron un CV superior al 40%, sin embargo, al término de entrenamiento ya no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre la evaluación de los jueces para todos los atributos de olor.

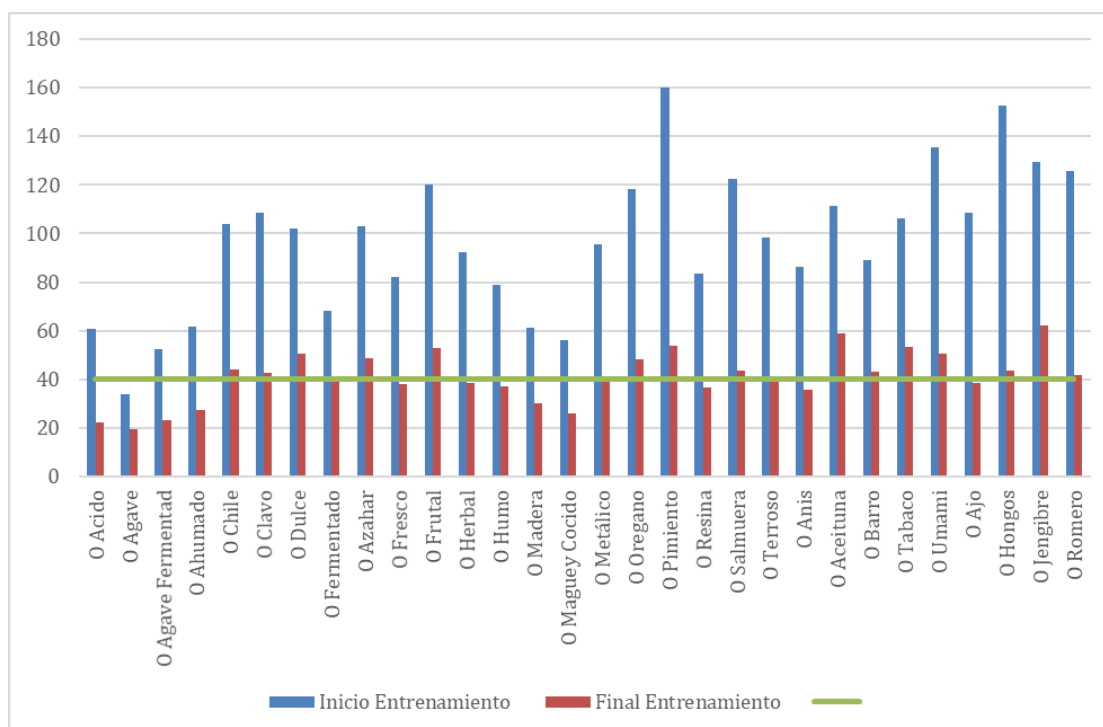


Figura 58 Coeficientes de variación de atributos de olor al inicio (color azul) y al final del entrenamiento (color rojo) El valor deseable es menor al 40% (línea verde).



En la figura 59 se puede observar que al inicio del entrenamiento los CV para los atributos de aspecto mostraban menor dispersión en la evaluación en comparación de los atributos de olor y sabor, por lo que el entrenamiento para estos atributos de aspecto fue de manera más rápida; en esta misma gráfica se puede observar que al finalizar el entrenamiento únicamente el 37.5% de los atributos se encontraron por encima del 40%.

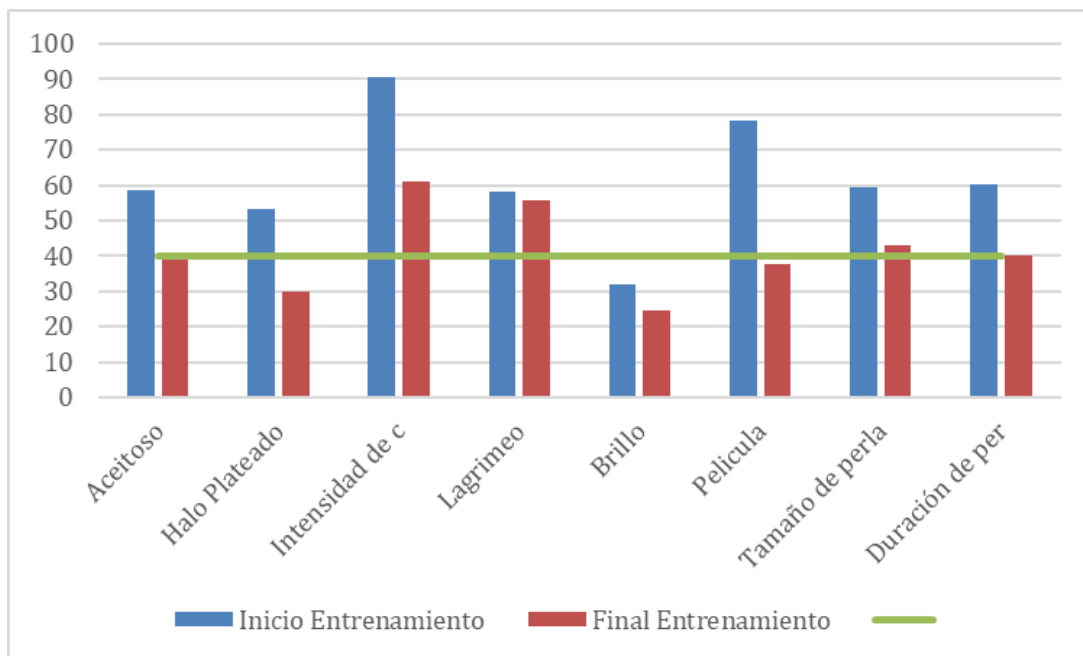


Figura 59 Coeficientes de variación de atributos de apariencia al inicio (color azul) y al final del entrenamiento (color rojo) El valor deseable es menor al 40% (línea verde).

En la figura 60 se muestran los resultados de los CV de los atributos correspondientes al sabor del mezcal en esta grafica podemos observar que al inicio del entrenamiento el 57.14% de los atributos presentaron coeficientes de variación por encima del 100% indicándonos la gran complejidad en la evaluación del sabor del mezcal; sin embargo, en esta misma gráfica se observa que al final del entrenamiento estos coeficientes presentaron una disminución significativa indicándonos el correcto entrenamiento del panel, ya que



no se encontró diferencia estadísticamente significativa en la evaluación de los jueces para todos los atributos de sabor.

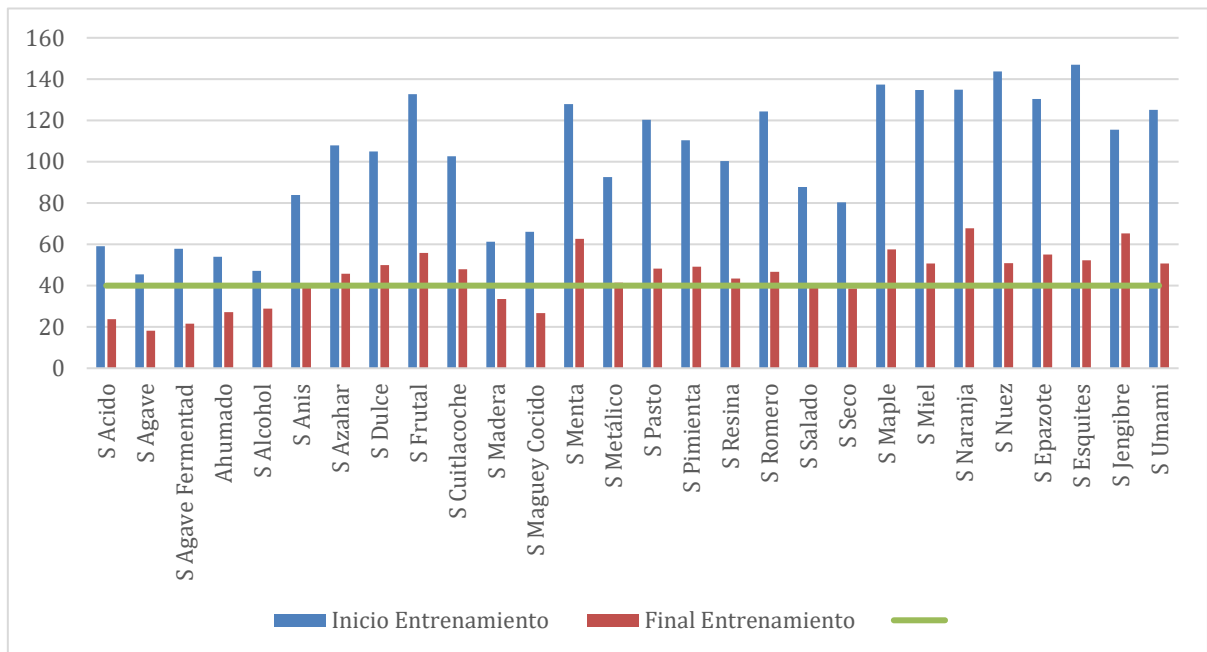


Figura 60 Coeficientes de variación de atributos de sabor al inicio (color azul) y al final del entrenamiento (color rojo) El valor deseable es menor al 40% (línea verde).

En la figura 61 se observa que al finalizar el entrenamiento únicamente los atributos de fresco y picante presentaron coeficientes de variación por encima del 40%.



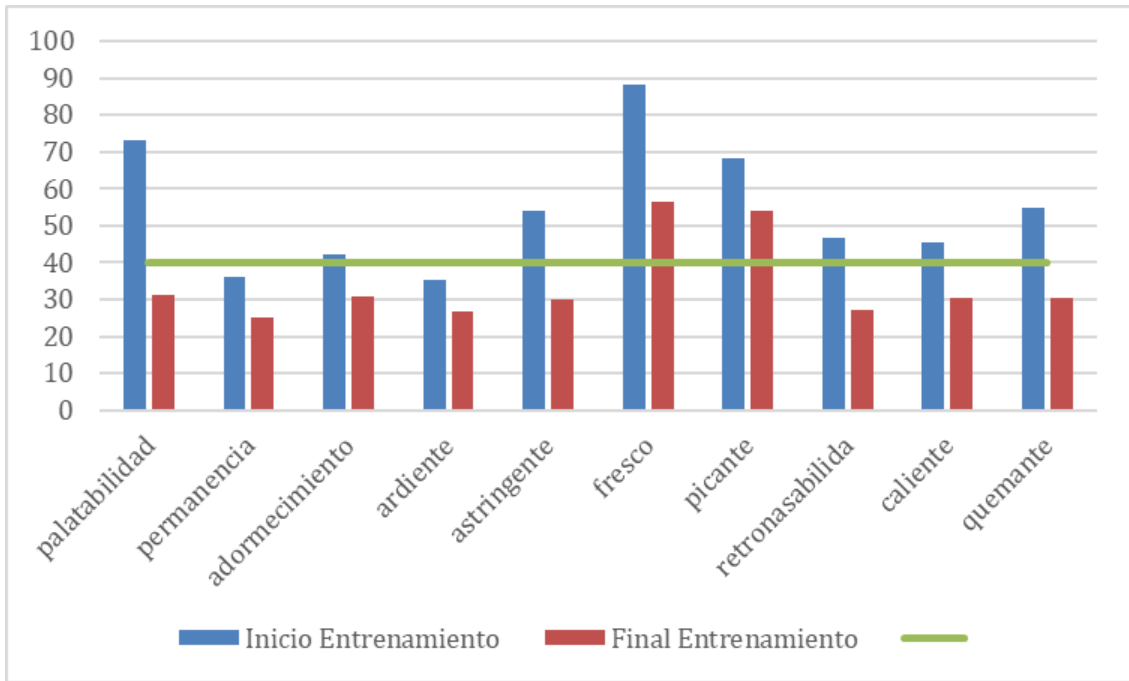


Figura 61 Coeficientes de variación de atributos de textura al inicio (color azul) y al final del entrenamiento (color rojo) El valor deseable es menor al 40% (línea verde).

En la figura 62 se observa la significativa disminución en los coeficientes de variación de los atributos de resabio metálico (90-42%) y resabio amargo (53-50%).

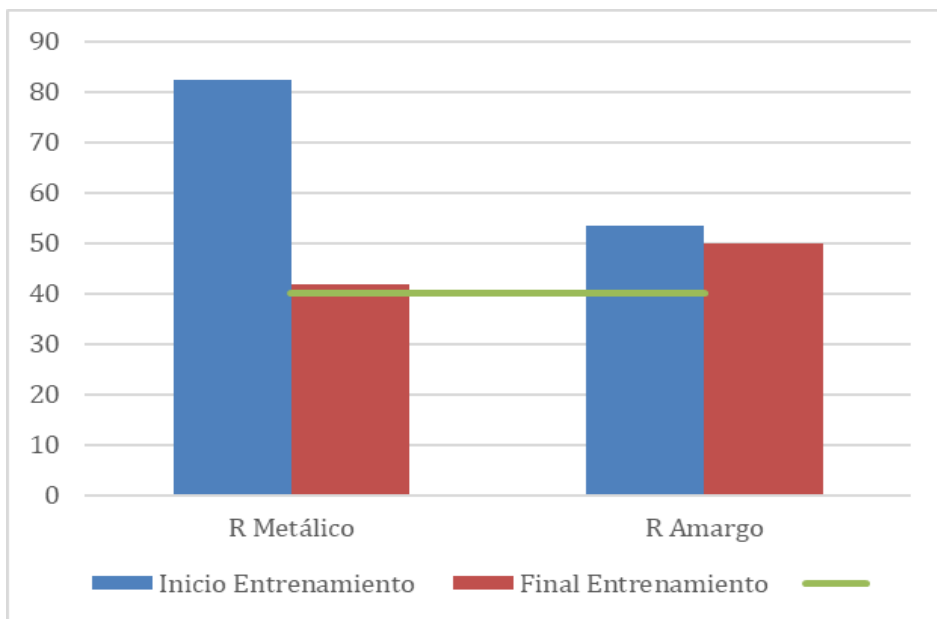


Figura 62 Coeficientes de variación de atributos de olor al inicio (color azul) y al final del entrenamiento (color rojo) El valor deseable es menor al 40% (línea verde).



Después de estos resultados se continuó de forma personalizada con el entrenamiento de los jueces hasta lograr que evaluarán de forma homogénea, no encontrando diferencia significativa en la evaluación de los jueces para cada atributo.

A continuación, se presentan a modo de ejemplo dos ANOVAS en donde se observa que no hay diferencia significativa entre jueces.

Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (lagrimeo):					
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	3.18 > F
JUEZ	13.000	112.846	8.680	1.837	0.062
MUESTRA	4.000	34.744	8.686	1.838	0.136

Figura 63 ANOVA a dos vías del atributo Lagrimeo

Análisis Suma de Cuadrados Tipo III (ARDIENTE):					
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	3.18 > F
JUEZ	13.000	110.027	8.464	1.791	0.070
MUESTRA	4.000	12.576	3.144	2.383	0.063

Figura 64 ANOVA a dos vías del atributo Ardiente

❖ PERFIL SENSORIAL DE MEZCALES

De igual manera, se realizaron los perfiles descriptivos de las diferentes muestras de mezcal, realizando análisis de varianza para verificar el entrenamiento del panel ($\alpha=0.05$). A continuación, se muestran los gráficos radiales para los atributos de olor, sabor, apariencia, textura y resabio de los 25 mezcales evaluados.

El aroma y sabor de las bebidas alcohólicas (cerveza, vino, tequila y mezcal), son el resultado de numerosos compuestos volátiles y no volátiles producidos en varias etapas del proceso de producción, cuya mezcla compleja define sus atributos organolépticos, sensoriales y la aceptación por el consumidor (López, 1999; Vallejo y González, 2000; Vallejo *et al.*, 2004; Cole y Noble, 2003). Aunque se sugiere que en su mayoría son producidos principalmente por la o las levaduras contenidas naturalmente o adicionadas en la fermentación del mosto



de agave (Díaz *et al.*, 2008) pueden también estar contenidos en la materia prima y variar entre especies, regiones geográficas y entre condiciones climáticas del cultivo; por otra parte, pueden generarse por las características del mosto y las condiciones del proceso, o durante la maduración del producto (Cole y Noble, 2003).

A continuación, se presentan los resultados del perfil sensorial correspondiente a los atributos de olor presentes en las diferentes muestras evaluadas.

En la figura 65 se puede observar diferencia significativa en todos los atributos evaluados para apariencia; se puede observar que en el atributo de **Intensidad de color** el mezcal que presentó una mayor coloración fue 4.2 y el que presentó una menor intensidad en este atributo fue el 9.3.

Con respecto al atributo de **Halo plateado** se observa que el mezcal 3.2 fue el que lo presentó en un menor tamaño mientras que el mezcal 4.2 fue en el que se observó con un mayor tamaño.

De igual manera se puede observar que en el atributo de **Brillo** la muestra que presentó una menor intensidad fue el 9.2 mientras que la muestra 2.1 fue la percibida como más brillante.

Se sabe que el perlado es un parámetro fundamental al evaluar la calidad del mezcal Pérez (2007) establece en su publicación llamada "Mezcales Tradicionales de los pueblos de México" que el tamaño y la duración de las burbujas o perlas formadas indican el grado alcohólico además de la procedencia del maguey empleado; por este motivo se evaluaron los atributos de **Tamaño de perlado** y **Duración del perlado**.



Con respecto a estos atributos se observa que la muestra 1.3 fue la que presento un tamaño de perlas más pequeño mientras que el mezcal 2.1 fue la muestra con un tamaño de perlas más grande; de igual manera se observa que la muestra 5.1 (con un volumen alcohólico de 61.6 %) fue la que presento una duración de perlado mayor y la muestra 4.2 (con un volumen alcohólico de 53.2 %) fue la muestra con una duración de perlado menor; esto concuerda con lo reportado por Rage en su trabajo "Perlas de Mezcal: Estudio del comportamiento de burbujas superficiales en mezclas agua-etanol" el cual consistió en colocar una muestra del fluido (mezcal) en el contenedor de pruebas y crear una perla inyectando aire para así poder medir su tiempo de vida y su diámetro modificando el contenido del alcohol del fluido (mezcal) analizado.

Rage (2018) observó que en volúmenes de etanol cercanos al 50% el tiempo de vida de la perla tiene un pico notable; es decir el tiempo de vida es mayor, esto a su vez coincide con lo reportado empíricamente con los maestros mezcalilleros sobre que si el grado alcohólico del mezcal se encuentra entre los 49-50 grados el mezcal tendrá un perlado más homogéneo y duradero.

En la misma grafica se puede observar que el mezcal 9.2 fue el mezcal menos **Aceitoso** mientras que el mezcal 4.2 fue el más aceitoso; de igual manera se observa que la muestra 4.2 (con un volumen alcohólico de 53.2 %) fue la muestra que presentó un **Lagrimeo** más lento, así como una formación de película mayor mientras que la muestra 2.2 (con un volumen alcohólico de 50.7 %) presento un lagrimeo más rápido. El fenómeno de la formación de lágrimas se puede explicar a través de varios principios de física de fluidos y teoremas matemáticos tales como la propiedad de capilaridad, efecto Marangoni-Gibbs, teoría de inestabilidad de Plateau-Rayleigh-Taylor y ondas de choque. En el artículo "A theory for undercompressive shocks in tears of wine" se establece que la evaporación de alcohol de la película



formada en la copa es la que propicia que las ondas de choque muevan ascendentemente el fluido del menisco a la cresta. La densidad del líquido detrás de las ondas es menor que la de la capa que la antecede, dejando que así inicie el punto para que se forman las lágrimas con esto se entiende que en general, entre mayor cantidad de alcohol se tenga, mayor cantidad de lágrimas se forman, así como la velocidad con la que las lágrimas regresan a la copa, habla sobre la viscosidad por lo que entre más lento bajen las lágrimas, más viscoso es el mezcal. Esto también se debe, entre otras cosas, a la cantidad de alcohol, el azúcar y el glicerol.

Otro factor importante en la formación de las lágrimas es la limpieza de la copa, de si quedaron o no restos de detergente, la calidad del cristal y la temperatura de la bebida (García, 2020), por lo que podemos tener mezcales con un bajo contenido alcohólico y una gran cantidad de lágrimas.

Para conocer que atributos se correlacionaron con las muestras se realizó un PCA el cual mostró lo siguiente:

La figura 66 muestra un porcentaje de explicación total del 54.01% para todos los atributos de apariencia, se observa que el componente 1 (F1) explica el 29.16% y el componente 2 (F2) explica el 24.85%.

En esta gráfica se observa que las muestras 1.2, 2.2, 2.3, 4.3 y 9.1 se relacionan positivamente con ambos componentes con respecto a los atributos de **Duración de perlado** y **Lagrimeo** mientras que las muestras 1.1, 2.1, 3.2, 4.1 y 4.2 se correlacionan positivamente con el F2 y negativamente al F1 caracterizados por los atributos de **Aceitoso, Intensidad de color, Brillo, Película Tamaño de perlado** y **Halo plateado**



Analizando los resultados obtenidos en el PCA y los gráficos radiales podemos decir que el perfil del mezcal 4.2 está principalmente correlacionado por los atributos de **Intensidad de color**, el de **Halo plateado y Aceitoso** y el perfil del mezcal 2.1 por el atributo de **Brillo**.



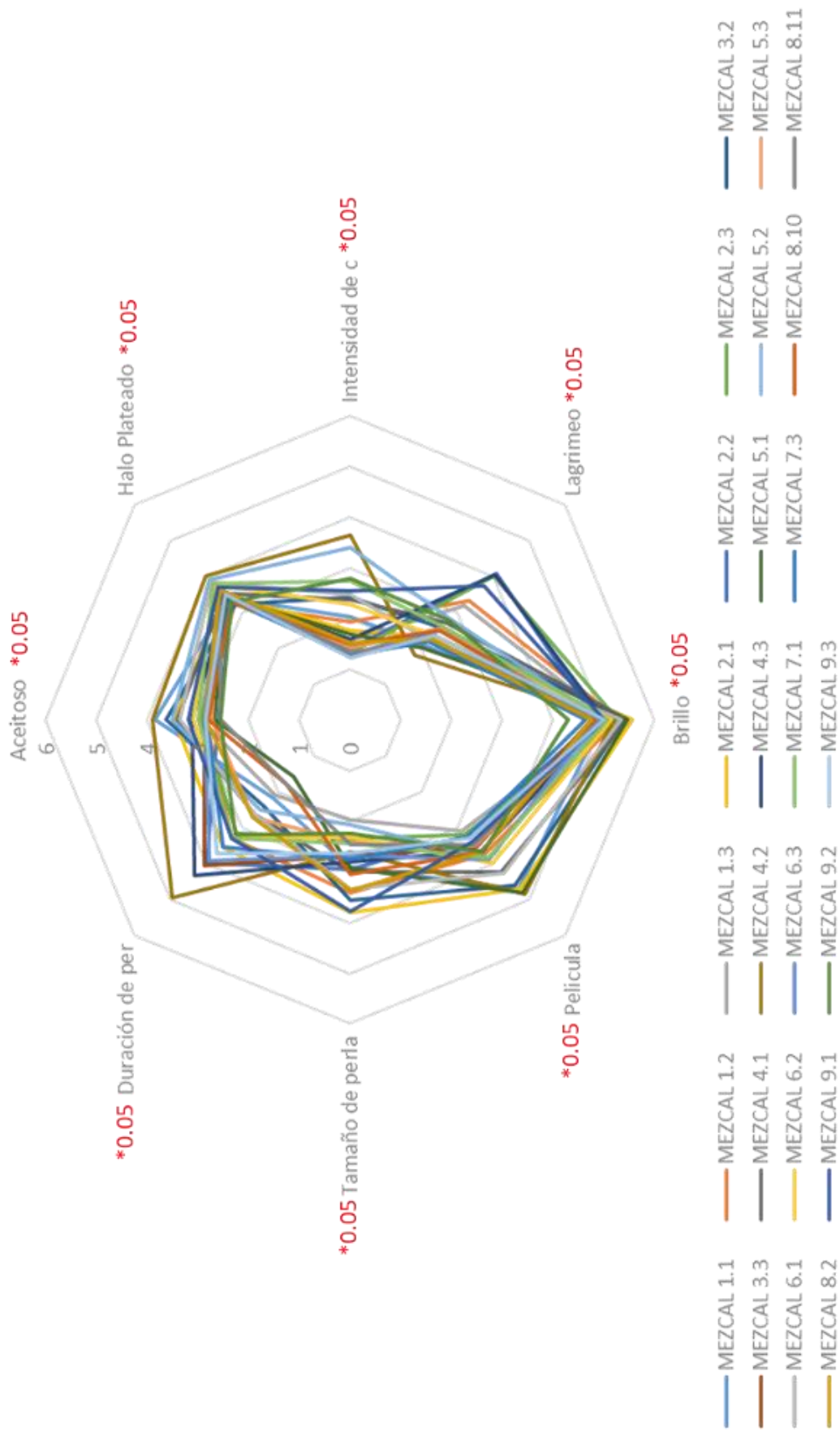


Figura 65 Gráfico radial para los atributos de apariencia de las 25 muestras evaluadas. de NS: diferencia entre jueces no significativa al 5%.



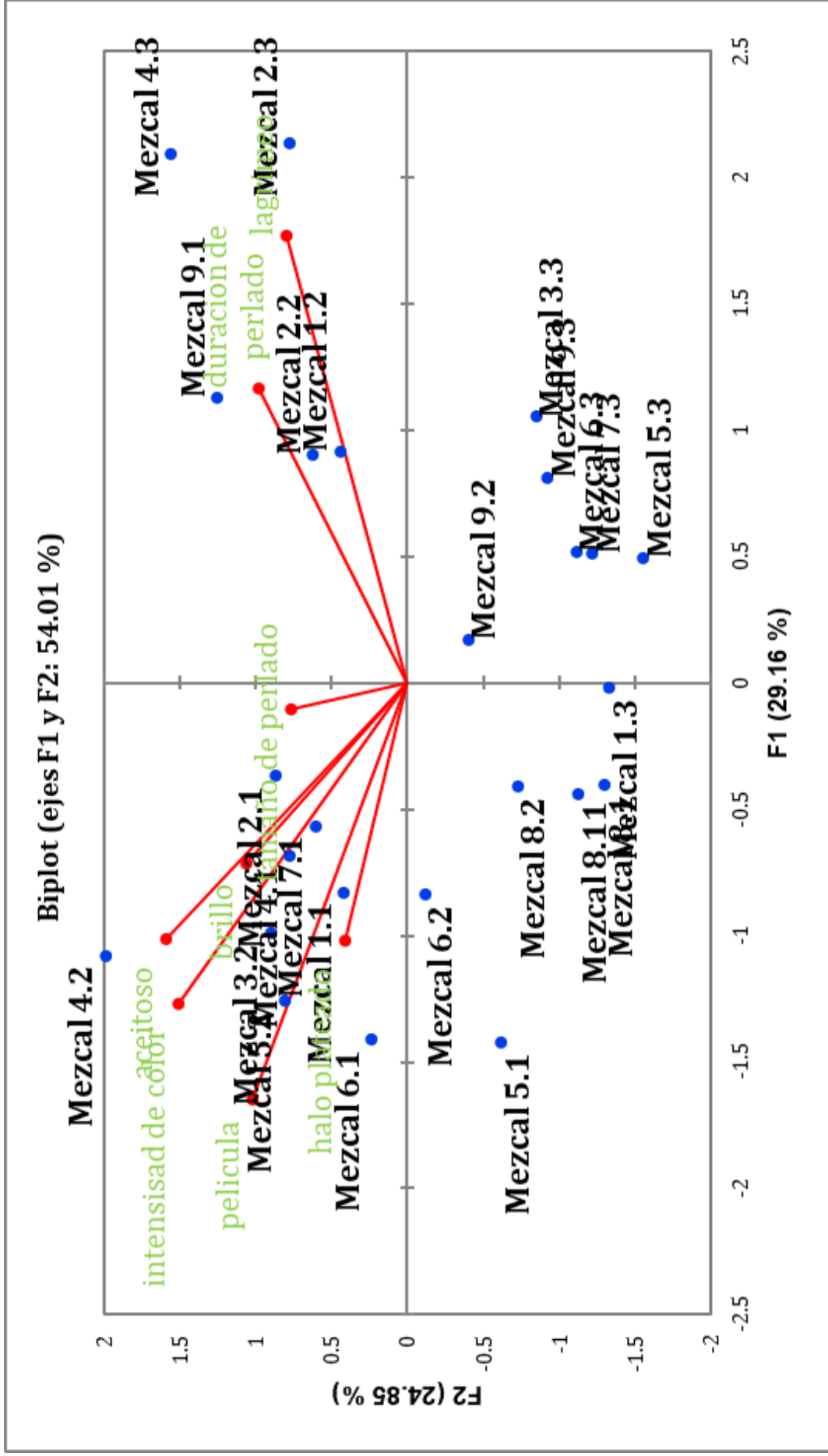


Figura 66 Análisis de componentes principales con datos de los atributos de apariencia de las 25 muestras evaluadas.



Se identificaron 30 atributos de olor presentes en las muestras;(Figura 67), siendo los atributos de color rojo aquellos que presentaron diferencia significativa entre muestras y el atributo en color azul (Barro) el que no representa diferencia significativa.

En esta gráfica se puede observar que la muestra que presentó un aroma **Ácido** con mayor intensidad fue la 5.1; esta nota se desarrolla principalmente durante la fermentación del mosto de igual manera en esta etapa se generan las notas a **Agave fermentado** y **Fermentado** las cuales fueron encontradas en todas las muestras siendo la muestra 2.1 la que presento una mayor intensidad en ambas notas.

Se sabe que un parámetro de calidad es percibir el aroma a **Maguey cocido** al oler un mezcal tradicional (Pérez,2007) esta nota se encontró en todas las muestras evaluadas lo cual nos indica la calidad de las mismas. Según las investigaciones de Bousios et al. (2007) esta nota se debe principalmente a la combinación de las proteínas y azúcares durante el cocimiento de las piñas. La muestra que presentó una mayor intensidad en esta nota fue la 2.2; un atributo asociado a esta nota es el olor a **Humo** o **Ahumado** la cual se produce debido a las moléculas liberadas durante la combustión (Bousios et al., 2007); en el trabajo "COMPUESTOS VOLÁTILES EN EL MEZCAL" de Molina et al, se identificó que el compuesto encargado de esta nota es el Mequinol (p-guaiacol), los mezcales que presentaron una mayor intensidad en estas notas fueron el 2.3 y el 4.3 mientras los que presentaron una menor intensidad fueron el 2.2 y 4.2

En análisis realizados con cromatografía de gases se han detectado 85 compuestos volátiles en el Mezcal artesanal; principalmente alcoholes y en menores proporción ésteres y ácidos orgánicos; así como terpenos, furanos, cetonas, fenoles, aldehídos y sulfitos. También los estudios revelaron que estos compuestos varían dependiendo de la



especie de agave, el tipo de levaduras y las condiciones en las que se lleva a cabo la producción. En la misma gráfica se observa que las notas a **Romero, Ajo, Pimiento, Orégano y Clavo** se presentaron con baja intensidad en todas las muestras. La nota a **Hongos** se presentó con mayor intensidad en el mezcal 2.1 mientras que las demás muestras la presentaron con una intensidad baja; según lo reportado por Molina et al. (2007) esta nota la otorga el compuesto Oct-1-en-3-ol. La nota a olor **Umami** fue encontrada en todas las muestras siendo la muestra 4.2 la que presento una mayor intensidad. Las muestras presentaron una intensidad alta en el olor a **Tabaco** principalmente la muestra 4.1; este olor se debe a la presencia de furanos desarrollados en el proceso de cocción del agave. La nota a **Aceituna** fue encontrada con mayor intensidad en los mezcales 5.2, 4.3 y 1.2. El olor a **Anís** se encontró con una intensidad baja en la mayoría de las muestras; los mezcales 5.2 y 6.2 son los que presentaron la mayor intensidad. El mezcal 2.3 fue la muestra que presentó los olores de **Resina y Terroso** con una mayor intensidad, el segundo aroma se asocia al olor a hongos por lo que según Molina et al. (2007) es proporcionada por el compuesto Oct-1-en-3-ol mientras que el primer aroma se asocia a las barricas donde es almacenado el mezcal. El olor a **Salmuera** se percibió en todas las muestras siendo las muestras 6.1,9.1,2.3 y 8.10 las que presentaron una intensidad menor. La nota de olor **Metálico** se encontró presente en todas las muestras con una intensidad similar por lo que esta nota se puede asociar al tipo del destilador empleado. El olor a **Madera** se encontró en todas las muestras siendo el mezcal 8.10 el que presentó una mayor intensidad Molina et al (2007) identificaron a los compuestos Ácido decanoico y Decanoato de etilo como los responsables de esta nota, de igual manera que la nota a resina esta se desarrolla principalmente al estar en contacto con las barricas de almacenamiento. Las muestras 4.3 y 2.3 fueron las que presentaron con mayor intensidad la nota **Herbal**; este aroma se asocia principalmente al compuesto 3-metilbut-2-en-1-ol (Molina et al., 2007)



presente en la materia prima es decir en el agave. La nota **Frutal** se encontró en todas las muestras sin embargo la muestra 1.2 fue la que presentó una mayor intensidad Molina et al. (2007) identificaron a los siguientes compuestos como los responsables de esta nota: Dietil acetal, Ácido propanoico, Ácido 2-metil propanoico, Ácido hexanoico, 3-metil -1-butanol, Butanoato de etilo, Hexanoato de etilo, Acetato de 3-metil butilo, Furfural y Linalool. El olor **Fresco** se identificó con mayor intensidad en las muestras 3.2, 9.1, 2.2,2.1 y 4.3. La nota a **Azahar** se encontró en todas las muestras sin embargo los mezcales 8.10 y 4.3 fueron los que presentaron una mayor intensidad. Las muestras 7.1, 7.3 elaboradas con agave San Martinero fueron las que presentaron una intensidad considerablemente menor en la nota **Dulce** en comparación con las demás muestras, Molina et al. (2007) identificaron los siguientes compuestos como los responsables de esta nota: Linalool, Cresol, 2-feniletan-1-ol, 3-metil -1-butanol, 1-butanol y 2-metil-1-propanol (alcohol isobutílico). El olor a **Clavo** se encontró con intensidades bajas en la mayoría de las muestras sin embargo en las muestras 5.1, 6.2,2.3 y 4.3 se identificó con una intensidad mayor; este aroma según Molina et al (2007) se asocia al compuesto Eugenol. La nota a **Chile** se encontró en todas las muestras; la muestra 8.10 fue la que presentó una intensidad considerablemente menor mientras que la muestra 4.3 fue la que presentó la mayor intensidad.

La relación entre los niveles de los compuestos químicos y su percepción sensorial no es directa. Algunos aromas dominan enmascarando la percepción de otros compuestos, mientras que otros congéneres tienen efectos de sinergia, combinándose para dar una percepción aumentada de alguna nota particular. Sensorialmente el mezcal 2.3 es la muestra que presenta notas intensas en la mayor cantidad de los atributos de olor, seguidos por el mezcal 4.3 lo que nos puede indicar que el destilador de olla de barro potencia notas de olor



tales como (agave fermentado, humo, chile, clavo, herbal, madera, metálico, resina, barro, aceituna, maguey cocido y terroso).

Para conocer que atributos se correlacionaron con las muestras se realizó un PCA el cual mostro lo siguiente:

Los descriptores que aparecen en el mismo cuadrante tienen una correlación positiva y los que se encuentran en cuadrantes opuestos se correlacionan negativamente, de igual manera, las muestras que están ubicadas en el mismo cuadrante son similares entre sí y los descriptores sensoriales cercanos a las muestras son los que mejor las describen.

La figura 68 muestra un porcentaje de explicación total del 38.12% para todos los atributos de olor, se observa que el componente 1 (F1) explica el 26.38% y el componente 2 (F2) explica el 11.73%. En esta grafica se observa que las muestras 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.2, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2 y 6.2 se encuentran correlacionadas positivamente a ambos factores para los atributos de **metálico, seco, agave fermentado, maguey cocido, acido, pasto, resina, nuez, azahar, esquites** y **anís** mientras que las muestras 1.3, 3.3, 5.3, 6.3, 7.3, 9.3, 6.2, 7.1, 8.2, 8.10, 9.2 y 8.11 se encuentran correlacionados positivamente al F1 y negativamente al F2 para los atributos de miel, epazote y maple.

De igual manera se observa que para las muestras 2.3, 4.3 y 9.1 los atributos de **alcohol, agave, ahumado, huitlacoche/terrosos, dulce, frutal, menta, salado, umami, jengibre** y **naranja** se encuentran correlacionados negativamente al F1 y positivamente al F2.

Analizando los resultados obtenidos en el PCA y los gráficos radiales podemos decir que el mezcal 2.2 esta considerablemente influido por



el atributo de maguey cocido, el mezcal 4.3 por el atributo de ahumado.



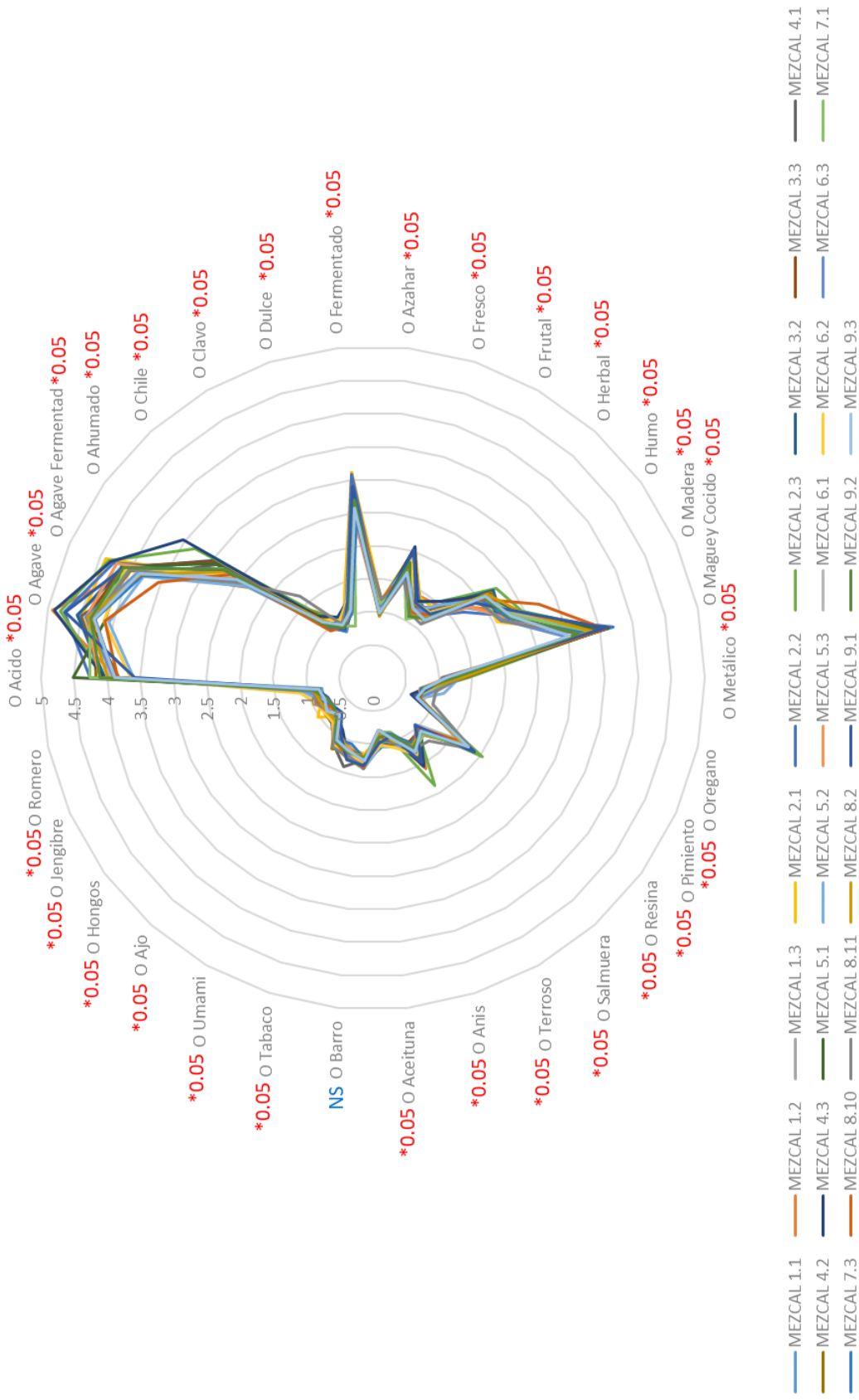


Figura 67 Gráfico radial para los atributos de olor de las 25 muestras evaluadas. de NS: diferencia entre jueces no significativa al 5%.



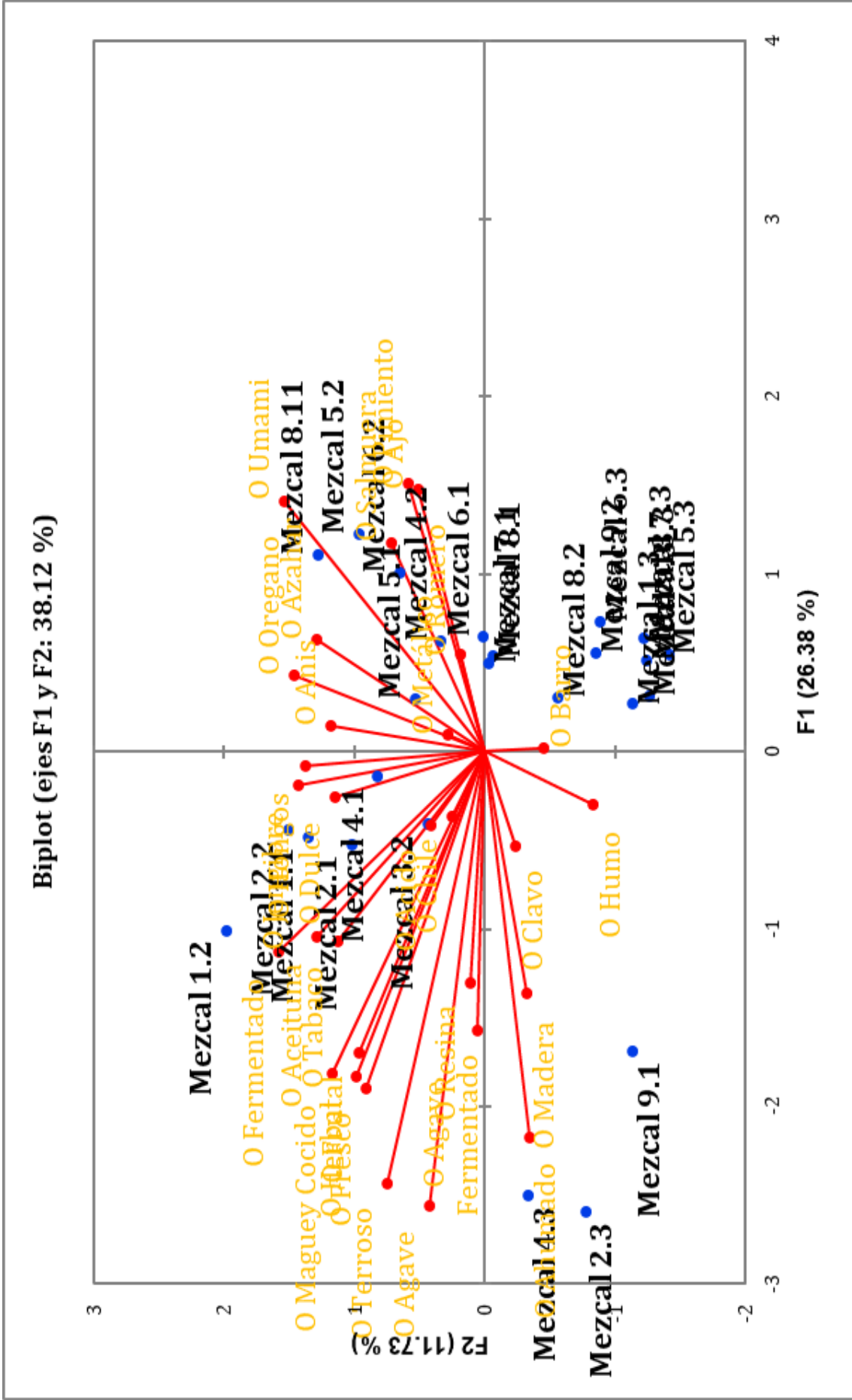


Figura 68 Análisis de componentes principales con datos de los atributos de olor de las 25 muestras evaluadas.



Se identificaron 28 atributos correspondientes al perfil del sabor del mezcal. En la figura 69 se muestran los atributos correspondientes a sabor, siendo los atributos de color rojo aquellos que presentaron diferencia significativa y el atributo en color azul (Jengibre) el que no representa diferencia significativa en todas las muestras; sin embargo, para los atributos de Epazote y Resina únicamente una muestra presentó diferencia significativa (Mezcal 1.3 y Mezcal 2.3 respectivamente).

Además de los sabores ya existentes dentro del agave, hay dos prácticas que también afectan los sabores, el corte de las hojas (que tanto se rasura el agave) y la proporción de cogollo que se deja (agrega sabores a cera que, por lo general, no son deseados); de igual manera durante la cocción se forman fenoles, que sensorialmente se asocian con el sabor ahumado. El atributo **Agave** es fundamental ya que el mezcal debe presentar el sabor a maguey cocido el cual se desarrolla principalmente en la cocción previa a la fermentación y destilación de esta bebida; sin embargo, para analizar este atributo se deben considerar tres aspectos: El tipo y procedencia del agave usado y el entorno ecológico donde creció, las prácticas culturales y tecnológicas empleadas en su elaboración, así como el gusto histórico de la región de procedencia (García,2020). Esta nota se encontró en todas las muestras siendo la muestra 9.1 la que presentó una mayor intensidad lo cual era de esperarse ya que es una muestra de un mezcal joven que fue destilado en el 2019 y además está compuesta por una mezcla de agaves (Maguey Mexicano (10 a 13 años) y Maguey Tobasiche (8 a 10 años), con respecto al atributo de **Ahumado** los mezcales que presentaron una mayor intensidad en esta nota fueron el 5.1,3.2 y 2.3.

La nota sabor **Ácido** se encontró con alta intensidad en todas las muestras, sin embargo, en las muestras 2.2 y 3.2 elaboradas con agaves Tobasiche y Cuishe respectivamente (*Agave karwinskii* en



ambos casos) presentaron la mayor intensidad. El sabor a **Agave Fermentado** se presentó con mayor intensidad en las muestras 2.1, 2.2, y 7.1 elaboradas con agave (*Agave karwinskii*) y San Martinero (*Agave karwinskii*) respectivamente; por lo que podemos decir que el *Agave karwinskii* destilado en destilador de cobre con platillos propicia notas ácidas y a agave fermentado con mayor intensidad.

Se observa que para el atributo de sabor a **Alcohol** la muestra que presento una mayor intensidad fue la 1.2 la cual al igual que todas las muestras se evaluaron en una dilución al 30% lo cual quiere decir que esta muestra en general presentó un perfil gustativo con intensidad baja comparada con las demás con una calificación de 5.3 cuando el resto presento una intensidad promedio de 4.8. Las notas a **Anís** y **Azahar** se encontraron presente en todas las muestras siendo la muestra 5.2 la que presentó una mayor intensidad. La nota **Dulce** presente en el mezcal se relaciona con la cantidad de azúcares presentes en cada agave. Vera Guzmán et al. (2009) identificaron que *A. angustifolia* superó a *A. potatorum* en contenido de azúcares totales, fructosa y azúcares reductores directos lo que nos indica que los mezcles elaborados con *A. angustifolia* tendrán notas más dulces; el mezcal con la mayor intensidad en esta nota fue el 1.2 el cual está elaborado con *A. angustifolia* lo cual nos confirma lo establecido por Vera Guzmán aunque para una mejor comprensión de esta nota se recomienda la evaluación de °Brix, pH, azúcares totales, fructosa y azúcares reductores directos de todos los agaves evaluados en el presente trabajo.

Para el atributo de **Cuitlacoche** las muestras presentan un comportamiento similar; sin embargo, la muestra 4.2 presenta una notable intensidad en este atributo. El atributo de **Madera** se encuentra presente en todas las muestras; sin embargo, para el mezcal 2.3 este atributo presenta una intensidad mayor, este sabor se asocia



al tiempo que pasa la muestra en las barricas de añejamiento; esta muestra de igual manera presenta una mayor intensidad en los atributos de sabor a **Pimienta, Umami** y sabor **Salado**. La muestra que presentó una menor intensidad el de sabor a **Maguey cocido** fue la muestra 2.3 la cual fue destilada en ollas de barro y elaborada con Agave Tobasiche (*Agave karwinskii*) seguida de las muestras 6.3, 7.3,9.3,5.3 y 1.3 todos destilados en olla de barro lo cual nos indica que este tipo de destilado disminuye la percepción de este sabor. La nota a **Menta** se percibió con una intensidad similar en todas las muestras sin embargo las muestras 8.10 y 8.2 ambas elaboradas con Agave Mexicano (*Agave rhodacantha*) fueron las que presentaron una menor intensidad. El sabor **Metálico** se identificó en todas las muestras sin embargo las muestras que presentaron una menor intensidad fueron 2.3,5.3,7.3,1.3,3.3 y 9.3 todas ellas elaboradas con destilador de olla de barro lo cual nos podría indicar que esta nota se podía asociar al destilador de cobre con platillos; sin embargo, se recomienda realizar un análisis para identificar el contenido de Cu y otros minerales para poder saber si están correlacionados con el sabor metálico observado en los mezcales evaluados.

En la misma gráfica se puede observar que todas las muestras presentaron con baja intensidad los sabores de **Pasto, Maple, Miel, Naranja, Nuez, Esquites y Jengibre**. Las muestras que presentaron una mayor intensidad en el atributo de **Resina** fueron la 7.1 y la 8.11. El sabor **Frutal** se presentó con una menor intensidad en las muestras 9.1, 7.1 y 3.3. El sabor a **Romero** se percibió en todas las muestras; sin embargo, en las muestras 4.3,6.3 y 2.3 se presentó con mayor intensidad.

La muestra 2.3 fue la que presentó mayor intensidad en 10 atributos (Ahumado, Cuitlacoche, Madera, Menta, Pimienta, Romero, Salado,



Naranja, Jengibre y Umami) siendo la muestra que presentó un perfil de sabor más intenso en comparación a las demás muestras.

Para conocer que atributos se correlacionaron con las muestras se realizó un PCA el cual mostro lo siguiente:

La figura 70 muestra un porcentaje de explicación total del 42.79% para todos los atributos de Sabor, se observa que el componente 1 (F1) explica el 28.47% y el componente 2 (F2) explica el 14.32%.

En esta gráfica se observa que para las muestras 4.2, 5.1, 5.2, 6.2, 6.1 y 8.11 los atributos de **Anís, Orégano, Azahar, Umami, Metálico, Romero, Ajo, Pimienta y Resina** se encuentran correlacionados positivamente a ambos factores. Para las muestras 1.3, 3.3, 5.3, 6.3, 7.3, 7.1, 8.1, 8.2, 9.2 y 9.3 el atributo de olor a **Barro** se encuentra correlacionado positivamente al F1 y negativamente al F2. De igual manera se observa que para las muestras 4.3, 2.3 y 9.1 los atributos de **Clavo, Humo, Madera y Ahumado** se encuentran correlacionados negativamente a ambos componentes mientras que para las muestras 1.2, 1.1, 2.2, 2.1 4.1 y 3.2 se encuentran correlacionadas negativamente al F1 y positivamente al F2 para los atributos de **Agave Fermentado, Jengibre, Frutal, Acido, Hongos, Herbal, Dulce, Chile, Fermentado, Maguey Cocido, Aceituna, Tabaco, Fresco, Terroso y Agave.**

Analizando los resultados obtenidos en el PCA y los gráficos radiales podemos decir que el mezcal 2.3 está sumamente influido por el atributo ahumado y el atributo de madera, los mezcales 2.1 y 2.2 por el atributo agave fermentado, el mezcal 5.1 por los atributos de anís y azahar, el mezcal 1.2 por el atributo dulce.



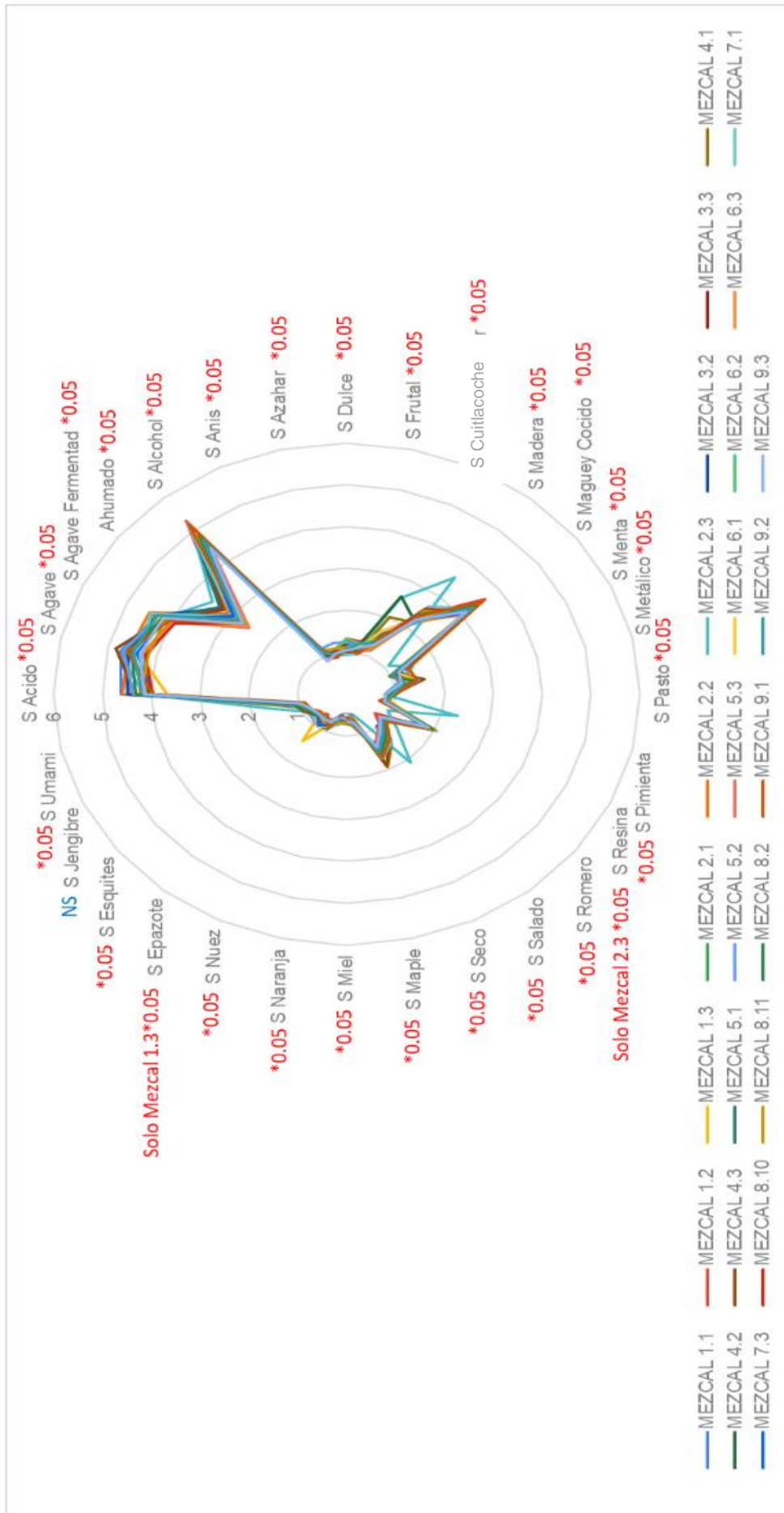


Figura 69 Gráfico radial para los atributos de sabor de las 25 muestras evaluadas. de NS: diferencia entre jueces no significativa al 5%.



Con respecto a los atributos de resabio se observa de igual manera un comportamiento similar en las muestras; el mezcal que presenta un **Resabio metálico** con menor intensidad fue el 4.2 y el que presentó una mayor intensidad fue el 4.3. La muestra con un **Resabio amargo** más notorio fue la 2.3 mientras que la que presentó una intensidad menor fue la 5.3.

En la figura 71 se puede observar diferencia significativa en todos los atributos evaluados para textura y resabio. De igual manera se observa que en la mayoría de los atributos de textura todas las muestras presentan un comportamiento similar, sin embargo, en los atributos de **Ardiente, Picante y Quemante** se observa que la muestra 2.3 presenta un comportamiento considerablemente diferente. Esta muestra presenta valores altos en los atributos de **ardiente, Astringente y picante**; mientras que para el atributo de **quemante** es el mezcal que presentó una menor intensidad.

Para conocer que atributos se correlacionaron con las muestras se realizó un PCA de cada conjunto de atributos es decir un PCA para los atributos de textura y un PCA para los atributos de resabio los cuales mostraron lo siguiente:

La figura 73 muestra un porcentaje de explicación total del 100% para todos los atributos de resabio, se observa que el componente 1 (F1) explica el 74.68% y el componente 2 (F2) explica el 25.32%.

En esta gráfica se observa que para ambos **resabios (amargo y metálico)** las muestras 5.1 y 5.2 se encuentran correlacionadas positivamente al F1 y negativamente al F2.



La figura 72 muestra un porcentaje de explicación total del 60.31% para todos los atributos de textura, se observa que el componente 1 (F1) explica el 38.83% y el componente 2 (F2) explica el 21.48%.

En esta gráfica se observa que las muestras 1.2 y 2.3 están correlacionadas positivamente a ambos componentes y se caracterizan por los atributos de **Retronasabilidad, Caliente, Astringente Y Quemante** mientras que las muestras 1.1, 2.1, 2.2, 3.2, 4.1, 4.3, 5.1, 5.2, 6.1 y 9.1 se encuentran correlacionadas positivamente al F1 y negativamente al F2 y se caracterizan por los atributos de **Permanencia, Adormecimiento, Fresco, Picante y Palatabilidad**.

Analizando los resultados obtenidos en el PCA y los gráficos radiales podemos decir que el mezcal 2.3 está influenciado por el atributo **astringente**.



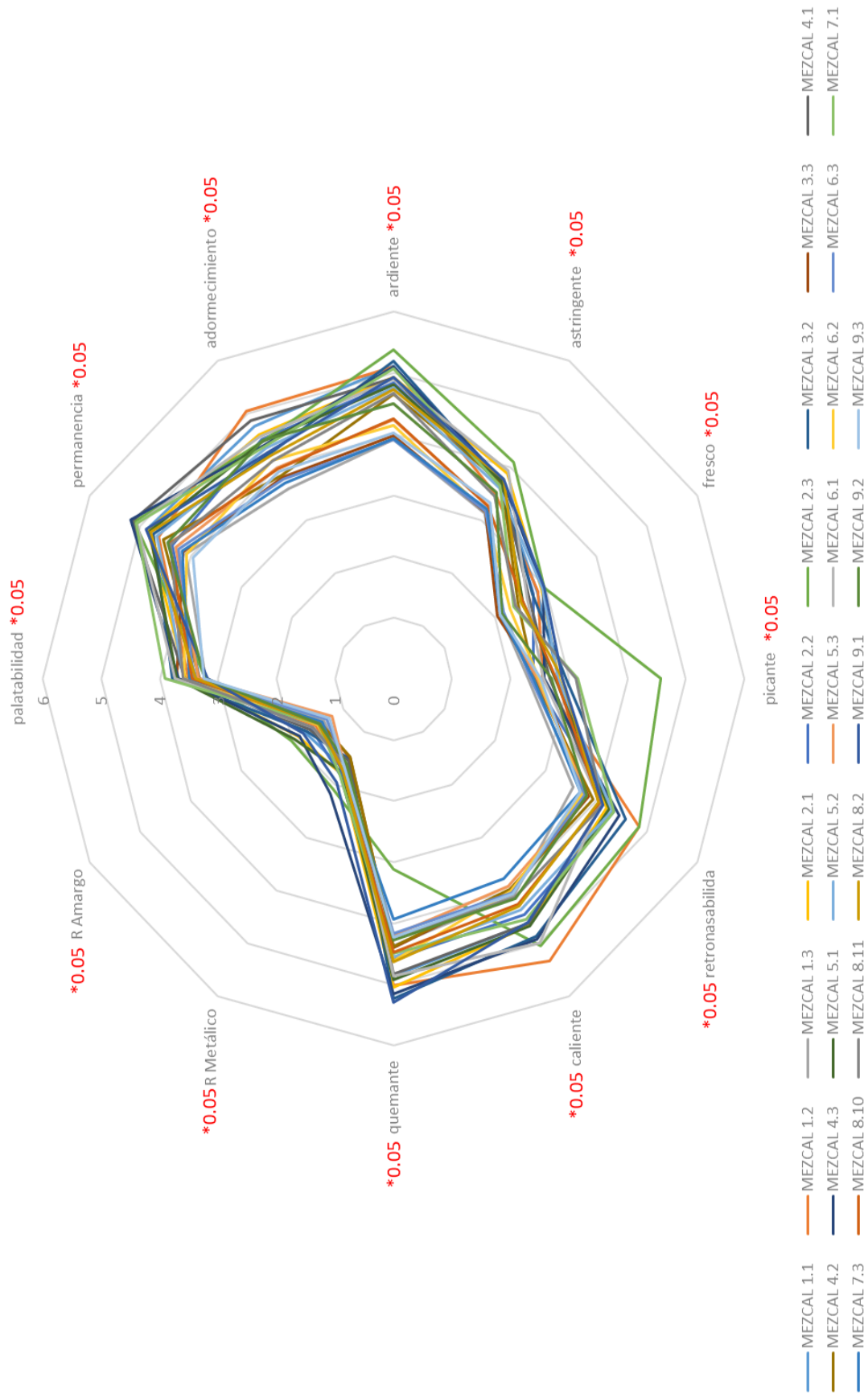


Figura 71 Gráfico radial para los atributos de textura y resabio de las 25 muestras evaluadas. de NS: diferencia entre jueces no significativa al 5%.



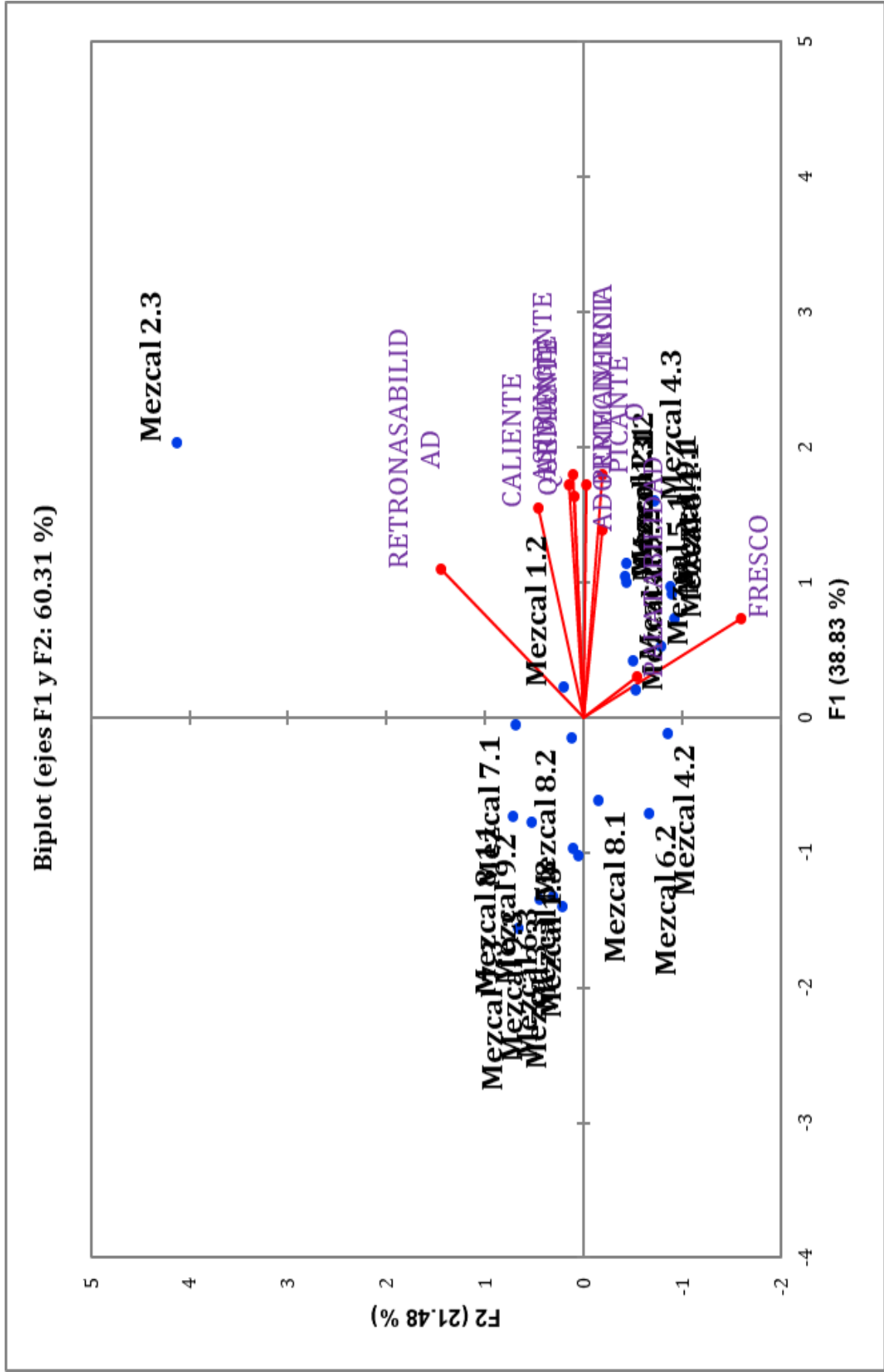


Figura 72 Análisis de componentes principales con datos de los atributos de textura de las 25 muestras evaluadas.



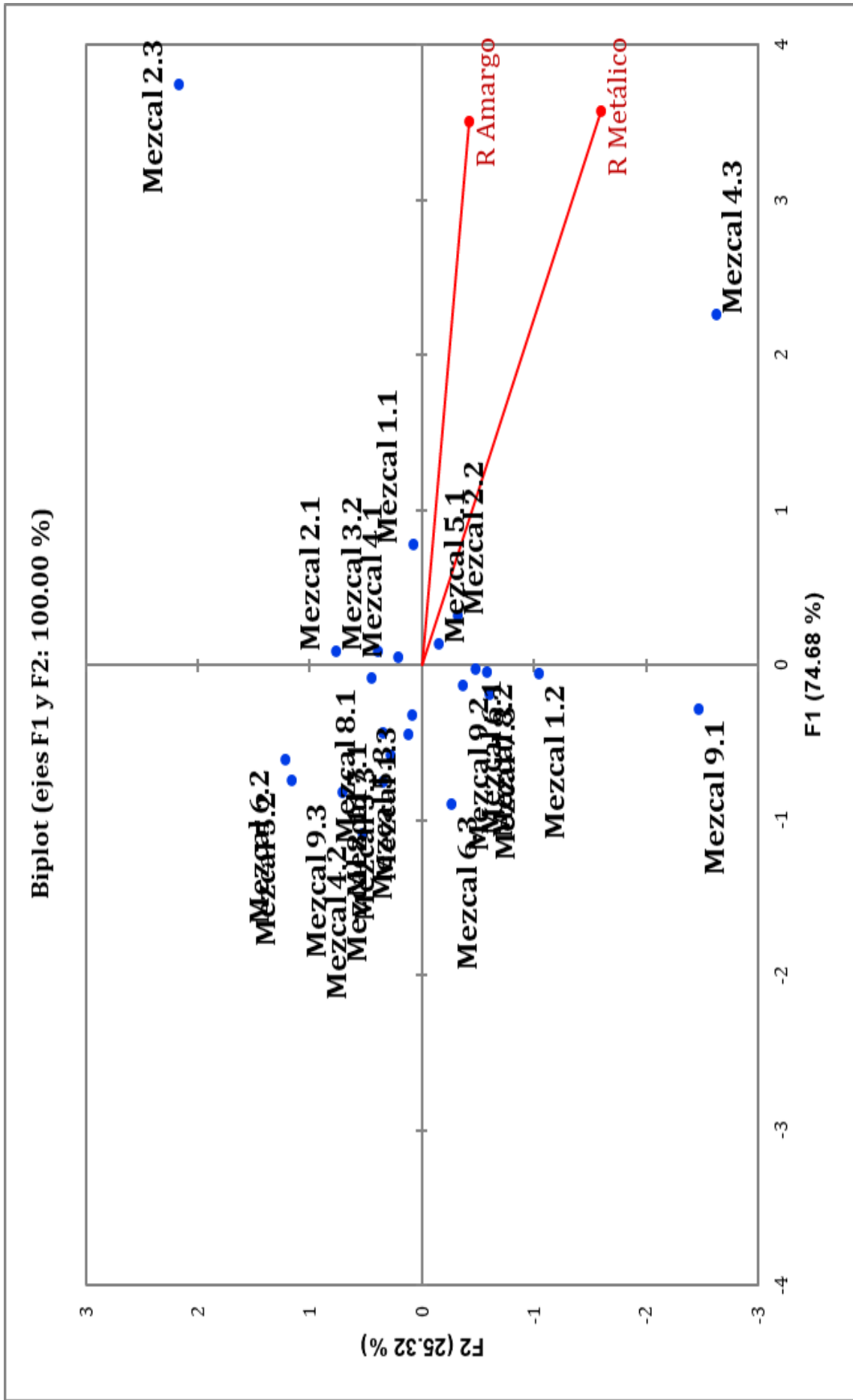


Figura 73 Análisis de componentes principales con datos de los atributos de resabio de las 25 muestras evaluadas



A continuación, se presentan los resultados de PCA por tipo de agave para comprender de una manera más clara como se correlaciona cada atributo con cada muestra.

A continuación, se presentan los resultados de PCA para la *agave angustifolia*.

La figura 74 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de apariencia y textura, se observa que el componente 1 (F1) explica el 55.41% y el componente 2 (F2) explica el 44.59%.

En el primer cuadrante podemos observar al mezcal 1.1 así como los atributos que se relacionan positivamente a ambos componentes (**Aceitoso, Película, Intensidad de color, Retronasabilidad, Permanencia, Astringente, Picante, Ardiente, Adormecimiento y Fresco**). Esto corresponde con lo observado por García (2022) ella establece que para el mezcal elaborado con *Agave angustifolia* los atributos de astringente, picante y permanencia se encuentran correlacionados positivamente a ambos componentes para muestras elaboradas con *Agave angustifolia*; Espinosa y Reyes (2014) de igual manera encontraron los atributos de astringencia y adormecimiento en muestras elaboradas con este tipo de agave.

En el segundo cuadrante podemos observar al mezcal 1.2 el cual se encuentra relacionado positivamente al F1 y negativamente al F2 en los atributos de **tamaño de perlado, duración de perlado, brillo, palatabilidad, caliente y quemante** esto corresponde con lo observado por García (2022) ella establece que para el mezcal elaborado con *Agave angustifolia* los atributos de relacionados con el perlado presentan una gran intensidad; de igual manera Espinosa y Reyes (2014) observaron este comportamiento en muestras



elaboradas con este agave. En el tercer cuadrante se observa que el atributo de **lagrimeo** se encuentra correlacionado negativamente a ambos componentes (F1 y F2) para la muestra 1.3.

La figura 75 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de olor, se observa que el componente 1 (F1) explica el 64.31% y el componente 2 (F2) explica el 35.69%.



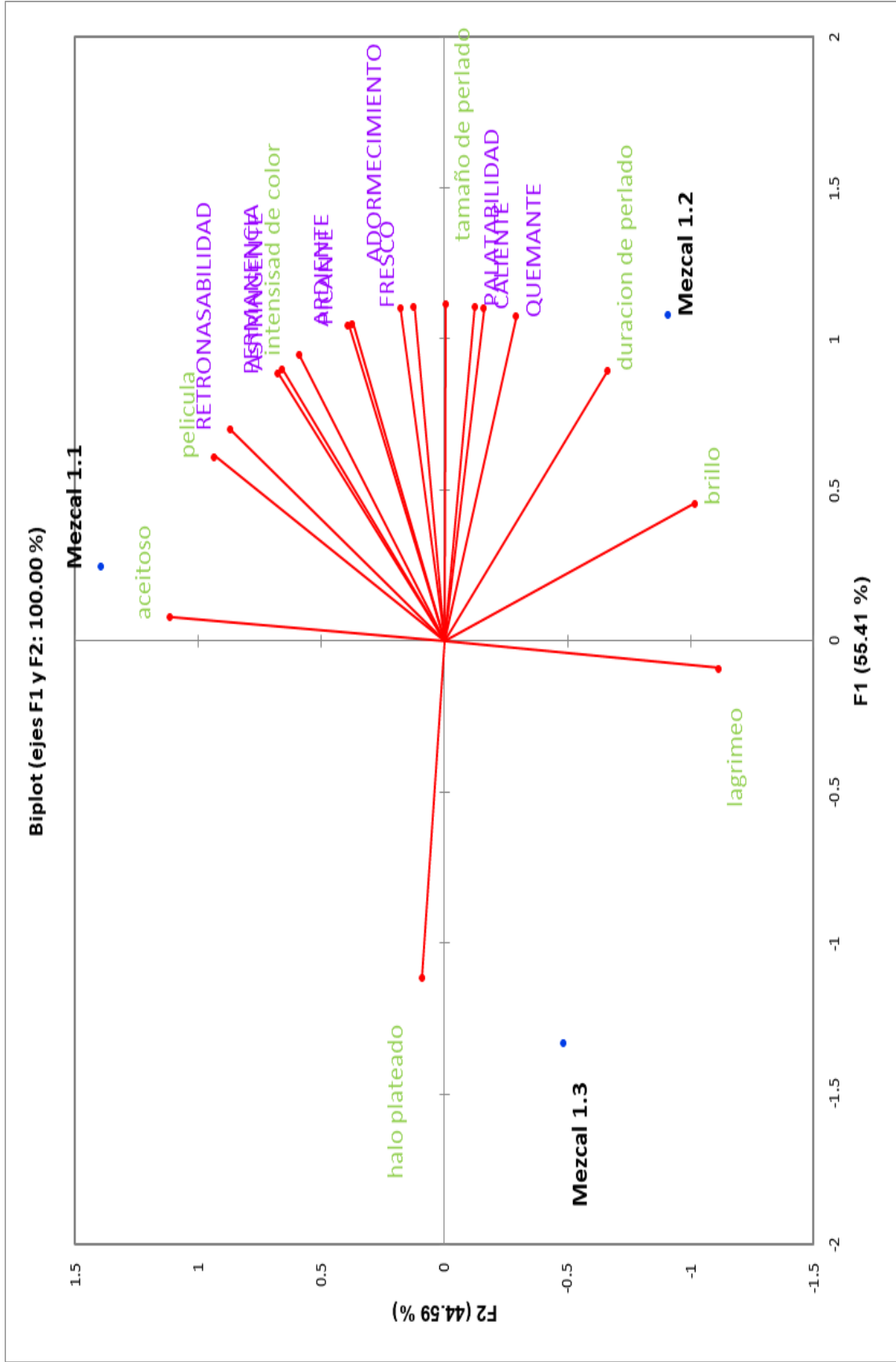


Figura 74 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de textura y apariencia para las muestras de *Agave angustifolia* (1.1, 1.2 y 1.3)



En el primer cuadrante podemos observar la muestra 1.3 la cual está relacionada positivamente a ambos componentes F1 y F2 para los atributos de: **Clavo, Humo, Barro, Ajo, Salmuera y Chile**. De igual manera García (2022) encontró que el atributo de humo se encuentra correlacionado positivamente a ambos factores para muestras elaboradas con este agave, por otro lado, Espinosa y Reyes (2014) encontraron que el atributo de ajo se encuentra presente en muestras elaboradas con este tipo de agave.

En el segundo cuadrante se observan los atributos de **Pimiento, Agave Fermentado, Metálico y Azahar**; los cuales están relacionados positivamente al F1 y negativamente al F2 para la muestra 1.1 De igual manera Espinosa y Reyes (2014) identificaron los atributos de agave fermentado y pimiento en muestras elaboradas con *Agave angustifolia*.

En el cuarto cuadrante se observa la muestra 1.2 la cual se encuentra correlacionada negativamente al componente 1(F1) y positivamente al componente 2 (F2) para los atributos de: **Madera, Anís, Agave, Umami, Maguey Cocido, Dulce, Romero, Aceituna, Jengibre, Orégano y Frutal**. García (2022) identificó las notas de madera, agave, jengibre y frutal en muestras elaboradas con este agave.



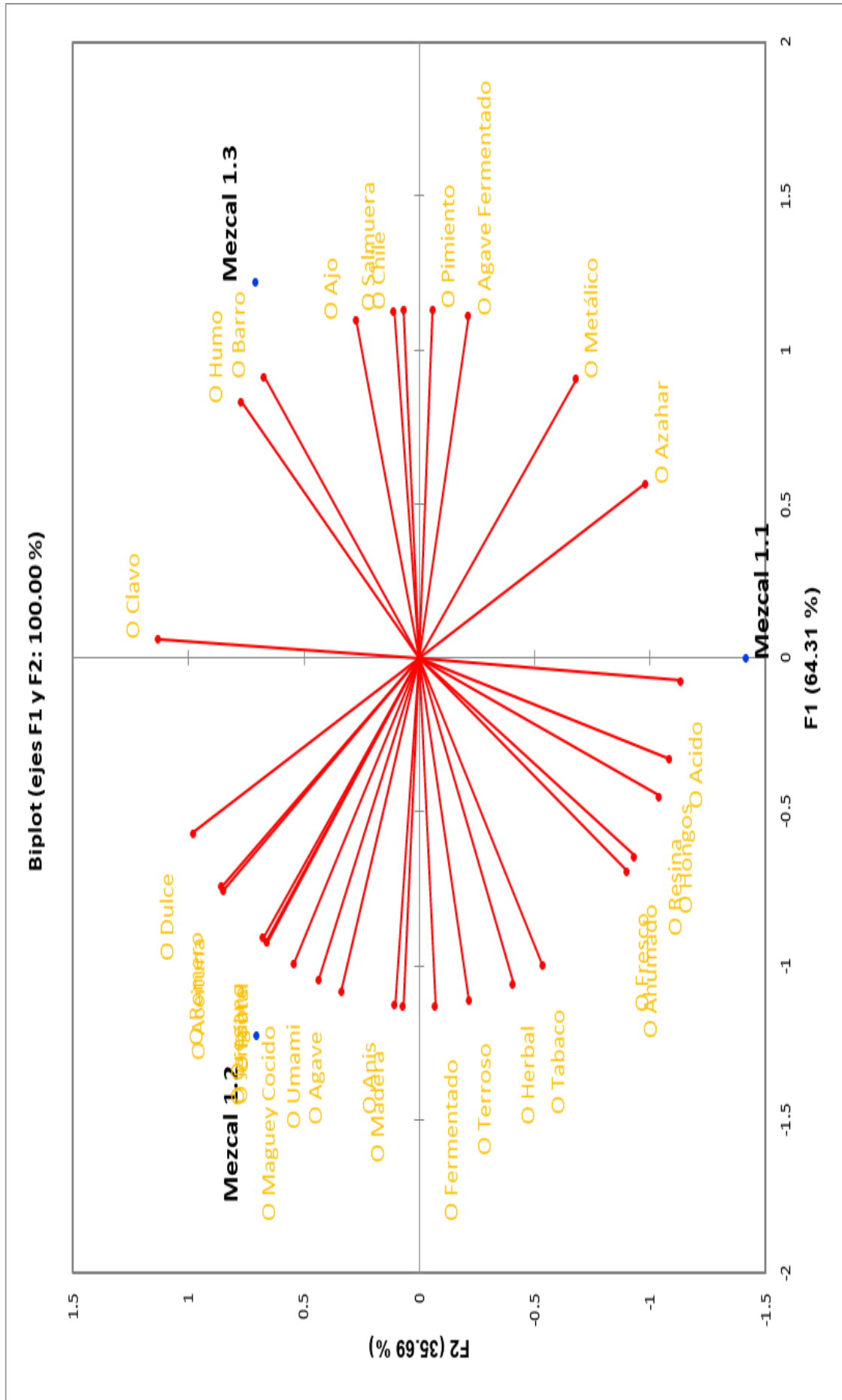


Figura 75 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de olor para las muestras de *Agave angustifolia* (1.1, 1.2 y 1.3)



La figura 76 muestra un porcentaje de explicación total del 100% del perfil para los atributos de sabor y resabio, se observa que el componente 1 (F1) explica el 61.02% y el componente 2 (F2) explica el 38.98%.

En el primer cuadrante se observa el mezcal 1.3 el cual esta correlacionado positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de: **Pimienta, Maple y Epazote.**

En el tercer cuadrante se encuentra el mezcal 1.1 el cual esta correlacionado negativamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de: **Azahar, Esquites, Cuitlacoche, Pasto, Seco, Umami, Agave Fermentado, Resina, Agave, Ácido y Resabio amargo.**

En el cuarto cuadrante se pueden observar los atributos de **Anís, Menta, Jengibre, Metálico, Maguey Cocido, Salado, Frutal, Ahumado, Alcohol, Madera y Resabio metálico** los cuales se encuentran correlacionados positivamente al F2 y negativamente al F1 para la muestra 1.2

García (2022) identificó las notas de pasto y agave fermentado en una muestra elaborada con este tipo de agave, también idéntico las notas de anís, umami y pimienta, sin embargo, estas fueron identificadas en una muestra la cual estaba elaborada con *Agave angustifolia* y *Agave karwinskii*. Espinosa y Reyes (2014) de igual manera identificaron notas a pimienta, anís y umami en muestras elaboradas con *Agave angustifolia* lo que nos comprueba que estas notas las otorga principalmente este tipo de agave.

Para corroborar la correcta evaluación del panel se decidió elaborar la gráfica de consenso para estas muestras en la figura 77 se puede



observar el consenso de los jueces al evaluar las muestras de *Agave angustifolia* de igual manera se observa que las 3 muestras presentan un perfil sensorial diferente ya que se encuentran separadas y en diferentes cuadrantes.



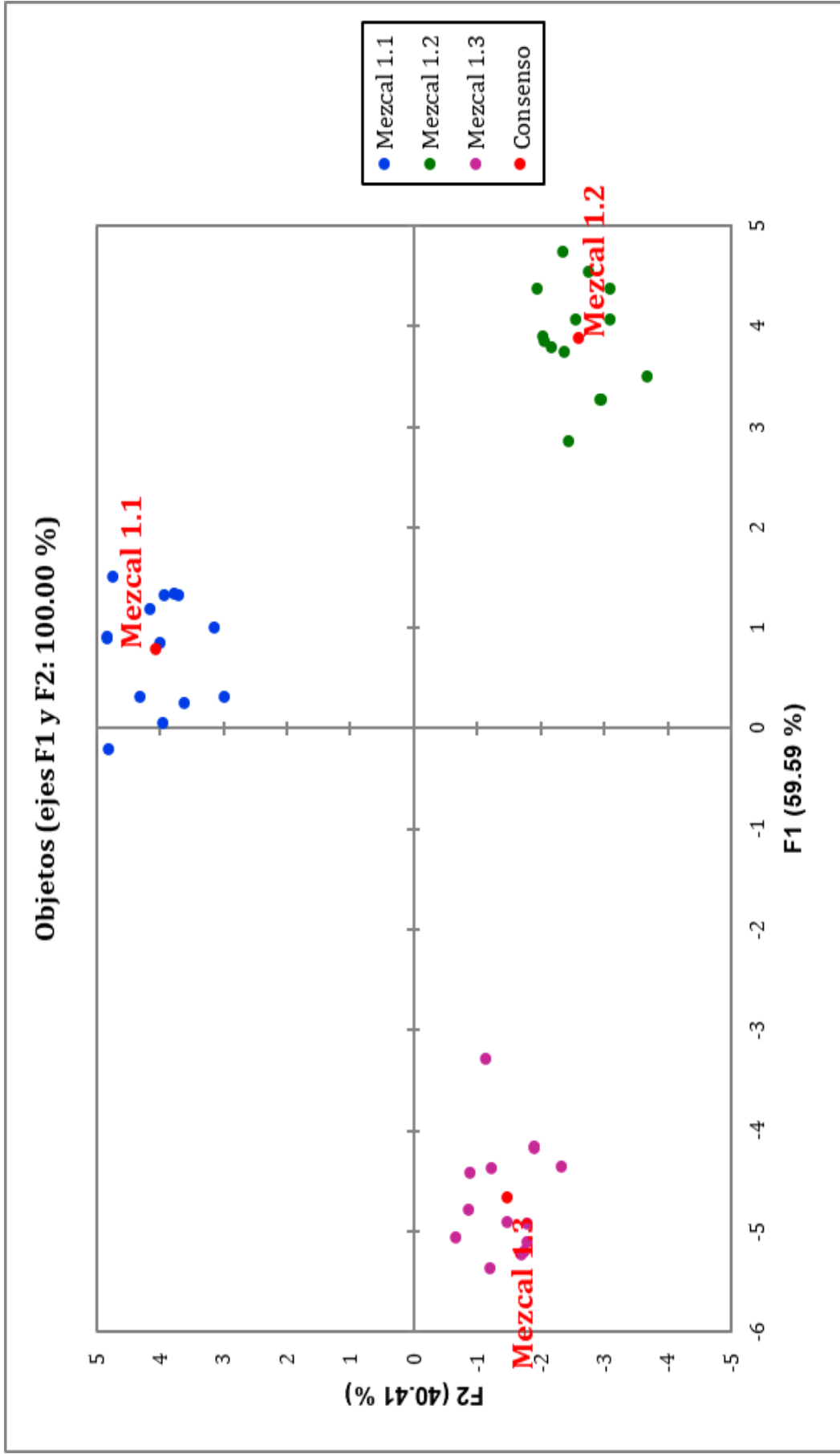


Figura 77 Consenso de los jueces al evaluar las muestras de *Agave angustifolia* (1.1, 1.2 y 1.3)



A continuación, se presentan los resultados de PCA para el *Agave rhodacantha*.

La figura 78 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de textura y apariencia, se observa que el componente 1 (F1) explica el 78.50% y el componente 2 (F2) explica el 21.50%.

En el segundo cuadrante se observan los atributos de: **Intensidad de color, Brillo, Lagrimeo, Caliente** y **Picante** los cuales están correlacionados positivamente con el F1 y negativamente con el F2 para la muestra 9.1 la cual es una mezcla de *Agave rhodacantha* (mexicano) y *Agave karwinskii* (tobasiche).

En el tercer cuadrante se encuentra la muestra 8.1 la cual esta correlacionada negativamente a ambos componentes F1 y F2 para el atributo de **Permanencia**.

En el cuarto cuadrante podemos observar el atributo de **Película** el cual esta correlacionado positivamente al F2 y negativamente al F1 para la muestra 8.2



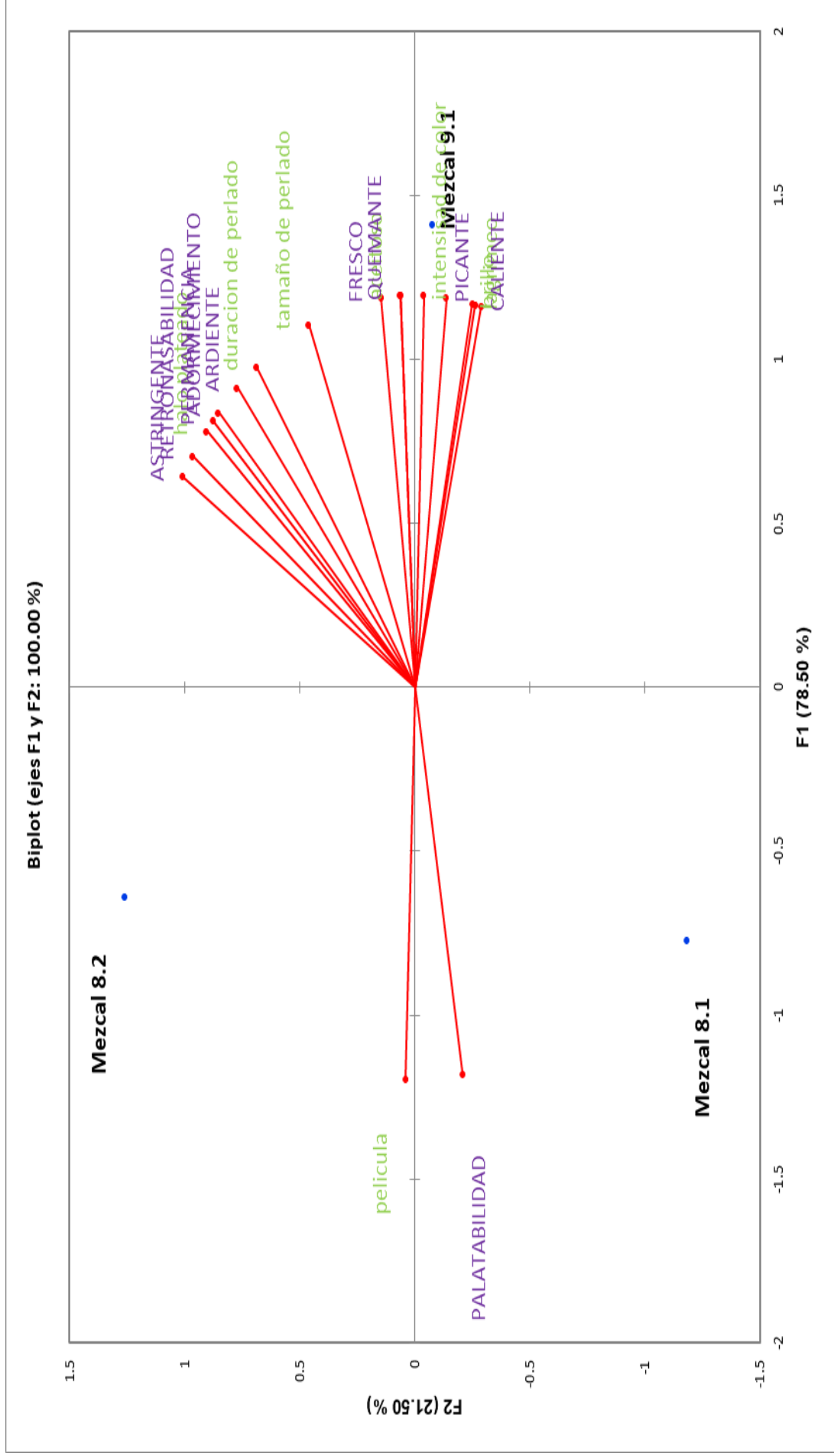


Figura 78 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de textura y apariencia para las muestras de Agave americana (8.1 y 8.2) y mezcla de Agave americana y Agave karwinskii (9.1)

La figura 79 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de olor, se observa que el componente 1 (F1) explica el 69.14% y el componente 2 (F2) explica el 30.85%.

En el primer cuadrante se pueden observar los atributos de **Barro, Maguey Cocido, Herbal, Tabaco, Aceituna, Frutal, Terroso** y **Dulce** los cuales se encuentran correlacionados positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para el mezcal 9.1.

En el tercer cuadrante se encuentran los atributos de **Jengibre, Anís, Acido, Metálico, Ajo, Humo, Hongos, Salmuera** y **Romero** los cuales se encuentran correlacionados negativamente a ambos componentes (F1 y F2) para la muestra 8.2

En el cuarto cuadrante se puede observar el mezcal 8.1 el cual esta correlacionado positivamente al F2 y negativamente al F1 para los atributos de: **Clavo, Pimiento, Azahar, Madera** y **Umami**.

Espinosa y Reyes de igual manera identificaron notas a pimiento, cuitlacoche-terroso, barro, y frutal en una muestra elaborada con *Agave rhodacantha* lo cual nos confirma que estas notas son proporcionadas por este agave.



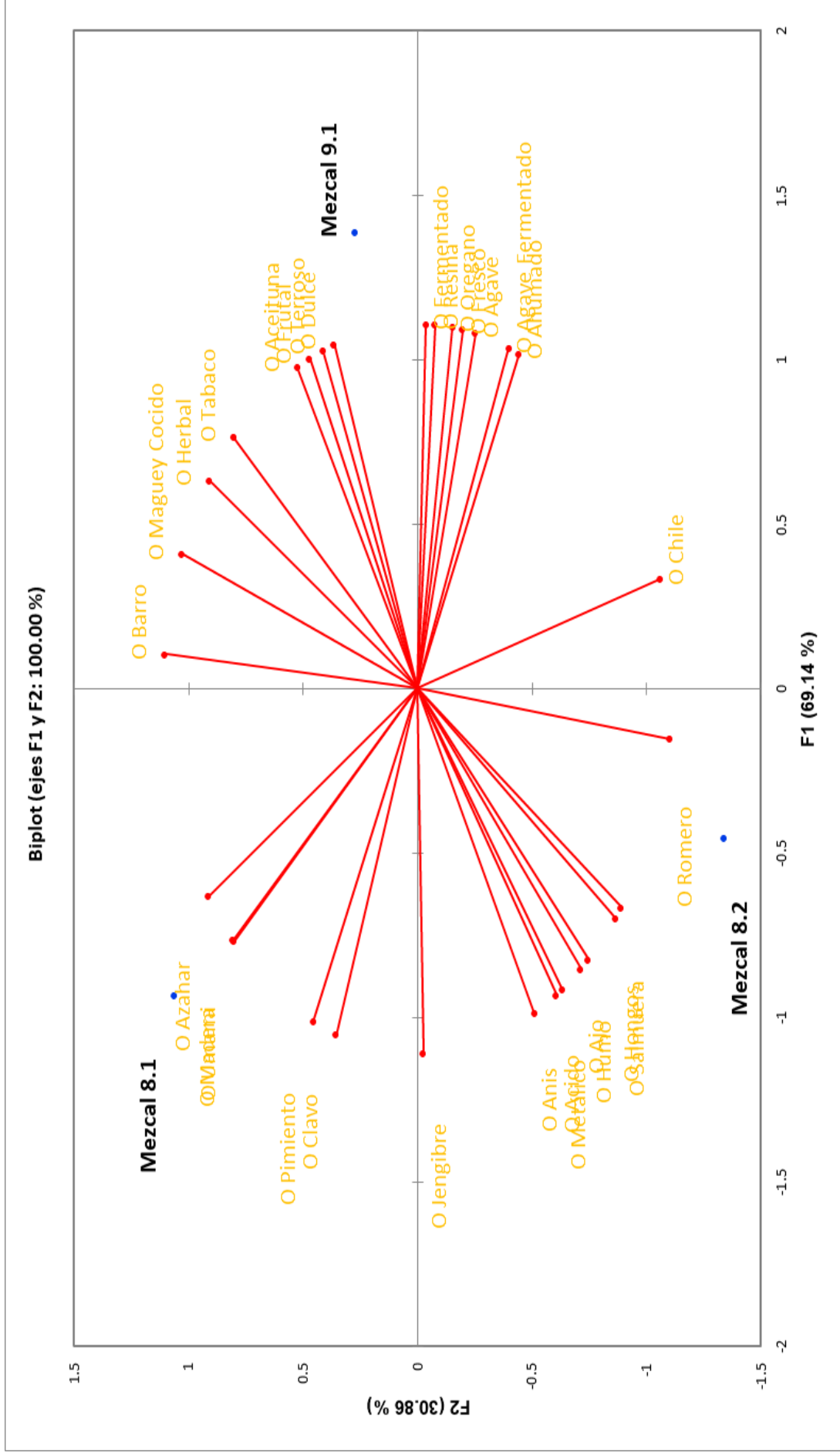


Figura 79 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de olor para las muestras de Agave americana (8.1 y 8.2) y mezcla de Agave americana y Agave karwinskii (9.1)



La figura 80 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de sabor y resabio, se observa que el componente 1 (F1) explica el 72.68% y el componente 2 (F2) explica el 27.32%.

En el primer cuadrante se pueden observar los atributos de **Pasto, Romero, Cuitlacoche, Menta, Salado, Nuez, Anís, Resabio metálico** y **Resabio amargo** los cuales se encuentran correlacionados positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para el mezcal 9.1

En el tercer cuadrante se observa la muestra 8.2 la cual esta correlacionada negativamente a ambos componentes (F1 y F2) en los atributos de **Ácido, Frutal, Pimienta, Umami, Epazote, Maple, Jengibre** y **Esquites,**

En el cuarto cuadrante se encuentran los atributos de **Miel, Madera, Azahar** y **Naranja** los cuales están correlacionados positivamente al F2 y negativamente al F1 para la muestra 8.1

Espinosa y Reyes (2014) analizaron una muestra elaborada con *Agave rhodacantha* y de igual manera identificaron notas de: umami, jengibre y naranja esta última con una intensidad baja; esto nos confirma que estos tres sabores son otorgados principalmente por este tipo de agave. Para corroborar la correcta evaluación del panel se decidió elaborar la gráfica de consenso para estas muestras en la figura 81 se puede observar el consenso de los jueces al evaluar las muestras de *Agave rhodacantha* de igual manera se observa que las 2 muestras presentan un perfil sensorial diferente sin embargo ambas muestras están correlacionadas negativamente al F1.



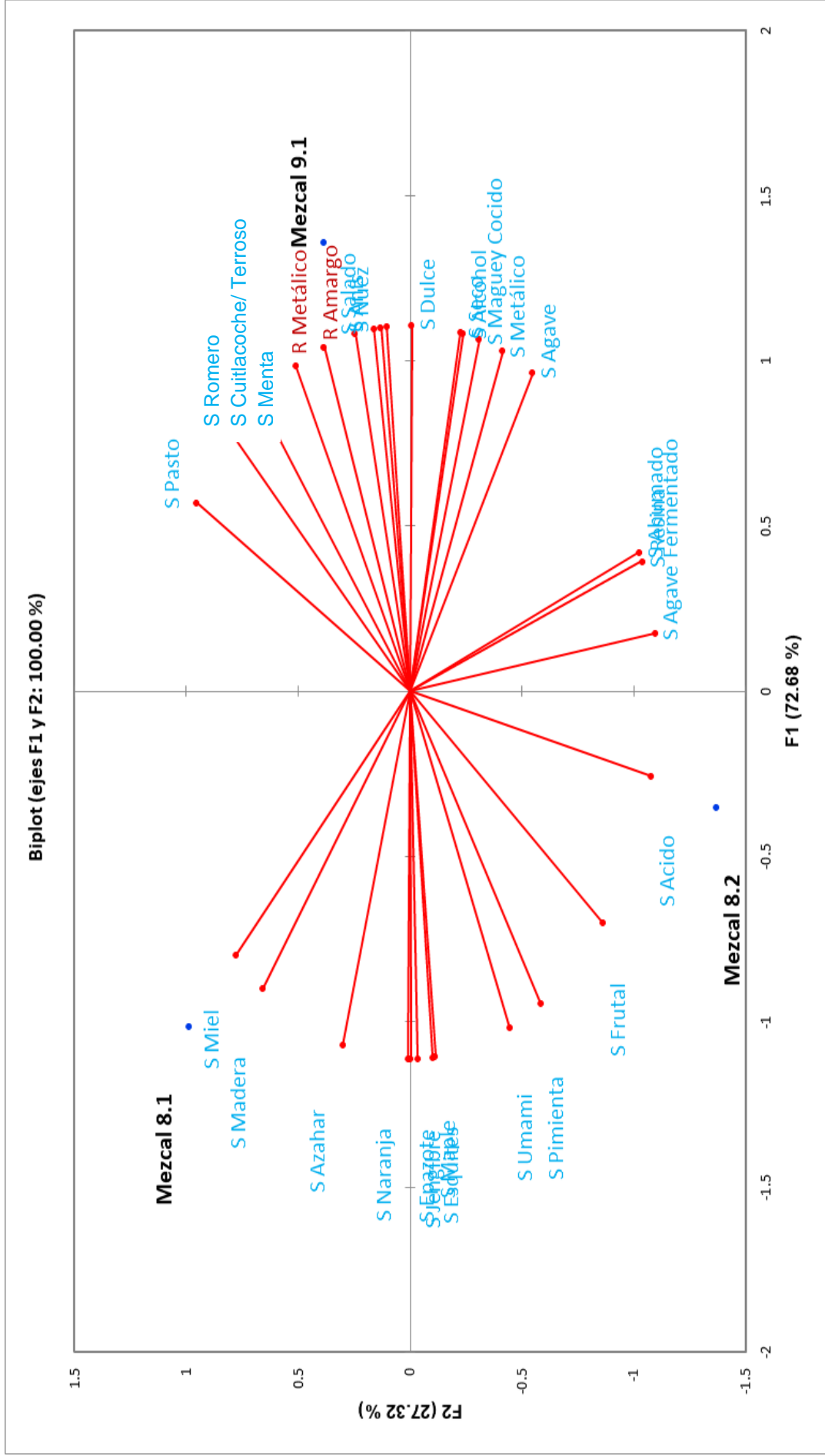


Figura 80 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de sabor y resabio para las muestras de Agave americana (8.1 y 8.2) y mezcla de Agave americana y Agave karwinskii (9.1)



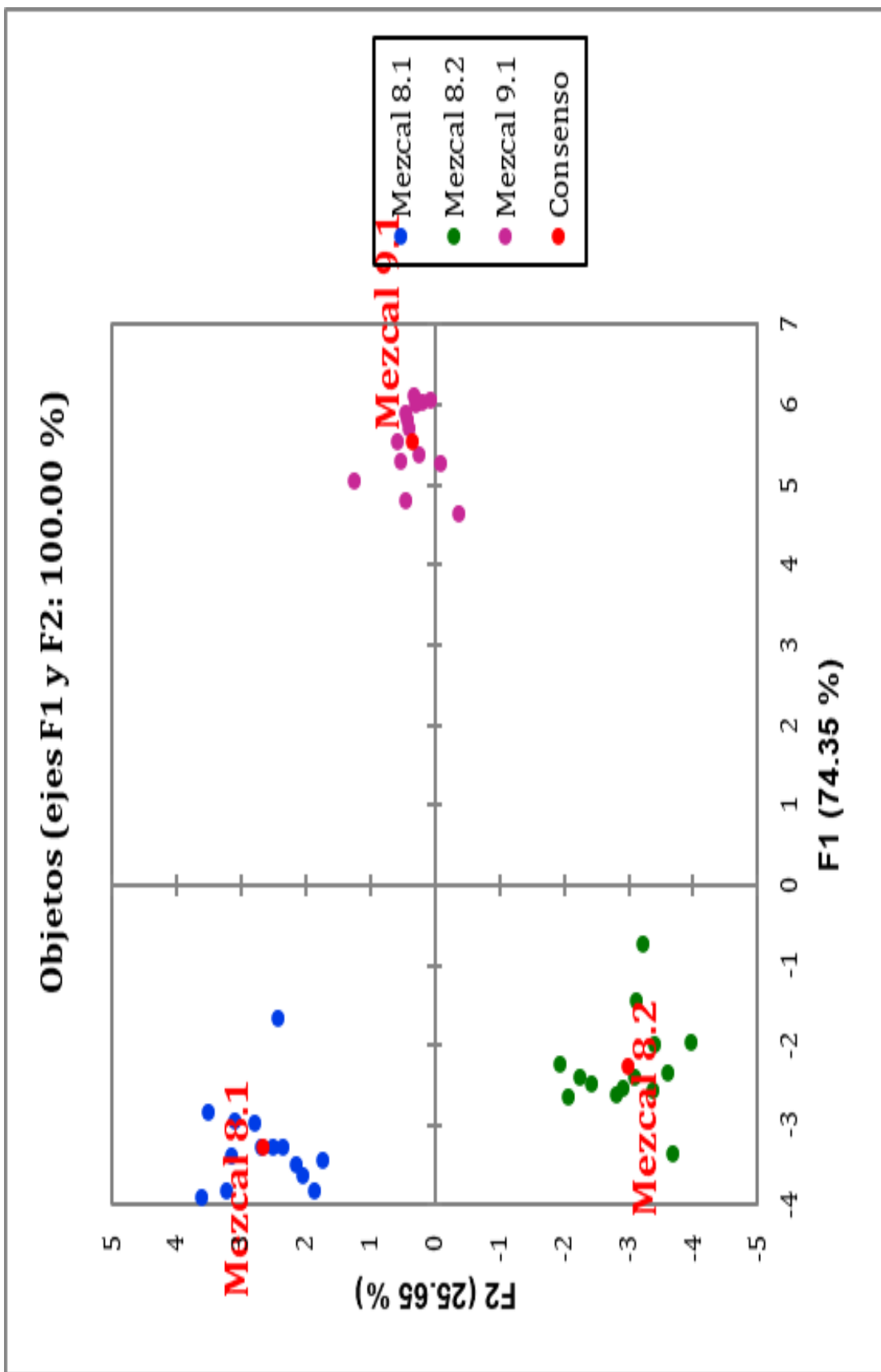


Figura 81 Consenso de los jueces al evaluar las muestras de *Agave americana* (8.1 y 8.2) y mezcla de *Agave americana* y *Agave karwinskii* (9.1)



A continuación, se presentan los resultados de PCA para el *Agave marmorata*

La figura 82 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de textura y apariencia, se observa que el componente 1 (F1) explica el 64.61% y el componente 2 (F2) explica el 35.39%.

En el primer cuadrante se observa el mezcal 6.2 el cual se encuentra correlacionado positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para el atributo de **Intensidad de color**.

En el segundo cuadrante se encuentran los atributos de **Retronasabilidad, Fresco, Palatabilidad, Adormecimiento, Picante, Ardiente, Quemante, Astringente, Caliente, Permanencia, Brillo, Halo plateado, Aceitoso, Película, y Tamaño de perlado** correlacionados positivamente al F1 y negativamente al F2 para la muestra 6.1

En el tercer cuadrante se observa la muestra 6.3 la cual se encuentra correlacionada negativamente a ambos factores F1 y F2.

Actualmente no existen otras investigaciones sobre el perfil sensorial de este tipo de agave en específico; sin embargo, Pablo (2019) genero el perfil sensorial de muestras de mezcal elaboradas en Oaxaca e identifico las sensaciones de picor y astringencia lo cual nos podría indicar que estas sensaciones son características de esta región.



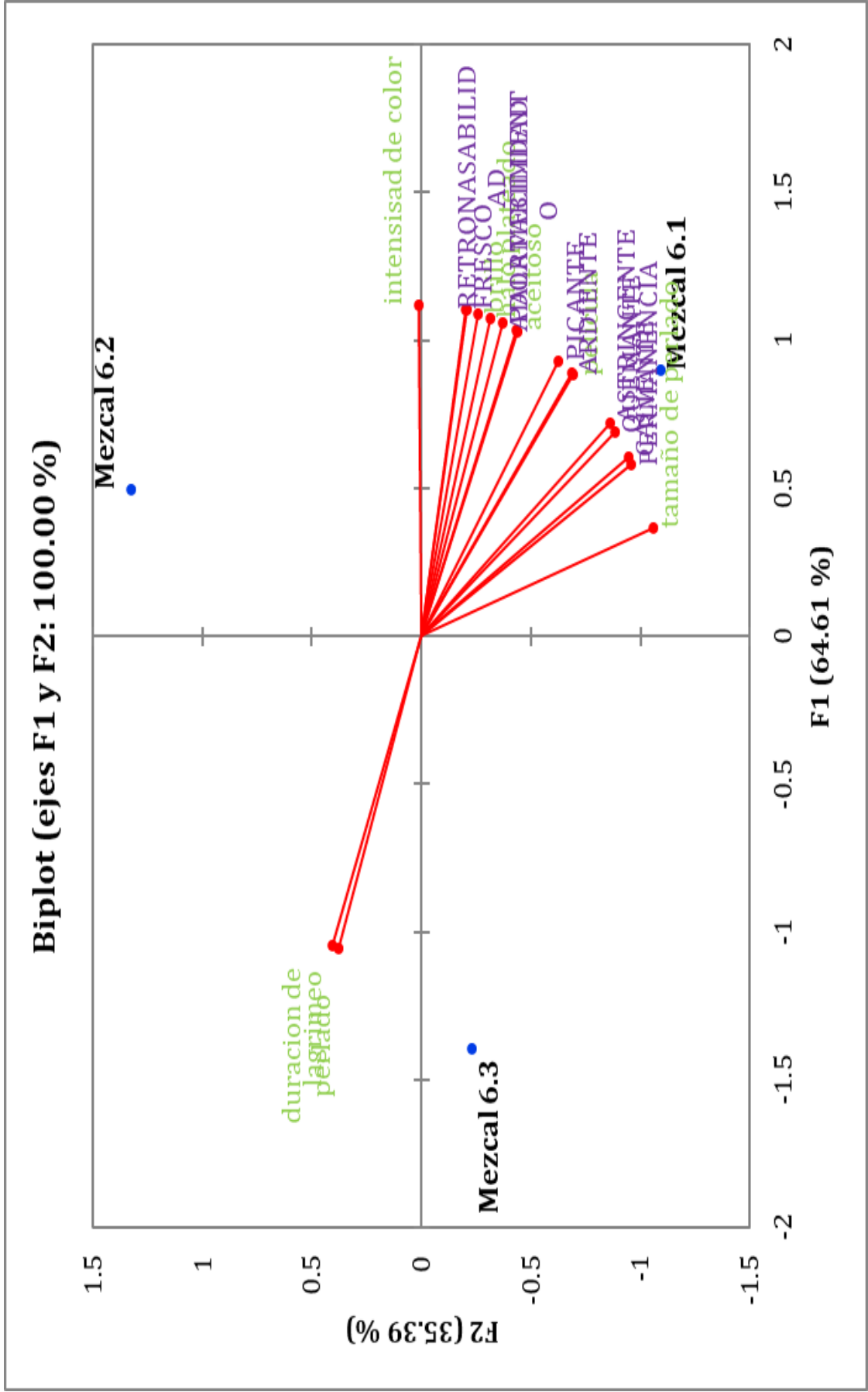


Figura 82 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de textura y apariencia para las muestras de Agave marmorata (6.1, 6.2 y 6.3)



La figura 83 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de olor, se observa que el componente 1 (F1) explica el 59.23% y el componente 2 (F2) explica el 40.77%.

En el primer cuadrante se encuentra la muestra 6.2 la cual se encuentra correlacionada positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de **Resina, Salmuera, Chile, Terroso, Romero, Frutal, Ajo, Umami, Aceituna, Anís, Fresco, Agave Fermentado, Metálico y Hongos.**

En el tercer cuadrante se encuentran los atributos De **Ácido, Azahar, Madera, Tabaco, Pimiento y Herbal** los cuales se encuentran correlacionados negativamente a ambos componentes (F1 y F2) para la muestra 6.1

En el cuarto cuadrante podemos observar la muestra 6.3 la cual se encuentra correlacionada negativamente al F1 y positivamente al F2 para los atributos de **Orégano, Barro y Agave.**

Como ya se mencionó anteriormente actualmente no existen otras investigaciones sobre el perfil sensorial de este tipo de agave en específico; sin embargo, Pablo (2019) genero el perfil sensorial de muestras de mezcal elaboradas en Oaxaca y encontró notas como: madera, agave, frutal y ácido lo cual nos indica que estas notas son características de esta región y están presentes en este agave.



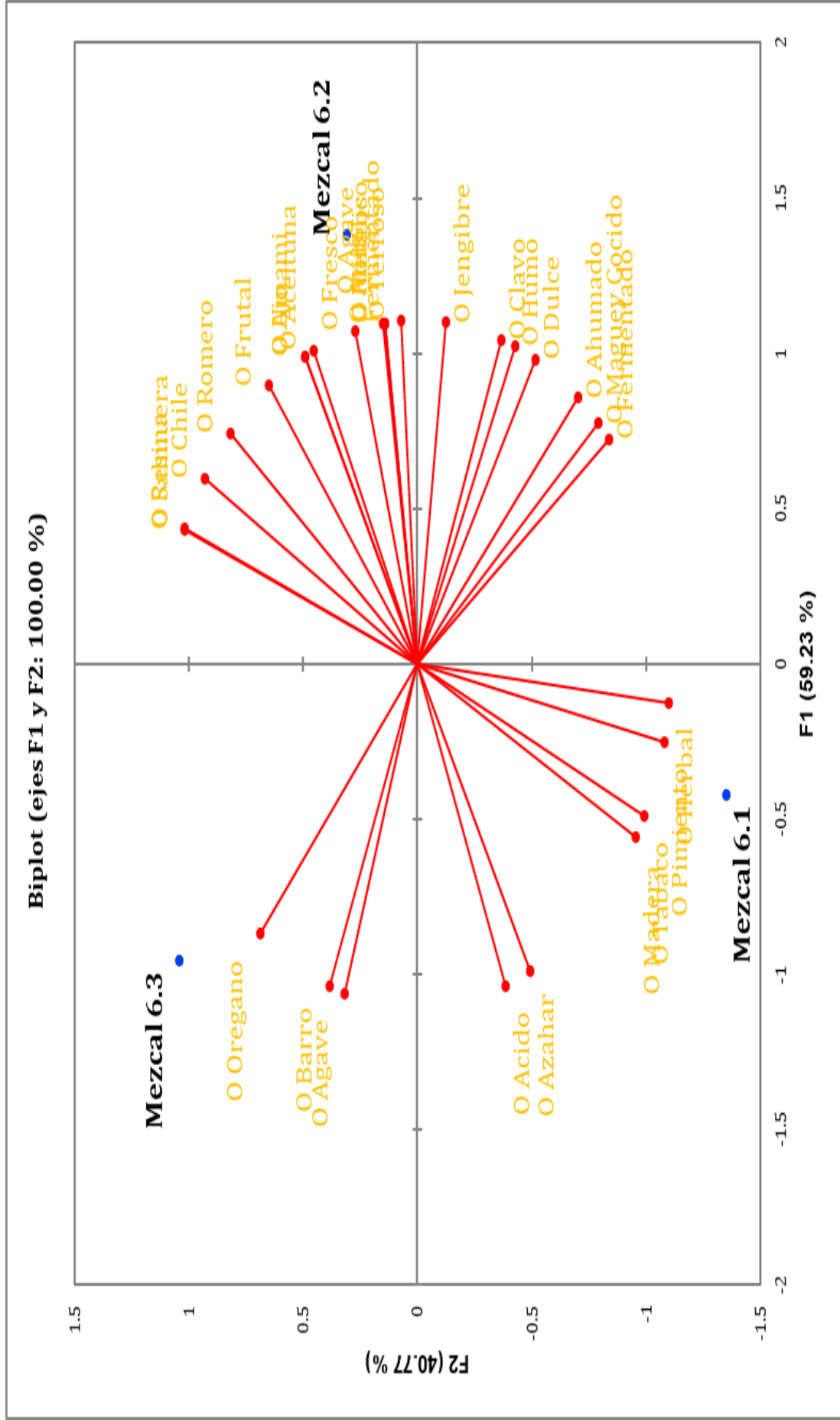


Figura 83 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de olor para las muestras de Agave marmorata (6.1, 6.2 y 6.3)



La figura 84 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de sabor y resabio, se observa que el componente 1 (F1) explica el 65.77% y el componente 2 (F2) explica el 34.23%.

En el primer componente se encuentra la muestra 6.1 la cual se encuentra correlacionada positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de **Metálico, Epazote, Madera, Menta, Ahumado, Jengibre, Seco, Esquites, Cuitlacoche, Agave Fermentado, Pasto, Naranja, Maguey Cocido y Resabio amargo.**

En el segundo cuadrante se encuentran los atributos de **Miel, Nuez, Umami, Azahar, Salado, Agave, Frutal, Dulce, Anís y Resabio metálico** los cuales se encuentran correlacionados negativamente a ambos componentes para la muestra 6.2

La muestra 6.3 se encuentra en el tercer cuadrante lo que nos indica que esta correlacionada negativamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de **Romero, Ácido y Maple.**

Como ya se mencionó anteriormente actualmente no existen otras investigaciones sobre el perfil sensorial de este tipo de agave en específico; sin embargo García (2012) generó el perfil sensorial de muestras elaboradas en Oaxaca e identificó notas como: agave dulce, frutal y seco; de igual manera Pablo (2019) generó el perfil flash de algunas muestras elaboradas en Oaxaca e identificó sabores como: agave, ahumado y amargo lo cual nos indica que estos sabores son característicos de esta zona y podrían ser proporcionados por este agave en específico.



Para corroborar la correcta evaluación del panel se decidió elaborar la gráfica de consenso para estas muestras en la figura 85 se puede observar el consenso de los jueces al evaluar las muestras de *Agave marmorata* de igual manera se observa que las 3 muestras presentan un perfil sensorial diferente sin embargo el mezcal 6.1 y 6.2 están correlacionadas positivamente al F1.



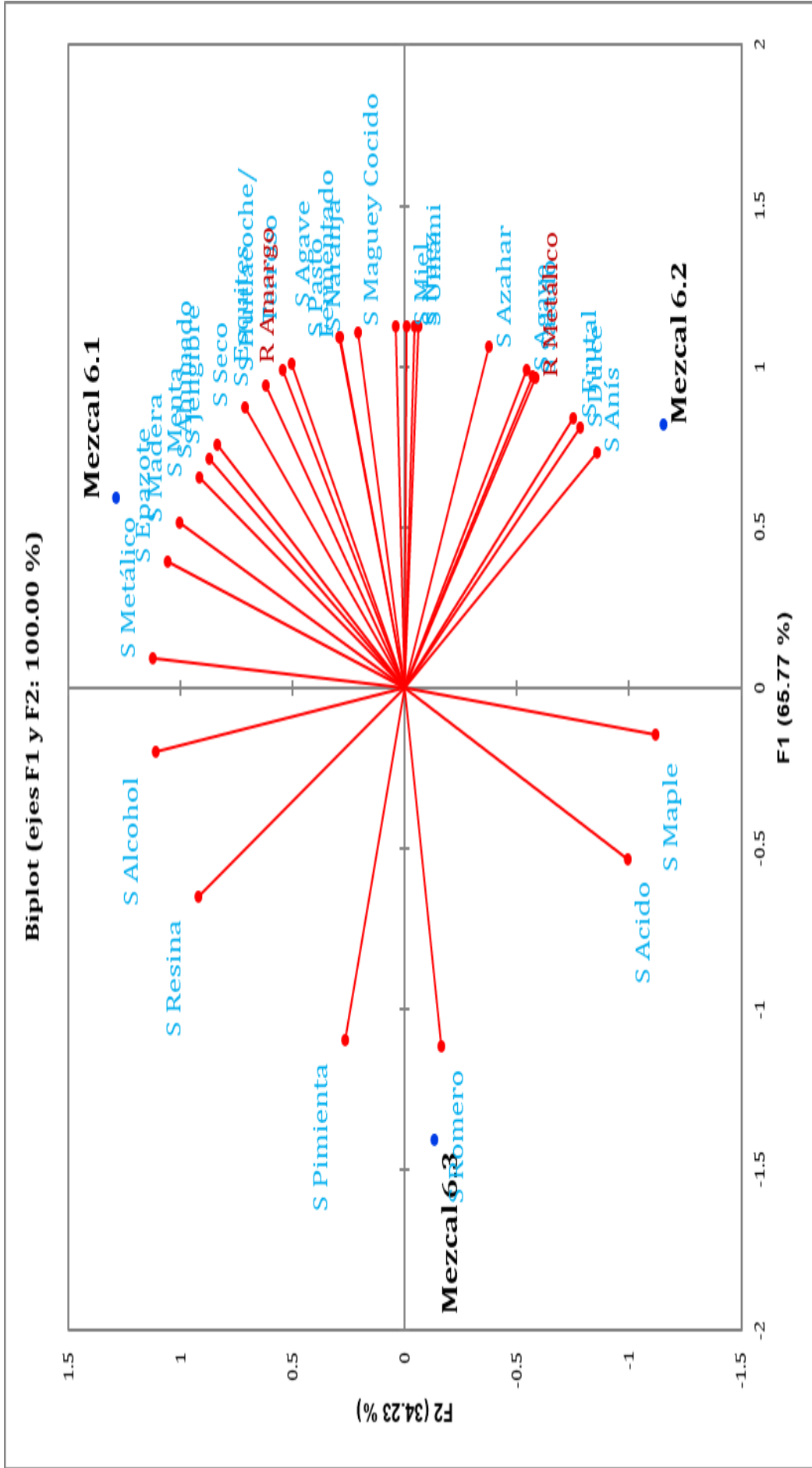


Figura 84 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de sabor y resabio para las muestras de Agave marmorata (6.1, 6.2 y 6.3)



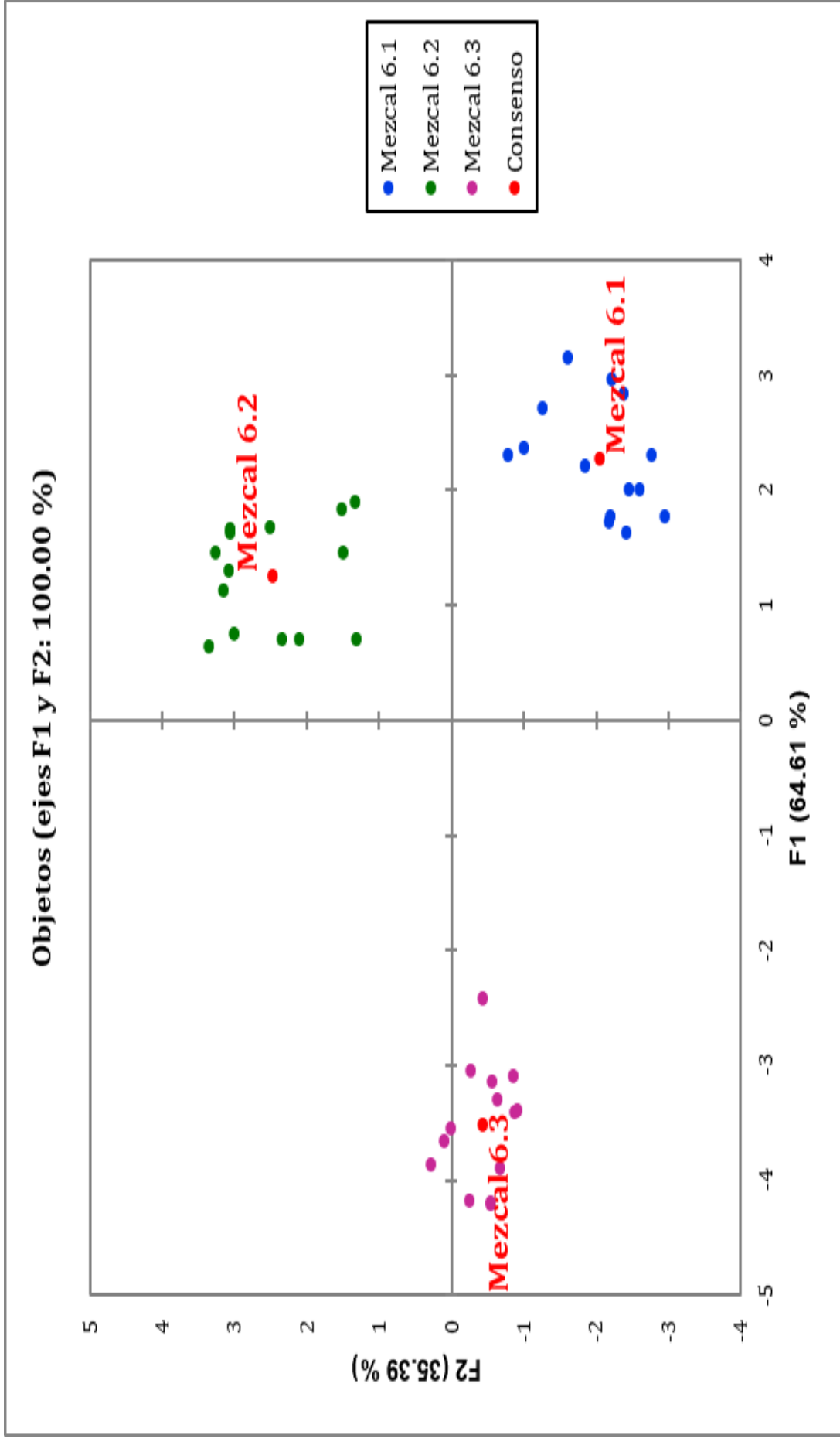


Figura 85 Consenso de los jueces al evaluar las muestras de Agave marmorata (6.1, 6.2 y 6.3)



A continuación, se presentan los resultados de PCA para el *Agave americana*

La figura 86 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de textura y apariencia, se observa que el componente 1 (F1) explica el 60.47% y el componente 2 (F2) explica el 39.53%.

La muestra 5.3 se encuentra correlacionada positivamente al componente F1 y negativamente al componente F2.

En el tercer cuadrante se encuentran los atributos de **Ardiente, Permanencia, Palatabilidad, Quemante, Fresco, Adormecimiento, Astringente, Película, Brillo y Tamaño de perlado** correlacionados negativamente a ambos componentes (F1 y F2) para la muestra 5.1

En el cuarto cuadrante se observa la muestra 5.2 la cual se encuentra correlacionada positivamente al componente F2 y negativamente al componente F1 para los atributos de **aceitoso, intensidad de color, picante, retronasabilidad y caliente.**

Al igual que con el *Agave marmorata* actualmente no existen otras investigaciones sobre el perfil sensorial del *Agave americana* en específico; en este agave igualmente se encontraron las sensaciones de astringencia y picor lo cual nos podría confirmar que estas sensaciones son características de esta región.

En la figura 72 se puede observar que el atributo de picante se encuentra correlacionado a las muestras 5.1 y 5.2 lo cual nos indica la posibilidad de que esta sensación la otorgue el *Agave americana* principalmente.



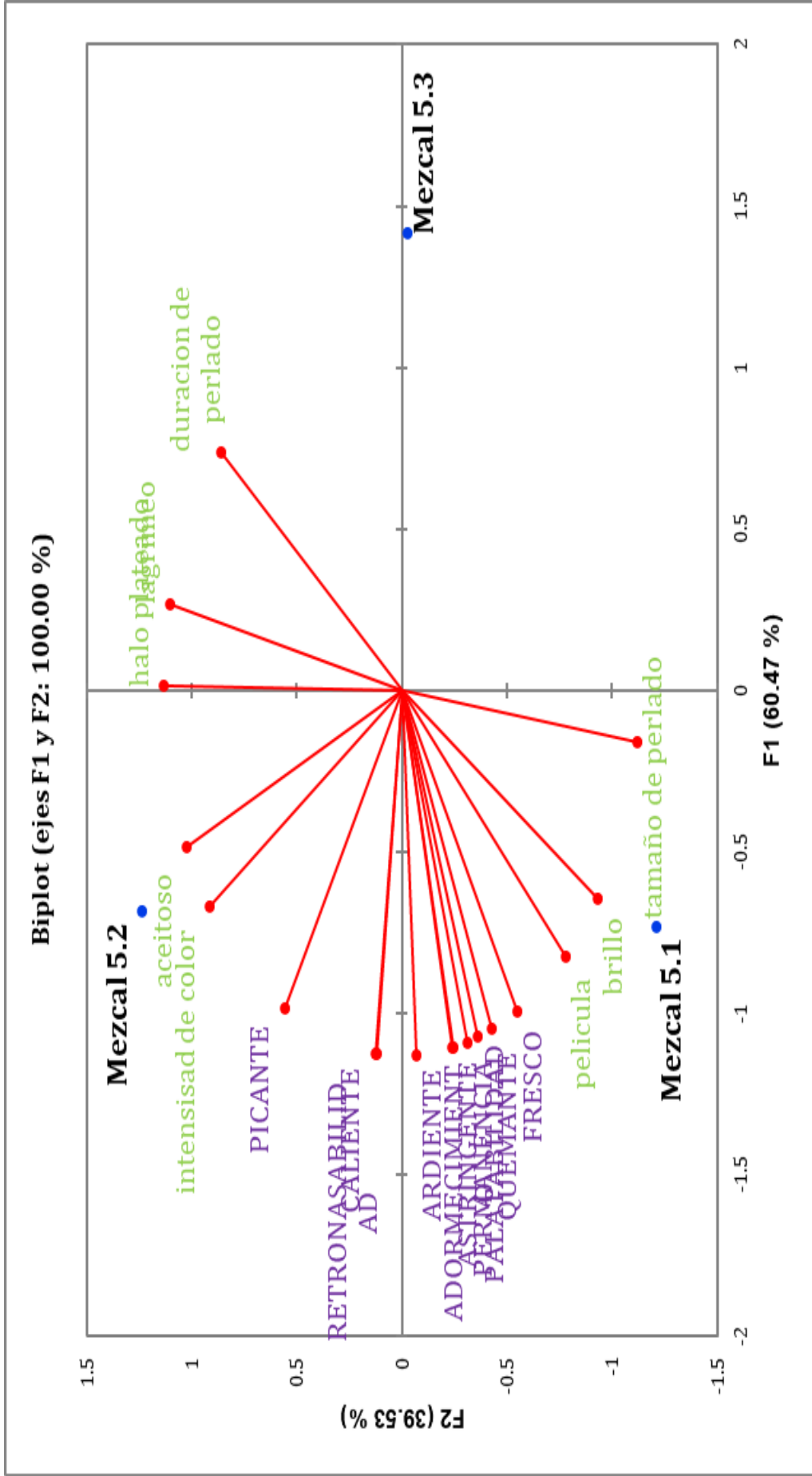


Figura 86 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de textura y apariencia para las muestras de Agave americana (5.1, 5.2 y 5.3)



La figura 87 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de olor, se observa que el componente 1 (F1) explica el 53.07% y el componente 2 (F2) explica el 46.93%.

En el primer cuadrante se observa la muestra 5.2 la cual esta correlacionada positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de **Umami, Humo, Fresco, Metálico, Frutal, Azahar, Fermentado, Aceituna, Tabaco, Ajo, Hongos, Anís, Herbal y Orégano.**

En el tercer cuadrante se encuentran los atributos de **Ácido, Agave fermentado y Madera** los cuales se encuentran correlacionados negativamente a ambos componentes F1 y F2 para la muestra 5.3

En el tercer cuadrante se encuentra la muestra 5.1 la cual esta correlacionada positivamente al F2 y negativamente al F1 para los atributos de **Jengibre, Clavo, Maguey Cocido, Ahumado, Pimiento, Salmuera, Terroso y Agave.**

Como se mencionó no existen otras investigaciones sobre el perfil sensorial del *Agave americana* en específico; en este agave igualmente se encontraron las notas de madera, ácido, frutal y agave podría confirmar que estos olores son características de esta región según lo identificado por Pablo (2019).

En la figura 68 no se observa ninguna muestra correlacionada con estos atributos lo cual nos confirma que son olores característicos de la región sin embargo no son característicos del agave.



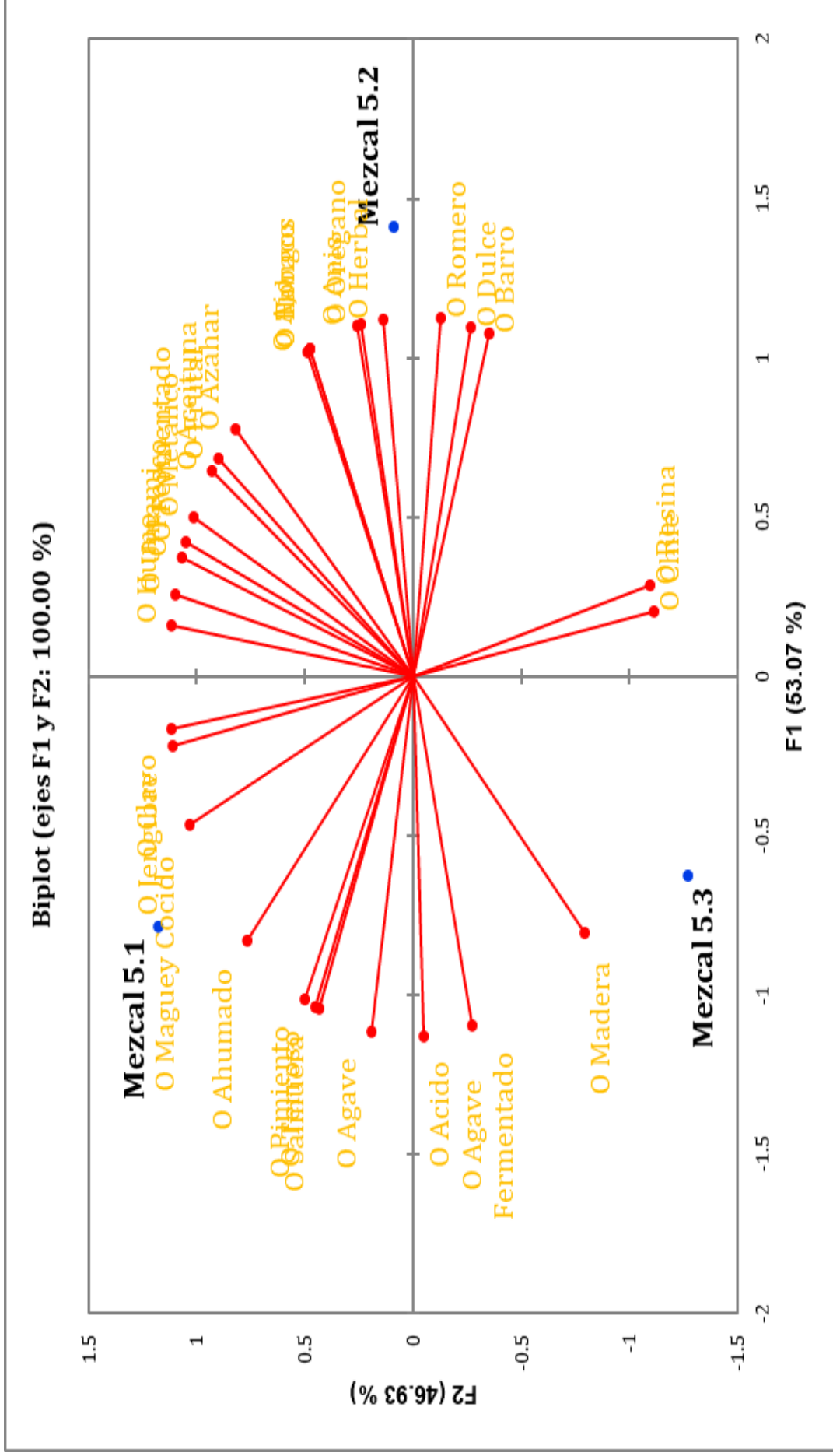


Figura 87 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de olor para las muestras de Agave americana (5.1, 5.2 y 5.3)



La figura 88 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de sabor y resabio, se observa que el componente 1 (F1) explica el 60.21% y el componente 2 (F2) explica el 39.79%.

En el primer cuadrante se observa la muestra 5.2 la cual se encuentra correlacionada positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de **Jengibre, Dulce, Frutal, Miel, Esquites, Azahar, Anís, Menta Romera, Cuitlacoche, Salado y Resabio amargo.**

En el segundo cuadrante se encuentran los atributos de **Umami, Epazote, Naranja, Pasto, Agave, Seco, Acido, Metálico, Resina, Maguey Cocido, Nuez, Ahumado, Alcohol, Agave Fermentado y Resabio metálico** los cuales están correlacionados positivamente a F1 y negativamente al F2 para la muestra 5.1

En el cuarto cuadrante se encuentra la muestra 5.3 la cual esta correlacionada positivamente al F2 y negativamente al F1 para el atributo de **Maple.**

Como se mencionó no existen otras investigaciones sobre el perfil sensorial del *Agave americana* en específico; en este agave igualmente se encontraron las notas de agave, dulce, frutal, seco, ahumado y amargo lo cual podría confirmar que estos sabores son características de esta región según lo identificado por Pablo (2019) y García (2012).

En la figura 70 no se observa ninguna muestra correlacionada con estos atributos lo cual nos confirma que son olores característicos de la región sin embargo no son característicos del agave. Sin embargo, en la figura 73 se observan las muestras 5.1 y 5.2 correlacionadas con el atributo de resabio amargo lo cual nos indica que este resabio es particular de este tipo de agave.



Para corroborar la correcta evaluación del panel se decidió elaborar la gráfica de consenso para estas muestras en la figura 89 se puede observar el consenso de los jueces al evaluar las muestras de *Agave americana* de igual manera se observa que las 3 muestras presentan un perfil sensorial diferente sin embargo el mezcal 5.3 es el único correlacionado negativamente al F1.



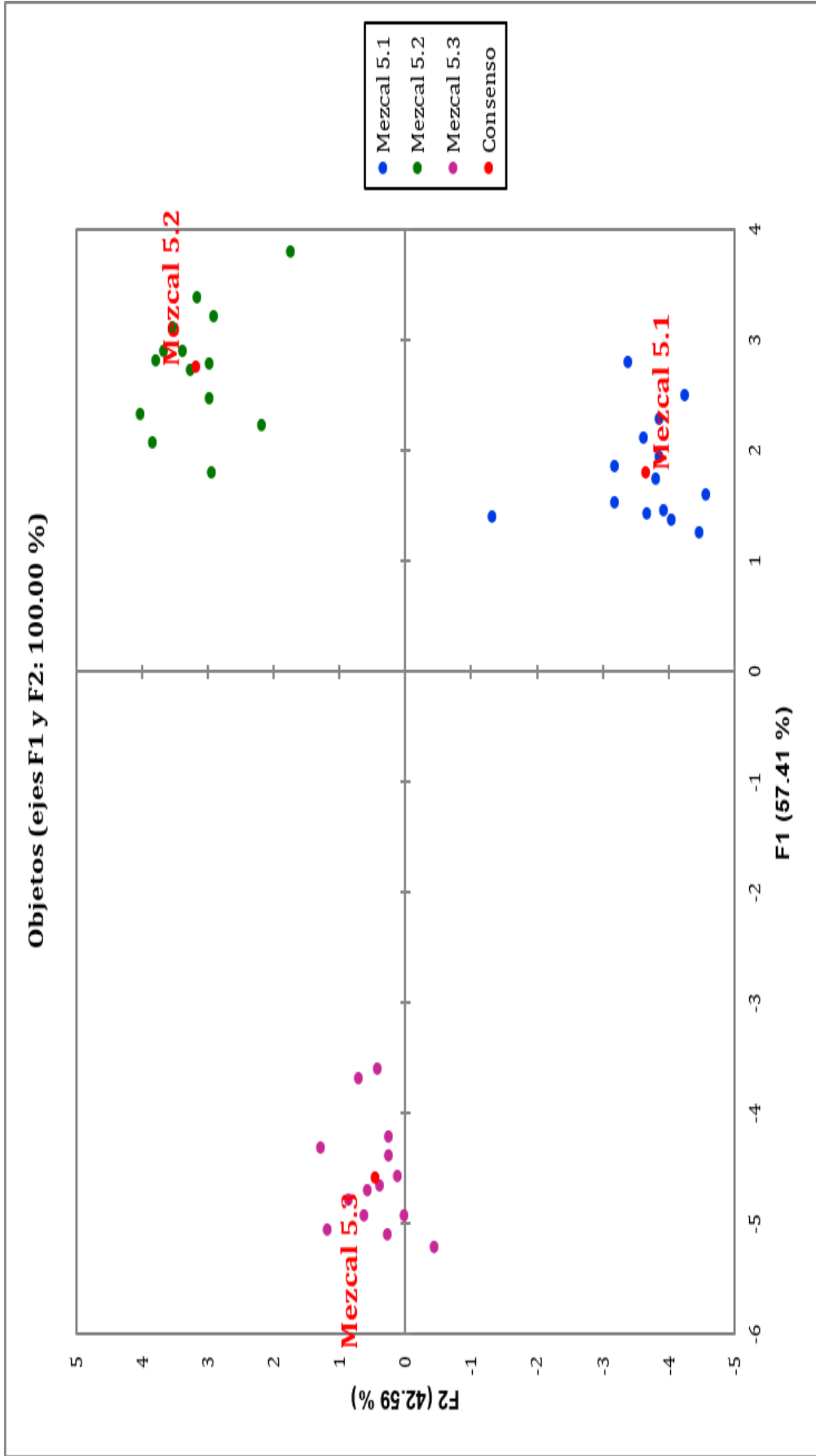


Figura 89 Consenso de los jueces al evaluar las muestras de Agave americana (5.1, 5.2 y 5.3)



A continuación, se presentan los resultados de PCA para el *Agave potatorum*

La figura 90 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de apariencia y textura, se observa que el componente 1 (F1) explica el 67.88% y el componente 2 (F2) explica el 32.21%.

En el primer componente se encuentran los atributos de **Duración De Perlado, Halo Plateado, Intensidad de color, Aceitoso y Película** los cuales están correlacionados positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para la muestra 4.2

En el segundo cuadrante se encuentra la muestra 4.1 la cual esta correlacionada positivamente al F1 y negativamente al F2 para el atributo de **Brillo**.

En el cuarto cuadrante se observa la muestra 4.3 la cual esta correlacionada negativamente al F1 y positivamente al F2 para el atributo de **Astringente**.

Espinosa y Reyes (2014) identificaron las sensaciones de adormecimiento, astringencia y retronasabilidad en una muestra elaborada con *Agave potatorum* lo cual nos indica que este agave proporciona estas sensaciones al ser degustado.



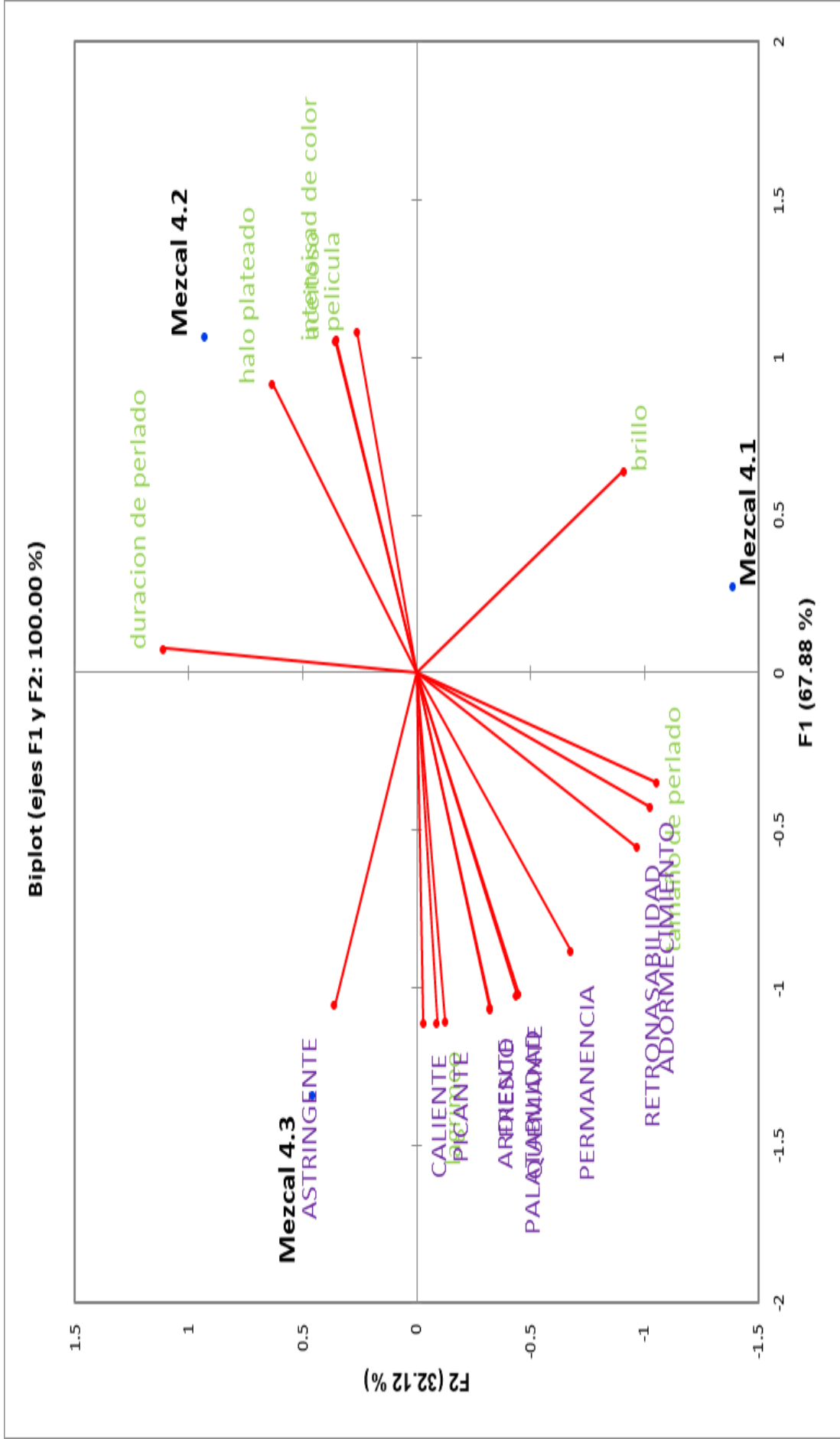


Figura 90 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de textura y apariencia para las muestras de Agave potatorum (4.1,4.2 y 4.3)



La figura 91 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de olor, se observa que el componente 1 (F1) explica el 67.73% y el componente 2 (F2) explica el 32.27%.

En el primer cuadrante se observan los atributos de **Azahar, Acido, Humo, Salmuera, Metálico, Pimiento y Umami** para la muestra 4.2 los cuales están correlacionados positivamente para ambos componentes (F1 y F2).

En el segundo cuadrante se encuentran los atributos de **Anís, Ajo, Orégano y Resina** los cuales se encuentran correlacionados positivamente al F1 y negativamente al F2 para la muestra 4.1

En el cuarto cuadrante se observa la muestra 4.3 la cual esta correlacionada positivamente al F2 y negativamente al F1 para los atributos de **Barro, Chile, Dulce, Jengibre, Aceituna, Frutal, Fresco, Agave Fermentado, Clavo, Madera y Fermentado** por lo que podemos concluir que estas notas son potenciadas por el destilador de ollas de barro.

Espinosa y Reyes (2014) identificaron los olores de barro, orégano, chile, dulce y frutal en una muestra elaborada con *Agave potatorum*, De igual manera identificaron notas a resina, agave fermentado, jengibre y ajo sin embargo estas notas fueron identificadas en un mezcal elaborado con una mezcla de *Agave potatorum*, *Agave angustifolia* y *Agave karwinskii* debido a que los olores de resina y ajo fueron identificados en la muestra 4.1 y los olores de agave fermentado y jengibre fueron identificados e la muestra 4.3 podemos decir que estos 4 olores los proporciona el *Agave potatorum* y no los otros agaves.



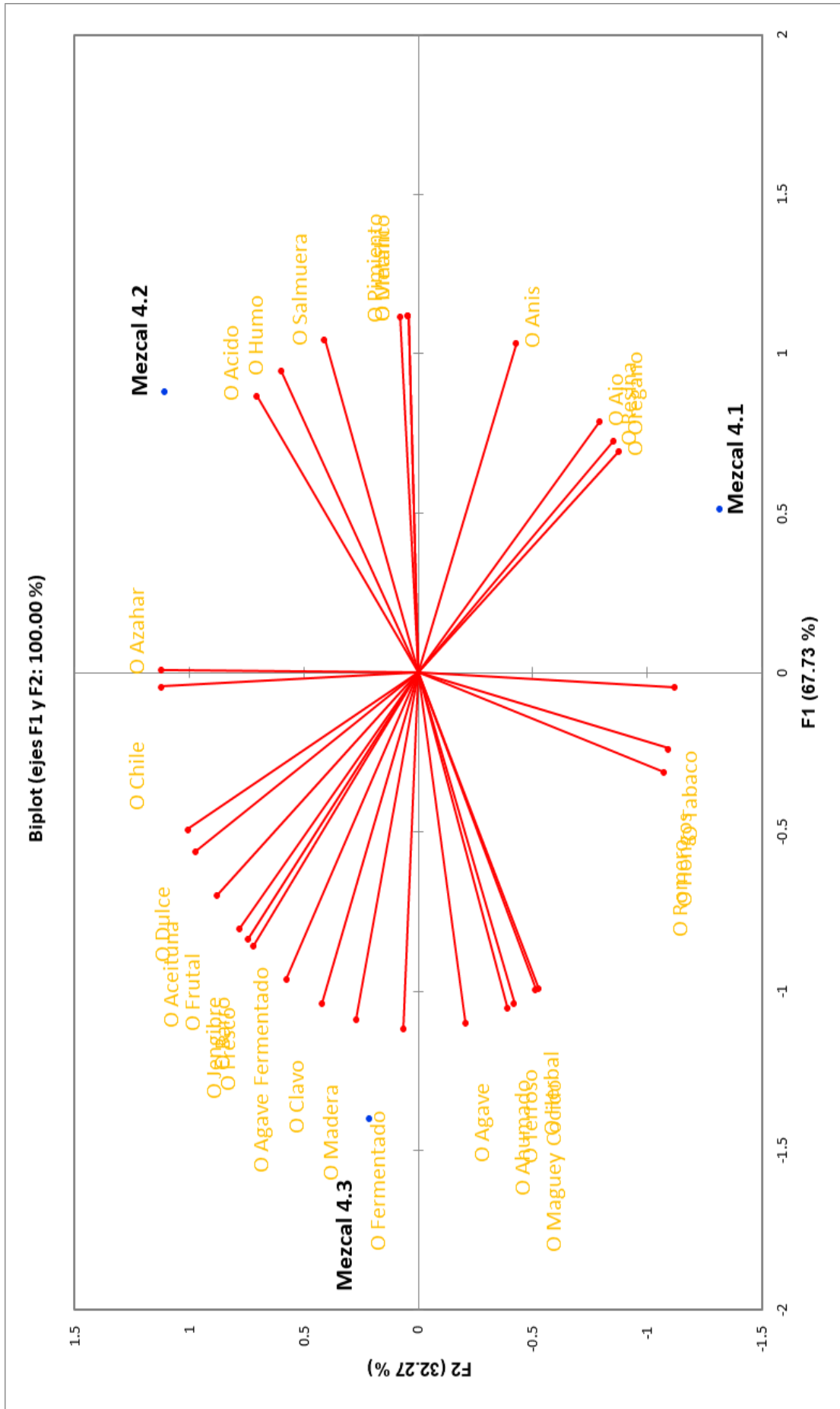


Figura 91 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de olor para las muestras de Agave potatorum (4.1, 4.2 y 4.3)



La figura 92 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de sabor y resabio, se observa que el componente 1 (F1) explica el 72.40% y el componente 2 (F2) explica el 27.60%

En el primer cuadrante se observa la muestra 4.2 la cual se encuentra correlacionada positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de **Alcohol, Epazote, Menta, Miel, Pasto, Huitlacoche, Naranja, Maple, Esquites y Azahar.**

En el segundo cuadrante se observan los atributos de **Umami y Nuez** los cuales están correlacionados positivamente al F1 y negativamente al F2 para la muestra 4.1

En el cuarto cuadrante se encuentran los atributos de **Jengibre, Dulce, Pimienta, Agave Fermentado, Frutal, Agave, Madera, Anís, Romero y Resabio metálico** que están correlacionados positivamente al F2 y negativamente al F1 para la muestra 4.3.

Espinosa y Reyes (2014) identificaron en una muestra elaborada con *Agave potatorum* los sabores de: agave fermentado, nuez, huitlacoche, naranja, umami y jengibre lo cual nos indica que estos sabores son proporcionados por este agave en específico; de igual manera identificaron las notas a pimienta y anís sin embargo estas notas fueron identificadas en un mezcal elaborado con una mezcla de *Agave potatorum*, *Agave angustifolia* y *Agave karwinskii* debido a que ambos sabores fueron identificados en la muestra 4.3 podemos decir que estos 4 olores los proporciona el *Agave potatorum* destilado en olla de barro y no los otros agaves.

En la figura 70 podemos observar que los atributos de umami, pimienta, jengibre, chile, frutal y agave fermentado si se encuentran correlacionados a las muestras elaboradas con este tipo de agave lo cual nos confirma que estos sabores son principalmente otorgados por este tipo de agave.



Para corroborar la correcta evaluación del panel se decidió elaborar la gráfica de consenso para estas muestras en la figura 93 se puede observar el consenso de los jueces al evaluar las muestras de *Agave potatorum* de igual manera se observa que las 3 muestras presentan un perfil sensorial diferente sin embargo el mezcal 4.3 es el único correlacionado negativamente al F1.



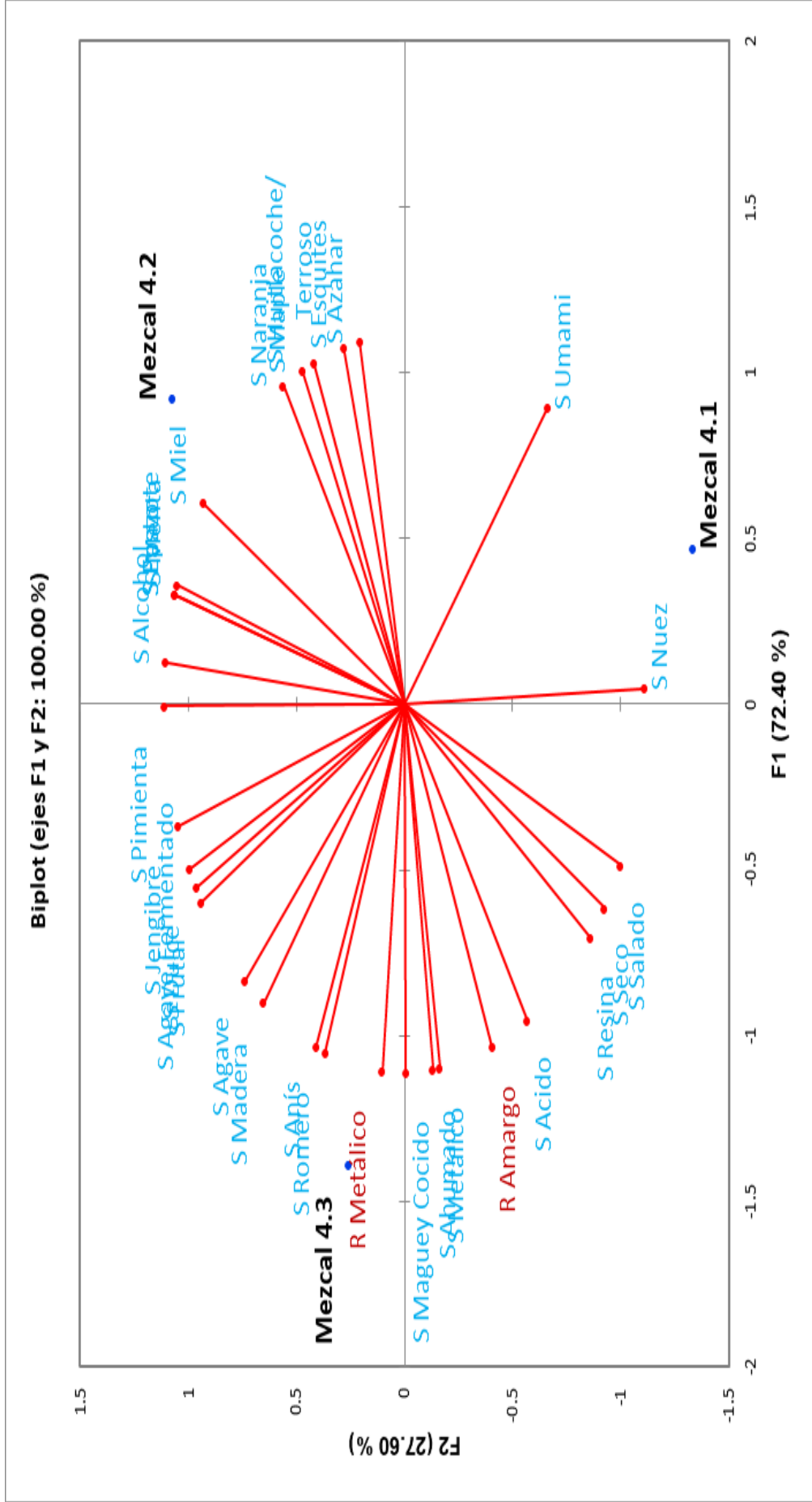
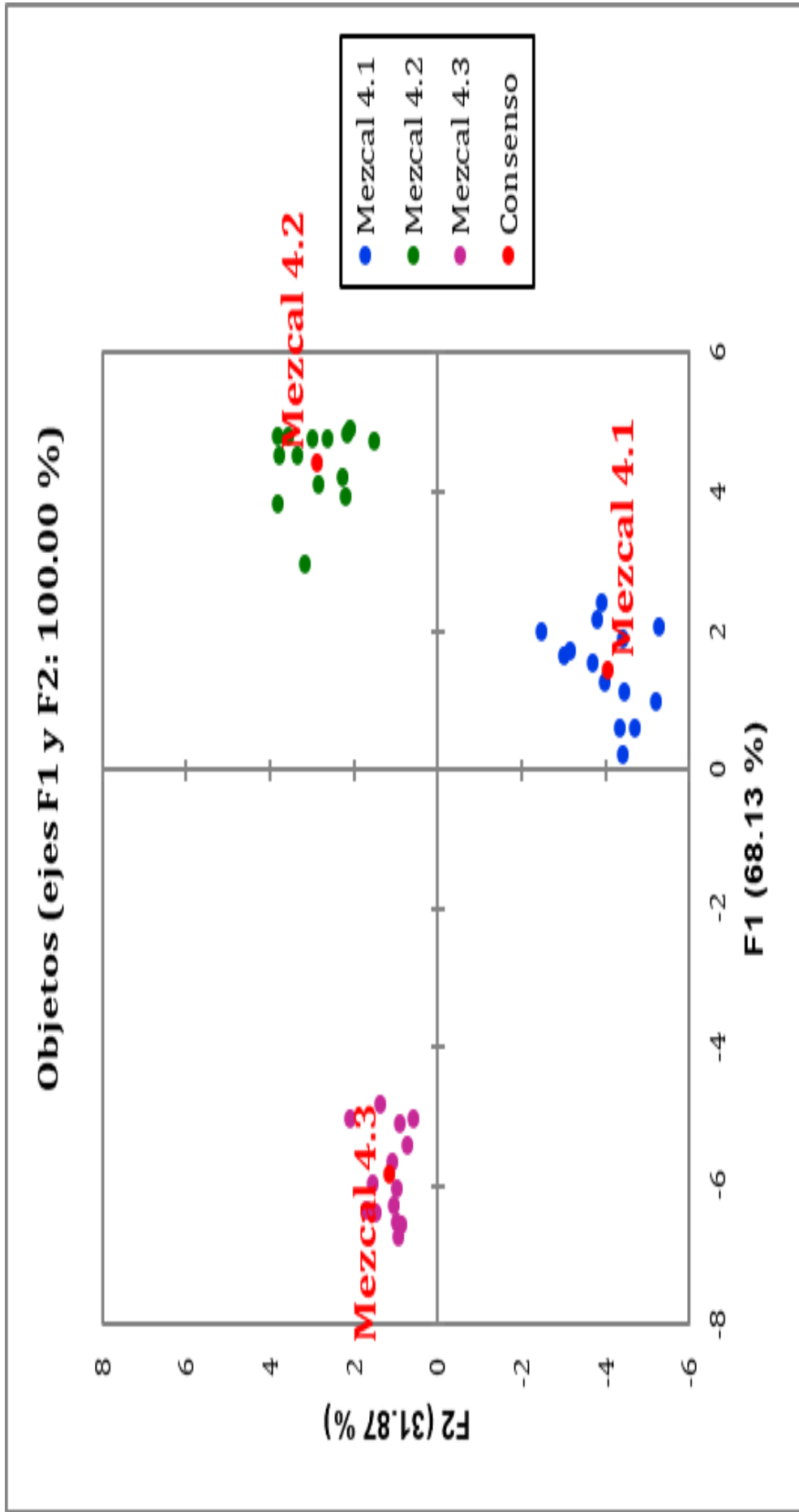


Figura 92 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de sabor y resabio para las muestras de Agave potatorum (4.1, 4.2 y 4.3)





A continuación, se presentan los resultados de PCA para el *Agave karwinskii*

La figura 94 muestra un porcentaje de explicación total del 59.14% perfil para los atributos de apariencia y textura, se observa que el componente 1 (F1) explica el 34.38% y el componente 2 (F2) explica el 24.76%.

En el primer cuadrante se observan las muestras 3.2 y 7.1 las cuales se encuentran correlacionadas positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de **Película, Tamaño de perlado, intensidad de color, Halo plateado, Fresco y Palatabilidad**.

En el segundo cuadrante se observan las muestras 8.11, 7.3 y 3.3 las cuales están correlacionadas positivamente al F1 y negativamente al F2 para el atributo de **duración de perlado**.

En el tercer cuadrante se observan los atributos de **Retronasabilidad** y **Lagrimeo** para la muestra 2.3 la cual esta correlacionada negativamente a ambos componentes (F1 y F2) esto nos indica que estos atributos son proporcionados por el *Agave karwinskii*, pero en especial del conocido como Agave tobaciche y destilado en olla de barro.

En el cuarto cuadrante se observan las muestras 2.1 y 2.2 las cuales están correlacionadas negativamente al F1 y positivamente al F2 para los atributos de **Brillo, Aceitoso, Picante, Ardiente, Adormecimiento, Quemante, Permanencia, Astringente y Caliente**, esto nos indica que estos atributos son proporcionados del *Agave karwinskii*, pero en especial del conocido como Agave tobaciche.



García (2022) identificó en una muestra elaborada con *Agave Karwinskii* y *Agave angustifolia* las sensaciones de adormecimiento y fresco, de igual manera Espinosa y Reyes (2014) identificaron las sensaciones de adormecimiento, fresco y picante en una muestra elaborada con *Agave Karwinskii* (San Martinero) lo cual nos indica que son sensaciones predominantes en mezcales elaborados con *Agave karwinskii*.



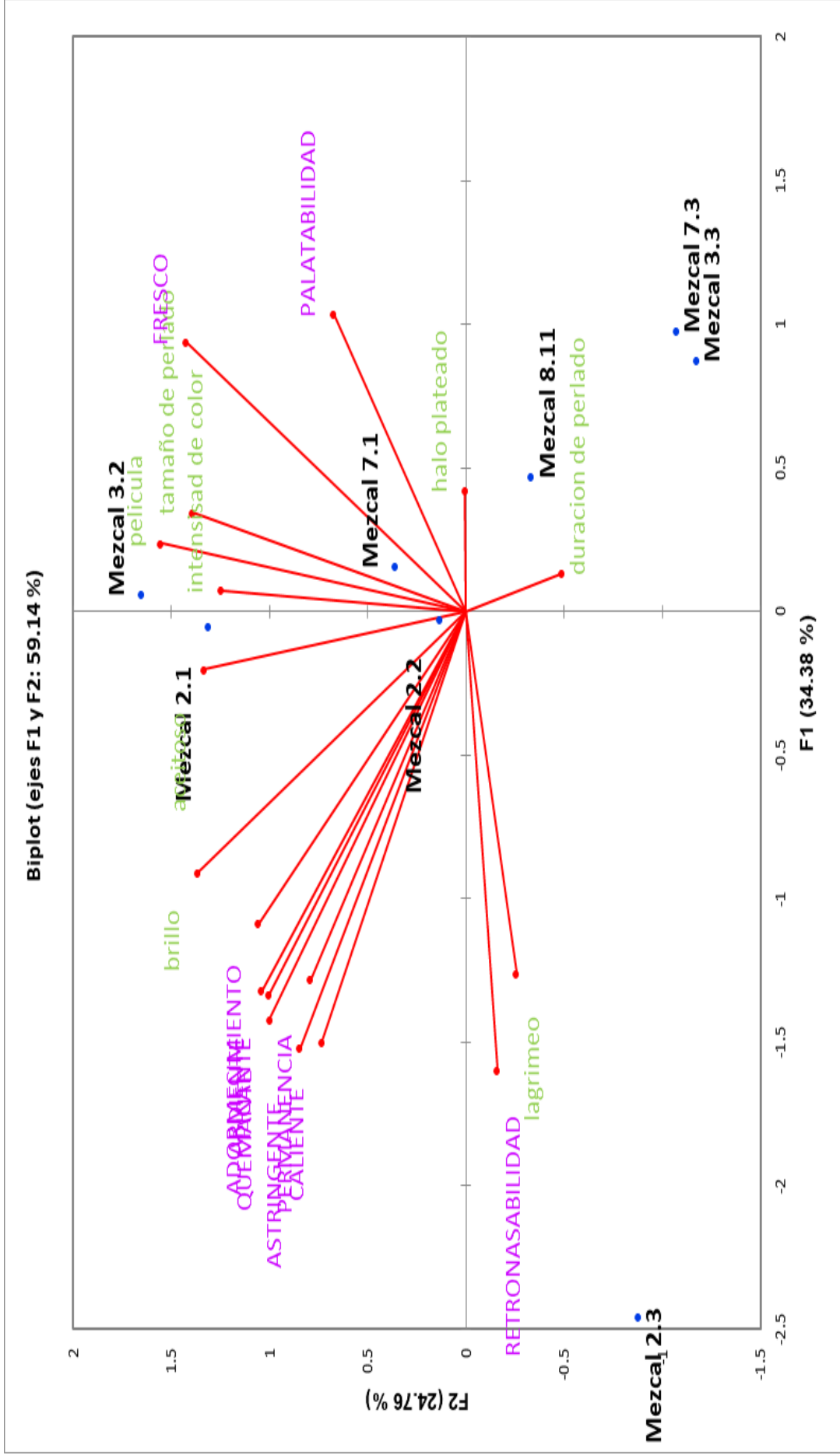


Figura 94 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de textura y apariencia para las muestras de *Agave karwinskii* (2.1, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 7.1, 7.3 y 8.11)

La figura 95 muestra un porcentaje de explicación total del 51.54% perfil para los atributos de olor, se observa que el componente 1 (F1) explica el 34.08% y el componente 2 (F2) explica el 17.46%.

En el primer cuadrante se observan las muestras 2.1, 2.2 y 3.2 las cuales están correlacionadas positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para los atributos de **Fermentado, Frutal, Maguey Cocido, Fresco, Agave Fermentado, Acido Aceituna, Anís, Agave, Tabaco, Terroso, Resina, Madera y Herbal**, esto nos indica que estas notas son características del *Agave karwinskii* conocido como agave tobasiche siempre y cuando sea destilado en destilador de cobre con platillos y del *Agave karwinskii* conocido como Agave Cuishe destilado en el mismo tipo de destilador.

En el segundo cuadrante se observan los atributos de **Barro, Ahumado, Metálico, Clavo, Romero y Humo** los cuales están correlacionados positivamente al F1 y negativamente al F2 para la muestra 2.3, lo cual nos indica que estas notas son propias *del Agave karwinskii* conocido como agave tobasiche destilado en ollas de barro.

En el tercer cuadrante se observan las muestras 8.11, 7.1, 3.3 y 7.3 para los atributos De **Ajo, Chile y Jengibre** los cuales se encuentran correlacionados negativamente a ambos componentes F1 y F2.

García (2022) identificó aromas a humo, madera, agave, resina, chile, frutal y jengibre en dos muestras elaboradas con *Agave karwinskii* y *Agave angustifolia* sin embargo como las notas de agave, frutal y resina fueron identificadas en las muestras 2.1, 2.2 y 3.2, la nota a humo fue encontrada en la muestra 2.3 y las notas a chile y jengibre en las muestras 8.11, 7.1, 3.3 y 7.3 podemos decir que estas notas son proporcionadas en mayor intensidad por el *Agave karwinskii*.



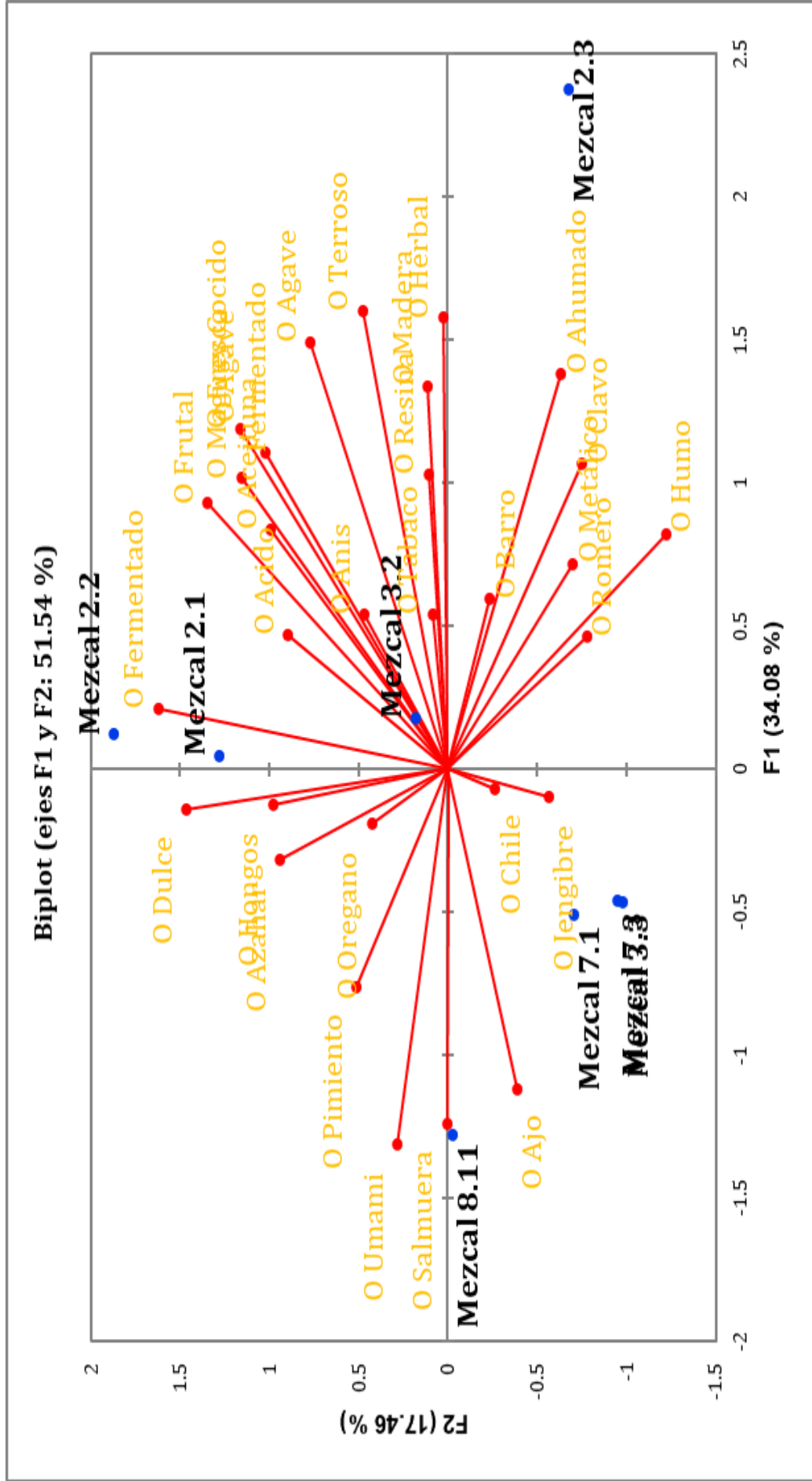


Figura 95 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de olor para las muestras de *Agave karwinskii* (2.1, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 7.1, 7.3 y 8.11)



La figura 96 muestra un porcentaje de explicación total del 69.66% perfil para los atributos de sabor y resabio, se observa que el componente 1 (F1) explica el 55.27% y el componente 2 (F2) explica el 14.39%.

En el primer cuadrante se encuentran los atributos de **Miel, Maple, Anís, Nuez, Epazote y Azahar** los cuales están correlacionados positivamente a ambos componentes (F1 y F2) para las muestras 3.3, 7.3, 8.11 y 7.1

En el segundo cuadrante se observan las muestras 3.2, 2.1 y 2.2 las cuales están correlacionadas positivamente al F1 y negativamente al F2 en los atributos de **Resina, Maguey Cocido, Pasto, Seco, Metálico, Agave Fermentado y Ácido** esto nos indica que estas notas son características del *Agave karwinskii* conocido como agave tobasiche siempre y cuando sea destilado en destilador de cobre con platillos y del *Agave karwinskii* conocido como Agave Cuishe destilado en el mismo tipo de destilador.

En el tercer cuadrante se observa la muestra 2.3 la cual está correlacionada negativamente a ambos componentes F1 y F2 para los atributos de **Romero, Menta, Cuitlacoche, Dulce, Agave, Jengibre, Ahumado, Alcohol, Frutal, Umami, Resabio Amargo y Resabio metálico** lo cual nos indica que estas notas son propias del *Agave karwinskii* conocido como agave tobasiche destilado en ollas de barro.

Espinosa y Reyes (2014) identificaron en una muestra elaborada con agave San Martinero (*Agave karwinskii*) las notas de agave fermentado, nuez, dulce, huitlacoche, umami, naranja y jengibre, de igual manera García (2022) identificó las notas de huitlacoche, jengibre, dulce, anís y umami en una muestra elaborada con *Agave*



karwinskii y *Agave angustifolia* sin embargo como estas notas fueron encontradas en las muestras 2.3, 3.3 7.3, 8.11 y 7.1 podemos decir que son proporcionadas en mayor intensidad por el *Agave karwinskii*.

Para corroborar la correcta evaluación del panel se decidió elaborar la gráfica de consenso para estas muestras en la figura 97 se puede observar el consenso de los jueces al evaluar las muestras de *Agave karwinskii*, en esta misma grafica se observa que las muestras 3.2, 2.1, 2.2 y 7.1 son similares ya que las 4 muestras se encuentran en el mismo cuadrante, de igual manera se observa que las muestras 8.11, 3.3 y 7.3 son similares ya que las 3 muestras se encuentran en el segundo cuadrante; así mismo se puede observar que la muestra 2.3 es la muestra diferente de este conjunto ya que es la única muestra en tercer cuadrante el cual esta correlacionado negativamente a ambos componentes F1 y F2. A pesar de algunos atributos comunes entre los mezcales se puede observar que los jueces si logran discriminar entre muestras.



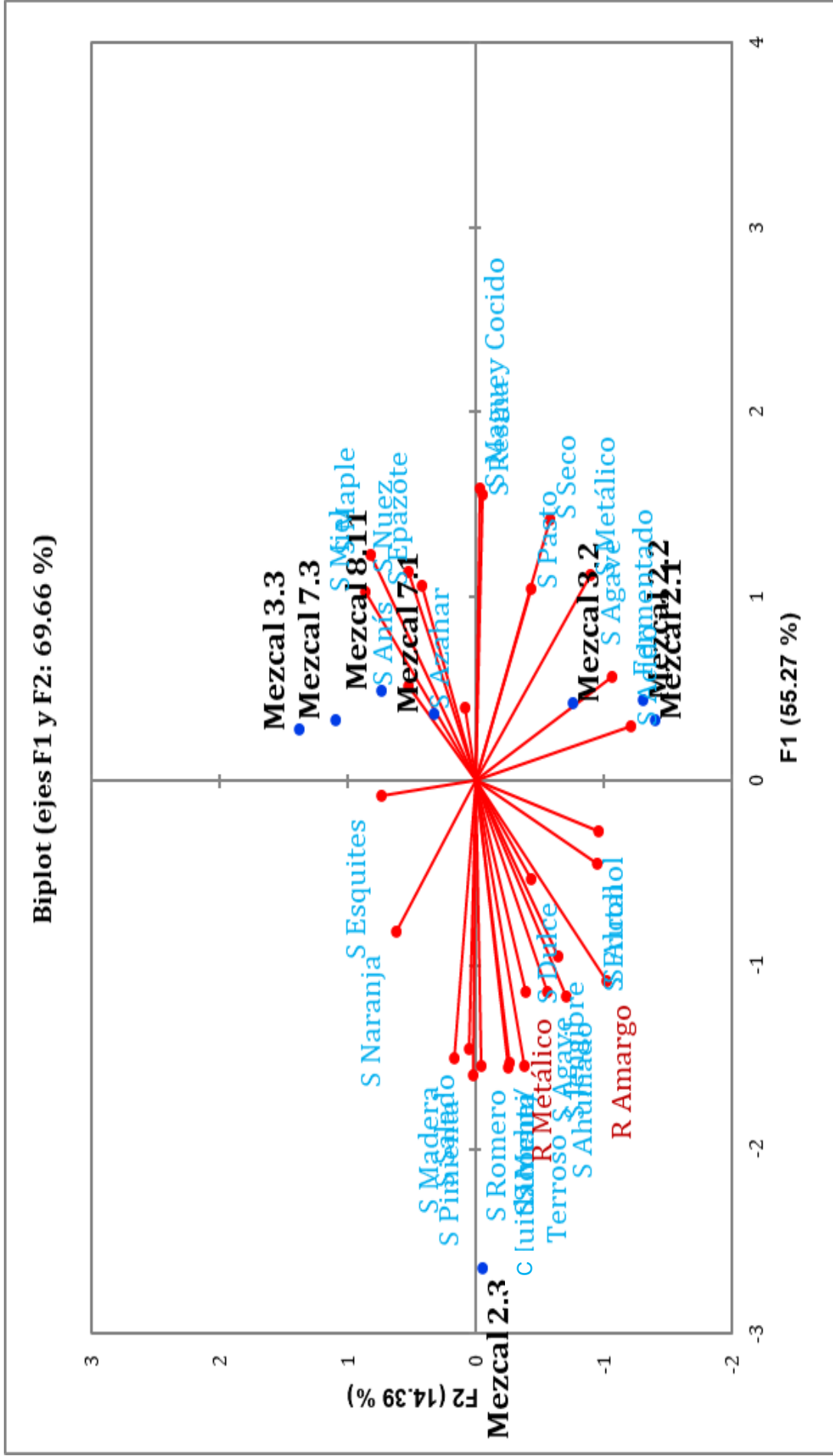


Figura 96 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de sabor y resabio para las muestras de *Agave karwinskii* (2.1, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 7.1, 7.3 y 8.1.1)



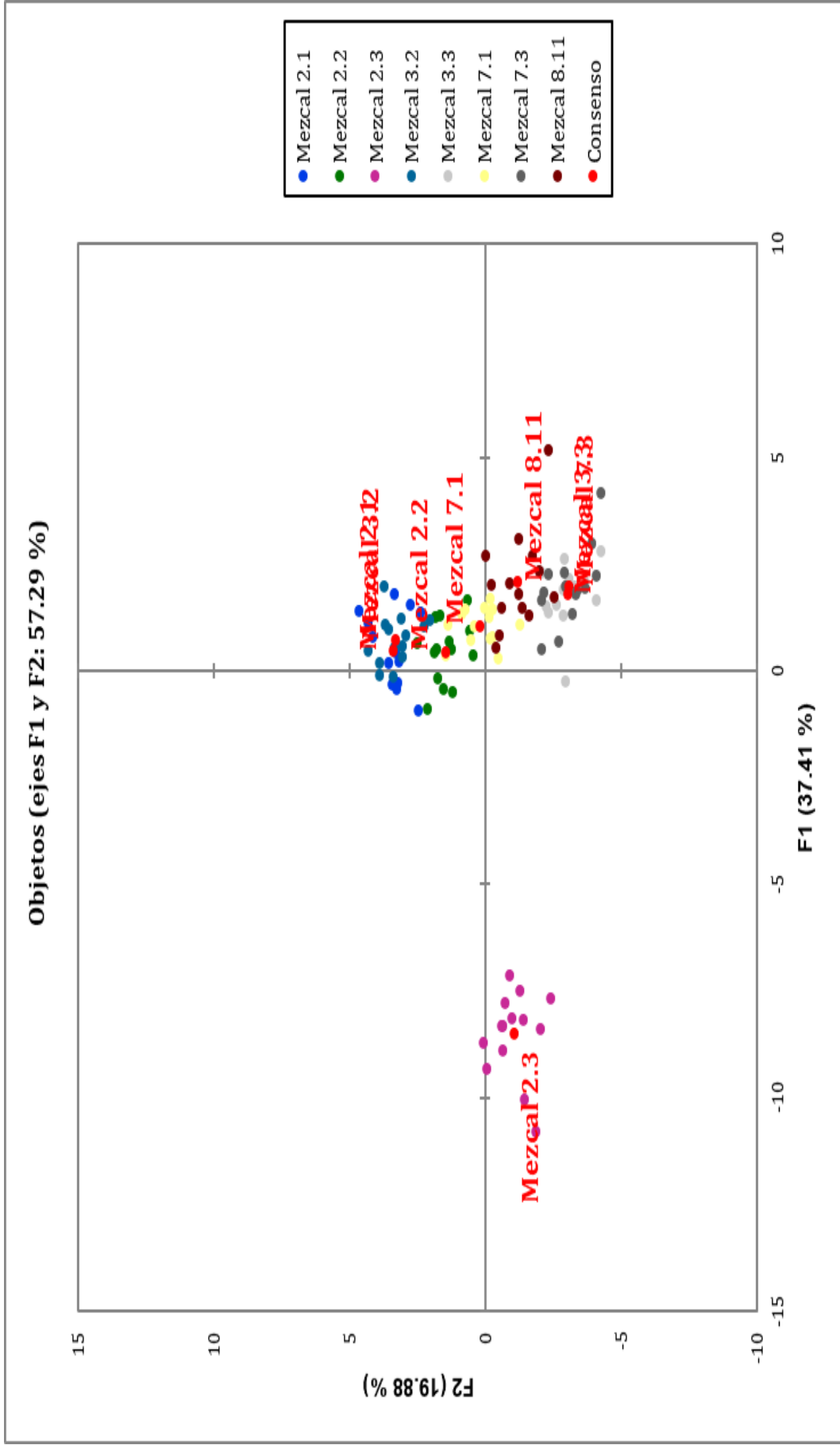


Figura 97 Consenso de los jueces al evaluar las muestras de *Agave karwinskii* (2.1, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 7.1, 7.3 y 8.1.1)



A continuación, se presentan los resultados de PCA para las muestras elaboradas con mezcla de *Agave rhodacantha* con *Agave karwinskii* (muestras 9.1 y 9.2) y con mezcla de *Agave karwinskii* y *Agave angustifolia* (muestra 9.3)

La figura 98 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de apariencia y textura, se observa que el componente 1 (F1) explica el 70.19% y el componente 2 (F2) explica el 29.81%.

En el primer cuadrante se observa la muestra 9.1 la cual se encuentra correlacionada positivamente a ambos componentes F1 y F2 para los atributos de **Brillo, Halo plateado, Aceitoso y Tamaño de perlado** lo cual corresponde de a lo observado en la figura 66 esto nos confirma que el atributo de brillo esta mayormente proporcionado por el *Agave karwinskii*.

En el tercer cuadrante se observa la muestra 9.2 la cual esta correlacionada negativamente a ambos componentes F1 y F2 para el atributo de **Película**.

En el cuarto cuadrante se observa la muestra 9.3 la cual esta correlacionado positivamente al F2 y negativamente al F1 para los atributos de **Duración de perlado y Palatabilidad**.



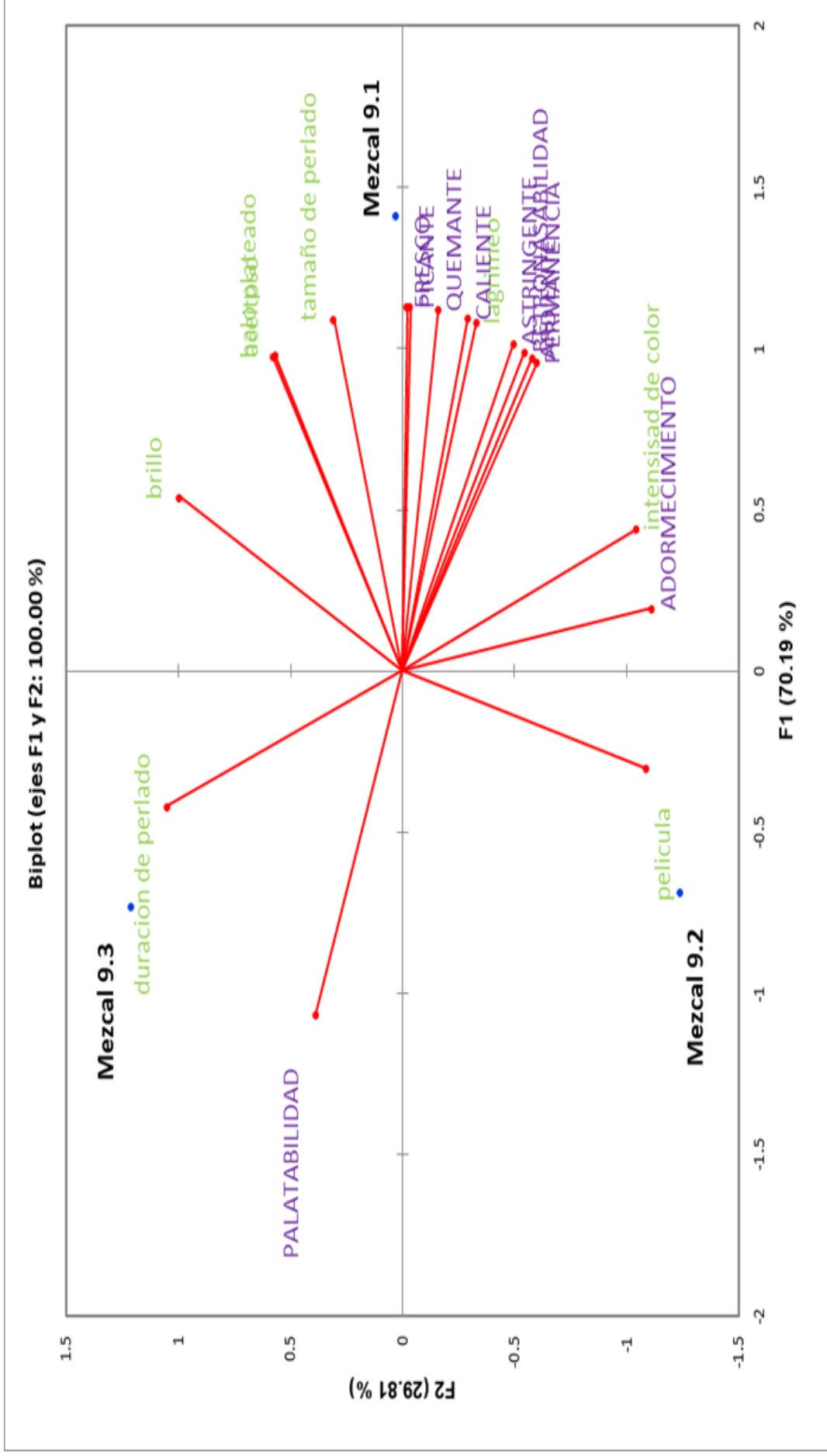


Figura 98 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de textura y apariencia para las muestras de mezcla de agave *rhodacantha* con agave *karwinskii* (muestras 9.1 y 9.2) y con mezcla de agave *karwinskii* y agave *angustifolia* (muestra 9.3)



La figura 99 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de olor, se observa que el componente 1 (F1) explica el 69.08% y el componente 2 (F2) explica el 30.92%.

En el primer cuadrante se observa la muestra 9.2 la cual se encuentra correlacionado positivamente a ambos componentes F1 y F2 para los atributos de **Romero, Metálico, Ajo, Pimiento, Ácido y Umami**.

En el segundo cuadrante se observa la muestra 9.3 la cual esta correlacionada positivamente al F1 y negativamente al F2 para los atributos de **Jengibre, Azahar, Hongos, Anís, Chile, Salmuera, Humo y Clavo**; estos últimos cuatro corresponden a lo observado en la gráfica 40.0 con respecto a la muestra 1.3 elaborada con *Agave angustifolia* y destilada en ollas de barro de igual manera que la muestra 9.3 lo cual nos indica que estas notas las proporciona mayoritariamente este tipo de agave destilado mediante ollas de barro.

En el cuarto cuadrante se observa la muestra 9.1 la cual esta correlacionada positivamente a F2 y negativamente a F1 para los atributos de **Agave, Ahumado, Fermentado, Fresco, Agave Fermentado, Resina, Dulce, Aceituna, Maguey Cocido, Herbal y Tabaco**. Estos últimos 5 corresponden a lo observado en la gráfica 60.0 lo cual nos confirma que el *Agave karwinskii* es el que proporciona principalmente estos atributos.



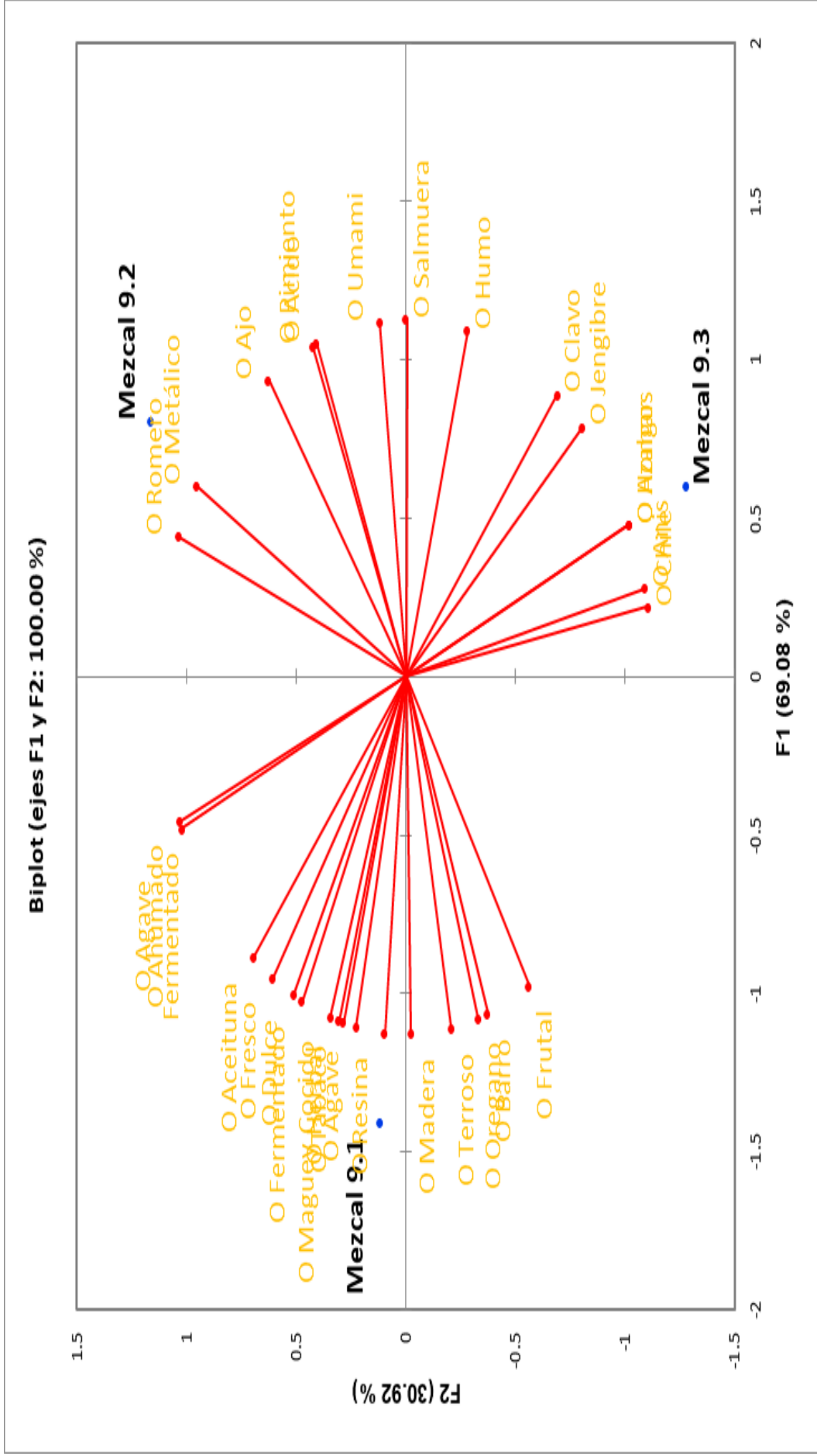


Figura 99 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de olor para las muestras de mezcla de agave rhodacantha con agave karwinski (muestras 9.1 y 9.2) y con mezcla de agave karwinski y agave angustifolia (muestra 9.3)



La figura 100 muestra un porcentaje de explicación total del 100% perfil para los atributos de sabor y resabio, se observa que el componente 1 (F1) explica el 74.06% y el componente 2 (F2) explica el 25.49%.

En el segundo cuadrante se observa la muestra 9.1 la cual esta correlaciona positivamente al F1 y negativamente al F2 para los atributos de **Resina, Madera, Menta, Nuez y Resabio metálico**; estos últimos tres atributos concuerdan con lo observado en la gráfica 61.0 lo cual nos confirma que los estos atributos son proporcionados principalmente por el *Agave karwinskii*.

En el tercer cuadrante se observa la muestra 9.3 la cual esta correlacionada negativamente a ambos componentes F1 y F2 para los atributos de **Azahar y Miel**.

En el cuarto cuadrante se observa la muestra 9.2 la cual esta correlacionada positivamente al F2 y negativamente al F1 para los atributos de **Ahumado, Naranja, Esquites, Agave Fermentado, Maple, Frutal, Umami, Acido, Pimienta y Epazote**.

En la figura 101 se puede observar el consenso de los jueces al evaluar las muestras elaboradas con mezcla de *Agave rhodacantha* con *Agave karwinskii* (muestras 9.1 y 9.2) y con mezcla de *Agave karwinskii* y *Agave angustifolia* (muestra 9.3), de igual manera se puede observar que la 3 muestras presentan un perfil diferente ya que están ubicadas en diferentes cuadrantes, sin embargo, la muestras 9.2 y 9.3 están ambas correlacionas negativamente al F1.



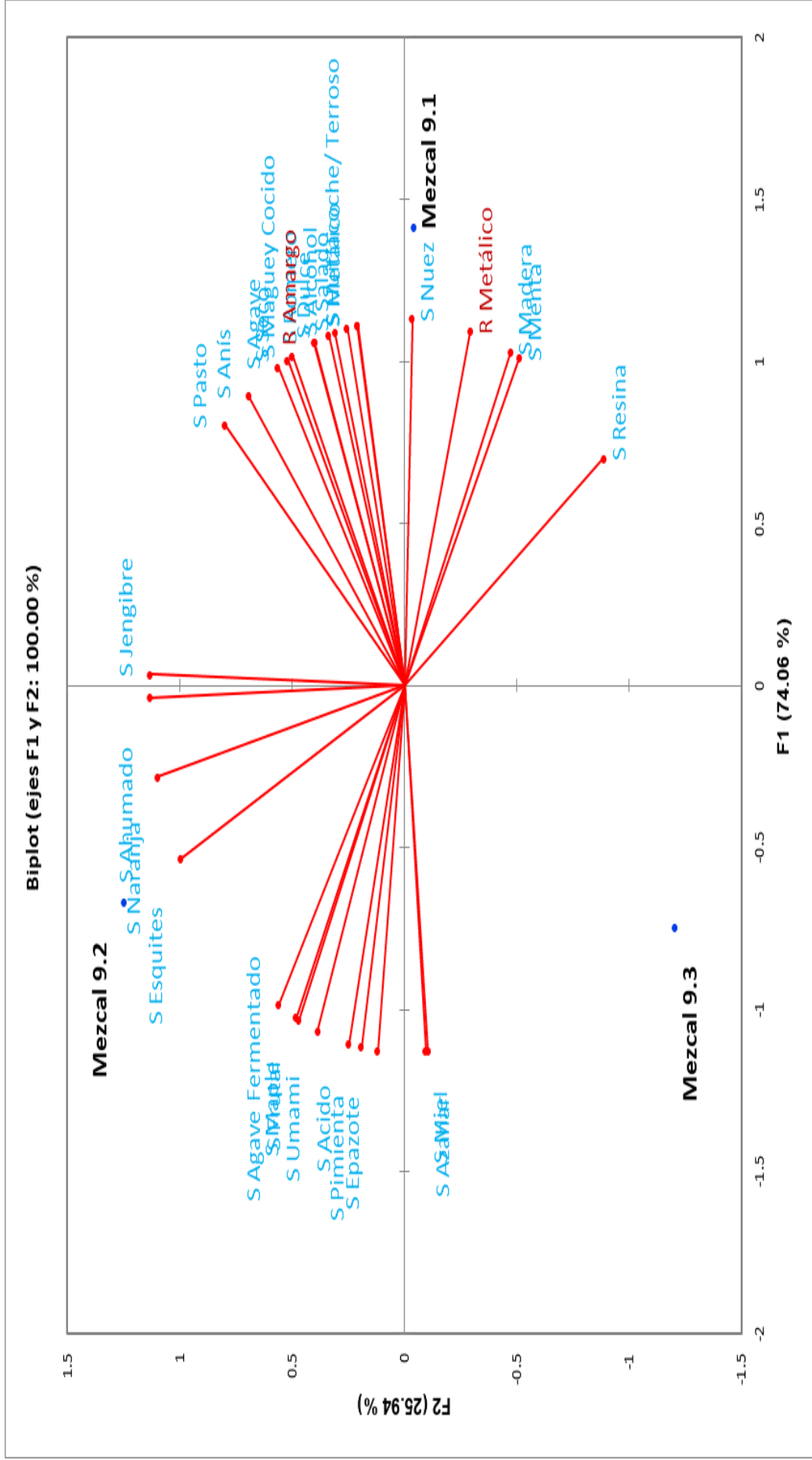


Figura 100 Análisis de componentes principales con datos sensoriales de los atributos de sabor y resabio para las muestras de mezcla de agave rhodacantha con agave karwinskii (muestras 9.1 y 9.2) y con mezcla de agave karwinskii y agave angustifolia (muestra 9.3)



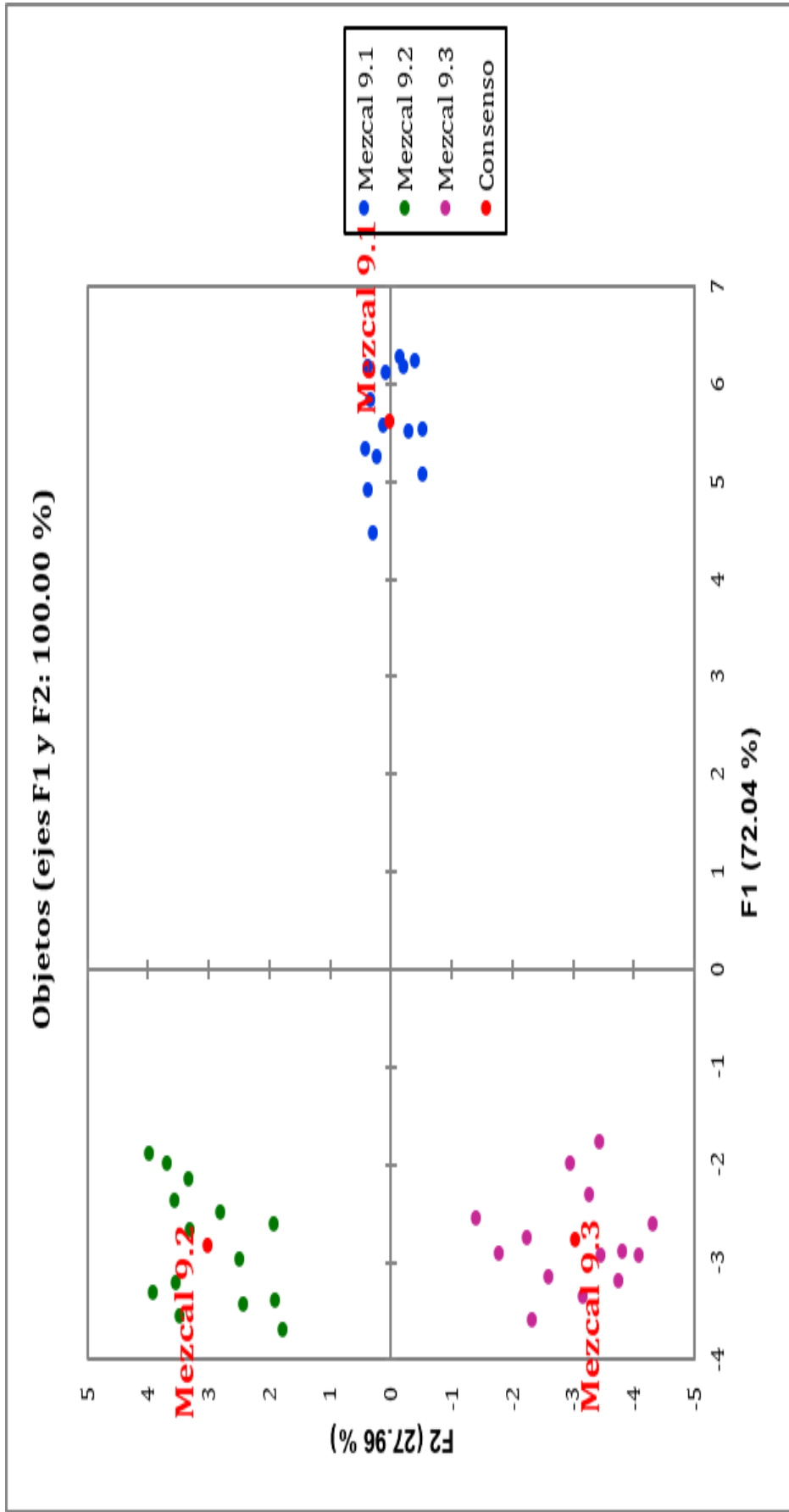


Figura 101 Consenso de los jueces al evaluar las muestras de mezcal de Agave rhodacantha y Agave karwinskii (muestras 9.1 y 9.2) y con mezcla de agave karwinskii y agave angustifolia (muestra 9.3)



Conclusiones

- Se cumplió el objetivo principal del proyecto: Desarrollar el perfil sensorial de 22 mezcales artesanales mono-varietales provenientes de la región de Ejutla, Oaxaca y desarrollar el perfil sensorial de 3 mezcales artesanales elaborados con mezclas de agaves provenientes de la región de Ejutla, Oaxaca.
- Se conformó un panel de 13 jueces con un rango de edad entre los 21-27 años donde el 84.6 % son mujeres; La selección de los jueces se realizó con base a los siguientes criterios:
 1. Uso adecuado de los sentidos
 2. Buena capacidad discriminante con más de 50% de discriminación de las muestras
 3. Capacidad para expresar los estímulos percibidos
 4. Disponibilidad para asistir a todas las sesiones de entrenamiento
 5. Poseer un buen estado de salud
 6. Capacidad olfatoria con más del 40% de reconocimiento de olores y 70% de discriminación
 7. Detección de Umbrales básicos en concentración menor o igual al umbral grupal
- Se realizó un entrenamiento en la metodología descriptiva convencional utilizando muestras de Mezcal de diferentes Agaves de la región de Ejutla, Oaxaca.
- Se generaron 78 atributos finales; 30 atributos de olor, 28 atributos de sabor, 8 atributos de apariencia, 10 atributos de textura y 2 atributos de resabio.



- Los atributos que no generaron diferencia significativa fueron: olor a barro y sabor a jengibre.
- Se cumplió la primera hipótesis planteada: Los perfiles sensoriales de los mezcales variarán en función de la especie de agave y el tipo de destilador empleado.
- La muestra 2.3 elaborada con Tobasiche silvestre (*Agave karwinskii*) (15 a 18 años) y destilada en olla de barro presentó la mayor intensidad en los atributos de olor, sabor y textura.
- El destilador de olla de barro potencia notas de olor tales como (agave fermentado, humo, chile, clavo, herbal, madera, metálico, resina, barro, aceituna, maguey cocido y terroso).
- El *Agave karwinskii* destilado en destilador de cobre con platillos propicia notas ácidas y a agave fermentado con mayor intensidad.
- El *Agave rhodacantha* potencia el sabor a menta.
- El sabor metálico se asocia al destilador de cobre con platillos.
- El contenido alcohólico se puede aproximar mediante la evaluación del tamaño y duración de las perlas formadas.



Referencias bibliográficas

- Andrea, B. (2015). Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile”, UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y TECNOLOGÍA QUÍMICA INGENIERÍA EN ALIMENTOS PATROCINANTE DIRECTORES DE MEMORIA. Uchile.cl. Recuperado el 9 de enero de 2023, de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137798/Entrenamiento-de-unpanel-de-evaluacion-sensorial-para-el-Departamento-de-Nutricion-de-la-Facultadde-Medicina-de-la-Universidad-de-Chile.pdf?sequence=1#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20sensorial%20es%20una,y%20de%20muchos%20otros%20materiales>.
- Barrientos Rivera, G., Esparza Ibarra, E. L., Segura Pacheco, H. R., Talavera Mendoza, O., Sampedro Rosas, M. L., & Hernández Castro, E. (2019). Caracterización morfológica de *Agave angustifolia* y su conservación en Guerrero, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 655–668. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1554>
- Benn, M., Peppard, L. (1996). Characterization of Tequila Flavor by Instrumental and Sensory Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (2), 557-566.
- Botello, J., Cárdenas, M., Estrada, A., Molina, J., Jiménez, H., Navarrete, J., Rico, R. (2007). Compuestos volátiles en el mezcal. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6 (1), 41-50.
- Bousios A, Saldana-Oyarzabal I, Valenzuela- Zapata AG, Word C, Pearce SR. 2007. Isolation and characterization of Ty1-copia retrotransposon sequences in the blue agave (*Agave tequilana* Weber var. azul) and their development as SSAP markers for phylogenetic analysis, *Plant Science*, 117 (2): 291-298



recuperate

de:

[https://www.researchgate.net/publication/229094475_Isolation_and_characterization_of_Ty1-](https://www.researchgate.net/publication/229094475_Isolation_and_characterization_of_Ty1-copia_retrotransposon_sequences_in_the_blue_agave_Agave_tequilana_Weber_var_azul_and_their_development_as_SSAP_markers_for_phylogenetic_analysis)

[copia_retrotransposon_sequences_in_the_blue_agave_Agave_tequilana_Weber_var_azul_and_their_development_as_SSAP_markers_for_phylogenetic_analysis](https://www.researchgate.net/publication/229094475_Isolation_and_characterization_of_Ty1-copia_retrotransposon_sequences_in_the_blue_agave_Agave_tequilana_Weber_var_azul_and_their_development_as_SSAP_markers_for_phylogenetic_analysis)

- Brown University. (2020, Julio 7). Science behind traditional mezcal-making technique. *Science Daily*. <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/07/200707160149.htm>
- Chavez-Parga, M. D. C., Pérez Hernández, E., & González Hernández, J. C. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista colombiana de biotecnología*, 18(1), 148–164. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552>
- Choperena, É. (2019, agosto 9). De agave a mezcal, las herramientas básicas y su proceso de elaboración. *Animal Gourmet*. <https://www.animalgourmet.com/2019/08/09/agave-mezcal-destilacion-horno-alambique-palenque/>
- Christine, A., Mathis, G., Gallardo Valdez, J., & Villanueva Rodríguez, S. (2016). EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL MEZCAL EN EL ESTADO DE MICHOACÁN. Disponible en: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/758/1/EI%20proceso%20de%20elaboraci%C3%B3n%20del%20mezcal.pdf>
- Cole, C., Noble, C. (2003). Flavor chemistry. In: *Fermented Beverage Production*. New York, United States: Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 393-396.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2006) *Agave Mezcales y diversidad* [en línea] Disponible en: <http://bioteca.conabio.gob.mx/janium/Documentos/5324.pdf>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2021) *Magueyes* [en línea] (Actualizado el 23 de septiembre del 2021) Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/magueyes>



- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2020) *Qué nos aportan los agaves* [en línea] Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/que-nos-aportan/N_agaves
- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C.(2022) Informe Estadístico. [En línea], pp 1-5 Recuperado de: https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2022/06/INFORME-2022-_II_-SINTESIS.pdf
- De León-Rodríguez, A.; González-Hernández, L.; Barba de la Rosa, A.P.; Escalante-Minakata, P.; López, G.M. Characterization of Volatile Compounds of Mezcal, and Ethnic Alcoholic Beverage Obtained from *Agave salmiana*. *J. Agric. Food Chem.* (2006), 54, 1337–1341. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16478257/>
- Belaunzarán E. (2020, octubre 5) *Destiladores, el Instrumento Mágico que creó el Mezcal* MEZCALEANDO. <https://mezcaleando.com/2020/10/05/destiladores-el-instrumento-magico-que-creo-el-mezcal/>
- Díaz, D., Marie, D., Estarrón, M., Strehaiano, P. (2008). Fermentative capability and aroma compound production by yeast strains isolated from *Agave tequilana* Weber juice. *International peer-reviewed journal Enzyme and Microbial Technology*, 42 (7), 608-616.
- Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial, Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial (2011) *Monografía del Mezcal* [En línea] disponible en: <https://embamex.sre.gob.mx/belice/images/stories/docs/mezcal.pdf>
- Dukler, Y., Ji, H., Falcon, C., & Bertozzi, A. L. (2020). Theory for undercompressive shocks in tears of wine. *Physical Review Fluids*, 5(3). <https://doi.org/10.1103/physrevfluids.5.034002>
- Gallardo Valdez Juan (2017) BREVARIO MEZCALERO Disponible en: https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5ea3094a5a9ea.pdf



- García, A. (2007). Desarrollo de la metodología de evaluación de procesos olfativos, Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México, D.F. pp 12-25 disponible en: <http://132.248.9.195/pd2007/0618269/0618269.pdf>
- García S.E. (2012) Efecto de la región de procedencia del agave y las condiciones de fermentación sobre el perfil aromático del mezcal. Tesis de Maestría en Ciencias y Tecnología. CIATEJ-Centro de investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco, pp 40-45 y 62- 105 Disponible en: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/429/1/Sergio%20Erick%20Garc%C3%ADa%20Barr%C3%B3n.pdf>
- García Mendoza, A.J. y I.S. Franco Martínez (2018) Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras- Anexo Fichas técnicas de los agaves de Oaxaca, Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/NE012_Anexo_Fichas_agave.pdf
- Gentry, H.S. (1982). Agaves of Continental North America. The University of Arizona Press, Tucson pp 270-290
- Gomez Zamora ODe Jesús-Fuentes, K. I., & Peñafiel-López, F. (2016). *PERFIL QUÍMICO Y ORGANOLÉPTICO DE LOS COMPUESTOS VOLATILES DEL MEZCAL*. Recuperado el de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/10/158.pdf>
- Hidalgo, M., Pedro, R., Meza, C., & Perez Hernandez, L. M. (2010). *TECNIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL, EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO. XIV INTERNATIONAL CONGRESS ON PROJECT ENGINEERING* Recuperado de https://www.aepro.com/files/congresos/2010madrid/ciip10_2137_2149.2918.pdf
- Heymann, H., & Lawless, H. T. (2013). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Berlin, Germany: Springer Science & Business Media.



- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2017). *¿Conoces las denominaciones de origen?* gob.mx. Recuperado de <https://www.gob.mx/impi/articulos/conoces-las-denominaciones-de-origen>
- ISO 4120:2004. Sensory analysis. Methodology. Triangle test.
- ISO 8586:2014. Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors
- Juárez-Hernández E, Barbero-Becerra VJ, López-Ramírez AY, et al. Valores de normalidad de umbrales de percepción y reconocimiento de sabores básicos en población mexicana sana. *Med Sur.* 2015;22(1):4-10.
- León, J. (2011) Evaluación clínica, sensorial y antropométrica de pacientes con diagnóstico de esquizofrenia. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México, D.F. pp 55-59
- López, M. C. (1999). Tequila Aroma. In: Flavor Chemistry of Ethnic Foods. New York, United States: Edited by Shahidi, and Kluwer Academic, pp 211-217
- López, A., Díaz, P., Campos, G. (2012). Estudio comparativo de rendimiento y contenido de compuestos volátiles en un proceso de elaboración de Tequila a nivel industrial. *Ciencia Nicolaita*, 57, 41-52.
- López, C. y Espinoza A (2016) Evaluación sensorial de tres mezcales oaxaqueños obtenidos bajo diferentes sistemas de destilación. *Revista I+T+C - Investigación, Tecnología y Ciencia*, pp 11-19
 Disponible en: <https://docplayer.es/49142876-Evaluacion-sensorial-de-tres-mezcales-oaxaques-obtenidos-bajo-diferentes-sistemas-de-destilacion.html>
- Molina-Guerrero, J. A., Botello-Álvarez, J. E., Estrada-Baltazar, A., Navarrete-Bolaños, J. L., Jiménez-Islas, H., Cárdenas-Manríquez, M., & Rico-Martínez, R. (2007). COMPUESTOS



VOLÁTILES EN EL MEZCAL, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Recuperado el 25 de abril de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/620/62060106.pdf>

- Mozqueda BR. 2011. Evaluación sensorial del mezcal de la localidad de Totomochapa, Puebla, México, pp 5-76 recuperada de: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1249>
- Murray, J. M, Delahunty, C.M, & Baxter, I.A (2001) Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, 34(6), 461-471.
- Pablo M. (2019) Caracterización Sensorial y Química de Mezcales Oaxaqueños, Valoración e Identificación de su Calidad Intangible, Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología-Universidad autónoma de Chapingo pp. 60-68 Recuperada de: <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/9a57374e-a265-4256-a18e-4b8c059670a5/content>
- Pérez, C., 2007. Mezcales tradicionales de los pueblos de México, herencia cultural y biodiversidad. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 087, 54-60
- Pérez, C. (2012). *Los Mezcales y sus tradiciones: complejidad, gastronomía, control social y gusto histórico*. [En línea] Disponible en: <https://realminero.com.mx/wp-content/uploads/2016/09/1-Mezcales-y-tradiciones.pdf>
- *Proceso de elaboración del mezcal*. (2019, septiembre 19). Mezcales de Oaxaca; Oaxaca Mio - Agaves, mezcales y rutas. <https://www.oaxaca-mio.com/mezcalesdeoaxaca/procesodeelaboracion/>
- Reyes, R. & Espinosa S. (2014). Desarrollo del perfil sensorial de mezcales tradicionales de dos regiones productoras: Zapotitlán de Vadillo, Sur de Jalisco y la región occidental del distrito de Ejutla, Valles centrales de Oaxaca (tesis de licenciatura). Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México.



- Rage Rojas Gibran (2018). *Perlas de Mezcal: Estudio del comportamiento de burbujas superficiales en mezclas agua*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México. pp. 46-50
- Rodríguez A. P. A. (2022). Entrenamiento de un grupo de jueces para el desarrollo del perfil sensorial de mezcal. Informe de la Estancia Investigativa Internacional (Programa Curricular de Maestría en Ciencias-Química, en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá) en la Facultad de Química, UNAM
- Salas Tornés Jesús y Hernández Sánchez Laura Yunuen (2015). *Mezcal Cupreata, Fuente de admiración* Recuperado de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Mezcal.pdf
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, S. (febrero 2019). *El poder del mezcal y de sus productores*. [En línea] (Actualizado el 20 de Febrero del 2019) Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-poder-del-mezcal-y-de-sus-productores>,
- Servicio Nacional de Sanidad, & Agroalimentaria, I. y. C. (2016). *Un regalo de los Dioses: el agave*. Recuperado de <https://www.gob.mx/senasica/articulos/un-regalo-de-los-dioses-el-agave>
- Secretaría de Economía, S. (diciembre 2015). *Se amplía zona de denominación de origen del Mezcal*. [En línea] (Actualizado el 07 de Diciembre del 2015) Disponible en: <https://www.gob.mx/se/articulos/se-amplia-zona-de-denominacion-de-origen-del-mezcal>, [Último acceso el 06 de septiembre de 2022].
- Secretaria de Relaciones Exteriores (s/f). *Denominación de Origen de Mezcal*, Dirección General de Comunicación Social. [En línea].
Disponible



en:<https://consulmex.sre.gob.mx/mcallen/images/stories/PDF/2016/spmezcal.pdf>

- Severiano, P., Gómez, D., Méndez, C., Pedrero, D., Gómez, C., Ríos, S., Escamilla, A., Utrera, M., (2016). Manual de Evaluación Sensorial. Facultad de Química, UNAM. CDMX.
- Severiano Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47. Disponible <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>
- Utrera, M., (2007) Queso Cotija auténtico: Estudio de la relación de sus características sensoriales, texturales y de color. Tesis de Licenciatura. UNAM- Facultad de Química, pp. 37.
- Vallejo, B., González, A., Estrada, M. (2004). Tequila volatile characterization and ethyl ester determination by solid phase micro-extraction gas chromatography/mass spectrometry analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (18), 5567-5571.
- Vallejo, C., González, C. (2000). Identificación de los compuestos volátiles del tequila. *Bebidas Mexicanas*, 8, 1-17.
- Vera-Guzmán, A.M.; Santiago-García, P.A.; López, M.G. (2009). Compuestos Volátiles Aromáticos Generados durante la Elaboración de Mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. *Rev. Fitotec. Mex.* 32, 273-279
- Vera-Guzmán, A.M.; López, M.G.; Chávez-Servia, J.L. Chemical Composition and Volatile Compounds in the Artisanal Fermentation of Mezcal in Oaxaca, Mexico. (2012). *Afr. J. Biotechnol.*, 11, 14344-14353
- Vera-Guzmán, A., Guzmán-Gerónimo, R., López, M., & Chávez-Servia, J. (2018). Volatile compound profiles in mezcal spirits as influenced by agave species and production processes. *Beverages*, 4(1), 9. <https://doi.org/10.3390/beverages4010009>



- Villavicencio, E., (2021) Entrenamiento de panel y análisis descriptivo convencional de tostadas de maíz criollo de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. UNAM- Facultad de Química, pp 37.

