



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA - UNIDAD IZTAPALAPA
DIVISIÓN DE LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

**Elaboración, estudio fisicoquímico y sensorial de la
maduración del whisky utilizando malta de maíz rojo
y chips de madera.**

T E S I S

Para obtener el grado de:

Maestría en Biotecnología

PRESENTA

I.B.I. Victor León Espitia López

DIRECTOR

Dr. José Ramón Verde Calvo

ASESORES

Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía

Dr. Francisco Ruíz Terán (Facultad de Química, UNAM)

Noviembre, 2019



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO



No. 00265

Matrícula: 2173801835

Elaboración, estudio fisicoquímico y sensorial de la maduración del whisky utilizando malta de maíz rojo y chips de madera.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 26 del mes de noviembre del año 2019 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA BUENDIA
DRA ALEX MARIA DANIELA FLORES CALDERON
DRA. ALMA ELIZABETH CRUZ GUERRERO
MTRA. FRIDA PURA MALPICA SANCHEZ

VICTOR LEON ESPITIA LOPEZ
ALUMNO

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretaria la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN BIOTECNOLOGIA

DE: VICTOR LEON ESPITIA LOPEZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

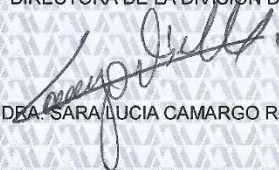
APROBAR



REVISÓ
MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

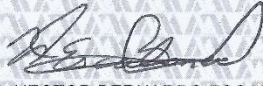
Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS



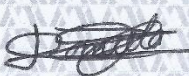
DRA. SARA LUCIA CAMARGO RICALDE

PRESIDENTE




DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA BUENDIA

VOCAL



DRA ALEX MARIA DANIELA FLORES CALDERON

VOCAL



DRA. ALMA ELIZABETH CRUZ GUERRERO

SECRETARIA



MTRA. FRIDA PURA MALPICA SANCHEZ

México, Ciudad de México a 26 de noviembre de 2019

El jurado designado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la
Unidad Iztapalapa aprobó la tesis:

**Elaboración, estudio fisicoquímico y sensorial de la maduración del whisky
utilizando malta de maíz rojo y chips de madera.**

Que presentó:

Victor León Espitia López


Comité Tutorial


Director: Dr. José Ramón Verde Calvo
Universidad Autónoma Metropolitana

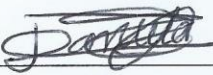
Asesor: Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía
Universidad Autónoma Metropolitana


Asesor: Dr. Francisco Ruíz Terán
Universidad Nacional Autónoma De México

Comité de evaluación

Presidente: Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía  _____

Secretario: Mtra. Frida Malpica Sánchez  _____

Vocal: Dra. Alex María Daniela Flores Calderón  _____

Vocal: Dra. Alma Elizabeth Cruz Guerrero  _____



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa

Fecha : 26/11/2019
Página : 1/1

CONSTANCIA DE PRESENTACION DE EXAMEN DE GRADO

La Universidad Autónoma Metropolitana extiende la presente CONSTANCIA DE PRESENTACION DE EXAMEN DE GRADO de MAESTRO EN BIOTECNOLOGIA del alumno VICTOR LEON ESPITIA LOPEZ, matrícula 2173801835, quien cumplió con los 140 créditos correspondientes a las unidades de enseñanza aprendizaje del plan de estudio. Con fecha veintiséis de noviembre del 2019 presentó la DEFENSA de su EXAMEN DE GRADO cuya denominación es:

Elaboración, estudio fisicoquímico y sensorial de la maduración del whisky utilizando malta de maíz rojo y chips de madera.

Cabe mencionar que la aprobación tiene un valor de 40 créditos y el programa consta de 180 créditos.

El jurado del examen ha tenido a bien otorgarle la calificación de:

APROBAR

JURADO

Presidente

DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA BUENDIA

Secretaria

MTRA. FRIDA PURA MALPICA SANCHEZ

Vocal

DRA. ALMA ELIZABETH CRUZ GUERRERO

Vocal

DRA ALEX MARIA DANIELA FLORES
CALDERON

La maestría en Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa está incluida en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Agradecimiento al CONACYT por la beca No. 494179 de Maestría otorgada.

RESUMEN

Aqua vitae (agua de vida) o mejor conocido como whisky, es una bebida alcohólica destilada y elaborada a partir de maíz, cebada, trigo o centeno. Esta bebida dentro de las más reconocidas y consumidas en todo el mundo, se encuentra sujeta a regulaciones y costumbres según su país de origen como lo son las variaciones en el proceso de destilación y maduración.

Comprendiendo al maíz como un cereal de gran importancia en la cultura mexicana con razas nativas en México como lo son los maíces pigmentados debido a las antocianinas presentes en el grano.

El porcentaje del consumo de whisky en México se ha visto incrementado en los últimos años aún por encima de bebidas destiladas nacionales, sin embargo, gran parte de este whisky consumido es proveniente de la importación.

Para lo cual, el objetivo principal de este estudio fue elaborar un whisky a partir de maíz rojo conservando la coloración característica de esta materia prima por medio de una extracción de antocianinas presentes en el grano, así como el uso de chips de madera y barricas de 1 L para la maduración, empleando dos distintas temperaturas (ambiente y 8°C).

Los parámetros evaluados durante la elaboración del whisky fueron: pH, azúcares reductores directos y %Alcohol. Una vez obtenido el whisky joven con extracto de antocianinas se comenzó la maduración por un periodo de 28 días y así mismo se realizaron evaluaciones de los compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante y parámetros de color (L, C y Hue). Finalmente, a los distintos tratamientos de whisky obtenidos se les realizó un análisis sensorial con ayuda del perfil flash enfocado en el olor y sabor, al igual que una identificación de compuestos volátiles por cromatografía de gases.

Los resultados obtenidos durante el proceso de elaboración del whisky partiendo de la realización de 7 lotes permitieron observar los cambios antes y después de la fermentación, al igual que los rendimientos durante las destilaciones. Obteniendo

un whisky joven con extracto de antocianinas al 60% de alcohol con una coloración obtenida a partir del maíz rojo.

El whisky madurado en barricas (1 L) obtuvo una mayor concentración de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante debido a una mayor superficie de contacto en comparación con el uso de chips de madera (3 g/L), aunado a mayores tasas de reacción por el uso de temperaturas superiores. Así mismo para los parámetros de color: luminosidad y cromaticidad existió una diferencia con un color más oscuro e intenso en el mismo tratamiento, mientras que para el tono denotado (Hue) la diferencia fue solamente en los factores sin interacción.

Con ayuda del perfil flash fue posible correlacionar algunos atributos con los distintos tratamientos tanto para olor como para sabor. Al igual que la identificación de algunos compuestos por cromatografía de gases que posiblemente fueron generados desde el proceso de fermentación.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	<i>i</i>
1. FUNDAMENTOS.....	1
1.1 Maíz.....	1
1.1.1 Estructura y composición química del grano de maíz	1
1.1.2 Maíz pigmentado	2
1.2 Whisky	3
1.2.1 Proceso de elaboración del whisky.....	3
1.2.1.1 Mondado	3
1.2.1.2 Remojo	4
1.2.1.3 Germinación	4
1.2.1.4 Secado	5
1.2.1.5 Cribado	6
1.2.1.6 Molido	6
1.2.1.7 Maceración.....	6
1.2.1.8 Fermentación	8
1.2.1.9 Destilación	9
1.2.1.10 Maduración	12
1.2.2 Variantes del whisky	13
1.2.2.1 Escoces	13
1.2.2.2 Irlandés.....	15
1.2.2.3 Americano	15
1.3 Maduración con chips de madera	16
1.4 Análisis sensorial	17
1.4.1 Perfil Flash.....	17
2. ANTECEDENTES.....	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	21
4. HIPÓTESIS.....	23
5. OBJETIVOS.....	24

5.1 Objetivo general.....	24
5.2 Objetivos particulares	24
6. METODOLOGÍA.....	25
6.1 Mapa general de trabajo	25
6.2 Elaboración de whisky	26
6.2.1 Obtención de malta de maíz rojo	26
6.2.2 Maceración	26
6.2.3 Fermentación.....	27
6.2.4 Destilación	28
6.2.5 Extracción de antocianinas	30
6.2.6 Maduración de whisky en barricas y chips de madera	31
6.3 Análisis fisicoquímicos e instrumentales	32
6.3.1 Determinación de pH.....	32
6.3.2 Determinación de azúcares reductores directos	33
6.3.3 Determinación de Etanol	34
6.3.4 Medición de color	35
6.3.5 Determinación de polifenoles totales.....	35
6.3.6 Determinación de actividad antioxidante.....	35
6.3.7 Identificación de compuestos volátiles.....	36
6.4 Análisis sensorial	37
6.4.1 Perfil flash	37
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
7.2 %Alcohol en destilaciones	45
7.3 Polifenoles totales y capacidad antioxidante en whisky joven y maduro	46
7.4 Color en whisky joven y maduro	52
7.5 Identificación de compuestos volátiles en whisky joven y maduro	58
7.6 Perfil flash	62
8. CONCLUSIONES.....	73

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
10. ANEXOS	79
10.1 Temperaturas y %Humedad relativa durante la maduración	79
10.2 Curva de calibración - DNS.....	80
10.3 Curva de calibración – Folin Ciocalteu	81
10.4 Curva de calibración - ABTS.....	82
10.5 Formato presentado a los jueces en la primera sesión del perfil flash	83
10.6 Formato presentado a los jueces en la segunda sesión del perfil flash	85
10.7 Análisis estadísticos de ANOVA y pruebas de Tukey de los resultados de polifenoles totales y capacidad antioxidante	86
10.8 Análisis estadísticos de ANOVA y pruebas de Tukey de los resultados de color ..	90
10.9 Datos obtenidos en la medición de color y %Alcohol durante la maduración.	95
10.11 Correlaciones obtenidas de cada uno de los atributos evaluados por los jueces en cada componente para olor y sabor	99

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura 1.1 – Esquema de la morfología del grano de maíz.....	1
Figura 1.2 - Diagrama de proceso para la elaboración de whisky.....	3
Figura 1.3 – Tanque de remojo industrial.....	4
Figura 1.4 – Cuarto de malteo industrial.	5
Figura 1.5 – Tanque de maceración industrial	7
Figura 1.6 – Tanques de fermentación de acero inoxidable.....	9
Figura 1.7 – Alambique (Bamforth y Torra, 2007).	10
Figura 1.8 – Alambiques de cobre industriales.....	11
Figura 6.1 – Mapa general de trabajo.	25
Figura 6.2 – Malta de maíz rojo sin cribar.	26
Figura 6.3 Maceración por incremento de temperaturas.....	27
Figura 6.4 - Contenedor de vidrio adaptado como fermentador donde se realizó la fermentación equipado con air-lock.....	28
Figura 6.5 – Alambique de cobre tipo batch empleado en la primera y segunda destilación	29
Figura 6.6 – Whisky obtenido con extracto de antocianinas sin madurar.....	30
Figura 6.7 – Equipo de reflujo montado durante la extracción de antocianinas. ...	30
Figura 6.8 - Diseño experimental para maduración de barricas vs chips de madera.	31
Figura 6.9 – Barricas de 1 litro de roble tostadas en su interior y chips de madera tostados empleados en la maduración.....	32
Figura 6.10 – Cromatógrafo empleado para la identificación de compuestos volátiles.	37
Figura 6.11 - Rueda de sabor del whisky del Instituto de Investigación de Whisky Escoces.....	39
Figura 6.12 - Juez participante generando atributos en la primera sesión.	40
Figura 6.13 – Muestras presentadas en la primera y segunda sesión.	41
Figura 6.14 - Jueces participantes evaluando muestras en la tercera sesión mediante el software FIZZ by BYOSISTEMES.	42
Figura 6.15 - Muestras presentadas en la tercera sesión.	42

Figura 7.1 – Cinética de Polifenoles totales expresados como mg de ácido gálico por litro, durante la maduración en los distintos tratamientos.	47
Figura 7.2 - Reacciones que dan lugar a algunos polifenoles presentes en whisky escoces y bourbon.	49
Figura 7.3 - Cinética de Capacidad antioxidante expresada mmol equivalentes de Trolox por litro, durante la maduración en los distintos tratamientos.....	51
Figura 7.4 Cinética de Luminosidad expresada en porcentaje, durante la maduración en los distintos tratamientos.	53
Figura 7.5 - Cinética de Cromaticidad expresada en porcentaje, durante la maduración en los distintos tratamientos.	54
Figura 7.7 - Cinética de Color observado expresado en grados, durante la maduración en los distintos tratamientos.	55
Figura 7.6 – Parámetros evaluados en el espacio CIELAB.....	55
Figura 7.8 – Estructura y sustituyentes de las antocianinas.....	56
Figura 7.9 – Distintas antocianinas según sus grupos hidroxilo y metoxilo.	56
Figura 7.10 – Color observado en el whisky sin madurar y al final de la maduración en los distintos tratamientos.	57
Figura 7.11 – Cromatograma del tratamiento con chips de madera a temperatura ambiente y segmento de cromatograma con tratamiento de barrica a temperatura ambiente,.....	59
Figura 7.12 – Transformaciones configuracionales durante el análisis de Procrustes generalizado.....	63
Figura 7.13 - Residuales por tratamiento (Olor)	64
Figura 7.14 - Residuales por Tratamiento (Sabor)	64
Figura 7.15 – Residuales por Juez (Olor).....	65
Figura 7.16 - Residuales por Juez (Sabor).....	66
Figura 7.17 – Factores de escalación por juez (Olor).....	67
Figura 7.18 - Factores de escalación por Juez (Sabor).....	67
Figura 7.19 – Gráfico de componentes principales del análisis de Procrustes generalizado (Olor).....	68

Figura 7.20 - Gráfico de componentes principales del análisis de Procrustes generalizado (Sabor).....	70
Figura 10.1 – Curva de calibración obtenida para la determinación de azúcares reductores.	80
Figura 10.2 - Curva de calibración obtenida para la determinación de polifenoles totales.....	81
Figura 10.3 - Curva de calibración obtenida para la determinación de capacidad antioxidante.....	82
Figura 10.4 – Cromatograma del whisky madurado en barrica a temperatura ambiente,.....	96
Figura 10.5 – Cromatograma del whisky con extracto de antocianinas sin madurar.	96
Figura 10.6 – Cromatograma del whisky madurado con chips de madera a temperatura ambiente.	97
Figura 10.7 – Cromatograma del whisky madurado en barrica a bajas temperaturas.	97
Figura 10.8 – Cromatograma del whisky madurado con chips de madera a bajas temperaturas.	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición química proximal de las partes principales de los granos de maíz (%).	2
Tabla 1.2 Temperaturas de gelatinización de almidones de diferentes cereales. ...	7
Tabla 6.1 - Preparación de diluciones con varias concentraciones de glucosa para determinar azúcares reductores.	33
Tabla 6.2 Condiciones cromatográficas aplicadas.	36
Tabla 6.3 - Muestras presentadas durante el desarrollo de las tres sesiones del Perfil Flash de los tratamientos realizados durante la maduración.	38
Tabla 7.1 - °Bx, pH y concentración de azúcares reductores en el mosto dulce y fermentado, así como el %Alcohol obtenido.	43
Tabla 7.2 - %Alcohol obtenido en las primeras y segundas destilaciones	45
Tabla 7.3 – Resultados obtenidos de polifenoles totales expresados como mg de ácido gálico por litro durante la maduración.	47
Tabla 7.4 - Resultados obtenidos de capacidad antioxidante expresados como mmol equivalentes de Trolox por litro durante la maduración.	50
Tabla 7.5 – Resultados obtenidos del color para los distintos tratamientos al final de la maduración.	53
Tabla 7.6 – Compuestos identificados en cada uno de los tratamientos.	58
Tabla 7.7 – Número de atributos evaluados por jueces en Olor y Sabor	62
Tabla 7.8 – Atributos que caracterizan a los tratamientos en función del componente 1 (F1) para Olor.	69
Tabla 7.9 - Atributos que caracterizan a los tratamientos en función del componente 1 (F1) para Sabor.	71
Tabla 7.10 - Atributos que caracterizan a los tratamientos en función del componente 2 (F2) para Sabor.	72
Tabla 10.1 – Temperatura y Humedad Relativa medidos durante el proceso de maduración.	79
Tabla 10.2 - Temperatura y Humedad Relativa promedio durante el proceso de maduración.	79

Tabla 10.3 – Absorbancias obtenidas a distintas concentraciones para la construcción de la curva estándar del método de DNS.....	80
Tabla 10.4 - Absorbancias obtenidas a distintas concentraciones para la construcción de la curva estándar del método de Folin-Ciocalteu.	81
Tabla 10.5 - Absorbancias obtenidas a distintas concentraciones para la construcción de la curva estándar del método de ABTS.....	82
Tabla 10.6 – Análisis de Varianza de la concentración de Polifenoles Totales en la primera semana de maduración.....	86
Tabla 10.7 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la primera semana de maduración de la concentración de Polifenoles Totales.....	86
Tabla 10.8 – Análisis de Varianza de la concentración de Polifenoles Totales en la segunda semana de maduración.	86
Tabla 10.9 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la segunda semana de maduración de la concentración de Polifenoles Totales.....	86
Tabla 10.10 – Análisis de Varianza de la concentración de Polifenoles Totales en la tercera semana de maduración.....	87
Tabla 10.11 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la tercera semana de maduración de la concentración de Polifenoles Totales.....	87
Tabla 10.12 – Análisis de Varianza de la concentración de Polifenoles Totales en la cuarta semana de maduración.....	87
Tabla 10.13 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la cuarta semana de maduración de la concentración de Polifenoles Totales.....	87
Tabla 10.14 – Análisis de Varianza de la Capacidad Antioxidante en la primera semana de maduración.....	88
Tabla 10.15 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la primera semana de maduración de la Capacidad Antioxidante	88
Tabla 10.16 – Análisis de Varianza de la Capacidad Antioxidante en la segunda semana de maduración.....	88
Tabla 10.17 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la segunda semana de maduración de la Capacidad Antioxidante.....	88

Tabla 10.18 – Análisis de Varianza de la Capacidad Antioxidante en la tercera semana de maduración.....	89
Tabla 10.19 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la tercera semana de maduración de la Capacidad Antioxidante	89
Tabla 10.20 – Análisis de Varianza de la Capacidad Antioxidante en la cuarta semana de maduración.....	89
Tabla 10.21 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la cuarta semana de maduración de la Capacidad Antioxidante	89
Tabla 10.22 – Análisis de Varianza de Luminosidad en la primera semana de maduración.....	90
Tabla 10.23 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la primera semana de maduración de la Luminosidad.....	90
Tabla 10.24 – Análisis de Varianza de Luminosidad en la segunda semana de maduración.....	90
Tabla 10.25 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la segunda semana de maduración de la Luminosidad.	90
Tabla 10.26 – Análisis de Varianza de Luminosidad en la tercera semana de maduración.....	91
Tabla 10.27 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la tercera semana de maduración de la Luminosidad.....	91
Tabla 10.28 – Análisis de Varianza de Luminosidad en la cuarta semana de maduración.....	91
Tabla 10.29 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la cuarta semana de maduración de la Luminosidad.....	91
Tabla 10.30 – Análisis de Varianza de Cromaticidad en la primera semana de maduración.....	92
Tabla 10.31 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la primera semana de maduración de la Cromaticidad.	92
Tabla 10.32 – Análisis de Varianza de Cromaticidad en la segunda semana de maduración.....	92

Tabla 10.33 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la segunda semana de maduración de la Cromaticidad.	92
Tabla 10.34 – Análisis de Varianza de Cromaticidad en la tercera semana de maduración.....	93
Tabla 10.35 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la tercera semana de maduración de la Cromaticidad.	93
Tabla 10.36 – Análisis de Varianza de Cromaticidad en la cuarta semana de maduración.....	93
Tabla 10.37 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la cuarta semana de maduración de la Cromaticidad.	93
Tabla 10.38 – Análisis de Varianza de Tono Hue en la primera semana de maduración.....	94
Tabla 10.39 – Análisis de Varianza de Tono Hue en la segunda semana de maduración.....	94
Tabla 10.40 – Análisis de Varianza de Tono Hue en la tercera semana de maduración.....	94
Tabla 10.41 – Análisis de Varianza de Tono Hue en la cuarta semana de maduración.....	94
Tabla 10.42 – Absorbancias a distintas longitudes de onda, parámetros de color obtenidos del software MSCV y %Alcohol durante la maduración	95
Tabla 10.43 – Correlaciones para J1 (Olor).	99
Tabla 10.44 – Correlaciones para J2 (Olor).	99
Tabla 10.45 - Correlaciones para J3 (Olor).	100
Tabla 10.46 - Correlaciones para J4 (Olor).	100
Tabla 10.47 - Correlaciones para J5 (Olor).	100
Tabla 10.48 - Correlaciones para J6 (Olor).	101
Tabla 10.49 - Correlaciones para J7 (Olor).	101
Tabla 10.50 - Correlaciones para J8 (Olor).	101
Tabla 10.51 - Correlaciones para J9 (Olor).	102
Tabla 10.52 - Correlaciones para J10 (Olor).	102
Tabla 10.53 - Correlaciones para J1 (Sabor).	103

Tabla 10.54 - Correlaciones para J2 (Sabor).	103
Tabla 10.55 - Correlaciones para J3 (Sabor).	103
Tabla 10.56 - Correlaciones para J4 (Sabor).	104
Tabla 10.57 - Correlaciones para J5 (Sabor).	104
Tabla 10.58 - Correlaciones para J6 (Sabor).	104
Tabla 10.59 - Correlaciones para J7 (Sabor).	105
Tabla 10.60 - Correlaciones para J8 (Sabor).	105
Tabla 10.61 - Correlaciones para J9 (Sabor).	105
Tabla 10.62 - Correlaciones para J10 (Sabor).	106

1. FUNDAMENTOS

1.1 MAÍZ

Maíz cuyo nombre científico es *Zea mays*, es un cereal que junto con el trigo y el arroz se consideran los más importantes del mundo. Esta relevancia se debe a la gran importancia que tiene como materia prima para la producción de almidón, proteínas, bebidas alcohólicas y edulcorantes alimenticios, entre más productos (Benítez y Pfeiffer, 2006).

1.1.1 Estructura y composición química del grano de maíz

Los granos de maíz se producen por medio de la acumulación de los productos en la fotosíntesis, mediante la absorción que se tiene por las raíces y el metabolismo de la planta en la flor femenina o mazorca. En botánica, el grano de maíz se conoce como cariósipide. La mazorca puede estar compuesta de 300 a 1000 granos según el tamaño de esta. El grano individual está formado por cuatro estructuras (Benítez y Pfeiffer, 2006):

- Pericarpio o cascara
- Endospermo
- Germen o embrión
- Pilorriza

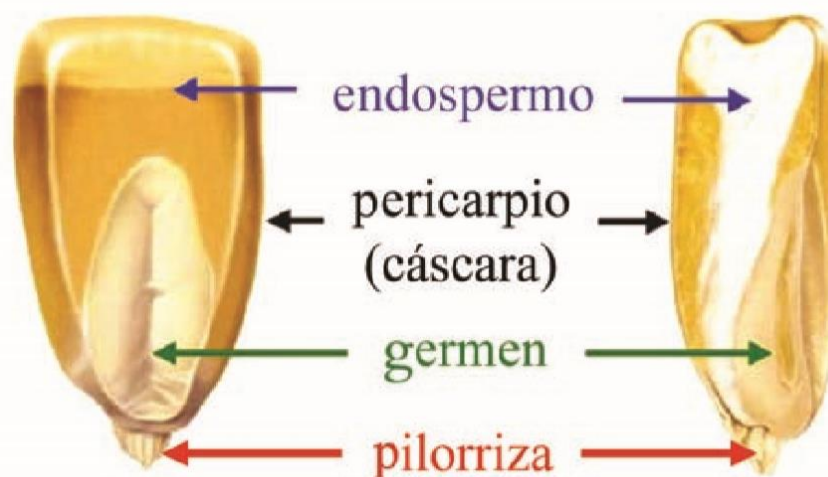


Figura 1.1 – Esquema de la morfología del grano de maíz.

Estas cuatro estructuras fundamentales que componen al grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. Dentro de los componentes con mayor presencia en el grano se encuentra el almidón y la fibra cruda, como se puede apreciar en la tabla 1.1 (FAO, 1993).

Tabla 1.1 Composición química proximal de las partes principales de los granos de maíz (%).

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3.7	8.0	18.4
Extracto etéreo	1.0	0.8	33.2
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.6	8.3
Azúcar	0.34	0.62	10.8

El componente principal del grano es el almidón. Este comprende hasta el 72-73% del peso seco del grano. Aunque también están presentes otros hidratos de carbono, azúcares sencillos como glucosa, sacarosa y fructosa; presentes entre un 1-3% del peso seco del grano. El almidón está conformado por dos polímeros de glucosa, la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa que constituye entre el 25-30% del almidón presente en el maíz. Mientras que la amilopectina constituye un 70-75% del almidón, también un polímero pero en forma ramificada (FAO, 1993).

1.1.2 Maíz pigmentado

Dentro de las razas de maíz nativas en México, hay una variedad que se caracteriza por granos pigmentados. Esta coloración debida a carotenoides o flavonoides del tipo antocianinas presentes en el grano, las cuales logran al grano de maíz colores que van desde un rojo tenue hasta púrpura intenso (Salinas y col., 2012).

Estas antocianinas presentes en el grano de maíz se les han identificado, cuantificado y evaluado actividades biológicas como lo es la actividad antioxidante (Salinas y col., 2012).

1.2 WHISKY

El “whisky”, escrito así por escoceses y escrito “whiskey” por irlandeses es una bebida destilada y producida a partir de cereales y madurada en roble. Esta bebida se encuentra sujeta a numerosas regulaciones y costumbres (Bamforth y Torra, 2007).

Los principales cereales utilizados en la producción de esta bebida destilada son cebada, centeno, trigo y maíz. Dentro de los cuales su porcentaje de composición total de almidón es de 63-65, 68, 69 y 72% respectivamente (Lea y Piggott, 2003).

1.2.1 Proceso de elaboración del whisky

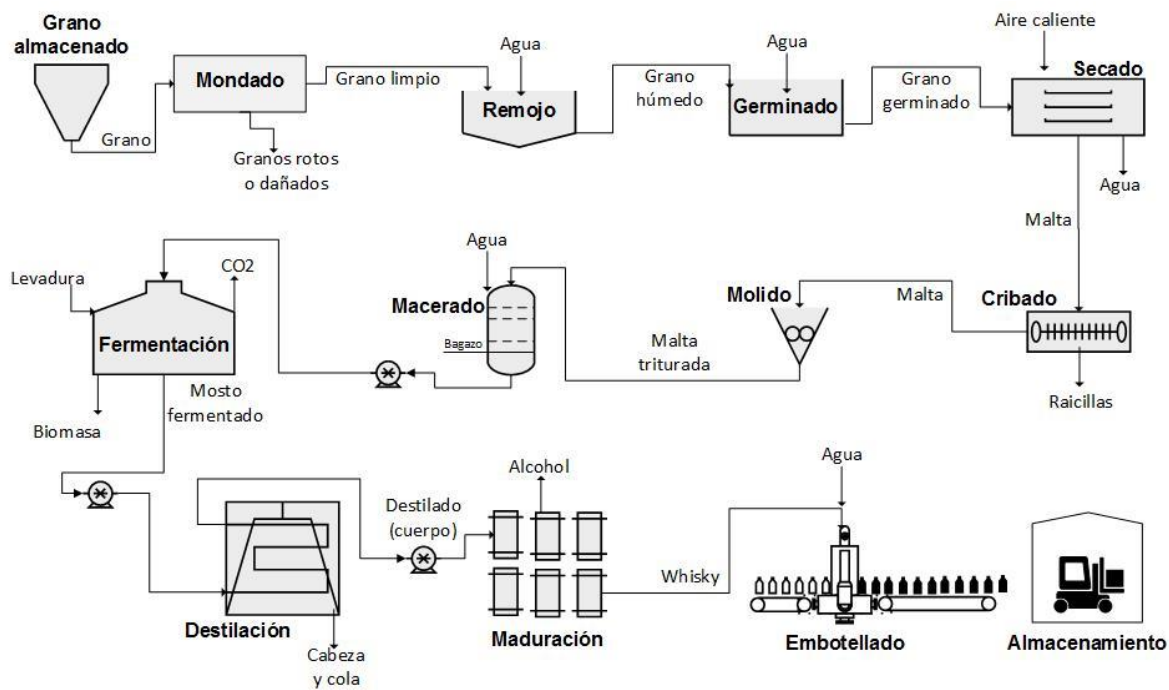


Figura 1.2 - Diagrama de proceso para la elaboración de whisky.

1.2.1.1 Mondado

En esta operación se deben eliminar las cascarillas y las partículas de paja, tampoco debe haber granos rotos o de semillas extrañas. Sin embargo, los granos limpios pueden contener otra clase de granos, granos de tamaño desigual, piezas rotas y/o granos con colores anormales (Dendy y Dobraszczczyk, 2001).

1.2.1.2 Remojo

El primer paso del malteo es el remojo de los granos en agua. El agua se introduce en el grano intacto para progresivamente hidratarlo y activar el metabolismo que envía señales hormonales para activar la síntesis de enzimas responsables de la digestión de los componentes. El objetivo es conseguir una germinación controlada para ablandar el grano, remover materiales problemáticos que no se hayan eliminado en el mondado y permitir la transformación del almidón (Bamforth y Torra, 2007).



Figura 1.3 – Tanque de remojo industrial.

La mayor parte de los tanques de remojo de construcción reciente son cilindros verticales de pequeña altura y de fondo plano, esto permite condiciones más aeróbicas en el agua de remojo. El remojo se interrumpe por drenaje a las 12-24 horas. Cada grano permanece de una película recubierta de agua, a través de la cual puede disolverse el oxígeno del aire del entorno. A esta condición se le conoce como “descanso del aire” (Hough, 1990).

1.2.1.3 Germinación

Se transfiere el grano al equipo de germinación. En la mayor parte de los casos, el contenido en humedad se halla en torno al 42% y permanece constante durante la

etapa de germinación. En los sistemas tradicionales, los granos remojados se extienden sobre un suelo de malteo, en una capa uniforme de unos 25 cm de profundidad. El material de recubrimiento del suelo es impermeable y las pérdidas de agua por evaporación se pueden compensar mediante ducha. Para voltear el grano en germinación se utilizan palas, esta acción permite eliminar el dióxido de carbono producido por respiración, proporciona aire fresco, iguala las temperaturas y evita que las raicillas se entrelacen (Hough, 1990).



Figura 1.4 – Cuarto de malteo industrial.

La temperatura se mantiene en torno a los 15°C. El tiempo de malteo en el suelo de germinación se prolonga unos 4-6 días. Un método simple y útil para esto consiste en estudiar el crecimiento del tallo. Ordinariamente prosigue la germinación hasta que esta estructura ha crecido hasta alcanzar un tamaño de aproximadamente dos tercios de la longitud del grano (Hough, 1990).

1.2.1.4 Secado

La germinación es detenida por el proceso de secado. El secado debe comenzar a baja temperatura para asegurar la supervivencia de las enzimas más sensibles a calor. Se aumenta progresivamente la temperatura produciéndose cambios en el

sabor y el color, mejor conocido como las reacciones de Maillard, y se completa el secado en alrededor de 24 horas (Bamforth y Torra, 2007).

Se pueden elegir distintos procesos de secado. La deshidratación prolongada y a bajas temperaturas conduce a una malta clara, con gran parte de su contenido enzimático intacto, en tanto que una deshidratación rápida y a temperaturas altas rinde maltas oscuras con deficiencia de actividad enzimática (Hough, 1990).

Las maltas pueden ser “turbadas”, esto es, ahumadas con humo de turba en el horno (Bamforth y Torra, 2007).

1.2.1.5 Cribado

El cribado lleva a cabo el desprendimiento de las raicillas secas producidas en la germinación y secado, para así proceder al molido y posterior macerado.

1.2.1.6 Molido

El molido tiene por objetivo triturar la malta. Es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible y que en cambio el endospermo se muele hasta un tamaño de partícula que permita la fácil liberación del almidón (Hough, 1990).

1.2.1.7 Maceración

El macerado es el proceso de mezcla de la molienda con agua caliente, consiguiendo digerir los componentes claves de la malta y generar mosto que contenga todos los ingredientes necesarios para la fermentación deseada, pues lo más importante en el macerado es la degradación del almidón (Bamforth y Torra, 2007).

El almidón presente en la malta molida está altamente ordenado, haciendo difícil su digestión. El proceso de macerado rompe el orden molecular en los granos de la malta, en un proceso conocido por gelatinización. Una vez las interacciones dentro del almidón se han roto, las moléculas de almidón son susceptibles a la digestión enzimática. Bamforth y Torra (2007), presentan la siguiente tabla donde se visualizan las temperaturas de gelatinización de algunas maltas de granos.



Figura 1.5 – Tanque de maceración industrial

Donde se observa una mayor temperatura de gelatinización para el maíz en comparación de la cebada.

Tabla 1.2 Temperaturas de gelatinización de almidones de diferentes cereales.

Fuente	Temperatura de gelatinización (°C)
Cebada	61-62
Maíz	70-80
Avena	55-60
Arroz	70-80
Centeno	60-65
Sorgo	70-80
Trigo	52-54

Existen diferentes tipos de maceración los cuales Bamforth y Torra (2007); se clasifica en:

- De infusión: La malta molida se mezcla con agua previamente calentada en una proporción aproximada de 1:3. Se mantiene a una única temperatura, típicamente a la de gelatinización dependiendo de la malta de grano a macerar, esto facilita la gelatinización del almidón y subsiguiente acción amilolítica.
- De decocción: La maceración comienza a una temperatura relativamente baja permitiendo la hidrólisis de los β -glucanos presentes en la malta. Posteriormente se aumenta la temperatura a un nivel que permita la gelatinización del almidón y su posterior hidrólisis enzimática. El aumento de temperatura es conseguido por la transferencia de una parte del macerado inicial a otro tanque donde fue hervido y así, devolverlo al macerado principal.
- Con temperatura programada: Con similitudes al macerado de decocción, el macerado también empieza a temperaturas relativamente bajas con la diferencia de que los siguientes incrementos de temperatura se realizan en un único tanque.

1.2.1.8 Fermentación

La levadura se mezcla con el mosto enfriado en el fermentador para que durante la fermentación la levadura capte los aminoácidos y los azúcares del mosto. Los cuales son metabolizados produciendo dióxido de carbono y etanol en condiciones anaeróbicas. Mientras que los aminoácidos son utilizados para el crecimiento de las células. Una vez que las levaduras han fermentado todos los azúcares disponibles, su metabolismo se hace lento y así se lentifica la producción de dióxido de carbono y etanol. Las células de levadura flocculan entre sí para dar lugar a la formación de agregados, estas pueden caer hasta el fondo del recipiente, o bien, flotar en la parte superior del líquido.

Antiguamente la fermentación del whisky se realizaba con la levadura sobrante generada en la fermentación de la cerveza. Sin embargo, se desarrollaron cepas específicas para la producción de whisky. No únicamente surgieron híbridos de la

cepa ale *Saccharomyces cerevisiae* sino también de la levadura *Saccharomyces diastaticus*, productora de un espectro de enzimas capaces de hidrolizar almidón a azúcar fermentable. Así, las cepas destiladoras permiten producciones elevadas de alcohol, aunque también existen cepas con base en su habilidad para la producción de ésteres (Bamforth y Torra, 2007).



Figura 1.6 – Tanques de fermentación de acero inoxidable.

1.2.1.9 Destilación

Dos distintos sistemas de destilación se han utilizado en la producción de whisky (Lea y Piggott, 2003):

- Por lotes (batch): Los alambiques por lotes o alambiques pot-still emplean destilaciones dobles o triples y generan destilados con altas características en sabor.
- Continuos: Los alambiques continuos proporcionan destilados de sabor más ligero que son utilizados mayoritariamente para la elaboración de blended whiskies.

Un alambique está compuesto principalmente de tres partes; la caldera que contiene el líquido a destilar, el cuello de cisne junto con el brazo lyne y un condensador. El

diseño del cuello de cisne junto con el brazo lyne tiene un impacto sobre el reflujo y por tanto en el sabor.

Los alambiques pueden ser de distintas formas. En el Scotch whisky se requiere de dos alambiques, el alambique de wash o de colada y el alambique de alcohol o de aguardiente (más pequeño). El mosto fermentado (wash o colada, aproximadamente de un 8% de alcohol) se transfiere al alambique de wash para obtener un destilado de entre 20 y 25% de alcohol, este conocido como bajos vinos. Este destilado pasa al alambique de alcohol donde se obtiene un destilado formado por tres componentes (Bamforth y Torra, 2007).

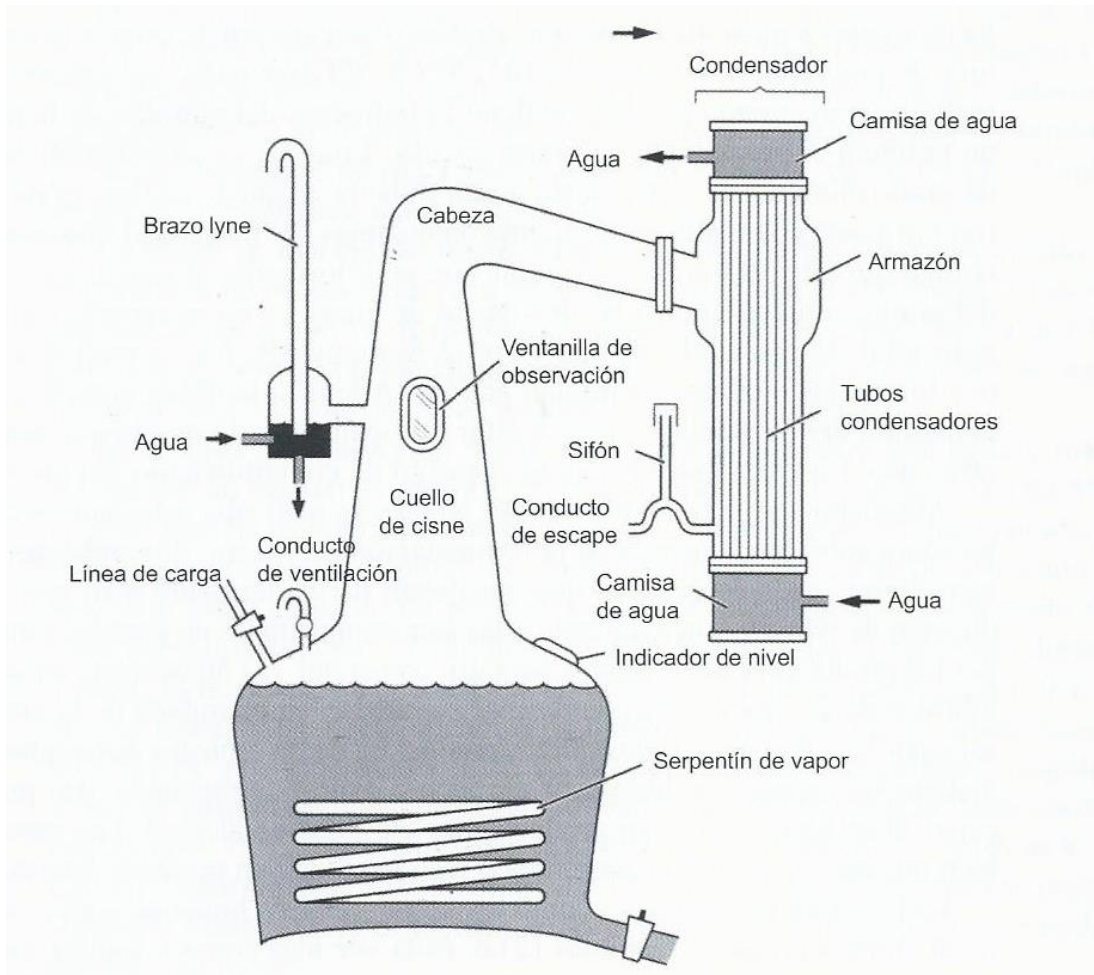


Figura 1.7 – Alambique (Bamforth y Torra, 2007).

- La cabeza: Primeros recorridos del alambique (foreshots).
- El cuerpo: El destilado alcohólico del corte medio.
- La cola: Últimos recorridos del alambique (feints).

Al momento de obtener el destilado en el alambique en primer lugar se obtiene la cabeza y la cola al final. Estas dos partes contienen los componentes indeseados tanto los más volátiles y menos volátiles respectivamente, estos pueden ser reciclados y volverse a destilar. La cabeza representa los primeros recorridos de la destilación y se recoge hasta que el contenido de alcohol inicial pasada del 85 al 75%. Al momento de llegar a este %Alcohol, el destilado se considera apto (cuerpo), esta recolección puede durar hasta 3 horas, hasta el momento que alcohol se reduzca hasta un 60%. A partir de aquí el destilado puede considerarse como parte de la cola y se recolecta junto con la cabeza del destilado (Bamforth y Torra, 2007).



Figura 1.8 – Alambiques de cobre industriales.

1.2.1.10 Maduración

La maduración es un proceso importante durante la elaboración del whisky, ya que los whiskies recién destilados generalmente tienen características sensoriales inaceptables por lo cual se realiza la maduración o añejamiento para obtener un producto aceptable (Lea y Piggott, 2003).

Químicamente hablando, la destilación es el factor más importante para la determinación de los compuestos volátiles, mientras que el tipo de barrica es el factor más dominante para los compuestos no volátiles, esto presente en el whisky maduro. En condiciones controladas, el contenido no volátil es influenciado por la temperatura, tipo de barrica y humedad. Aunque se reporta en Estados Unidos que a distintos niveles de temperatura; altos, medios y bajos, se da lugar a diferencias tanto en compuestos volátiles como no volátiles. Con una temperatura más cálida, las reacciones físicas y químicas procedieron a una mayor tasa, aunque no hubo un óptimo en la temperatura para mejorar la calidad del destilado (Lea y Piggott, 2003).

Este proceso se realiza en barricas de roble blanco americano o roble español generalmente con un volumen de 50 L. En función del whisky a madurar es el tipo de barrica a utilizar. Para whiskies escoceses e irlandeses se manejan barricas previamente utilizadas para jerez o bourbon, mientras que para whiskies como los bourbon o de centeno se madura en barricas de roble nuevas (Bamforth y Torra, 2007)

Withers y col., (1995), reportan que la maduración en barricas estándar de 50 litros difiere significativamente a trabajar con barricas miniatura de 6 litros, ya que una mayor concentración de oxígeno mejoró la extracción y transformación de los componentes de la madera después de 21 meses de maduración. Además, el destilado madurado en barricas miniatura se encontró libre de notas picantes y amargas, estas presentes en las barricas de tamaño estándar. Sin embargo, la maduración realizada en barriles miniatura no mejoró la calidad sensorial del producto final ni proporcionó un modelo adecuado en la aceleración de la maduración del whisky.

Aunque muchas de las reacciones llevadas a cabo en la maduración han sido identificadas, no existe proceso químico o físico confiable que describa el progreso durante este proceso. Por lo tanto, la forma más segura de seguir la maduración es mediante la evaluación sensorial (Lea y Piggott, 2003).

1.2.2 Variantes del whisky

1.2.2.1 Escocés

Los escoceses han sabido sacar partido a la vez de su agua pura, la cebada, la turba y el aire marino para desarrollar la más amplia gama de whiskies que se conozca en el mundo. La división de Escocia comprende principalmente cuatro regiones la cual se basa principalmente en los estilos de whisky; Lowland, Highland, Islay y Speyside.

En Lowland producen dos tipos de whisky, los single malt elaborados 100% con cebada y single grain elaborados con trigo. Este último característico por su presencia en los blended, otorgando la suavidad a estas mezclas. En Highland se producen solamente single malt, estos con características ahumadas fuertes que brinda la turba. Mientras que en Islay producen whiskies que maduran en esta isla cerca de corrientes ventosas marinas lo cual les brinda características saladas además de la utilización de maltas fuertemente turbadas. Finalmente, los whiskies de Speyside, que se distinguen por el agua del cual son elaborados, brindando sabores a frutos dulces en sus destilados.

La calidad escocesa en materia de whisky reside principalmente en los siguientes cuatro puntos, menciona Delos (2004).

- La turba:

Para la transformación de la cebada en malta, los escoceses utilizan la turba. Esta es ideal, por su lenta combustión es muy apropiada para el secado de la cebada germinada. Sus humos olorosos transmiten a los cereales aromas específicos que son una de las cualidades de los whiskies escoceses. Aunque algunos ni si quiera hacen de su uso, como en las regiones de Lowland a comparación de las regiones

de Islay que su utilización de turba es mayor. Esto hace que las maltas elaboradas en Escocia contemplen una gama aromática especialmente variada.

- El alambique:

Según el tamaño, la altura del sombrero o parte alta del alambique, la longitud y la curvatura del cuello del cisne, harán a los destilados más o menos aromáticos y finos. Dentro de las destilerías cuando un alambique llega al final de su vida útil o este ya no es funcional, se construye un nuevo alambique con las mismas características para conservar las propiedades que brinda en particular el alambique.

- El tiempo envejecimiento en barricas:

La aportación de los escoceses en el envejecimiento del whisky en barricas fue a partir del comercio de los vinos ingleses, el oporto y el jerez. Lo cual se remonta al siglo XVIII, ya que estos vinos proporcionaron grandes cantidades de barriles de roble donde eran transportados. El contacto del whisky con este tipo de barricas ganaba nuevos aromas y una armonía más agradable que los que aportaba un barril de roble nuevo. Además de que estos barriles que anteriormente contenían vinos eran más baratos.

Otra característica distinguida del envejecimiento consiste en la maduración del whisky en barricas colocadas a unos metros del oleaje y vientos marinos, con lo que los destilados ganan aromas especialmente yodados, esto en la región de Islay.

- Las mezclas (Blended Scotch Whisky):

La aparición de las mezclas coincidió con el nacimiento de verdaderas marcas, identificadas a menudo con el nombre de su propietario. Dichas marcas asociaron a diferentes whiskies, al menos una decena y a menudo, tres o cuatro veces más, procedentes de distintas regiones de Escocia. El objetivo consistía en obtener un producto constante en calidad y en sabor, que fuese claramente identificado por el sabor y fácil de comercializar. Fue entonces que en Escocia se creó una fuerte industria del whisky.

1.2.2.2 Irlandés

En Irlanda “whiskey” y no “whisky” generaliza la producción para este país para diferenciar a los destilados de Escocia.

Los principios de elaboración del whiskey cuentan con apreciables diferencias. En Irlanda no se usa la turba en la elaboración de malta, a pesar de ser abundante en la región. Los alambiques son ciertamente más grandes que en escocia. Una triple destilación está generalizada en los Irish whiskey, mientras que esta es opcional para los Scotch whisky

En Irlanda la materia prima puede ser desde la cebada no malteada o la malta. La utilización de la cebada no malteada varía en una proporción del 60-80% del total, a ellos se le atribuye la agresividad del estilado obtenido y una tercera destilación para llegar a un destilado más satisfactorio (Delos, 2004).

1.2.2.3 Americano

Los destiladores americanos olvidaron los métodos escoceses e irlandeses para desarrollar nuevos, utilizar otras materias primas y elaborar destilados muy diferentes. Utilizando métodos y productos específicos, el whiskey americano ha generado sus propios términos, menciona Delos (2004).

- Bourbon whiskey: Debe contener al menos 51% de maíz, debe ser destilado en los Estados Unidos de América, madurado mínimo de 2 años en barricas de roble blanco americano nuevas y tostadas, embotellado mínimo a un %40 Alcohol y por ley no se le puede agregar ningún tipo de colorante o rectificante.
- Tennessee whiskey: Con el proceso de elaboración muy similar al bourbon y una diferencia muy importante que lo hace cumplir con su denominación de origen, esto debido a la etapa Mellowing o proceso del condado de Lincoln, donde después de una segunda destilación se somete a un filtrado con carbón de maple y después es rectificado con caramelo para posteriormente ser madurado con un mínimo de 2 años.
- Canadian whisky: Como su nombre lo dice, producto nacional de Canadá. La principal diferencia entre el bourbon y el Canadian whisky radica en la materia

prima principal, ya que en este caso no es maíz sino el centeno en un mínimo del 51% además de que no necesariamente deben ser madurados en roble blanco, pero si con un mínimo de 3 años de añejamiento.

1.3 MADURACIÓN CON CHIPS DE MADERA

El envejecimiento de vino en barricas de roble es una práctica enológica destinada para mejorar la calidad general del vino. Durante este proceso, el vino sufre modificaciones importantes debido a la lenta y continua difusión de oxígeno a través de los poros de la madera y la extracción de varias sustancias derivadas de la madera que estabilizan el color y agregan complejidad organoléptica, así como el aumento de aroma debido a la extracción de compuestos volátiles derivados de la madera que son transferidos al vino (Kyraleou y col., 2016).

El tipo de madera del que está hecha una barrica contribuye a las características del vino almacenado en él. Sin embargo, el proceso de maduración en barrica tiene varias desventajas, incluido un mayor tiempo de envejecimiento y un mayor costo (Kyraleou y col., 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior se han desarrollado nuevas técnicas para reducir costos. Una de estas técnicas es la adición de chips de madera al vino, este almacenado en tanques de acero inoxidable o barricas usadas (García y col., 2011)

Varios estudios demuestran el resultado del uso de chips de madera.

Kyraleou y col., (2016), mencionan que la adición de chips de madera afecta la calidad del vino dependiendo del tipo de madera, así como el tiempo de contacto. Aunque independientemente de los tipos de chips de madera, es posible diferenciar muestras según el tiempo de contacto con el vino en función de la composición fenólica y parámetros de color de este.

Espitia y col. (2017), reportan mayor concentración de ésteres y alcoholes, estos compuestos volátiles, en un tiempo más corto con el uso de chips de madera en vino tinto. Además de resultados consistentes obtenidos por análisis sensorial, pues se obtuvo una mayor intensidad de aromas.

Todos estos estudios reportan una mejora en la maduración del vino con chips de madera. Sin embargo, no se reportan estudios sobre maduración con chips de madera en el proceso de elaboración de whisky a base de malta de maíz rojo.

1.4 ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial comprende un conjunto de técnicas que tiene como objetivo la medición de respuestas humanas a los alimentos. Esto destaca por que se minimizan factores como la marca, entre algún otro tipo de información que pueda influir la percepción del consumidor (Lawless y Heymann, 2010).

Este tipo de evaluación se define como un método científico el cual a partir de la percepción de la vista, olfato, tacto, gusto y oído se obtienen respuestas con la ayuda de la medición, análisis e interpretación (Stone y Sidel, 2004).

El análisis sensorial intenta determinar propiedades de alimentos, así como proporcionar información importante y útil que sea de ayuda para desarrolladores de productos y científicos de alimentos (Lawless y Heymann, 2010).

1.4.1 Perfil Flash

El perfil flash se clasifica como uno de los métodos rápidos. Fue desarrollado por Sieffermann (2000) a partir del perfil de libre elección. Donde los evaluadores no se imponen sobre el uso de un vocabulario común y una evaluación comparativa.

Las sesiones de perfil flash son individuales y generalmente tienen lugar en cabinas sensoriales. A los panelistas se les presenta un conjunto completo de productos después de que el experimentador ha explicado brevemente el principio del método. Las instrucciones son muy simples. Se les pide a los panelistas que observen, manipulen y en el caso de alimentos, que prueben las muestras para describirlas. Se les dice a los panelistas que usen cualquier atributo no hedónico que consideren apropiado para describir las muestras, siempre que sean lo suficientemente discriminatorias para permitir una clasificación de ellas (Varela y Ares, 2014).

No existe una regla general que obligue a los evaluadores a generar determinado número de atributos, pero este puede variar de entre 4 y 15 dependiendo del producto y del evaluador.

Dairou y Sieffermann (2002) mencionan una sesión preliminar donde a los evaluadores se les pide que generen el mayor número de descriptores de un conjunto de muestras. Después de esta sesión el experimentador recopila todos los términos generados para organizarlos en una lista común. Esta lista se presenta en la sesión de evaluación principal con la finalidad de ayudarlos a que encuentren atributos que podrían no haber mencionado o encontrado.

Aunque no existe una regla para el mínimo número de panelistas en el perfil flash, generalmente se considera que 4 o 5 son los mínimos. Esto permite obtener información sensorial relativamente estable y complementaria. Sin embargo, vale la pena reclutar más evaluadores, esto le da mayor confiabilidad a las pruebas estadísticas que se aplican a los datos sensoriales. Para este propósito, se recomiendan un número de evaluadores de 10 a 12 sujetos (Varela y Ares, 2014).

Varela y Ares (2014) también mencionan que las técnicas de análisis multivariado son muy útiles para este caso. El análisis generalizado de Procrustes (Gower, 1975) que Williams y Langron (1984) utilizaron para analizar por primera vez los datos del perfil de libre elección, ahora se aplica comúnmente para los datos de perfil flash.

2. ANTECEDENTES

La historia registrada de los destilados se remonta a escritos de 1167, sin embargo, la tradición oral acredita a alquimistas griegos y egipcios con el descubrimiento de las bebidas destiladas (Watson y Ramstad, 1994).

No es hasta 1494 cuando Escocia fija la fecha oficial del nacimiento del whisky, donde aparece por primera vez un registro contable para el *aqua vitae*: agua de vida o mejor conocido como whisky (Delos, 2004).

Las primeras bebidas destiladas registradas usando como fuente de carbohidratos maíz y centeno fueron producidas en Estados Unidos de América en el año de 1640. Esto posteriormente dio lugar a los tipos de whiskey producidos y la gran industria estadounidense en bebidas fermentadas (Watson y Ramstad, 1994).

Como respuesta a la demanda de bebidas destiladas como el whisky que se vive actualmente en México, Licor Zone S.A. de C.V. y The Best Spirits Company S.A de C.V., lanzaron el primer blended producido en México destinado tanto al mercado nacional como internacional (Todo Whisky, 2013).

Este blended llamado Williamson 18, es producido en Aguascalientes donde actualmente se comercializa junto con otras 7 marcas más de whisky, así como algunas de otros destilados. Este blended es elaborado a partir de maíz y utiliza el mismo proceso de fabricación que el whisky americano y canadiense (Licor Zone, 2016).

Agencia informativa Conacyt (2017), reporta que investigadores del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología (CICATA) – Unidad Querétaro del Instituto Politécnico Nacional se encuentran desarrollando un proyecto que implica la optimización del malteo y la fermentación para la producción de un whisky artesanal a base de maíz, este como ingrediente nacional. Este proyecto a cargo de Julio Cesar Rodríguez Espinoza, estudiante de maestría en tecnología avanzada en el CICATA y asesorado por los investigadores Regina Hernández Gama y Gonzalo Velázquez de la Cruz, busca salir de la tendencia de elaboración de cerveza

artesanal que se presenta hoy en día, así como uso de granos que fomenten la agricultura nacional.

Actualmente en el laboratorio de Enología y alimentos Fermentados así como en el laboratorio de análisis Sensorial de la Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa, estos a cargo por el Dr. José Ramón Verde Calvo y el Dr. Héctor Bernardo Escalona Buendía respectivamente, se han venido desarrollando estudios tanto fisicoquímicos como sensoriales de bebidas fermentadas. Dentro de las cuales destaca el uso de maíces pigmentados en la elaboración de cervezas artesanales (Flores, 2018; Gómez, 2015), así como el uso de chips de madera para la maduración en vinos (Espitia, 2015; Hernández, 2016).

3. JUSTIFICACIÓN

Sin considerar a la cerveza como bebida no destilada, históricamente el tequila y el mezcal han sido las bebidas alcohólicas que más se consumen en México. No obstante, en los últimos años su demanda ha sido opacada por el fuerte consumo de whisky (El financiero, 2016).

El financiero (2016), reporta un consumo de whisky de 41.8 millones de litros para el año 2015, 86% más que en el año 2010, cuando se alcanzó 22.5 millones según datos de Euromonitor International. Además, comparado con consumos bajos, tan solo de 3.5 millones de litros en el año 2003 según datos del Sistema de Información Arancelaria vía Internet de la Secretaría de Economía (Expansión, 2014). Esto en contraste con el volumen de ventas del tequila y mezcal, el cual tuvo un aumento de 15.1% al pasar de 88.9 a 102.4 millones de litros en el mismo lapso, del 2010 al 2015.

Actualmente, la producción y etiquetado del whisky nacional se rige por la asociación de productores de whisky mexicano, dirigidos por la AWM (Asociación Mexicana del Whisky). Esta asociación reconoce solamente 2 miembros (Licor Zone S.A. de C.V. y The Best Spirits Company S.A de C.V.), así como 8 marcas de whisky mexicano (Mexican whisky association, 2017). Aunque Skiver (2018) menciona algunos whiskies producidos alrededor del mundo. Dentro de los cuales menciona 2 whiskies mexicanos; Sierra norte, elaborado a base de maíces pigmentados y Pierde almas, whisky sin algún proceso de maduración.

Sin embargo, casi en su totalidad el whisky consumido en México es importado. Este proveniente en su mayoría de Escocia, así como de Irlanda y de los Estados Unidos de América. Cabe mencionar que México se ha convertido en el mercado estrella del Tennessee whisky, este elaborado en una mayor proporción con maíz blanco (El financiero, 2016).

Para lo cual, se buscan alternativas de esta bebida a partir otros de cereales que puedan ser malteados. En este caso de un maíz pigmentado, el maíz rojo. Este tipo

de maíz con características de capacidad antioxidante por su coloración a partir antocianinas presentes en el grano puede usarse como materia prima para la elaboración de whisky. Donde a partir de una extracción previa de antocianinas para evitar su desnaturalización, así como la adición de estas mismas en operaciones posteriores, podrían ayudar para la elaboración de un whisky de maíz rojo.

Aunque actualmente no se han registrado estudios sobre la maduración de whisky a base de malta de maíces pigmentados con chips de madera, en la industria del vino es aplicada para un añejamiento más rápido y menos costoso en comparación del uso de barricas. Esto pudiendo ayudar a una mejor estabilización del producto en un menor tiempo, aunque en whiskies a base de maíz la NOM-199-SCFI-2017 no exija algún mínimo de tiempo como maduración para el uso de este grano como malta base.

4. HIPÓTESIS

Al elaborar un whisky con 100% malta base de maíz rojo adicionado con extracto de antocianinas y madurado en barricas de roble blanco y chips de madera ambos tostados y almacenados a temperatura ambiente y 8°C, se espera que los destilados madurados con chips a temperatura ambiente presenten mayor concentración de compuestos fenólicos, incidiendo positivamente en sus características sensoriales.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un whisky a base de malta de maíz rojo adicionado con un extracto de antocianinas y madurado tanto en barricas de roble blanco y chips de madera ambos tostados y colocados a dos diferentes temperaturas (ambiente y 8°C) para su análisis fisicoquímico y sensorial.

5.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Adaptar un proceso de elaboración de un whisky a base de maíz rojo.
- Estudiar las diferencias que existen de un whisky elaborado con maíz rojo y madurado durante 28 días con chips de madera y barricas de 1 L.
- Analizar fisicoquímicamente el whisky elaborado, haciendo énfasis en sus compuestos fenólicos.
- Caracterizar las propiedades sensoriales del whisky elaborado.

6. METODOLOGÍA

6.1 MAPA GENERAL DE TRABAJO

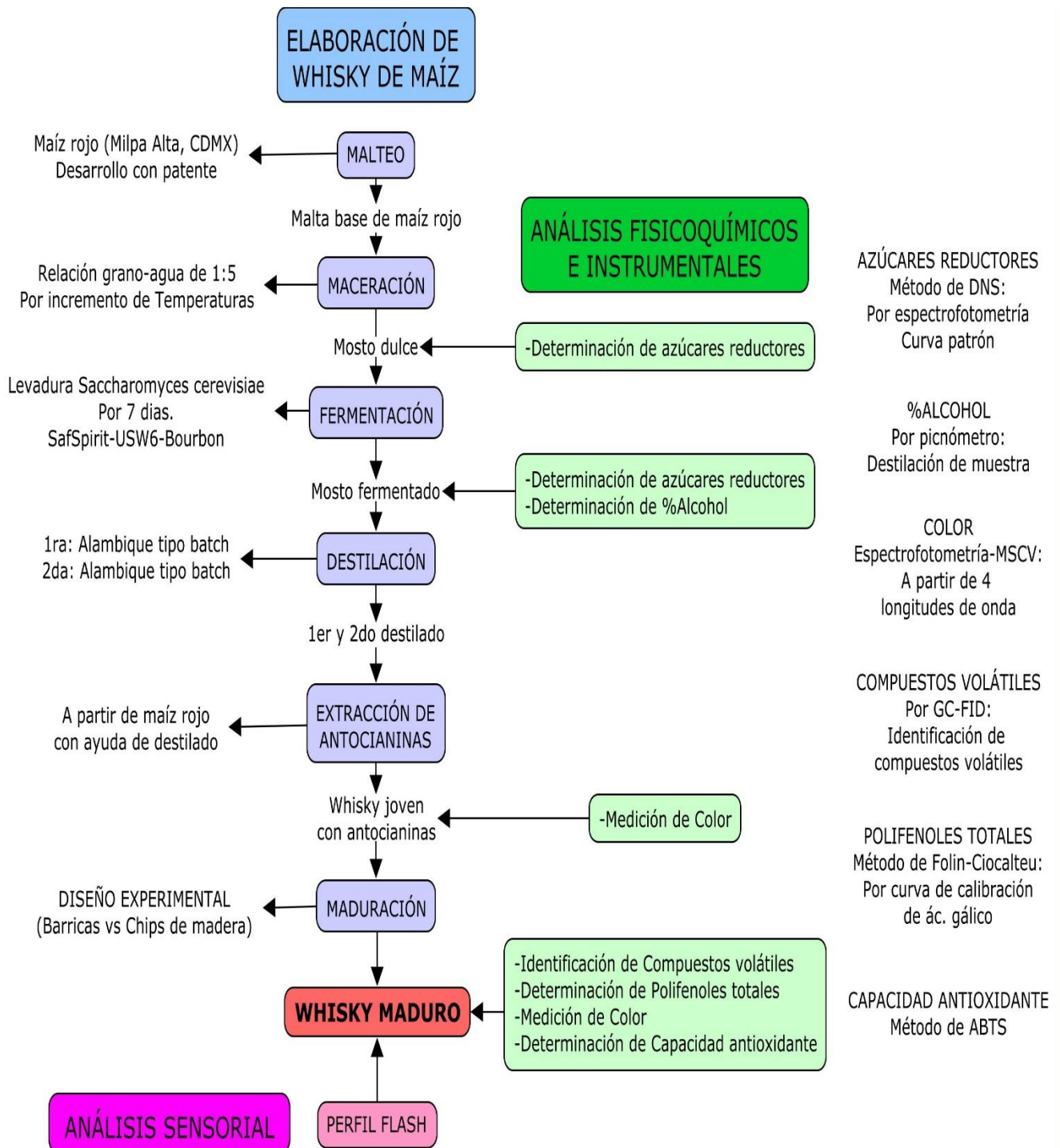


Figura 6.1 – Mapa general de trabajo.

6.2 ELABORACIÓN DE WHISKY

6.2.1 Obtención de malta de maíz rojo

Se utilizó maíz rojo de productores locales de la zona de Milpa Alta, Ciudad de México. La producción de la malta se obtuvo con base en un proceso preliminarmente desarrollado para la elaboración de cerveza a base de maíz. Con la patente No. MX 365910 B, bajo invención de Verde Calvo, Escalona Buendía, Romero Medina y Cruz Rodríguez y título de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Esto comprendió las operaciones unitarias de mondado, remojo, germinado, secado y cribado.

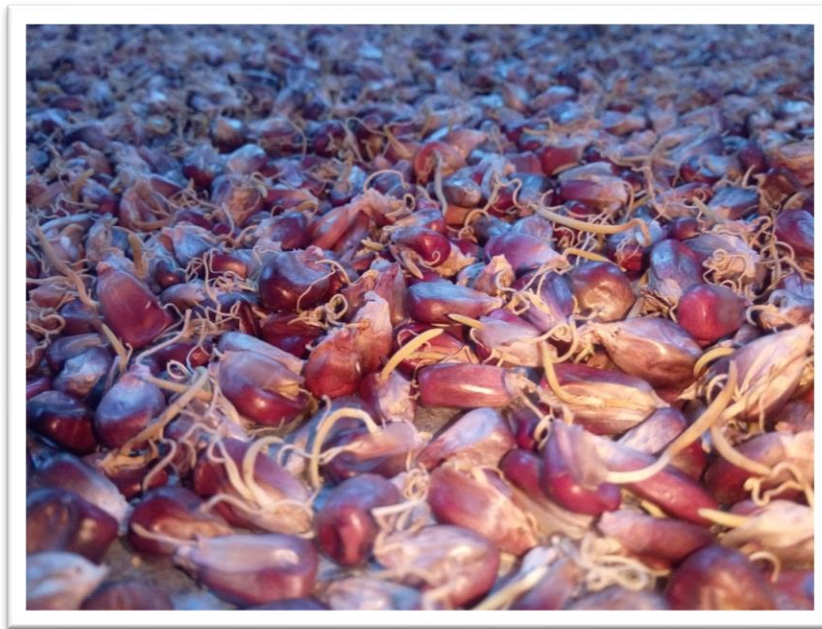


Figura 6.2 – Malta de maíz rojo sin cribar.

6.2.2 Maceración

Para llevar a cabo la maceración previamente se realizó una molienda de la malta de maíz para la reducción del tamaño de partícula.

Una vez molida la malta de maíz se realizó la maceración con una relación grano-agua de 1:4. Maceración efectuada por incremento de temperaturas como se muestra en la figura 6.3.

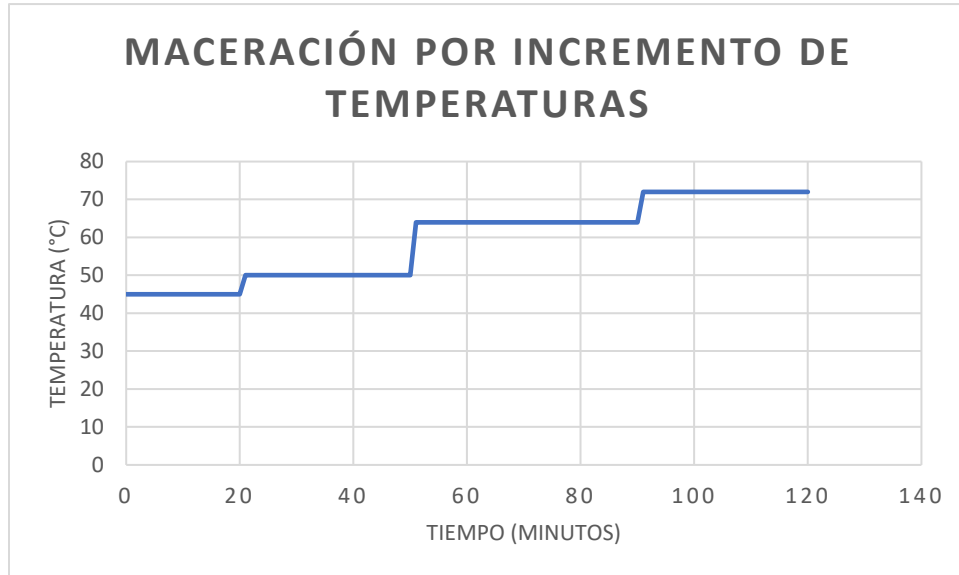


Figura 6.3 Maceración por incremento de temperaturas.

Al terminar la maceración se procedió a realizar el lixiviado del grano con una relación grano-agua de 1:1. Posteriormente se efectuó una cocción o hervor del mosto durante una hora para después llevarlo a temperatura adecuada con ayuda de un intercambiador de calor.

Se realizaron 7 lotes partiendo de 5 kg de malta base de maíz rojo por lote.

6.2.3 Fermentación

Una vez obtenido el mosto dulce a temperatura adecuada se llevó a cabo la fermentación con la adición de levadura, está en función del volumen del mosto a fermentar.

Se empleó una levadura *Saccharomyces cerevisiae* de marca comercial FERMENTIS, descrita a continuación:

- SafSpirit USW-6: La elección natural para los mejores destiladores de Bourbons y otros productores de whisky americano. Se realiza bien en todo tipo de granos o mezclas de granos (Fermentis by Lesaffre, 2019).

Las cuales dentro de sus especificaciones mencionan el uso de 30-50 g de levadura por hl. de mosto dulce a fermentar, con una temperatura óptima entre 20-32°C.

La fermentación se llevó a cabo a temperatura ambiente por 7 días.



Figura 6.4 - Contenedor de vidrio adaptado como fermentador donde se realizó la fermentación equipado con air-lock.

6.2.4 Destilación

Este proceso se llevó a cabo a partir de 2 destilaciones en un mismo equipo. Un alambique de cobre por lotes con carga máxima-mínima de entre 20 y 5 L respectivamente.

Primer destilado:

La primera destilación se realizó con cargas aproximadas de 15 L. Esto para obtener el destilado conocido como bajos vinos.

Segundo destilado:

Una vez obtenido el primer destilado y una disminución de volumen, se procedió a una segunda destilación en el mismo equipo. Donde a partir de mezclas de lotes conseguidos del primer destilado, se realizó esta segunda destilación para fraccionar las partes de foreshots, cuerpo del destilado y feints.

Para poder fraccionar estas 3 partes se realizó tomando en cuenta el %Alcohol al cual se obtenía el destilado del condensador:

- Foreshots: >80%Alc
- Cuerpo: 80-40%Alc
- Feints: <40%Alc

Los criterios para llevar a cabo el fraccionamiento del destilado fueron basados en la Norma Oficial Mexicana: NOM-199-SCFI-2017. La cual menciona que un whisky o whiskey de maíz, debe ser elaborado a menos de 80 %Alcohol.

Debido a que no se contó con un control de temperatura. El fraccionamiento realizado en la segunda destilación para obtener el cuerpo del destilado se logró con ayuda de un refractómetro de alcohol de marca comercial ATC. Un instrumento óptico de precisión para calcular el índice de refracción para mezclas de alcohol-agua con una escala de 0 a 80 %Alcohol.



Figura 6.5 – Alambique de cobre tipo batch empleado en la primera y segunda destilación

6.2.5 Extracción de antocianinas

Para llevar a cabo la extracción de antocianinas se realizó con alcohol. Este alcohol tomado del segundo destilado, cuerpo del destilado, ya que comprende un alto porcentaje de el mismo. Para así obtener un destilado con coloración a partir de las antocianinas presentes en el maíz rojo.

Se realizó una extracción con las siguientes especificaciones:

- Relación del grano-destilado empleado de 1:2.
- Segundo destilado (cuerpo): 60% de Alcohol
- Temperatura: 45-55 °C
- Tiempo: 3 horas

La extracción se realizó por medio de reflujo para evitar la pérdida de etanol durante el aumento de temperatura.

Una vez obtenido el extracto, este fue añadido en relación 1:3 al segundo destilado sin antocianinas, esto para brindarle el color.



Figura 6.7 – Equipo de reflujo montado durante la extracción de antocianinas.



Figura 6.6 – Whisky obtenido con extracto de antocianinas sin madurar.

6.2.6 Maduración de whisky en barricas y chips de madera

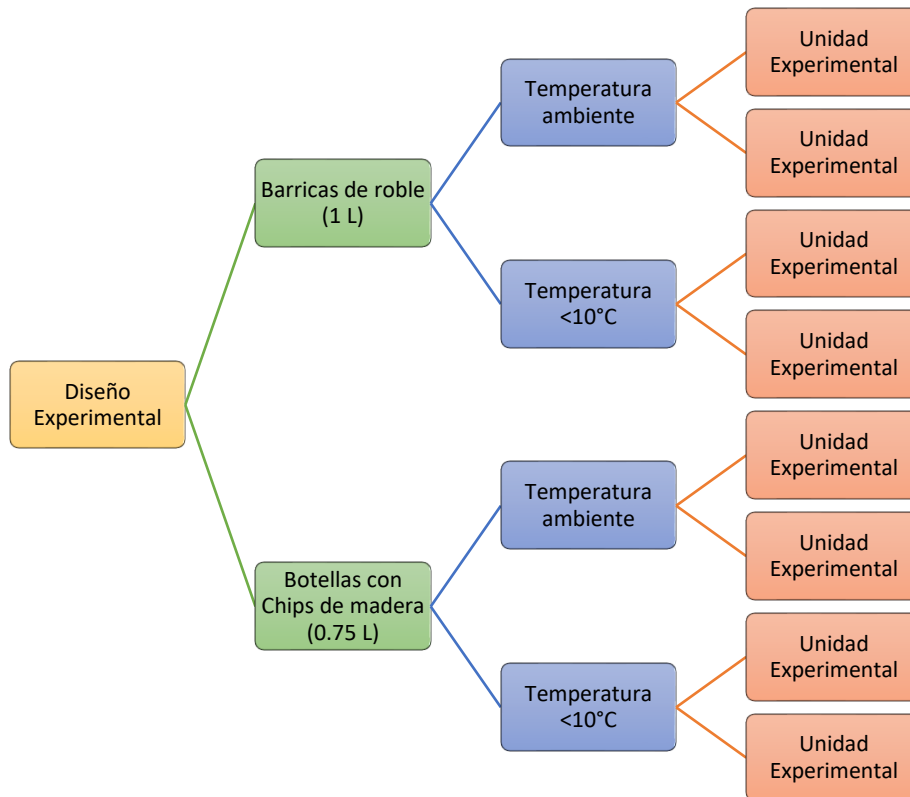


Figura 6.8 - Diseño experimental para maduración de barricas vs chips de madera.

Dentro de la maduración realizada durante 28 días. Se tomó una muestra cada 7 días para realizar los análisis determinados.

Se llevó a cabo un diseño experimental donde a partir de 2 factores, cada uno con 2 niveles, se obtuvieron 4 tratamientos con una repetición por tratamiento. El primer factor comprendió el tipo de maduración. Barricas de roble tostadas de 1 litro procedentes de la Ciudad de Tequila del Estado de Jalisco, México. Y botellas de vidrio de 0.75 litros con chips de madera tostados de tamaño aproximado de 1 cm x 1cm x 1cm, empleados con una relación de 3 g/L de whisky a madurar.

El segundo factor comprendió la maduración a distintas temperaturas. El primer nivel tratado a temperatura ambiente de la Ciudad de México y el segundo a temperaturas menores a 10°C con ayuda de una cámara de refrigeración. Temperaturas detalladas en el Anexo 1.



Figura 6.9 – Barricas de 1 litro de roble tostadas en su interior y chips de madera tostados empleados en la maduración.

6.3 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS E INSTRUMENTALES

6.3.1 Determinación de pH

Potenciómetro:

El pH (concentración de iones hidrógeno) se puede medir utilizando un potenciómetro que se calibra con soluciones tampón, así, los valores de pH de la muestra sin diluir se determinan introduciendo directamente el electrodo del potenciómetro a temperatura ambiente (Horwitz, W, 1980).

Desarrollo (Shirai y Malpica, 2013):

- Encender el potenciómetro.
- Llevar las soluciones de pH 4 y 7 a temperatura ambiente.
- Se calibra el potenciómetro con las soluciones tampón.
- El electrodo se enjuaga con agua destilada y se retira el exceso de agua con papel absorbente.
- El electrodo es introducido en la muestra (muestra previamente colocada en vaso de precipitados) cuidando que no se toquen las paredes del vaso.

- Se espera a que se establezca la lectura del medidor para posteriormente enjuagar el electrodo y volver a introducir una siguiente muestra.

6.3.2 Determinación de azúcares reductores directos

Método de DNS (Miller, 1959):

El método de Miller o DNS (ácido 3-amino-5-nitrosalicílico) cuantifica los carbohidratos producidos durante una fermentación o productos en una reacción enzimática. Los azúcares que reaccionan se llaman azúcares reductores, que pueden unirse a otras moléculas a comparación de los azúcares no reductores. Este método hidroliza el azúcar en una disolución alcalina produciendo un compuesto que se reduce a un grupo nitro del DNS para dar el producto monoamino correspondiente, esta reacción da un producto colorido en solución alcalina o, mejor dicho, oxida los azúcares reductores mostrando un comportamiento diferencial hacia monosacáridos y disacáridos dando resultados colorimétricos que se pueden medir a una longitud de onda de 575 nm.

Desarrollo:

A partir de una solución patrón de glucosa con una concentración de 1000 mg/L se realizará una curva estándar como se muestra en la siguiente tabla tomada de Shirai y Malpica (2013):

Tabla 6.1 - Preparación de diluciones con varias concentraciones de glucosa para determinar azúcares reductores.

Tubo	Volumen de sol. patrón (mL)	Volumen de agua destilada (mL)	Concentración (mg/L)
0	0.0	1.0	0
1	0.1	0.9	100
2	0.2	0.8	200
3	0.3	0.7	300
4	0.4	0.6	400
5	0.5	0.5	500
6	0.6	0.4	600

7	0.7	0.3	700
8	0.8	0.2	800
9	0.9	0.1	900
10	1.0	0.0	1000

- Se preparan los 10 tubos como se muestra en la tabla anterior.
- A cada uno de los tubos se le adiciona 1 mL de reactivo DNS.
- Los tubos se agitan en el vórtex.
- Los tubos se colocan en un baño María durante 15 minutos a una temperatura de ebullición del agua.
- Se introducen en hielo para bajar la temperatura.
- A cada tubo se le adiciona 8 mL de agua destilada.
- Se determina la absorbancia de cada tubo a 575 nm.

Curva de calibración obtenida detallada en Anexo 2.

6.3.3 Determinación de Etanol

Método gravimétrico por picnometría (AOAC, 1995):

Método ligeramente modificado empleado por Flores (2018).

El alcohol se determinó por la técnica del picnómetro. Para lo cual se tomaron 25 mL de muestra, en este caso de mosto fermentado, seguido de los siguientes pasos:

- Se tomó el peso del picnómetro seco con precisión.
- Se llenó el picnómetro con agua destilada hasta aforar y se tomó el peso con precisión.
- Se destiló la muestra en equipo de destilación simple y se recolectaron 20 mL de destilado.
- El destilado fue aforado a 25 mL y colocado en el picnómetro tomando en cuenta una temperatura de 20 °C para posteriormente ser pesado con precisión.
- Se determinó la gravedad específica, utilizando la siguiente relación:

$$\text{Gravedad específica (20°C)} = \frac{(\text{peso picnómetro+muestra})-(\text{peso picnómetro})}{(\text{peso picnómetro+agua})-(\text{peso picnómetro})}$$

- Una vez obtenida la gravedad específica se buscó en tablas de la AOAC (1995) a que porcentaje de alcohol corresponde.

6.3.4 Medición de color

Por espectrofotometría-MSCV® (Pérez y col., 2003):

El color del whisky joven adicionado con antocianinas y el whisky maduro se midió por medio del software MSCV®, basado en la metodología empleada por Espitia (2011). El cual a partir de 4 longitudes de onda (450, 520, 570 y 630nm) se determinaron las absorbancias por medio de un espectrofotómetro para posteriormente reportarlas en el software y obtener el color de la muestra a partir de parámetros en el espacio CIELAB.

6.3.5 Determinación de polifenoles totales

Método de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965):

Método ligeramente modificado empleado por Flores (2018)

- En un tubo de ensayo se coloca 100 µL de la muestra y se le añade 6 mL de agua destilada.
- Agitar los tubos con ayuda de un vórtex.
- Añadir 0.5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu y agitar.
- Adicionar 1.5 mL de Na₂CO₃ (60 g/L) y agitar.
- Transcurrido 2 hora se lee la absorbancia a 765 nm.

Los resultados son expresados como mg equivalentes de ácido gálico por litro de muestra. Esto a partir de una curva de calibración construida con seis concentraciones de ácido gálico en un intervalo de 50 a 500 mg/L.

Curva de calibración obtenida detallada en Anexo 3.

6.3.6 Determinación de actividad antioxidante

Método de ABTS (Re y col, 1999):

Método ligeramente modificado empleado por Flores (2018).

El radical ABTS se obtuvo a partir de la reacción de ABTS (Sigma-Aldrich Corporation by Merck KGaA) 7 mM con persulfato potásico 2.45 mM. Se incubó a temperatura ambiente y en oscuridad por 16 horas. Una vez logrado el radical ABTS se diluyó con etanol hasta obtener un valor de absorbancia de 0.700 ± 0.100 a 754 nm. A 9.8 mL de dilución del radical libre ABTS se le determinó la absorbancia a 754 nm y se le adicionaron 0.2 mL de dilución de la muestra. La absorbancia se midió cada minuto durante 7 minutos a 754 nm.

Se construyó una curva de calibración utilizando Trolox (Sigma-Aldrich Corporation by Merck KGaA) como antioxidante de referencia con un intervalo de concentraciones de 20-140 mg/L en etanol al 96%, expresando los resultados como mmol equivalentes de Trolox por litro. Curva de calibración obtenida detallada en Anexo 4.

6.3.7 Identificación de compuestos volátiles

Cromatografía de gases acoplado a detector de ionización de flama (CG-FID):

Método ligeramente modificado de Oosdijk y Farrell por Varían, Inc. (2007).

Tabla 6.2 Condiciones cromatográficas aplicadas.

CONDICIONES	DETALLES
Cromatógrafo de gases	Hewlett Packard-6890 plus
Columna	Supelcowax-10: 30 m x 0.25 mm x 0.25 μ m
Detector	Ionización de flama (FID)
Temperatura: Detector	260°C
Temperatura: Puerto de inyección	220°C
Gas acarreador	Nitrógeno, 2mL/min
Modo	Split 1:20
Rampa de Temperatura	40°C 3 min, 25°C/min; 260°C
Tamaño de muestra	1 microlitro



Figura 6.10 – Cromatógrafo empleado para la identificación de compuestos volátiles.

6.4 ANÁLISIS SENSORIAL

6.4.1 Perfil flash

Método desarrollado por Sieffermann (2000):

Se reclutó un número de 10 jueces, de los cuales 6 eran mujeres y 4 hombres con edades de entre 25 y 39 años. Ocho de estos jueces pertenecientes a un panel entrenado de cerveza de malta de maíz rojo. Y dos de los jueces reclutados como consumidores frecuentes de bebidas destiladas.

El desarrollo del perfil flash para la evaluación de whisky se llevó a cabo en 3 sesiones:

- 1) Generación de atributos (incluidos atributos preexistentes).
- 2) Intercambio de atributos entre los jueces y definición de una lista personal.
- 3) Sesión principal de evaluación de whisky.

La presentación de las muestras en las tres sesiones fue el whisky diluido con agua hasta llegar a un 20 %Alcohol. Menciona Piggott (2012), que al presentar las

muestras con un mayor porcentaje de alcohol la nariz presenta sensaciones de dolor percibidas como efectos de ardor. Ya que el alcohol entra en contacto con las membranas en las mucosas que recubren la nariz. Además de que la dilución de la muestra hace que sea más fácil percibir las otras características del producto.

La muestra fue presentada en copas de cristal. El volumen de muestra presentado a los jueces fue de 15 mL por muestra. Sin embargo, en ocasiones fue necesario aumentar el volumen cuando se requería dependiendo de cada juez. Así como agua, utilizada como enjuague entre muestras.

Las muestras fueron presentadas de la siguiente manera, descritas en la tabla 5.3.

Tabla 6.3 - Muestras presentadas durante el desarrollo de las tres sesiones del Perfil Flash de los tratamientos realizados durante la maduración.

SESIÓN	MUESTRAS
1	-Whisky recién destilado sin extracto de antocianinas y sin madurar (Sin ext sin madu) . -Whisky con extracto de antocianinas y sin madurar (Con ext sin madu) .
2	-Whisky con extracto de antocianinas madurado en barrica a temperatura ambiente (Barrica T ambien) . -Whisky con extracto de antocianinas madurado con chips de madera a temperatura ambiente (Chips T ambien) .
3	-Whisky recién destilado sin extracto de antocianinas y sin madurar (Sin ext sin madu) . -Whisky con extracto de antocianinas y sin madurar (Con ext sin madu) . -Whisky con extracto de antocianinas madurado en barrica a temperatura ambiente (Barrica T ambien) . -Whisky con extracto de antocianinas madurado con chips de madera a temperatura ambiente (Chips T ambien) . -Whisky con extracto de antocianinas madurado en barrica a bajas temperaturas (Barrica baja T) . -Whisky con extracto de antocianinas madurado con chips de madera a bajas temperaturas (Chips baja T) .

Varela y Ares (2014), mencionan que es posible proporcionar ayuda de atributos prexistentes de literatura previa o estudios anteriores. Ya que esta lista puede ayudar a los panelistas a encontrar palabras que coincidan con sus sensaciones.

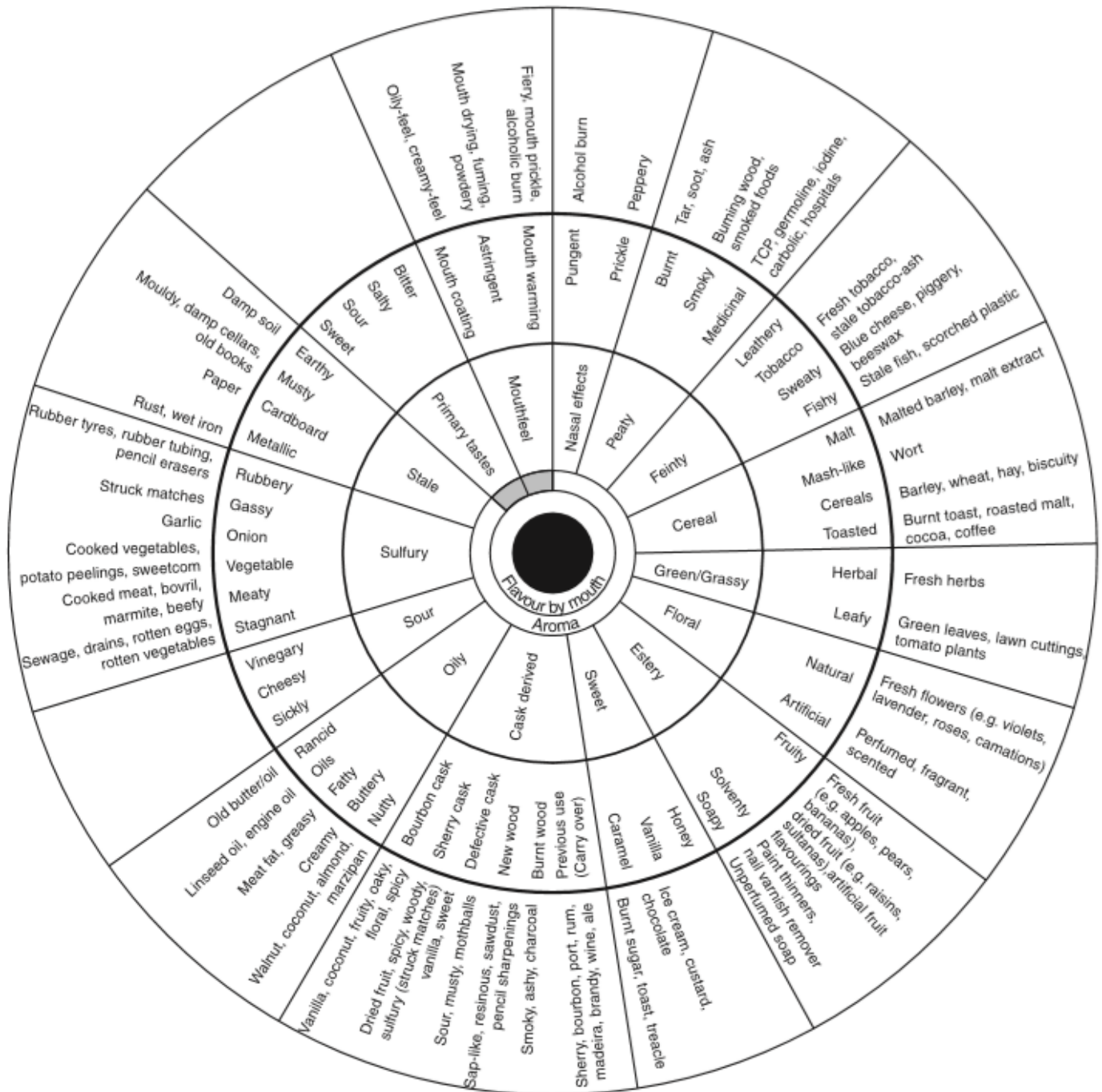


Figura 6.11 - Rueda de sabor del whisky del Instituto de Investigación de Whisky Escoces.

Por lo cual, en la primera sesión se presentó una lista de atributos preexistentes tomados de la rueda de sabor del whisky del Instituto de Investigación de Whisky Escoces, mostrada en la figura 5.4. Aunque fue desarrollada para describir los atributos sensoriales del whisky escoces, esta rueda de sabor también es aplicada para otros tipos de whisky (Piggott, 2012). Los atributos fueron:

- Herbal
- Floral
- Manzana
- Plátano
- Frutos secos
- Caramelo
- Vainilla
- Madera
- Mantequilla
- Nuez
- Jabón
- Cuero
- Coco
- Miel
- Queso
- Malta de maíz
- Maíz
- Tabaco

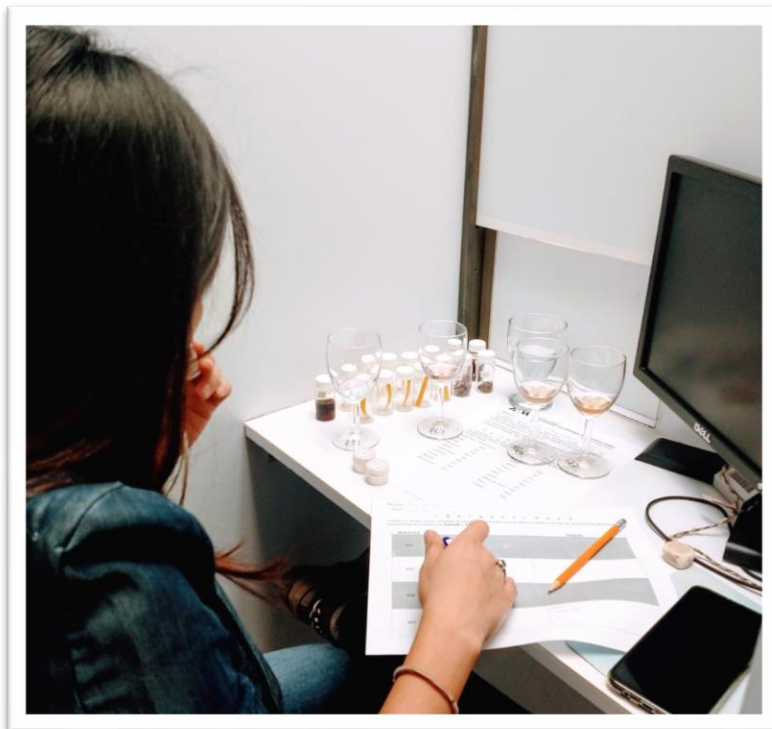


Figura 6.12 - Juez participante generando atributos en la primera sesión.

El formato presentado a los jueces en la primera sesión se visualiza en el Anexo 5.



Figura 6.13 – Muestras presentadas en la primera y segunda sesión.

En la segunda sesión se presentó una lista común a los jueces con los atributos que todos generaron y a partir de ella crearon una lista personal, añadiendo o quitando atributos de los obtenidos en la primera sesión. El formato que se presentó a los jueces en la segunda sesión se visualiza en el Anexo 6.

Para la tercera y última sesión a partir de la lista individual de los jueces, se generó una sesión con ayuda del software FIZZ by BYOSYSTEMES. En el cual se programó una escala no estructurada. Los datos obtenidos fueron evaluados con ayuda del software XLSTAT, donde se realizó un análisis de tipo multivariado: Análisis de Procrustes Generalizado.

Mientras que para determinar los atributos que están correlacionados significativamente con el componente 1 que aporta la mayor explicación de la variabilidad tanto para olor como para sabor, se empleó la tabla de correlación de Pearson con $n=6$ y $\alpha=0.05$. Atributos con una correlación igual o mayor a ± 0.811 .

De igual forma se determinaron los atributos correlacionados con el componente 2 para sabor con un $\alpha=0.20$. Atributos con una correlación igual o mayor a ± 0.608 .



Figura 6.15 - Muestras presentadas en la tercera sesión.

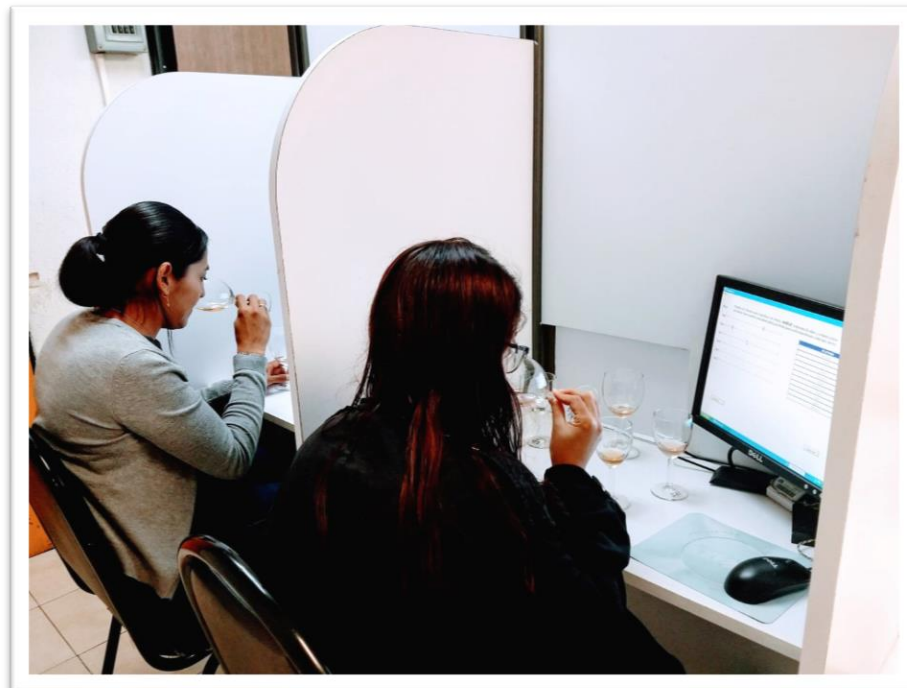


Figura 6.14 - Jueces participantes evaluando muestras en la tercera sesión mediante el software FIZZ by BYOSISTEMES.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 AZÚCARES REDUCTORES, °Bx, pH Y %ALCOHOL

En la tabla 7.1 se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos de °Bx y pH, azúcares reductores en el mosto dulce y fermentado. Al igual que el %Alcohol en cada uno de los 7 lotes elaborados bajo las mismas condiciones de operación

Tabla 7.1 - °Bx, pH y concentración de azúcares reductores en el mosto dulce y fermentado, así como el %Alcohol obtenido.

LOTE		°Bx	pH	azúcares reductores g/L	%alcohol
1	Mosto dulce	16	6.19	68.46	6.55
	Mosto fermentado	8	4.01	7.13	
2	Mosto dulce	20	6.02	71.13	6.50
	Mosto fermentado	11	4.08	7.80	
3	Mosto dulce	19	6.17	69.13	6.40
	Mosto fermentado	10	4.14	9.13	
4	Mosto dulce	17	6.07	67.80	6.08
	Mosto fermentado	8	4.16	6.46	
5	Mosto dulce	18	6.04	69.13	6.40
	Mosto fermentado	9	4.26	3.80	
6	Mosto dulce	18	6.08	69.80	6.40
	Mosto fermentado	8	4.11	7.13	
7	Mosto dulce	19	6.15	71.13	6.50
	Mosto fermentado	10	4.08	5.80	
Promedio ±D.E.	Mosto dulce	18.1±1.3	6.10±0.06	69.51±1.26	6.35±0.21
	Mosto fermentado	9.14±1.2	4.12±0.07	6.75±1.67	

El mosto dulce, el cual contiene los azúcares solubles logrados a partir de la hidrólisis del almidón durante la maceración en los lotes obtuvo un valor promedio de 18.1±1.3 °Bx, este disminuye después de la fermentación llegando a 9.14±1.2

°Bx. El valor residual se debe a que los azúcares medidos o °Bx comprenden azúcares no reductores como lo son las dextrinas. Bringhurst y col (2000), describen a las dextrinas como contribuyentes al cuerpo en el proceso de la cerveza, sin embargo, en la producción de whisky la presencia de dextrinas al final de la fermentación es debido a la incapacidad de la levadura por convertirlas en alcohol. A lo contrario de los azúcares reductores, los cuales la levadura es capaz de hacer uso de ellos y producir etanol.

Esto se confirmó con la determinación de azúcares reductores por DNS realizada al mosto dulce y mosto fermentado. Como se puede observar con un promedio inicial de 69.51 ± 1.26 y una disminución hasta obtener 6.75 ± 1.67 gramos de azúcares reductores por litro después de la fermentación en los lotes elaborados. Azúcares reductores logrados con las propias enzimas de la malta de maíz rojo.

Dentro de los principales azúcares fermentables se encuentran la glucosa, maltosa, maltotriosa y maltotetraosa (Miller, 2019). No obstante, para aprovechar al máximo el residual de dextrinas y que estas sean consumidas en la producción de whisky se pueden emplear levaduras del tipo *Saccharomyces diastaticus*, que producen glucoamilasa extracelular (Erratt y Stewart, 1978).

El pH promedio en el mosto dulce fue de 6.10 ± 0.06 , este se vio disminuido una vez transcurrida la fermentación al llegar a un valor de 4.12 ± 0.07 . La baja de pH durante el proceso fermentativo fue debida a la presencia de ácidos disueltos como el acético, pirúvico, láctico y carbónico, generados como productos secundarios en la fermentación alcohólica y acéticas dentro del sistema. Gómez (2015) reporta un pH de 5.88 en mosto dulce a partir de malta base de maíz rojo para la producción de cerveza.

Se utilizó una levadura del tipo *Saccharomyces cerevisiae* con la cual se obtuvo un %Alcohol promedio de $6.35 \pm 0.21\%$ para los lotes elaborados con 100% de malta base de maíz rojo. Rodríguez (2018), reporta alrededor de un 5 %Alcohol obtenido en whisky elaborado con malta de maíz criollo y con adición de enzimas como la glucosidasa y α -amilasa durante el macerado y fermentado, así como el uso de levaduras comerciales de tipo *Saccharomyces cerevisiae* empleadas en whisky.

7.2 %ALCOHOL EN DESTILACIONES

En la tabla 7.2 se presentan el %Alcohol y volumen obtenido tanto en la primera destilación a partir de los mostos fermentados, así como de la segunda destilación donde se mezclaron los bajos vinos de los lotes dando paso a tres segundas destilaciones, esto para poder ser destilados en el mismo alambique de cobre. El cual cuenta con una carga mínima de 5 litros y una resistencia sin control de temperatura.

Tabla 7.2 - %Alcohol obtenido en las primeras y segundas destilaciones

LOTE	MOSTO FERMENTADO		1a DESTILACIÓN		2a DESTILACIÓN	
			Bajos vinos		Cuerpo	
	%Alc	Vol. (L)	%Alc	Vol. (L)	%Alc	Vol. (L)
1	6.5	14.5	18	5	60	3.5
2	6.5	15.5	21	4.8		
3	6.4	14.8	20	4.7		
4	6.0	15.9	20	4.2	61	2.0
5	6.4	15.4	20	4.5		
6	6.4	15.5	21	4.4	61	2.2
7	6.5	15.4	21	4.8		
Promedio ±D.E.	6.35±0.21	15.28±0.47	20.14±1.06	4.62±0.27		

Se obtuvo un promedio de 20.14±1.06 %Alcohol en los bajos vinos conseguidos en la primera destilación. Whitby (1992), afirma que los bajos vinos producidos varían de 19% a 22.5% (v/v) etanol debido al reflujo. Las diferentes cantidades de reflujo se deben a variaciones en el diseño del alambique, asociadas a las relaciones superficie-volumen.

Para la segunda destilación se obtuvo un %Alcohol de entre 60 y 61% en las distintas destilaciones de las mezclas de los lotes. Dando un promedio de 1.1 litros

de whisky al 60.6 %Alcohol por cada uno de los lotes realizados. Recordando que por cada lote se utilizó 5 kg de malta base de maíz rojo. Rodríguez (2018) reporta alrededor un 42-43 %Alcohol obtenido en la segunda destilación para la producción de whisky elaborado con malta de maíz criollo.

Bamforth y Torra (2007), mencionan que después de la destilación se diluye el destilado para llegar a 58-70 %Alcohol antes de llenar los barriles de roble para comenzar con el proceso de maduración. Tomando en cuenta que durante la maduración hay una considerable pérdida de alcohol por evaporación.

7.3 POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN WHISKY JOVEN Y MADURO

En la tabla 7.3 y 7.4 se presentan los resultados de los polifenoles totales y capacidad antioxidante respectivamente, obtenidos durante el proceso de maduración. Partiendo del whisky con extracto de antocianinas sin madurar (**Context sin madu**). Así como en los tratamientos realizados: Maduración en barricas de 1 litro a temperatura ambiente (**Barrica T ambient**), maduración en botellas de vidrio de 0.75 litros con chips de madera a temperatura ambiente (**Chips T ambient**), maduración en barricas de 1 litro a bajas temperaturas (**Barrica baja T**) y maduración en botellas de vidrio de 0.75 litros con chips de madera a bajas temperaturas (**Chips baja T**).

Se realizaron pruebas de Análisis de varianza para determinar si existe o no, diferencia significativa entre la interacción de los dos factores según el diseño experimental descrito en la sección 6.2.6. Al igual que una prueba de comparación múltiple de Tukey. Estos análisis se realizaron comparando los datos semanalmente. Tanto para la concentración de polifenoles totales como para la capacidad antioxidante.

Las tablas obtenidas de los análisis realizados en el software NCSS (2001) se visualizan en el Anexo 7.

Tabla 7.3 – Resultados obtenidos de polifenoles totales expresados como mg de ácido gálico por litro durante la maduración.

TRATAMIENTO	mg de ácido gálico/L			
	SEMANA			
	1*	2*	3*	4*
Con ext sin madu	127.07			
Barrica T ambient	281.36±0.31 ^c	330.91±9.3 ^b	450.68±20.56 ^d	540.45±17.99 ^c
Chips T ambient	152.95±4.50 ^b	159.77±7.07 ^a	172.72±5.46 ^{abc}	166.36±0.31 ^a
Barrica baja T	156.36±0.96 ^b	166.36±6.75 ^a	199.54±11.88 ^{bc}	233.64±24.74 ^b
Chips baja T	133.63±1.60 ^a	134.77±7.7 ^a	140.22±6.42 ^{ab}	152.73±4.82 ^a

*: Diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos ($p < 0.05$) entre la interacción de los dos factores durante cada semana.

Nota: Las letras a, b...d indican los grupos formados en la prueba de Tukey.

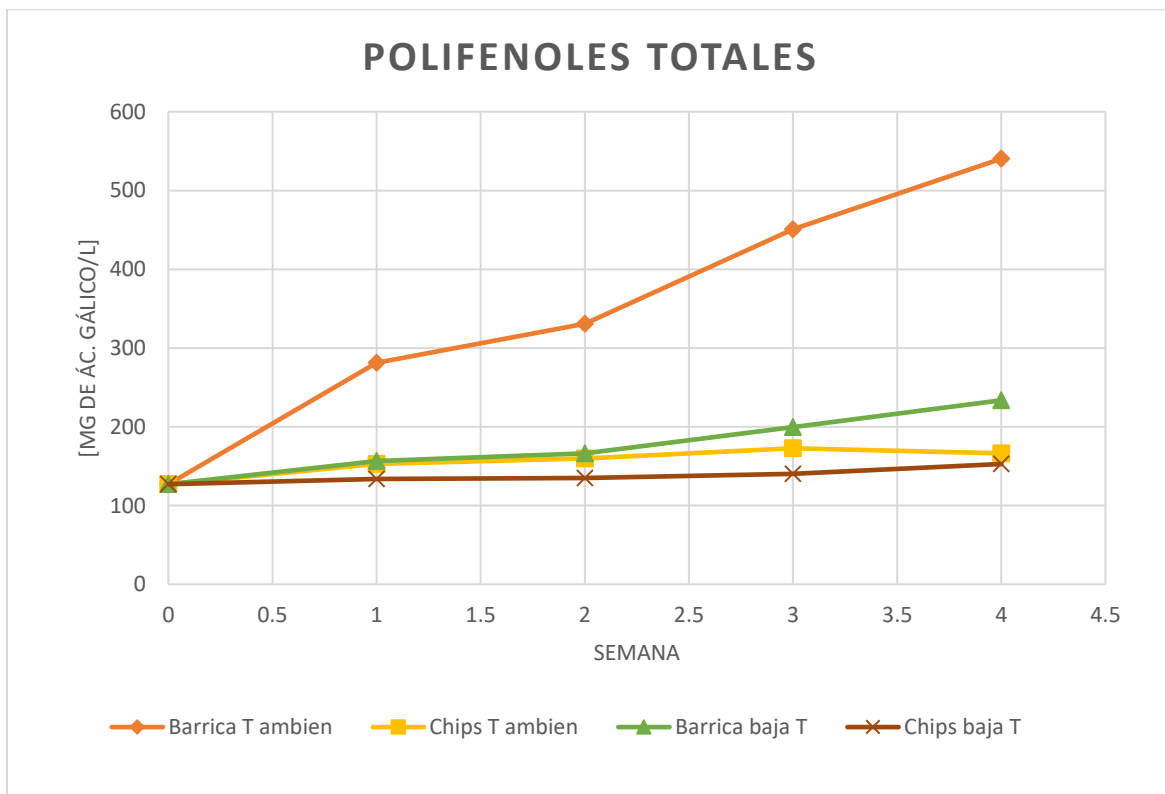


Figura 7.1 – Cinética de Polifenoles totales expresados como mg de ácido gálico por litro, durante la maduración en los distintos tratamientos.

Partiendo del whisky sin madurar y con extracto de antocianinas el cual expresa un contenido de polifenoles totales de 127.07 mg de ácido gálico por litro. En las 4 semanas existe una diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos. Donde el tratamiento de maduración en barrica a temperatura ambiente conserva la mayor concentración de polifenoles totales con 281.36 ± 0.31 mg de ácido gálico por litro desde la primera semana. Esto se puede observar en la Figura 7.1, dónde este tratamiento conserva la mayor concentración hasta la semana 4 con 540.45 ± 17.99 . Siendo además significativamente distinto en la prueba de comparación múltiple de Tukey, agrupándolo en un solo subconjunto desde los primeros 7 días de maduración. Esto puede ser debido a que en este tratamiento el contacto de la madera con el destilado es mayor en barricas de 1 litro, así como tasas de reacción aceleradas por temperaturas más altas.

Se observa por debajo el tratamiento en barrica madurado a bajas temperaturas, con un máximo de polifenoles totales de 233.64 ± 24.74 mg de ácido gálico por litro al término de la maduración. Siendo agrupado sin los otros 3 tratamientos por la prueba de Tukey. Sin embargo, este tratamiento no fue significativamente distinto del tratamiento de whisky con chips madurado a temperatura ambiente al término de la semana 3.

Los tratamientos de whisky con chips madurados con ambas variaciones de temperatura fueron los que obtuvieron una menor concentración de polifenoles totales. Esto puede ser debido a una baja superficie de contacto de los chips con el líquido en comparación del contacto con la barrica. Pues al término de la maduración el whisky madurado con chips de madera a bajas temperaturas obtuvo una concentración de 152.73 ± 4.82 mg de ácido gálico por litro que no difiere significativamente en la prueba de Tukey con el tratamiento madurado con chips de madera a temperatura ambiente que obtuvo una concentración de polifenoles totales expresada en 166.36 ± 0.31 mg de ácido gálico por litro.

Fujieda y col. (2008), reportan el contenido de polifenoles en cuatro whiskies japoneses comerciales aplicando el método de Folin-Ciocalteu. El valor más alto que reportan es de 417 ± 44.1 mg por litro en un whisky de malta madurado en

barricas de roble tostado nuevas. Seguido de un whisky representativo japonés de malta con una concentración de 263.4 ± 1.2 mg por litro. Las concentraciones de los 2 blended whisky restantes fueron relativamente bajas, reportadas con 82.2 ± 17.7 y 78.7 ± 16.8 mg por litro.

Goldberg y col. (1999) mencionan algunos polifenoles presentes en whisky escocés y bourbon, como el ácido gálico, elálgico y siringaldehído con mayor concentración. Y algunos otros como lo son el ácido síringico y la vainillina.

Miller en 2019 hace referencia a Balwin y col. (1967), que proponen las siguientes reacciones. En las cuales mencionan que la lignina se divide en monómeros derivados del proceso de etanolisis.

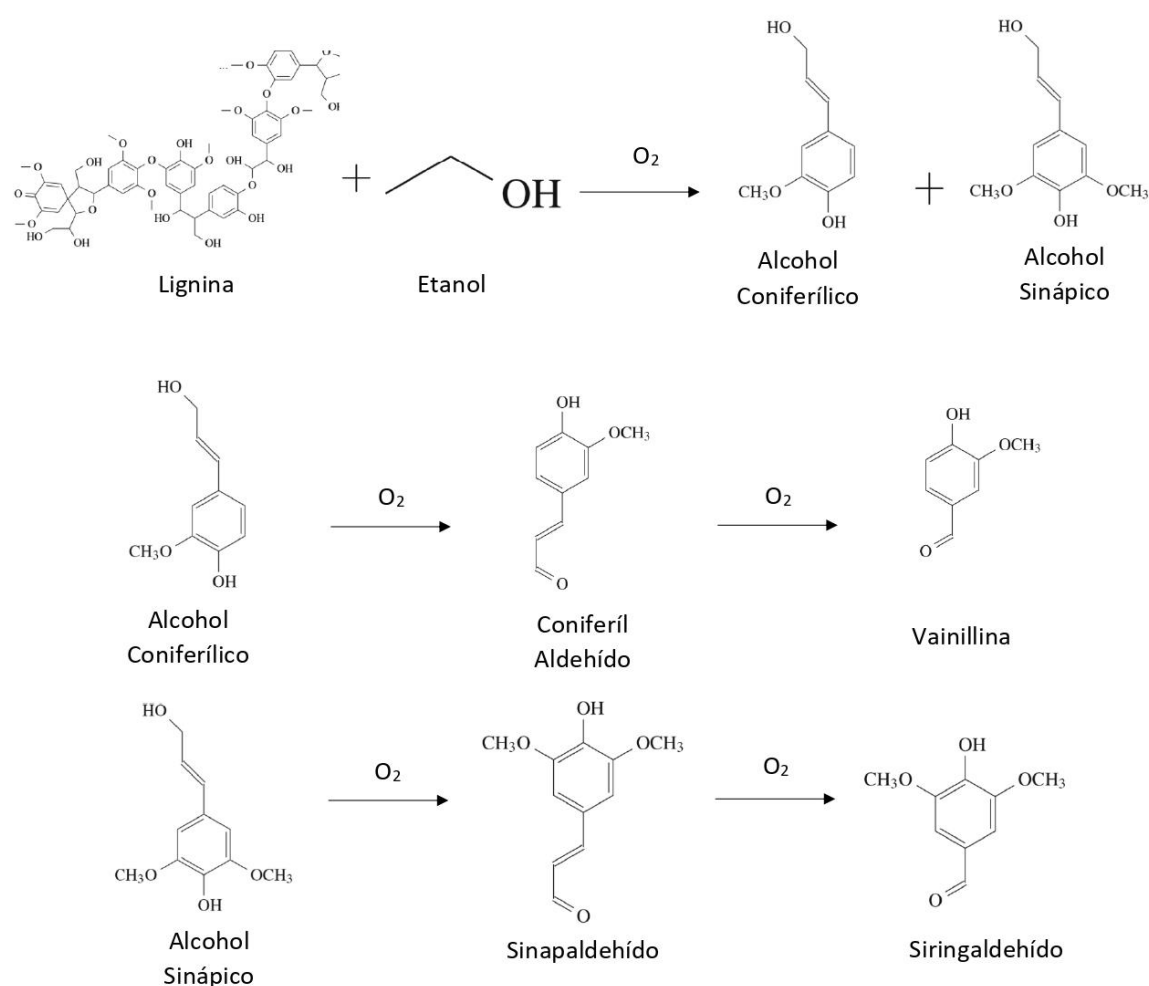


Figura 7.2 - Reacciones que dan lugar a algunos polifenoles presentes en whisky escocés y bourbon.

La actividad biológica de los polifenoles está directamente relacionada con su capacidad antioxidante. Ya que estos compuestos son capaces de actuar como captadores de radicales libres. El ensayo de Folin-Ciocalteu, muestra una estrecha correlación con los diferentes métodos de medición de la actividad antioxidante.

Tabla 7.4 - Resultados obtenidos de capacidad antioxidante expresados como mmol equivalentes de Trolox por litro durante la maduración.

TRATAMIENTO	mmol eq de Trolox/L			
	SEMANA			
	1*	2*	3*	4*
Con ext sin madu	0.71			
Barrica T ambien	1.81±0.07 ^b	3.85±0.02 ^b	4.02±0.03 ^b	4.25±0.17 ^d
Chips T ambien	0.87±0.11 ^a	1.36±0.04 ^a	1.30±0.03 ^a	1.66±0.17 ^{abc}
Barrica baja T	0.99±0.14 ^a	1.66±0.42 ^a	1.73±0.39 ^a	2.21±0.17 ^{bc}
Chips baja T	0.93±0.07 ^a	0.82±0.04 ^a	1.05±0.16 ^a	1.40±0.01 ^{ab}

*: Diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos ($p < 0.05$) entre la interacción de los dos factores durante cada semana.

Nota: Las letras a, b...d indican los grupos formados en la prueba de Tukey.

Iniciando la maduración con un whisky con extracto de antocianinas, se observa en la figura 7.3, que la capacidad antioxidante no comienza nula. Esta inicia para todos los tratamientos con una concentración expresada en mmol equivalentes de Trolox por litro de 0.71.

Se puede observar que para la semana 1 el tratamiento que aumenta y significativamente se encuentra en un subconjunto distinto determinado por la prueba de comparación múltiple de Tukey, es el de la maduración en barrica a temperatura ambiente. Esto era de esperarse, ya que sigue la tendencia de la concentración de los polifenoles totales. Este tratamiento con una concentración de 1.81±0.07 mmol equivalentes de Trolox por litro. Sin embargo, el promedio más bajo es para el tratamiento del whisky madurado con chips a temperatura ambiente con 0.87±0.11, sin ser significativamente distinto de los otros dos tratamientos.

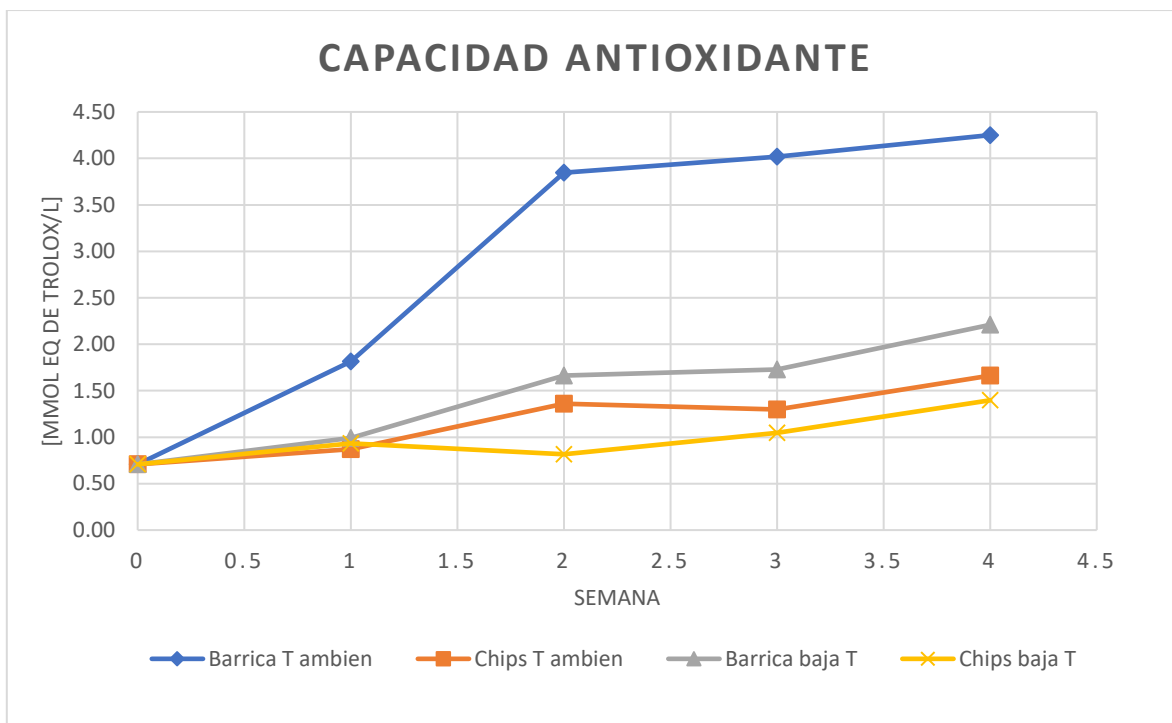


Figura 7.3 - Cinética de Capacidad antioxidante expresada mmol equivalentes de Trolox por litro, durante la maduración en los distintos tratamientos.

Este comportamiento es el mismo para la segunda y tercera semana de maduración. Existiendo diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, determinado por la prueba de ANOVA. Y no siendo significativamente distintos los tratamientos de barrica a baja temperatura, chips a baja temperatura y chips a temperatura ambiente, esto por la prueba de Tukey.

Para el final de la maduración en la cuarta semana, el tratamiento con mayor concentración de polifenoles totales es el que expresó mayor capacidad antioxidante por el método de ABTS con 4.25 ± 0.17 mmol equivalentes de Trolox por litro. Seguido del tratamiento de maduración en barrica a bajas temperaturas, el cual no difiere del tratamiento con chips a temperatura ambiente, a su vez no difiere significativamente del tratamiento del whisky madurado con chips de madera a bajas temperaturas que obtuvo la media más baja al término de la maduración con 1.40 ± 0.01 mmol equivalentes de Trolox por litro.

Goldberg, y col., (1999), reportan valores de capacidad antioxidante de bebidas destiladas como whiskies, brandies y algunas otra sin madurar. A partir de un

ensayo de ABTS reportando los resultados como mmol de Trolox por litro. Donde reporta una capacidad antioxidante similar para un Canadian Rye y un Blended Scotch, cercana a los 0.5 mmol de Trolox por litro. Seguido de un Single Malt Scotch apenas por arriba de 1 mmol/L. Y el más alto reportado, un American Bourbon con casi con 2 mmol de Trolox por litro.

Dando por encima los valores obtenidos en este trabajo tanto de polifenoles totales como de capacidad antioxidante de un whisky a base de malta de maíz rojo con extracto de antocianina con el tratamiento de maduración a temperatura ambiente en barricas de roble tostadas de un litro. Esto puede ser debido a una concentración inicial de polifenoles brindada por el extracto de antocianinas. Además del mayor contacto que se tiene del whisky con barricas de este tamaño (1 litro) en comparación de los 3 g/L de chips de madera en whisky empleados, aunado a esto la maduración con temperaturas más altas.

7.4 COLOR EN WHISKY JOVEN Y MADURO

Al igual que en la determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante. El color se midió cada semana durante las cuatro semanas de maduración. Se analizan las cinéticas de cambio de color a partir de los parámetros de Luminosidad, Cromaticidad y Color observado en las figuras 7.4, 7.5 y 7.7. Así como los análisis estadísticos de Análisis de Varianza y pruebas de Tukey en las tablas situadas en el Anexo 8.

En el Anexo 9 se observan todos los valores obtenidos, tanto de las unidades de absorbancia como de los parámetros triestímulo arrojados por el programa MSCV y %Alcohol durante las cuatro semanas de maduración.

En la tabla 7.5 se muestran los valores obtenidos de L (luminosidad, de oscuro a claro: 0-100%), Croma (indica saturación de color: 0-100%) y Hue (denota tono de color observado 0-360°), al final de la maduración. Además, se visualiza el color brindado por el programa MSCV en una de las repeticiones experimentales.

Tabla 7.5 – Resultados obtenidos del color para los distintos tratamientos al final de la maduración

TRATAMIENTO	L (%)*	Croma (%)*	Hue (°)	Color (MSCV)
Con ext sin madu	87.4	13.33	27.91	
Barrica T ambien	78.4±1.41 ^b	53.42±1.38 ^d	68.90±1.17	
Chips T ambien	85.05±0.64 ^a	26.87±2.23 ^{bc}	52.74±1.94	
Barrica baja T	84.45±0.92 ^a	25.75±3.19 ^{abc}	51.85±2.33	
Chips baja T	86.55±0.07 ^a	18.38±0.57 ^{ab}	39.22±0.20	

*: Diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos ($p < 0.05$) entre la interacción de los dos factores en la última semana.

Nota: Las letras a, b...d indican los grupos formados en la prueba de Tukey.

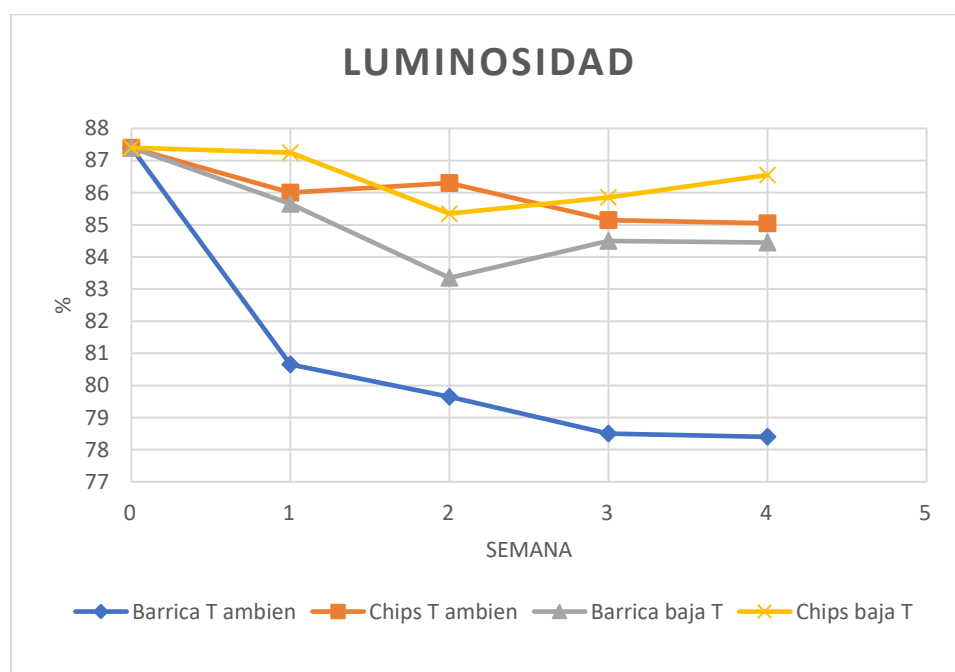


Figura 7.4 Cinética de Luminosidad expresada en porcentaje, durante la maduración en los distintos tratamientos.

Al inicio de la maduración el whisky recién destilado adicionado con antocianinas, la luminosidad fue de 87.4%, indicando un color bastante claro. Sin embargo, para la primera semana de maduración se observa un cambio importante, pues existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos. La prueba de Tukey

indica que el único tratamiento que es significativamente diferente es el de barrica a temperatura ambiente con un valor de luminosidad de 78.5%.

Para el término de la semana 2 y 3 de la maduración sigue existiendo diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos para L. Al igual que para el final de la maduración, ordenando de la misma forma los grupos obtenidos en la prueba de comparación múltiple de Tukey como en la primera semana. Con un valor para L de 78.4% en el tratamiento de barrica a temperatura ambiente. Mientras que para los demás tratamientos con valores de 84.45%, 85.05% y 86.55%, los cuales no difieren entre sí, siendo valores de luminosidad más claros.

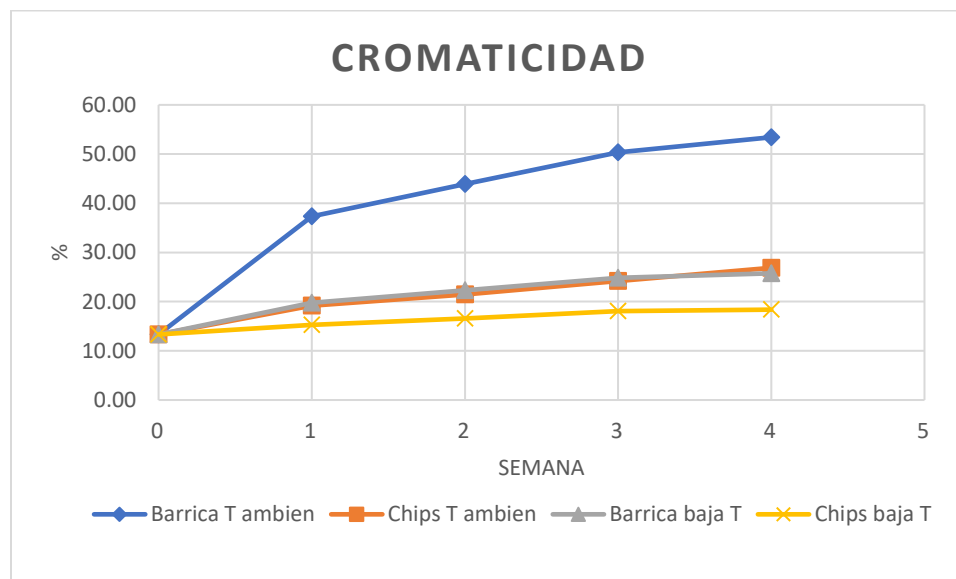


Figura 7.5 - Cinética de Cromaticidad expresada en porcentaje, durante la maduración en los distintos tratamientos.

Para los resultados de cromaticidad, la maduración comienza con 13.33% que indica la saturación de color. Esta se ve incrementada durante la primera semana donde se obtiene una diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos. Siendo el tratamiento de barrica a temperatura ambiente el que obtuvo una mayor saturación de color con 37.35%. Estando por debajo los demás tratamientos agrupados en 2 conjuntos por la prueba de Tukey. Presentando un valor de 15.24% para el tratamiento con chips a bajas temperaturas sin diferir del tratamiento con chips a temperatura ambiente.

Al igual que para la semana 2, 3 y 4, que sigue existiendo diferencia significativa, presentando aún mayor saturación de color en el tratamiento de barrica a temperatura ambiente. Llegando a un valor al término de la maduración de 53.42%. Mientras que los tratamientos que presentaron menor saturación de color fueron el de chips y barrica a bajas temperaturas con valores de 18.37% y 25.75% los cuales no difieren entre sí.

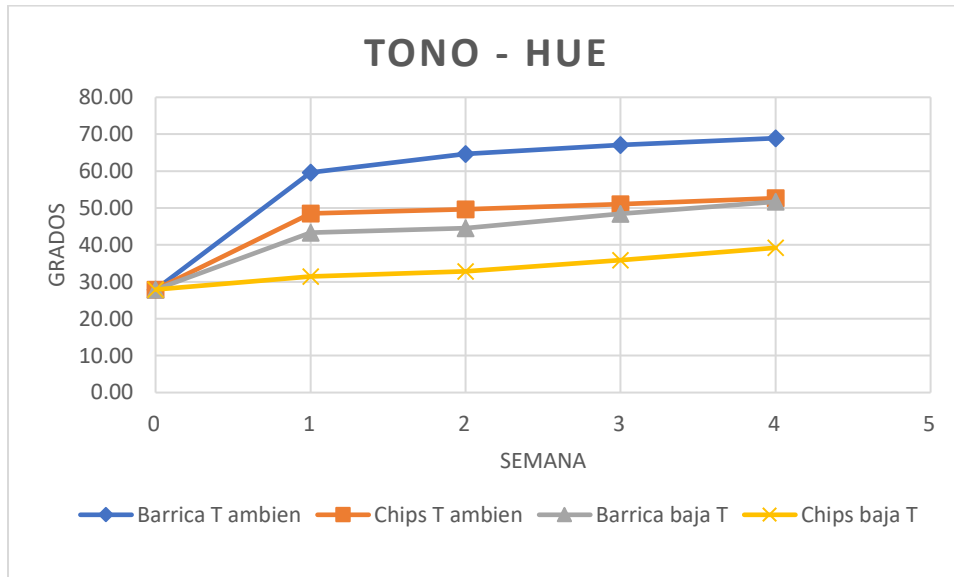


Figura 7.7 - Cinética de Color observado expresado en grados, durante la maduración en los distintos tratamientos.

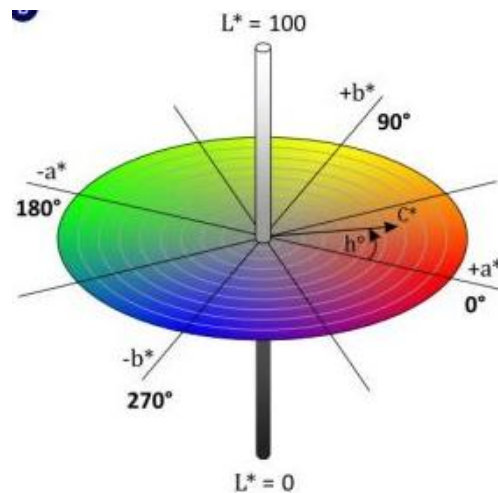


Figura 7.6 – Parámetros evaluados en el espacio CIELAB

Para el último parámetro evaluado, el Tono, que caracteriza el color observado. Se inicia con un valor de 27.91° en el whisky con extracto de antocianinas sin madurar. Como se muestra en la figura 7.6, para la cual con este valor se observa un color rojo. Así como se visualiza en la tabla 7.5, el color brindado por el programa MSCV. Esta coloración debida a las antocianinas. Garzón (2008), describe a estos compuestos como glucósidos de antocianidinas que pertenecen a la familia de los flavonoides. Estos compuestos conformados por dos anillos aromáticos como se muestra en la figura 7.8, así como variaciones en el anillo B que dependiendo la sustitución en los grupos R1 y R2, denotarán distinta coloración según el tipo de antocianina.

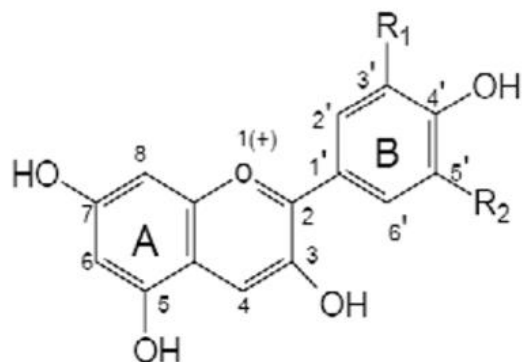


Figura 7.8 – Estructura y sustituyentes de las antocianinas

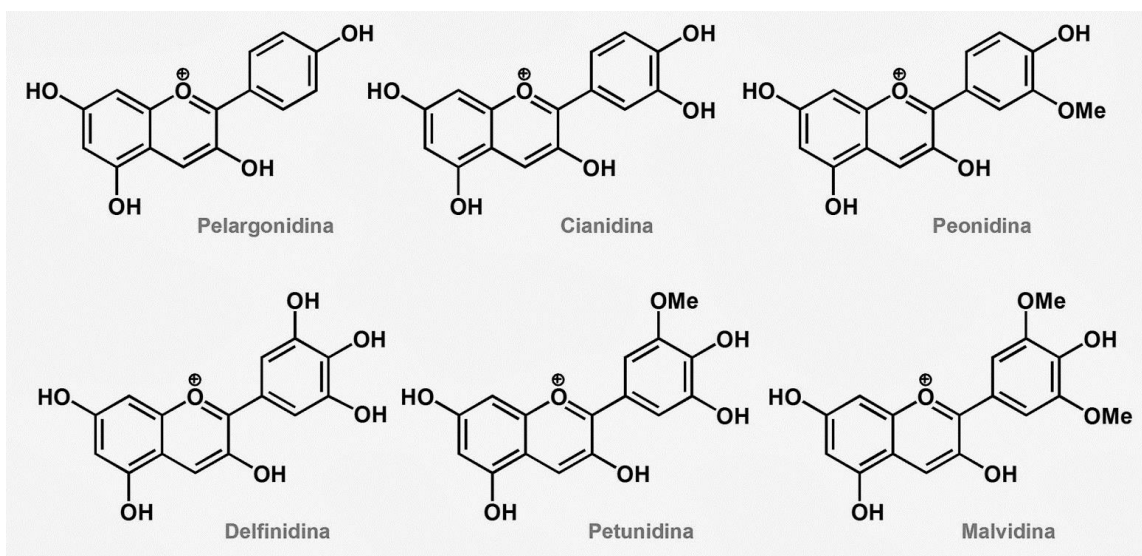


Figura 7.9 – Distintas antocianinas según sus grupos hidroxilo y metoxilo.

El color de las antocianinas se encuentra en función del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo. Incrementos en la hidroxilación producen tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas. Estos grupos en las antocianinas se pueden observar en la figura 7.9.

Durante las cuatro semanas de maduración no existió diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos en el Tono entre la interacción de los dos factores, tipo de maduración y temperatura de maduración. Como se observa en las tablas 10.38-10.41. Sin embargo, si existe diferencia significativa durante las cuatro semanas de maduración en los factores por sí solos.

Para el término de la maduración se obtuvieron valores del Tono de entre $39.22 \pm 0.20^\circ$ y $68.90 \pm 1.17^\circ$. Estos colores se pueden visualizar en la figura 7.10, así como en la tabla 7.5 por el programa MSCV en los distintos tratamientos aplicados.

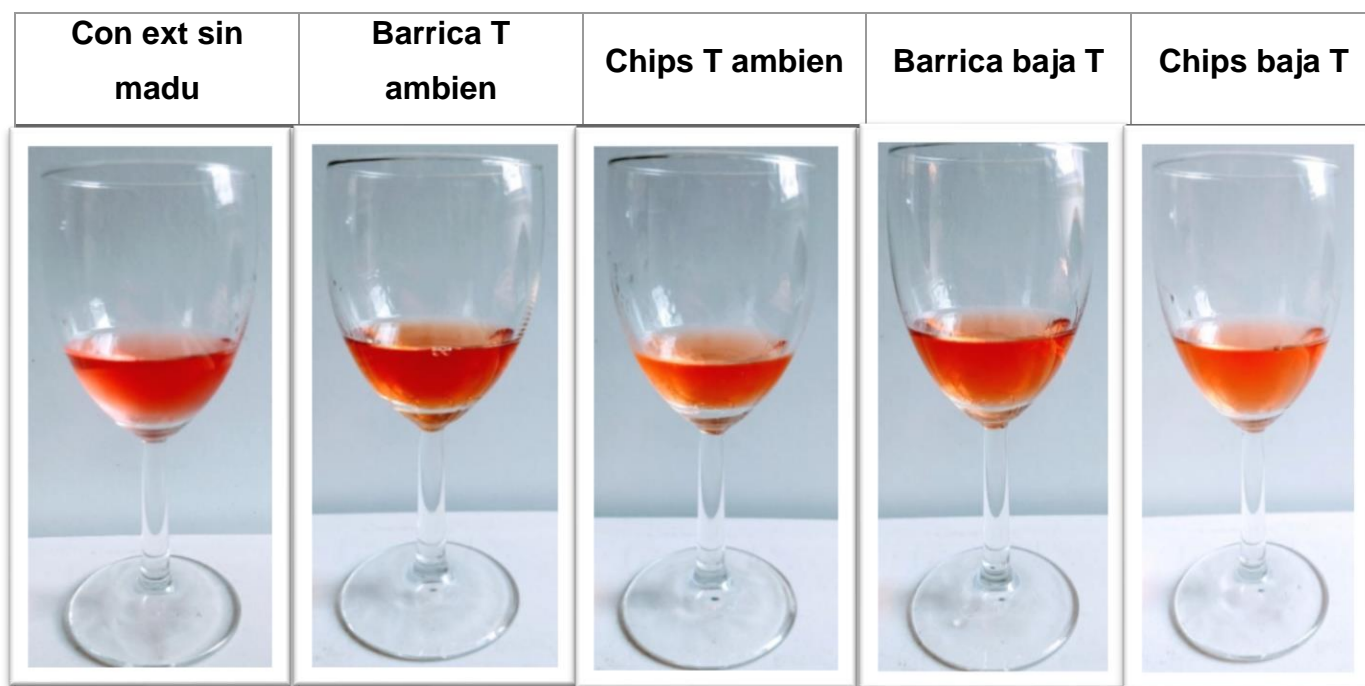


Figura 7.10 – Color observado en el whisky sin madurar y al final de la maduración en los distintos tratamientos.

El cambio de color es debido a reacciones que suceden durante la maduración. Martín y Zubillaga (n. d.) mencionan que para los barriles que son tostados o quemados por dentro, el proceso de carbonización rompe las cadenas de lignina de

la madera. Este proceso da lugar a que durante la maduración del destilado se produzcan lactonas, como las cis- y trans-metil-octalactonas, que son los que le dan el color dorado al whisky. Por otra parte, las melanoidinas que se producen a partir del rompimiento de la celulosa otorgan una coloración marrón al destilado durante la maduración. Sin embargo, mencionan que el color también dependerá del tipo de barrica que se utilice durante la maduración, así como la adición de caramelo para algunos casos.

7.5 IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES EN WHISKY JOVEN Y MADURO

En el cromatograma mostrado en la figura 7.11 se observan los compuestos identificados en el tratamiento de whisky madurado con chips de madera a temperatura ambiente. Así como un segmento del cromatograma del whisky madurado en barrica a temperatura ambiente donde se identificó el compuesto metanol. En la tabla 7.6 se observan los compuestos identificados en cada uno de los tratamientos.

Tabla 7.6 – Compuestos identificados en cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTO COMPUESTO	Con ext sin madu	Barrica T ambien	Chips T ambien	Barrica baja T	Chips baja T
Acetato de etilo	✓	✓	✓	✓	✓
Metanol		✓			
Etanol	✓	✓	✓	✓	✓
Diacetilo	✓		✓		
3-Metil-1-butanol	✓	✓	✓	✓	✓
Lactato de etilo	✓		✓		
Octanoato de etilo			✓	✓	✓
Ácido acético	✓	✓	✓	✓	✓
Feniletanol	✓	✓	✓	✓	✓

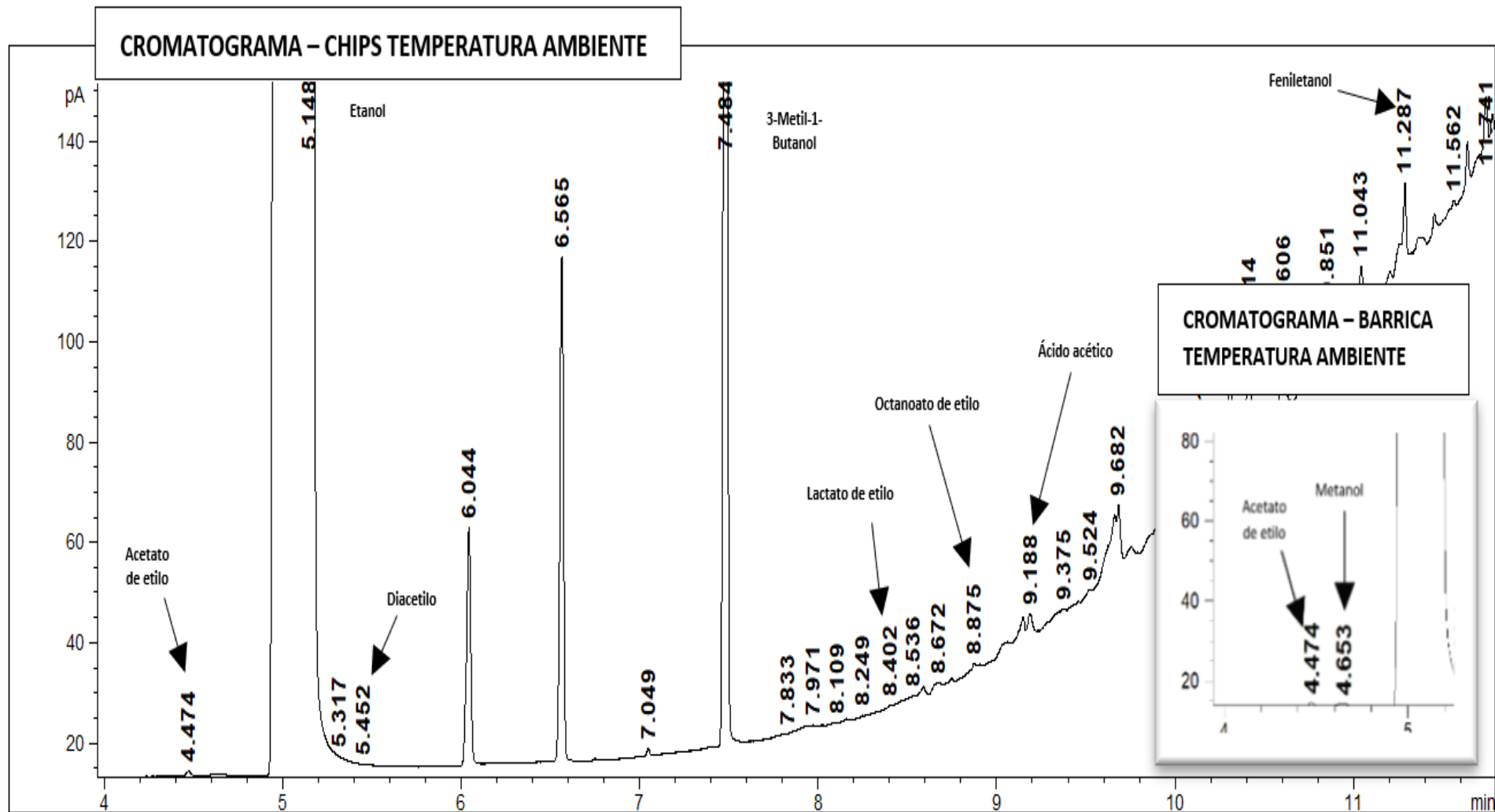


Figura 7.11 – Cromatograma del tratamiento con chips de madera a temperatura ambiente y segmento de cromatograma con tratamiento de barrica a temperatura ambiente,

En el cromatograma se observa con un tiempo de retención de 5.1 min. al etanol. El objetivo principal de la fermentación es la conversión de glucosa en etanol, además se generan algunos otros alcoholes de entre los que destacan el propanol, isobutanol, 2-metilbutanol, 3-metilbutanol y feniletanol, los cuales son los más importantes desde una perspectiva de sabor.

El 3-metilbutanol (tr 7.4 min.) presente tanto en el whisky sin madurar, así como en todos los tratamientos madurados. Clasificado como un alcohol superior es producido en la vía de Ehrlich, dónde el aminoácido leucina es transaminado, descarboxilado y reducido. Esta reacción se produce en condiciones deficientes de aminoácidos. La generación de alcoholes superiores dependerá de la temperatura y pH durante la fermentación. El feniletanol (tr 11.2 min.) clasificado igualmente como un alcohol superior identificado en todos los tratamientos madurados y antes de madurar, es producido de la misma manera por la vía de Ehrlich (Miller, 2019).

Para algunos productos destilados el metanol (tr 4.6 min.) es una preocupación, pero no para el whisky. En algunos destilados frutales el metanol se deriva por la descomposición de la pectina dando lugar a grupos éster metílico variables por esterasas de metilo de pectina. Estas enzimas se encuentran en granos y frutas, así como pueden ser producidas por cepas de levadura. El crecimiento y metabolismo de la levadura puede producir pequeñas cantidades de metanol a partir de la ruptura de los esteres de metilo de proteínas. Sin embargo, la producción de metanol es pequeña en ausencia de pectina significativa. (Miller, 2019). La abundancia de metanol en el whisky oscila entre 23.5 y 56 mg/L (Mackenzie y Aylott, 2004).

Acetato de etilo (tr 4.4 min) proveniente del ácido acético, ambos compuestos se identificaron en todos los tratamientos, así como en el whisky antes de su maduración. Estos compuestos parten de una serie de reacciones donde el etanol se oxida para formar acetaldehído. El acetaldehído se oxida formando ácido acético. Sin embargo, el ácido acético también puede ser producido por la madera de la barrica. El ácido acético (tr 9.1 min.) y etanol forman el éster de acetato de etilo (Miller, 2019).

El diacetilo (tr 5.4 min.) como subproducto de la caramelización, puede ser generado en condiciones de pirólisis, proceso donde a partir de un compuesto orgánico calentado fuertemente es producido en ausencia de oxígeno. Este compuesto identificado solamente en el whisky sin madurar y el tratamiento con chips de madera a temperatura ambiente. El caramelo proveniente de las bebidas destiladas se considera como amargo. Sin embargo, el sabor de este es reconocido como un componente beneficioso del whisky. Pues algunos whiskies realizan la adición de caramelo para modificar el producto final (Miller, 2019).

El lactato de etilo (tr 8.4 min.) identificado en el whisky sin madurar y el tratamiento con chips de madera a temperatura ambiente puede deberse a lactobacilos participantes durante la fermentación alcohólica. En la producción de algunos Bourbons el mosto dulce se inocula intencionalmente con lactobacilos para contener ácido láctico. Esto suprime el crecimiento de bacterias competitivas y el pH bajo promueve la actividad de las levaduras. Los lactobacilos producen ácido acético y ácido láctico que esterifica a lactato de etilo, cuyo aroma tiene toques de coco (Miller, 2019).

El octanoato de etilo (tr 8.8 min.) clasificado como un éster etílico de ácido graso e identificado en los tratamientos de maduración de barrica a bajas temperaturas y los dos tratamientos madurados con chips de madera, es producido como precursor de ácidos grasos durante la fermentación (Miller, 2019).

Varios de estos compuestos identificados fueron obtenidos durante el proceso de fermentación. Por lo cual es difícil saber sin una determinación de estos el cambio que se tuvo durante el proceso de maduración.

Los cromatogramas obtenidos se visualizan en el anexo 10.10.

7.6 PERFIL FLASH

En la tabla 7.7 se presentan el número de atributos que evaluó cada juez para los datos analizados de olor y sabor.

Tabla 7.7 – Número de atributos evaluados por jueces en Olor y Sabor

JUEZ	No. ATRIBUTOS	
	OLOR	SABOR
J1	13	11
J2	12	7
J3	14	12
J4	6	3
J5	5	8
J6	8	10
J7	9	7
J8	16	13
J9	9	9
J10	9	10
Total	101	90

Los jueces que generaron y/o eligieron y evaluaron un menor número de atributos, entre 3 y 8 atributos, son los jueces J4 y J5, estos jueces clasificados como consumidores frecuentes de bebidas destiladas. Los demás jueces con un entrenamiento previo en un panel de cerveza de maíz rojo generaron y/o eligieron y evaluaron entre 8 y 16 atributos tanto para olor como para sabor.

Se realizó un análisis de Procrustes generalizado, un método estadístico multivariado. El objetivo principal de este análisis es adquirir un consenso de los datos después de haber sufrido una serie de transformaciones reduciendo las diferencias individuales de las evaluaciones en los mismos: Translación, Rotación/Reflexión y Escalación (Tomic y Berget, 2015). Estas transformaciones las describe Escutia (2013):

Translación: Esta transformación se encarga de que el promedio de una evaluación no difiera entre un juez y otro. Ya que un juez puede evaluar sobre una recta en un

lado inferior y otro juez en un lado superior percibiendo de la misma forma los objetos, pero evaluando en distintos lados de la recta. Haciendo el traslado de estas evaluaciones a un centro o centroide.

Rotación/Reflexión: Esta transformación se realiza debido al uso de vocabulario distinto que empleó cada juez tratando de reducir la distancia que existe entre la configuración de un juez con la de los demás.

Escalación: Esta transformación se realiza con base en que un juez puede hacer uso de una escala mayor de evaluación y otro juez hacer uso de una escala más pequeña. Por lo cual, la escalación se encarga de reducir o aumentar esta configuración con la finalidad de mantener la diferencia percibida por cada juez en las muestras.

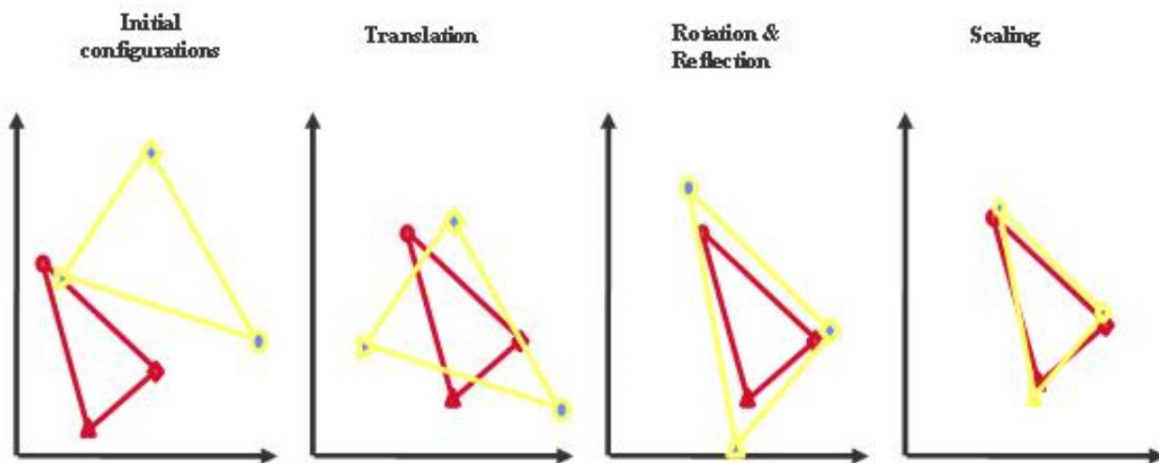


Figura 7.12 – Transformaciones configuracionales durante el análisis de Procrustes generalizado.

Una vez obtenidas estas transformaciones, se utilizó el análisis de componentes principales sobre el consenso obtenido para mejorar la interpretación de los datos (Tomic y Berget, 2015).

Realizando el análisis de Procrustes generalizado se obtuvieron los siguientes gráficos:

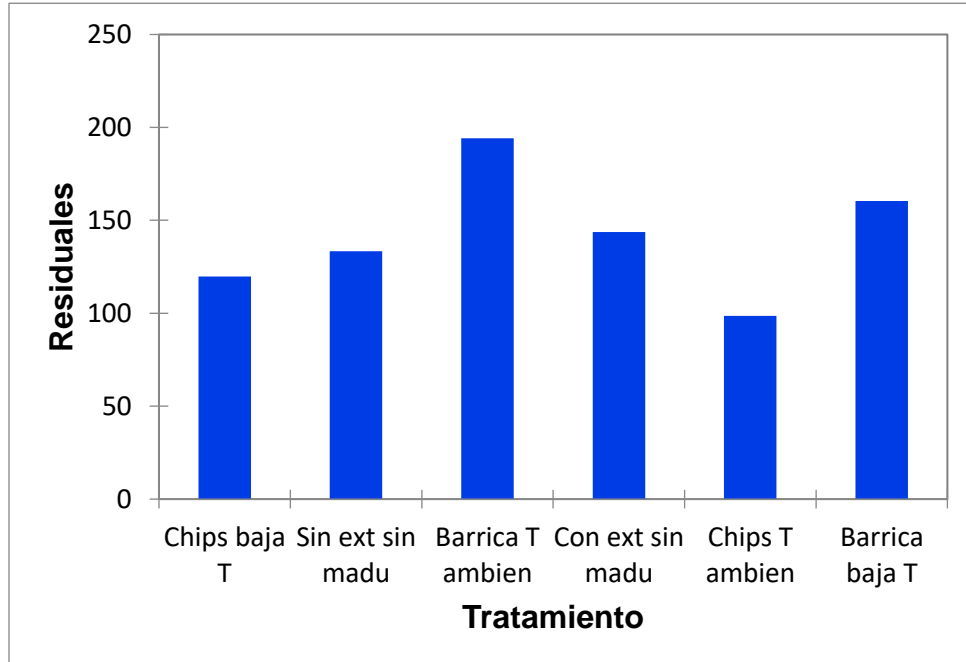


Figura 7.13 - Residuales por tratamiento (Olor)

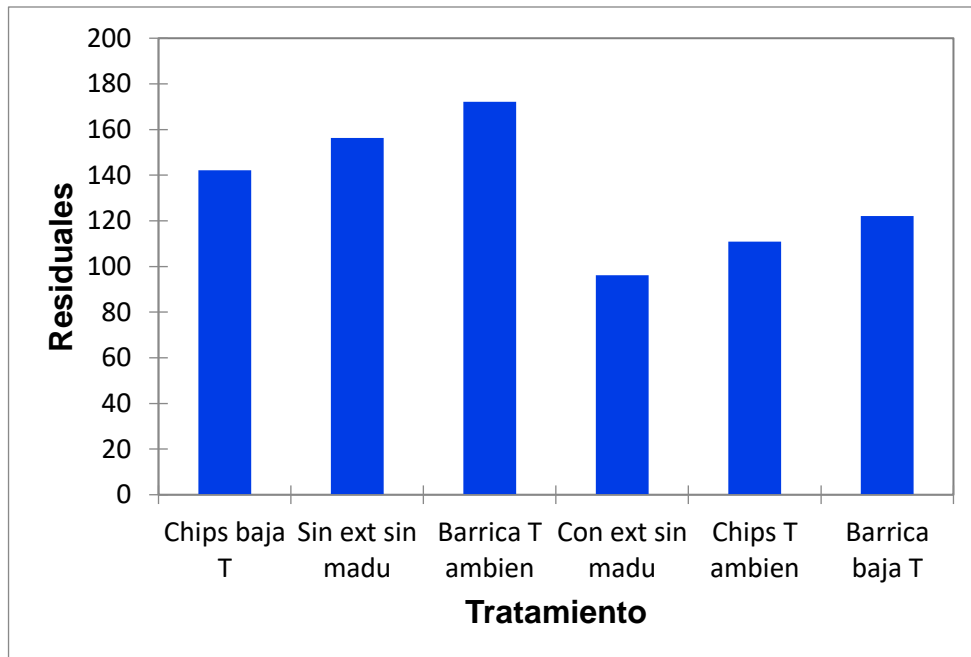


Figura 7.14 - Residuales por Tratamiento (Sabor)

Los gráficos de residuales por tratamiento indican la eficiencia que obtuvo cada tratamiento durante los cambios configuracionales por el análisis de Procrustes.

En la figura 7.13, que presenta los resultados de olor. Se observa que la distribución de la varianza residual fue menor y por lo tanto más eficiente en el tratamiento de chips a temperatura ambiente y menos eficiente en el tratamiento de barrica a temperatura ambiente. Así mismo para sabor en la figura 7.14, donde se obtuvo la mayor distribución de la varianza residual en barrica a temperatura ambiente y una mayor eficiencia en la configuración en el tratamiento de whisky con extracto de antocianinas sin madurar.

Los gráficos de Residuales por Juez indican el desempeño de cada uno de los jueces respecto a la configuración consenso realizada.

En la figura 7.15 se puede observar que el juez 9 fue quien evaluó de una mejor manera ya que obtuvo la menor varianza no explicada. Caso contrario del juez 4 quien presentó la mayor varianza no explicada. Cabe mencionar que este juez al igual que el juez 5 son consumidores frecuentes de bebidas destiladas y no pertenecientes al panel de cerveza como los demás jueces.

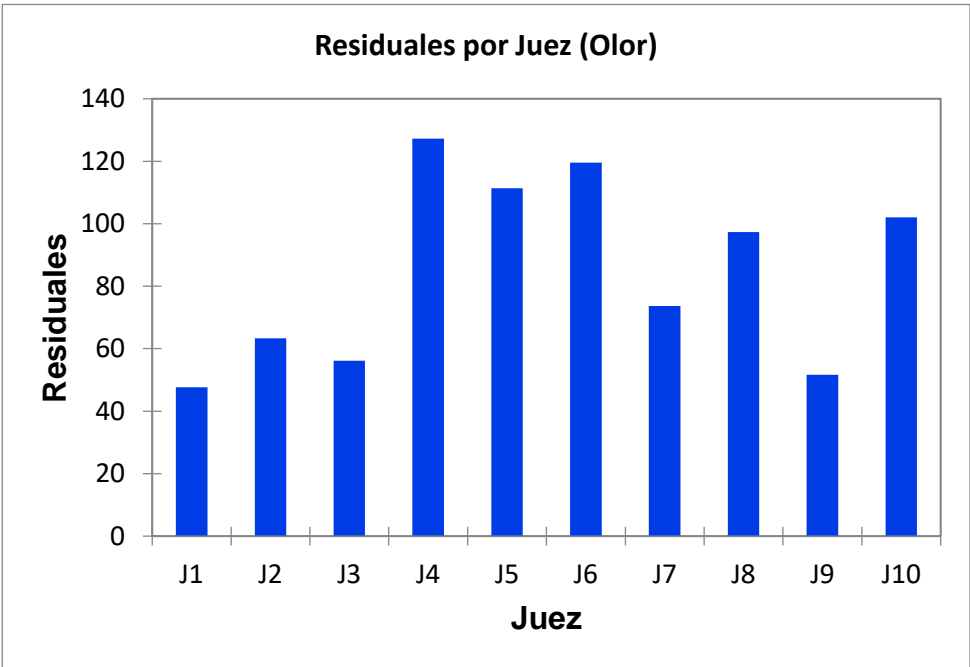


Figura 7.15 – Residuales por Juez (Olor)

Para sabor, en la figura 7.16 se presenta un mismo escenario donde el juez 1 es el juez con mejor desempeño y el juez 4 con la mayor varianza no explicada.

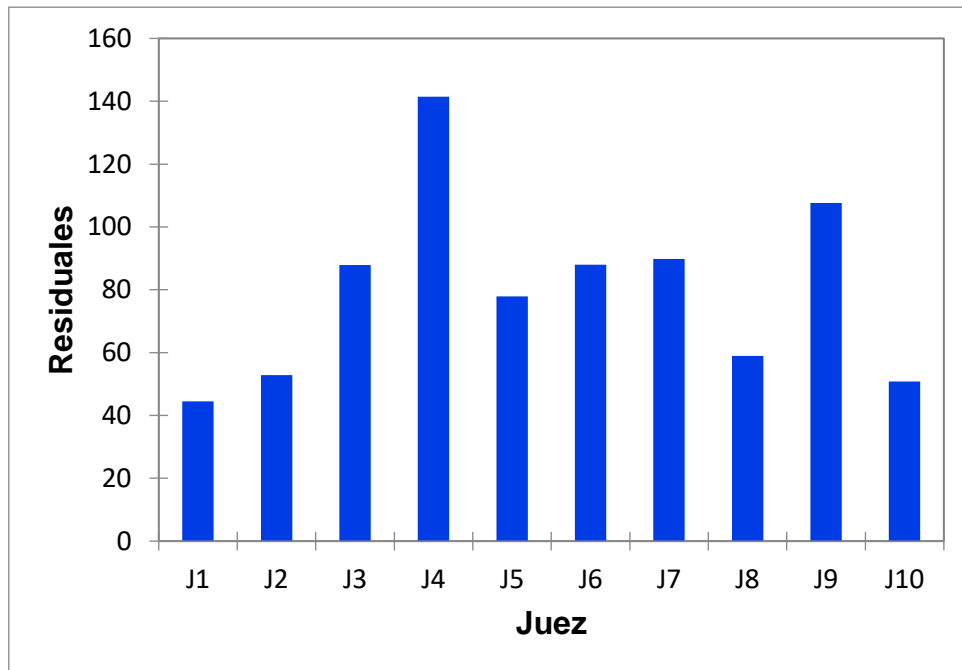


Figura 7.16 - Residuales por Juez (Sabor)

Mientras que los jueces 7, 8 y 9 fueron quienes se acercaron más al consenso de escalación, ya que sus factores de escalación son los más cercanos a 1.

Los gráficos de escalación por juez dan resultado de un aumento o reducción de la configuración con la que evaluaron. Valores por arriba de 1 indican una disminución en la escala y valores por debajo de 1 indican un alargamiento en la escala. Se observa que en la figura 7.17 para olor el juez 4 fue quien utilizó una escala muy pequeña y esta sufrió un alargamiento en la configuración de escalamiento. Por otro lado, el juez 7 fue quien uso un rango de escala mayor.

Para sabor se puede observar en la figura 7.18 que el juez 6 obtuvo un mayor factor de escalación, por lo cual durante la configuración se tuvo que aumentar la escala evaluada para este juez. Y para este caso de sabor, el juez 8 fue quien utilizó una mayor escala y tuvo que ser reducida durante la configuración.

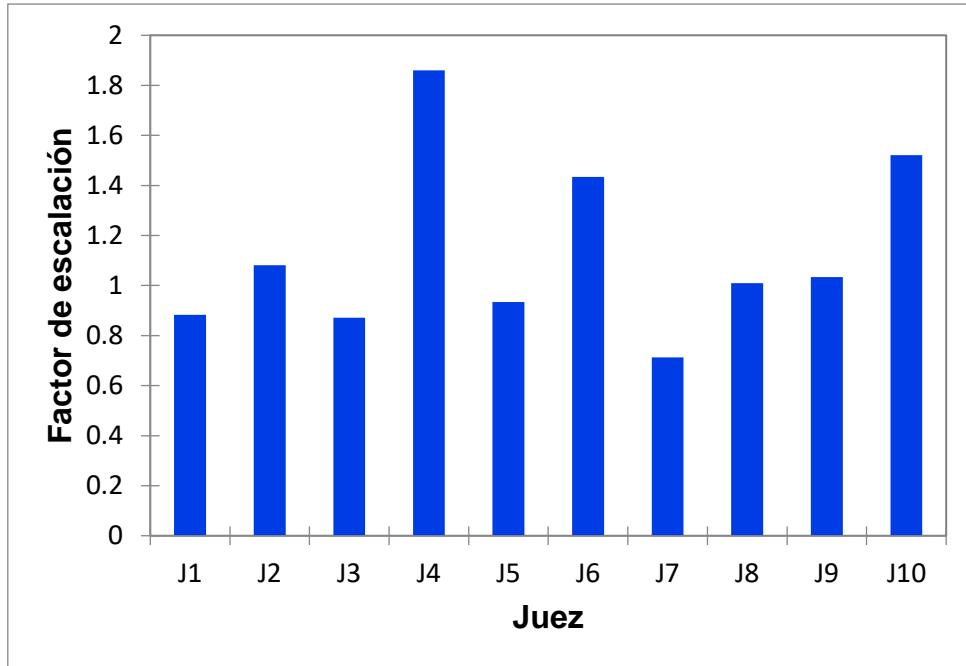


Figura 7.17 – Factores de escalación por juez (Olor)

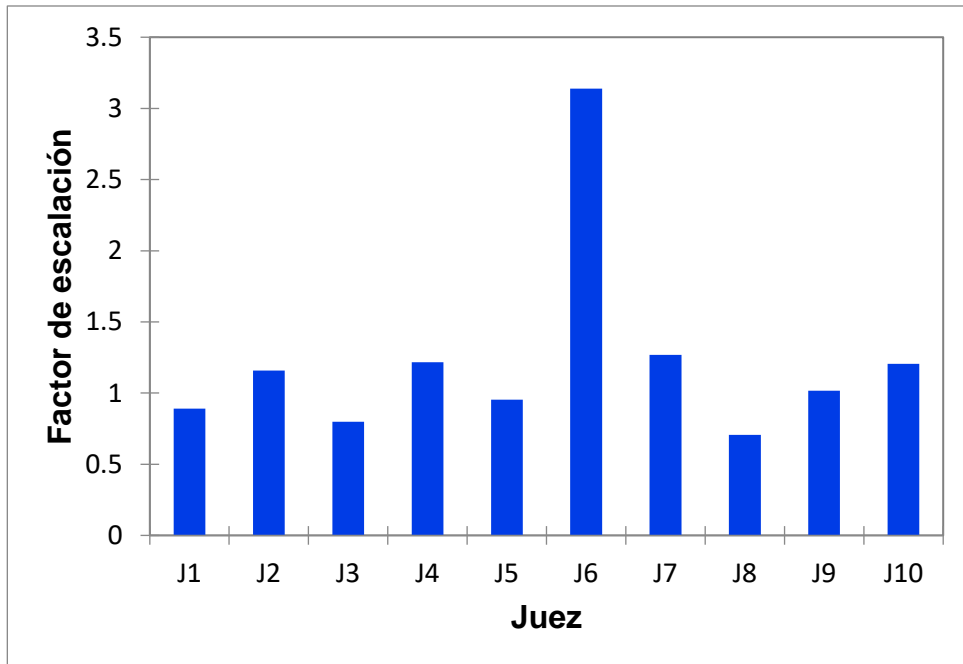


Figura 7.18 - Factores de escalación por Juez (Sabor)

Se obtuvieron los gráficos de componentes principales resultantes de análisis de Procrustes generalizado dónde a partir de dos componentes se trata de explicar la variabilidad de los tratamientos.

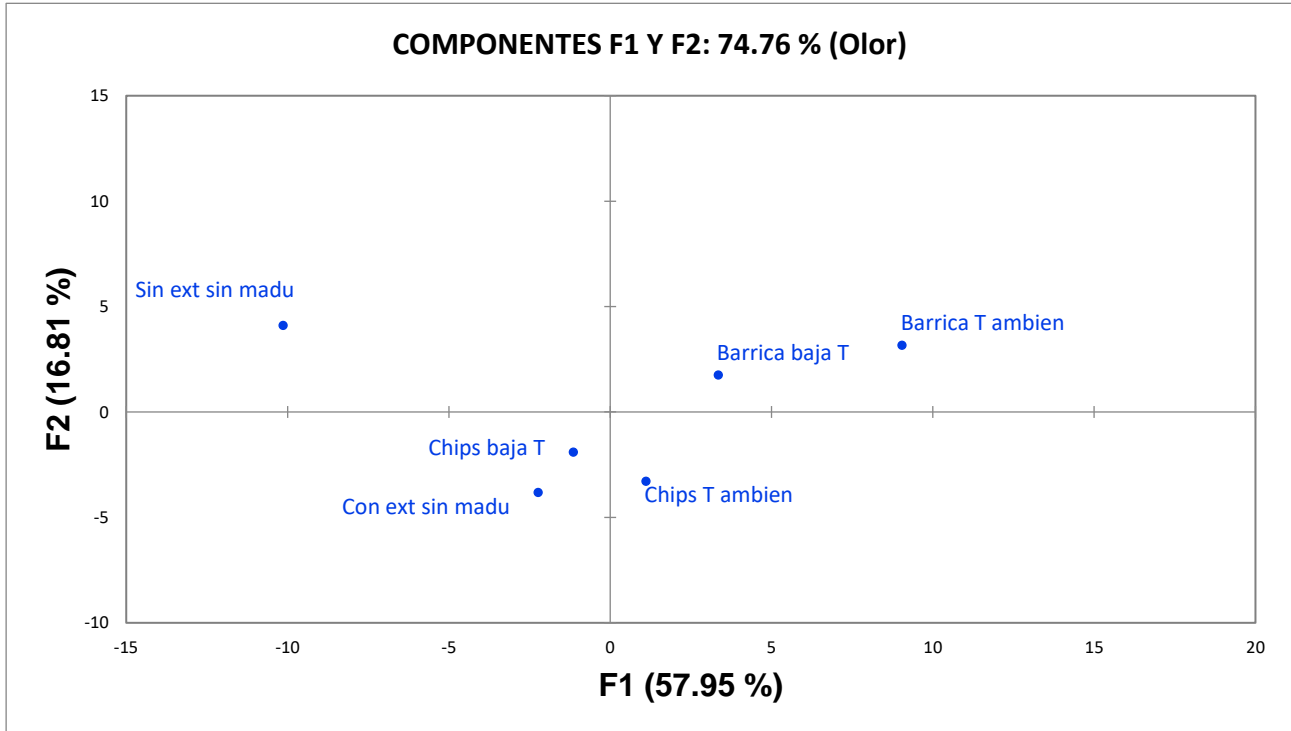


Figura 7.19 – Gráfico de componentes principales del análisis de Procrustes generalizado (Olor).

Para olor, la gráfica de componentes principales del análisis de Procrustes generalizado que se observa en la figura 7.19 explicó un 74.76% de la variabilidad de los tratamientos. El componente 1 explicó el 57.95% de la variabilidad. Este componente logró diferenciar los tipos de maduración. Agrupando del lado positivo a los tratamientos donde la maduración se llevó a cabo en barrica y al tratamiento donde se empleó chips de madera a temperatura ambiente. Para el lado negativo de este componente se encontró más distanciado el tratamiento del whisky recién destilado, así como los tratamientos del whisky con extracto de antocianinas sin madurar y el tratamiento con chips de madera a bajas temperaturas.

Mientras que para el componente 2 que solamente logró explicar el 16.81% de la variabilidad de los tratamientos. Diferenció en el lado negativo a los tratamientos con chips de madera y whisky con extracto de antocianinas sin madurar. Y en el

lado positivo a los tratamientos de barrica junto con el tratamiento de whisky recién destilado.

Tabla 7.8 – Atributos que caracterizan a los tratamientos en función del componente 1 (F1) para Olor.

-			+		
Correlación	Fr.	ATRIBUTO	Correlación	Fr.	ATRIBUTO
0.900,0.836,0.975	3	Maíz	0.973,0.826,0.951	3	Madera
0.930	1	Cereal	0.929,0.855,0.903	3	Caramelo
0.895	1	Floral	0.819,0.819	2	Coco
0.820	1	Herbal	0.871,0.903	2	Nuez
0.829	1	Caña de azúcar	0.946	1	Cuero
0.977	1	Manzana	0.866	1	Frutos secos
0.851	1	Solvente	0.852	1	Vainilla
0.952	1	Coco	0.956	1	Ahumado
-	-	-	0.976	1	Cereal
-	-	-	0.811	1	Tabaco

En la tabla 7.8 se pueden observar la correlación que existe entre los atributos evaluados y el componente 1 para Olor con un $\alpha=0.05$.

Donde los tratamientos que se encuentran en el lado negativo del componente 1: whisky recién destilado, whisky con extracto de antocianinas sin madurar y whisky madurado con chips de madera a bajas temperaturas, se correlacionan mayormente con el atributo de maíz, ya que fue el que obtuvo una mayor frecuencia. Así como con los atributos de manzana coco y cereal que corresponden a una correlación más cercana a 1. Seguido de floral, solvente, caña de azúcar y herbal.

Para el lado positivo donde se encuentran los tratamientos con maduración en barrica y chips a bajas temperaturas, los atributos que se correlacionan con una mayor frecuencia son madera caramelo, coco y nuez. Seguido de cereal, ahumado, cuero, frutos secos, vainilla y tabaco.

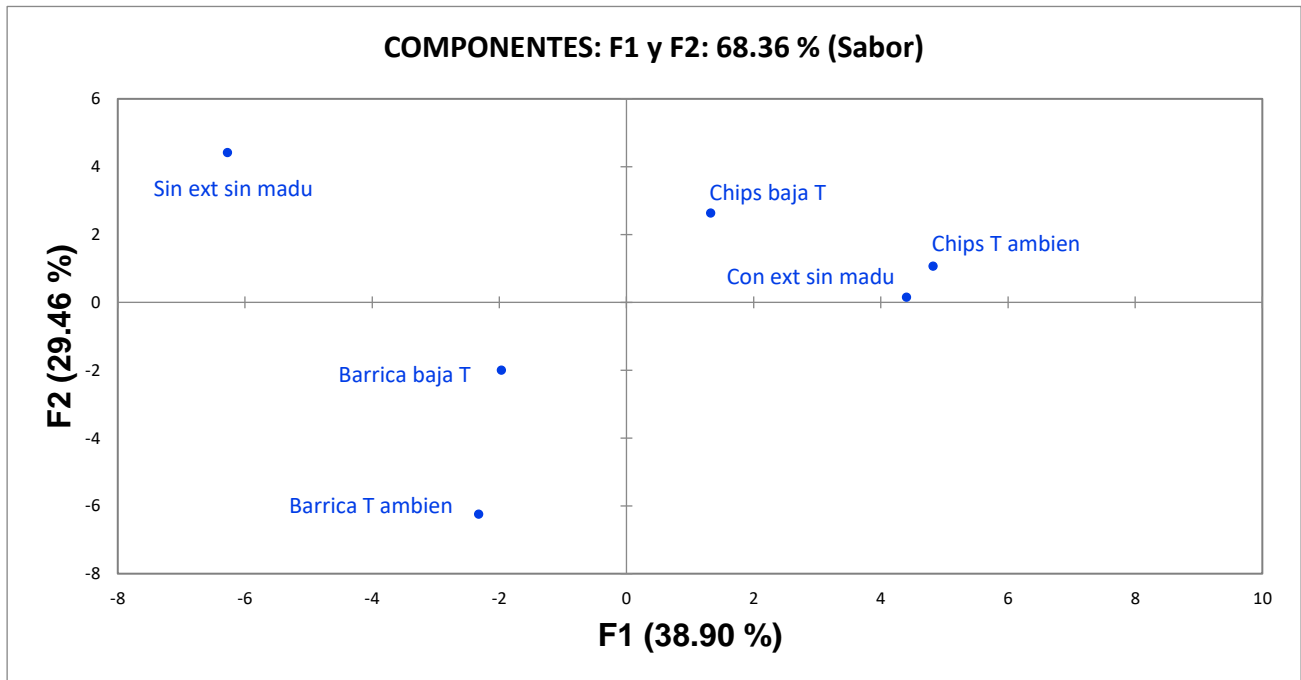


Figura 7.20 - Gráfico de componentes principales del análisis de Procrustes generalizado (Sabor).

Para el gráfico de componentes principales del análisis de Procrustes generalizado que se observa en la figura 7.20 y explica la variabilidad de los tratamientos en sabor. Se obtuvo un componente 1 que explica solo el 38.90% de la variabilidad. Este componente logró diferenciar del lado positivo a los tratamientos donde se empleó chips de madera así como el whisky con extracto de antocianinas sin madurar y del lado negativo a los tratamientos donde se emplearon barricas y el whisky recién destilado.

En la tabla 7.9 se pueden observar la correlación que existe entre los atributos significativos y el componente 1 para sabor con un $\alpha=0.05$.

Los tratamientos que se encuentran del lado negativo del componente 1 son el whisky recién destilado y los tratamientos madurados con barrica, Estos tratamientos se correlacionan fuertemente con el atributo salado, este con mayor frecuencia. Así como con ácido, cuero, cereal, astringente, amargo, maíz y jabón con correlaciones que van de mayor a menor pero dentro del intervalo de confianza del 95%

Tabla 7.9 - Atributos que caracterizan a los tratamientos en función del componente 1 (F1) para Sabor.

-			+		
Correlación	Fr.	ATRIBUTO	Correlación	Fr.	ATRIBUTO
0.844,0.852	2	Salado	0.935,0.950	2	Ciruela
0.903	1	Cereal	0.813	1	Floral
0.917	1	Cuero	0.874	1	Amargo
0.846	1	Maíz	0.940	1	Dulce
0.923	1	Ácido	0.905	1	Salado
0.827	1	Jabón	-	-	-
0.860	1	Amargo	-	-	-
0.882	1	Astringente	-	-	-

Para el lado positivo donde se encuentran los tratamientos de maduración con chips y whisky con extracto de antocianinas sin madurar, se correlaciona mayormente el atributo ciruela con una mayor frecuencia y correlaciones mayores que los demás. Seguido de este se encuentran los atributos de dulce, salado, amargo y floral con una importante correlación.

Mientras que para el componente 2, el cual explicó el 29.46% de la variabilidad de los tratamientos logró diferenciar del lado negativo a los tratamientos donde se empleó la maduración con barricas a ambas temperaturas y a los otros cuatro tratamientos en el lado positivo.

En la tabla 7.10 se pueden observar las correlaciones que existen entre los atributos significativos y el componente 2. Esto para Sabor con un $\alpha=0.20$.

Dentro de lo cual se observa que los tratamientos donde se aplicó una maduración en barrica esta correlacionados mayormente con los atributos de madera, caramelo y frutos secos por una mayor frecuencia, seguido de los atributos: dulce, ahumado, amargo, coco, nuez, manzana, malta de maíz, mantequilla, astringente, salado y herbal.

Para los demás tratamientos, que se encuentran en el lado positivo del componente 2 se correlaciona con mayor frecuencia el atributo de cereal, seguido de dulce, ácido, maíz y malta de maíz.

Tabla 7.10 - Atributos que caracterizan a los tratamientos en función del componente 2 (F2) para Sabor.

-			+		
Correlación	Fr.	ATRIBUTO	Correlación	Fr.	ATRIBUTO
0.889,0.779,0.930,0.706	4	Madera	0.839,0.880	2	Cereal
0.716,0.713	2	Caramelo	0.919	1	Dulce
0.931,0.752	2	Frutos secos	0.715	1	Ácido
0.970	1	Dulce	0.690	1	Maíz
0.926	1	Ahumado	0.616	1	Malta de maíz
0.927	1	Amargo	-	-	-
0.930	1	Coco	-	-	-
0.806	1	Nuez	-	-	-
0.688	1	Manzana	-	-	-
0.702	1	Malta de maíz	-	-	-
0.796	1	Mantequilla	-	-	-
0.798	1	Astringente	-	-	-
0.757	1	Salado	-	-	-
0.608	1	Herbal	-	-	-

Las tablas con las correlaciones obtenidas por cada juez sobre cada atributo para todos los componentes se visualizan en el Anexo 10.11.

8. CONCLUSIONES

-Se rechazó la hipótesis ya que bajo las condiciones de 3 g/L con chips de madera, las barricas de 1 L presentaron una mayor superficie de contacto dando una mayor concentración en los compuestos fenólicos.

-Se logró desarrollar un whisky elaborado 100% con malta de maíz rojo sin adición de enzimas, fermentado con levaduras de tipo *Saccharomyces cerevisiae*, con extracto de antocianinas y madurado con chips de madera.

-Fue posible diferenciar fisicoquímicamente un whisky a base de malta de maíz rojo con extracto de antocianinas durante la maduración por un mes en barricas de 1 litro y con chips de madera empleando distintas temperaturas.

-Las barricas de 1 litro empleadas en la maduración por un mes de un whisky a base de malta de maíz rojo con extracto de antocianinas, así como temperaturas más altas obtuvieron una mayor concentración de polifenoles totales al igual que una mayor capacidad antioxidante.

-Se encontró una diferencia significativa en el cambio de color en los factores por sí solos de dos distintos tipos de maduración y dos distintas temperaturas en un whisky a base de malta de maíz rojo con extracto de antocianinas durante la maduración de 28 días.

-Se identificaron algunos compuestos volátiles presentes en un whisky a base de malta de maíz rojo con extracto de antocianinas sin madurar y madurado con barricas de 1 litro y chips de madera empleando distintas temperaturas.

-Mediante el método de perfil flash y un análisis de Procrustes generalizado se logró asociar con distintos atributos para olor y sabor a un whisky elaborado a base de malta de maíz rojo: 1) recién destilado, 2) con extracto de antocianinas sin madurar, 3) madurado en barricas de 1 litro a temperatura ambiente, 4) madurado en barricas de 1 litro a bajas temperaturas, 5) madurado con chips de madera a temperatura ambiente y 6) madurado con chips de madera a bajas temperaturas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia informativa CONACYT. Experimenta CICATA whisky artesanal con maíz. 25 de mayo de 2017:
<http://www.cienciamx.com/index.php/noticias/reportaje/15809-experimenta-cicata-whisky-artesanal-con-maiz>.
- AOAC (1995). Association of Official Analytical Chemists: Official methods of Analysis. 13th Edition, *Academy Press*, Washington DC, 34.
- Balwin, S., Black, R., Andresean, A., y Adam, S. (1967), Aromatic congener formation in maturation of alcoholic distillates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 15, 381-385.
- Bamforth, C. y Torra, R. M. (2007). *Alimentos, fermentación y microorganismos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Benítez, C. y Pfeiffer, H. (2006). El maíz: origen, composición química y morfología. *Materiales avanzados*. 7, 15-20.
- Bringhurst, T. A., Broadhead, A. L., Brosnan, S. Y. y Walker, J. W. (2000). The identification and Behavior of Branched Dextrins in the Production of Scotch Whisky. *Journal of The Institute of Brewing*, 107, 137-149.
- Dairou, V. y Sieffermann, J. (2002). A comparación of 14 jams characterized by conventional profile and quickly original method, the Flash Profile. *Journal of Food Science*. 67(2), 826-834.
- Delos, G. (2004). *El mundo del whisky*. París, Francia: Iberlibro.
- Dendy, D. A., Dobraszczyk, B. J. (2001). *Cereals and cereal products. Chemistry and technology*. Zaragoza, España: Acribia.
- El financiero. Whisky “toma” mercado del tequila y el mezcal en México. 27 de septiembre de 2016: <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/whisky-toma-mercado-del-tequila-y-el-mezcal-en-mexico.html>.
- Escutia, R. P. (2013). *Evaluación comparativa de dos metodologías sensoriales para generar perfiles descriptivos en alimentos* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México, México.
- Espitia, J. (2011). *Efecto de la temperatura de añejamiento sobre el perfil de aromas y la capacidad antioxidante del vino tinto* (Tesis de maestría).

Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.

- Espitia, J. (2015). *Estudio fisicoquímico y sensorial de un vino tinto mexicano variedad merlot añejado en barrica vs chips de madera* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.
- Espitia, J., Luna, H., Escalona, H. B., Verde, J. R. (2017). Identification, quantification, and sensory profile of esters and alcohols of Mexican and Merlot wine comparing barrel ageing with wood chips, using a multivariable analysis. *Journal of Food Processing and Preservation*. 42.
- Expansión. Un negocio embriagante en México. Lunes 31 de marzo de 2014: <https://expansion.mx/negocios/2014/03/28/importaciones-de-whisky-se-disparan>.
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura (1993) *El maíz en la nutrición humana*. Roma.
- Fermentis by Lesaffre. (2019). *Safspirit USW-6*: <https://fermentis.com/en/fermentation-solutions/you-create-spirits/safspirit-usw-6/>.
- Flores, A. M. (2018). *Influencia del proceso de elaboración de la cerveza artesanal de maíz azul en los compuestos que dan sabor y olor*. (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.
- Fujieda, M., Tanaka, T., Suwa, Y., Koshimizu, S. y Kouno, I. (2008). Isolation and structure of whiskey polyphenols produced by oxidation oak wood ellagitannins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56, 7305-7310.
- García, E. G., Gómez, M. A., Sánchez, E. y González, M., (2011). Sensory descriptive análisis of Boral red wines treated with oak chips at different stages of winemaking. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 17, 368-377.
- Garcia, M., Fernández, S. y Fuentes, L. (n. d.) *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*. Universidad Politécnica de Valencia.

- Garzón, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biológica Colombiana*. 13 (3), 27-36.
- Goldberg, D. M., Hoffman B., Yang, J., y Soleas G.J. (1999). Phenolics constituents, furans, and total antioxidant status of distilled spirits. *J Agric Food Chem*. 47, 3978-3985.
- Gómez, D. R. (2015). *Elaboración y caracterización fisicoquímica y Sensorial de Cervezas Artesanales Elaboradas con Maíz Rojo* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.
- Gower, J. C. (1975). Generalised Procrustes Analysis. *Psychometrika*. 40(1), 33-51.
- Hernandez, M. G. (2016). Estudio de la composición volátil y perfil sensorial de un vino rosado elaborado con uvas Cabernet Sauvignon, madurado en botellas con la adición de chips de madera. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.
- Horwitz, W. (1980). *Official methods of análisis of the Association of oficial analytical chemists*. Washington D. C., USA.
- Hough, J. S. (1990). *Biotechnology of malting and brewing*. Zaragoza, España: Acribia.
- Kiraleou, M., Teissedre, P., Tzanakouli, E., Kotseridis, Y., Proxenia, N., Chira, K., Ligas, I., y Kallithraka, S. (2016). Addition of wood chips in red wine during and after alcoholic fermentation: differences in color parameters, phenolic content and volatile composition. *OENO One*. 50, 209-222.
- Lawless, H. T., Heymann, H., (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. New York, USA. Springer.
- Lea, A. G. y Piggott, J. R. (2003). *Fermented Beverage Production*. New York: Kluwer Academic/Plenum.
- Licor Zone. "Licor Zone S.A. de C.V. announces the opening of a new distilling plant producing Mexican whisky in association with The Best Spirit Company S.A. de C.V. 29 de junio de 2016: <https://www.licorzone.com.mx/rueda-de-prensa.html>.

- MacKenzie, W. y Aylott R. (2004). Analytical strategies to confirm Scotch whisky authenticity. *Analyst* 129: 607-612.
- Martín N., y Zubillafa R. (n. d.) Un recorrido por los aromas del whisky. Departamento de Química - Universidad Autónoma Metropolitana. 50-56.
- Miller, G. (1959). Use of Dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*. 31(3), 426-428.
- Miller, G. H. (2019). *Whisky Science: A Condensed Distillation*. CA, USA: Springer.
- Norma Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-207, Bebidas alcohólicas-denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Diario Oficial de la federación. Lunes 30 de octubre de 2017.
- Oosdijk, J. y Farrell, G. (2007). Fast Analysis of Malt Whisky by CG-MS: Using an Ultra High Performance VF-WAXms Column from Varían, Inc. *VARIAN, The applications book – Food and Beverage*. Middelburg, The Netherlands.
- Pérez, V., Ayala, F., Echávarri, J. y Negueruela A. (1993). Proposal of a New Standard OIV Method for Determination of Chromatic Characteristics of Wine. *American Journal of Enology and Vicitulture*. 54, 59-62.
- Piggott, J. (2012). *Alcoholic beverages: Sensory evaluation and consumer research*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.
- Re, R., Pellegrini, N., Prottegente, A., Pannala, A., Yang, M. y Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 26, 1231-1237.
- Rodríguez, J. E. (2018). *Malteado y fermentación de maíz para la obtención de whisky artesanal* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada – Unidad Querétaro. Querétaro, México.
- Salinas, M. Y., Pérez, A. J., Vázquez, C. G., Aragón, C. F., y Velázquez, G. A. (2012). Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays* L.) de las razas chalqueño, elotes cónicos y bolita. *Agrociencia*, 46, 693-706.

- Shirai, K., Malpica, F. (2013). *Manual de prácticas de laboratorio: tecnología de fermentaciones alimentarias*. Ciudad de México, México. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
- Sieffermann, J. (2000). Le profil flash-Un outil rapide et innovant d'évaluation sensorielle descriptive. *AGORAL 2000—XIIèmes rencontres "L'innovation: de l'idée au succès"*. 335-340.
- Singleton, L. y Rossi, J. (1965). Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16, 144-158.
- Skiver, S. (2018). Around the world in 80 whiskies. *Whisky Advocate*. Spring.
- Stone, H. y Sidel, J. (2010). *Sensory Evaluation Practices*. Academic Press.
- Todo whisky. "Nace el primer blend mexicano". 10 de octubre de 2013: <https://todowhisky.es/2013/10/nace-el-primer-blend-mexicano/>.
- Tomic, O., Berget, I. y Naes, T. (2015). A comparison of generalised Procrustes análisis and multiple analysis for projective mapping data. *Food Quality and Preference*. 43, 34-46.
- Universidad Autónoma Metropolitana, Verde Calvo, J. R., Escalona Buendía, H. B., Cruz Rodríguez, N. N. y Romero Medina, M. A. (2019). *Patente No. MX 365910 B, Proceso para la elaboración de cerveza antioxidante a base de maíz malteado azul y rojo*. Ciudad de México, México.
- Varela, P. y Ares, G. (2014). *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling*. London NY: CRC Press.
- Watson, S y Ramstad, P. (1994) Corn. USA American Association of cereal Chemists.
- Whitby, B. R. (1992). Traditional distillation in the whisky industry. *Ferment*, 5, 261-267.
- William, A. A. y Langron, S. P. (1984). The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 35, 558-568.

10. ANEXOS

10.1 TEMPERATURAS Y %HUMEDAD RELATIVA DURANTE LA MADURACIÓN

Tabla 10.1 – Temperatura y Humedad Relativa medidos durante el proceso de maduración.

SEMANA	DÍA	T _{ambiente} (°C)	HR _{Tambiente} (%)	T _{<10°C} (°C)	HR _{T<10°C} (%)
1	1	21.9	49	8.2	74
	2	26.2	41	7.7	79
	3	24.3	48	7.9	73
	4	24.7	49	7.9	82
	7	25.9	31	7.4	71
2	8	24.5	34	7.7	78
	9	25.4	41	7.8	77
	10	23.1	40	-	-
	11	-	-	7.5	80
	14	22.9	49	8.1	79
3	15	28.4	34	7.7	80
	16	25.7	41	8.2	79
	17	26.2	43	7.5	77
	18	27.5	40	7.9	80
	21	22.9	45	7.5	81
4	22	23.5	47	7.7	73
	23	22.9	46	7.6	81
	24	20.5	48	7.7	80
	25	21.3	46	8.1	78
	28	22.9	38	-	-

Tabla 10.2 - Temperatura y Humedad Relativa promedio durante el proceso de maduración.

SEMANA	PROMEDIO			
	T _{ambiente}	T _{<10°C}	H _{T ambiente}	H _{T<10°C}
1	24.6	7.8	44	76
2	23.9	7.8	41	79
3	26.1	7.8	41	79
4	22.2	7.8	45	78

10.2 CURVA DE CALIBRACIÓN - DNS

Tabla 10.3 – Absorbancias obtenidas a distintas concentraciones para la construcción de la curva estándar del método de DNS.

Concentración (mg/L)	Absorbancia
100	0.03
200	0.057
300	0.083
400	0.125
500	0.144
600	0.168
700	0.209
800	0.219
900	0.257
1000	0.267

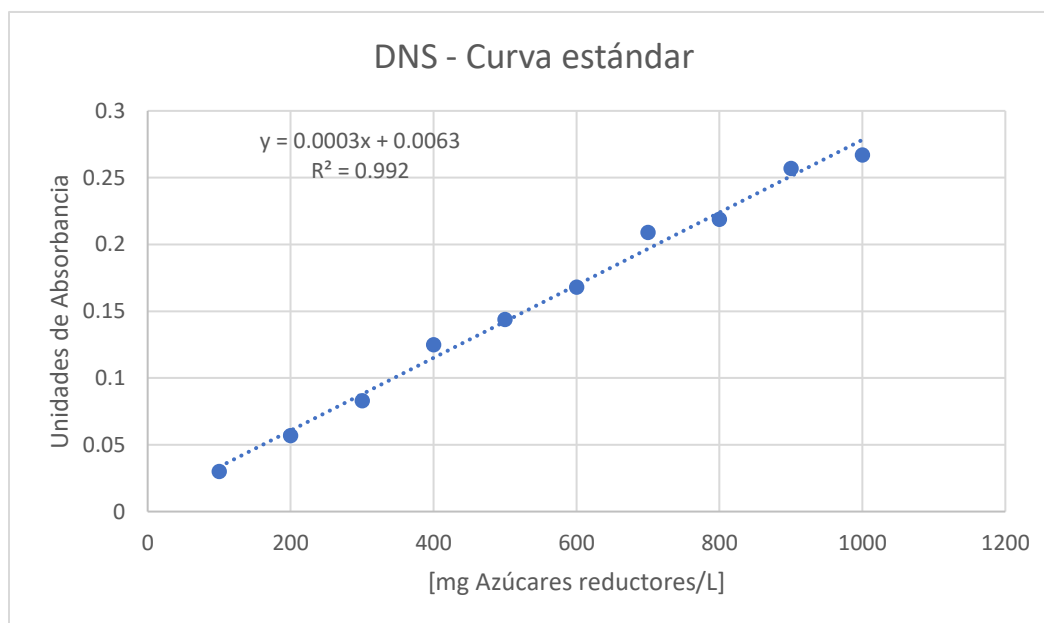


Figura 10.1 – Curva de calibración obtenida para la determinación de azúcares reductores.

10.3 CURVA DE CALIBRACIÓN – FOLIN CIOCALTEU

Tabla 10.4 - Absorbancias obtenidas a distintas concentraciones para la construcción de la curva estándar del método de Folin-Ciocalteu.

Concentración [mg/L]	Absorbancia
50	0.032
100	0.121
200	0.302
300	0.55
400	0.797
500	0.996

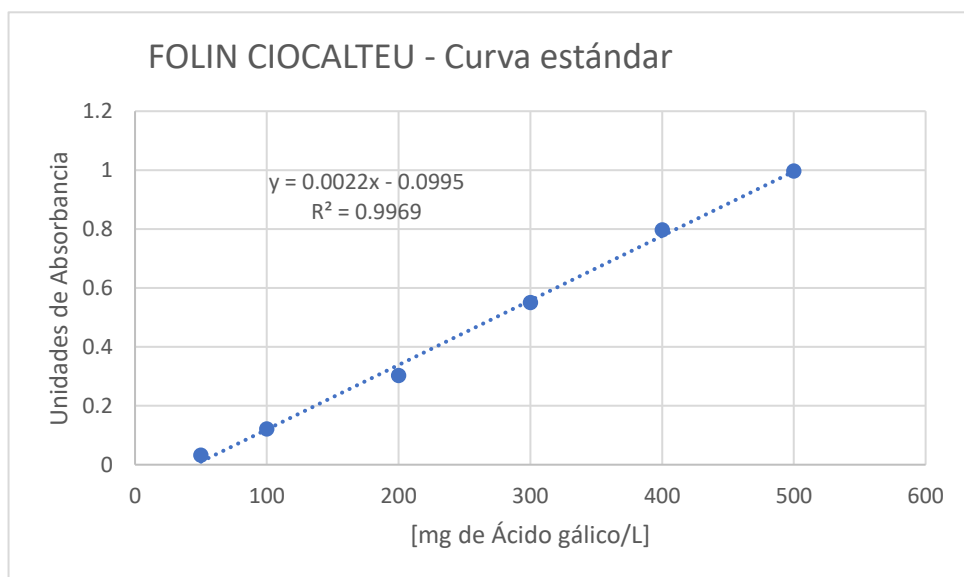


Figura 10.2 - Curva de calibración obtenida para la determinación de polifenoles totales.

10.4 CURVA DE CALIBRACIÓN - ABTS

Tabla 10.5 - Absorbancias obtenidas a distintas concentraciones para la construcción de la curva estándar del método de ABTS.

Concentración [mg/L]	Absorbancia
20	0.495
50	0.283
80	0.153
110	0.042
140	0.002

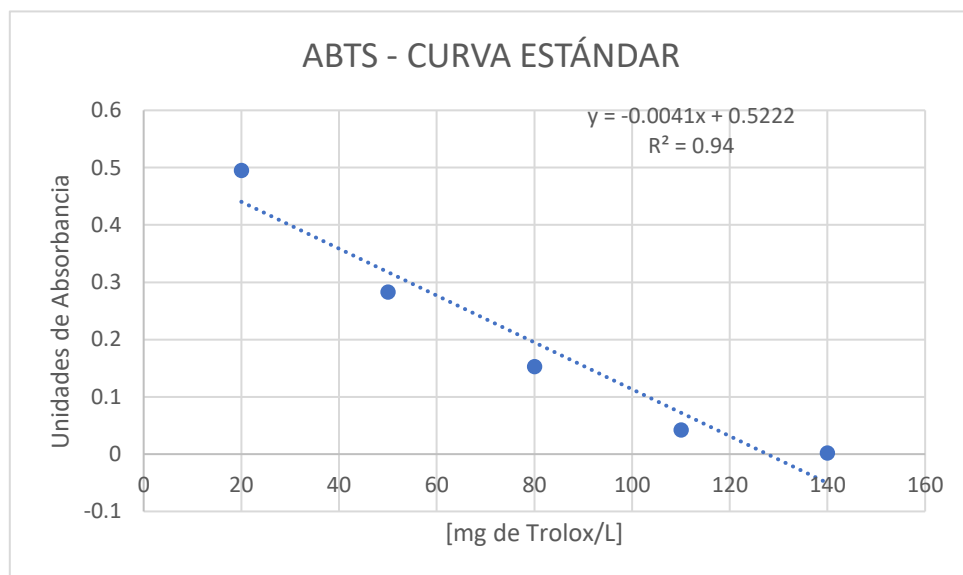


Figura 10.3 - Curva de calibración obtenida para la determinación de capacidad antioxidante.

10.5 FORMATO PRESENTADO A LOS JUECES EN LA PRIMERA SESIÓN DEL PERFIL FLASH



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa

Nombre: _____

El “whisky”, escrito así por escoceses y escrito “whiskey” por irlandeses es una bebida fermentada y destilada a partir de cereales y madurada normalmente en roble. Esta bebida se encuentra sujeta a numerosas regulaciones y costumbres.

Los principales cereales utilizados en la producción de esta bebida destilada son cebada, trigo, centeno y maíz.

I N S T R U C C I O N E S

A continuación, se te presentan algunas referencias que se encuentran en whisky. Huele cada una de ellas y trata de familiarizarte con las mismas.

MUESTRA	#CÓDIGO		
Herbal	209	Nuez	092
Floral	931	Jabón	187
Manzana	314	Cuero	251
Plátano	840	Coco	622
Frutos secos	188	Miel	390
Caramelo	926	Queso	781
Vainilla	275	Malta de maíz	452
Madera	164	Maíz	293
Mantequilla	493	Tabaco	904

Nombre: _____

Edad: _____

I N S T R U C C I O N E S

Frente a ti, tienes cuatro muestras de whisky. Huele y prueba cada una de ellas y realiza una lista de atributos/descriptores que percibas en cuanto a su SABOR y OLOR.

MUESTRA	OLOR	SABOR
291		
906		
824		
537		

10.6 FORMATO PRESENTADO A LOS JUECES EN LA SEGUNDA SESIÓN DEL PERFIL FLASH

Nombre: _____

I N S T R U C C I O N E S

Frente a ti, tienes cuatro muestras de whisky. Huele y prueba cada una de ellas y en la tabla del lado derecho enlista los atributos/descriptores que encuentres en cada muestra respecto a su olor y sabor, basándote **SOLAMENTE EN EL VOCABULARIO QUE SE ENCUENTRA EN LA TABLA DEL LADO IZQUIERDO**.

AROMA	SABOR	MUESTRA	OLOR	SABOR
Caña de azúcar	Ácido	291		
Caramelo	Ahumado			
Cereal	Amargo			
Chocolate	Astringente			
Coco	Caramelo	906		
Cuero	Cereal			
Durazno	Ciruela			
Floral	Clavo			
Frutos rojos	Coco	824		
Frutos secos	Cuero			
Herbal	Dulce			
Jabón	Floral			
Jitomate	Frutos rojos	537		
Madera	Frutos secos			
Maíz	Herbal			
Malta de maíz	Jabón			
Mantequilla	Levadura			
Manzana	Madera			
Miel	Maiz			
Nuez	Malta maiz			
Pan	Mantequilla			
Pera	Manzana			
Plástico	Miel			
Plátano	Nuez			
Queso	Perfume			
Solvente	Plátano			
Tabaco	Salado			
Vainilla	Tabaco			
	Vainilla			

10.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE ANOVA Y PRUEBAS DE TUKEY DE LOS RESULTADOS DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Tabla 10.6 – Análisis de Varianza de la concentración de Polifenoles Totales en la primera semana de maduración.

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	11421.65	11421.65	1911.21	0.000002*	1.000000
B: Temperatura	1	10414.13	10414.13	1742.62	0.000002*	1.000000
AB	1	5584.131	5584.131	934.40	0.000007*	1.000000
S	4	23.9046	5.97615			
Total (Adjusted)	7	27443.82				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.7 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la primera semana de maduración de la concentración de Polifenoles Totales.

Group	Count	Mean	From Groups
Chips,Baja	2	133.635	(Chips,Ambiente), (Barrica,Baja) (Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	152.955	(Chips,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	156.365	(Chips,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	281.365	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

Tabla 10.8 – Análisis de Varianza de la concentración de Polifenoles Totales en la segunda semana de maduración.

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	20549.73	20549.73	339.70	0.000051*	1.000000
B: Temperatura	1	17962.71	17962.71	296.94	0.000067*	1.000000
AB	1	9737.102	9737.102	160.96	0.000222*	1.000000
S	4	241.9715	60.49287			
Total (Adjusted)	7	48491.5				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.9 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la segunda semana de maduración de la concentración de Polifenoles Totales.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	134.775	(Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	159.77	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	166.365	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	330.91	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

Tabla 10.10 – Análisis de Varianza de la concentración de Polifenoles Totales en la tercera semana de maduración.

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	56878.9	56878.9	357.96	0.000046*	1.000000
B: Temperatura	1	40225.82	40225.82	253.15	0.000091*	1.000000
AB	1	23901.72	23901.72	150.42	0.000254*	1.000000
S	4	635.5926	158.8981			
Total (Adjusted)	7	121642				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.11 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la tercera semana de maduración de la concentración de Polifenoles Totales.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	140.225	(Barrica,Baja), (Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	172.725	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	199.545	(Chips,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	450.685	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

Tabla 10.12 – Análisis de Varianza de la concentración de Polifenoles Totales en la cuarta semana de maduración.

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	103512.5	103512.5	431.43	0.000032*	1.000000
B: Temperatura	1	51344.1	51344.1	214.00	0.000127*	1.000000
AB	1	42977.26	42977.26	179.13	0.000180*	1.000000
S	4	959.7087	239.9272			
Total (Adjusted)	7	198793.6				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.13 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la cuarta semana de maduración de la concentración de Polifenoles Totales.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	152.73	(Barrica,Baja), (Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	166.365	(Barrica,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	233.64	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	540.455	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

Tabla 10.14 – Análisis de Varianza de la Capacidad Antioxidante en la primera semana de maduración.

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	0.5	0.5	48.90	0.002201*	0.998724
B: Temperatura	1	0.2888	0.2888	28.24	0.006028*	0.971675
AB	1	0.39605	0.39605	38.73	0.003394*	0.993998
S	4	0.0409	0.010225			
Total (Adjusted)	7	1.22575				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.15 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la primera semana de maduración de la Capacidad Antioxidante

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Ambiente	2	0.87	(Barrica,Ambiente)
Chips,Baja	2	0.935	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	0.99	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	1.815	(Chips,Ambiente), (Chips,Baja) (Barrica,Baja)

Tabla 10.16 – Análisis de Varianza de la Capacidad Antioxidante en la segunda semana de maduración.

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	5.561112	5.561112	125.29	0.000363*	1.000000
B: Temperatura	1	3.712812	3.712812	83.65	0.000793*	0.999995
AB	1	1.336612	1.336612	30.11	0.005372*	0.978418
S	4	0.17755	0.0443875			
Total (Adjusted)	7	10.78809				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.17 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la segunda semana de maduración de la Capacidad Antioxidante

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	0.815	(Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	1.36	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	1.665	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	3.845	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

Tabla 10.18 – Análisis de Varianza de la Capacidad Antioxidante en la tercera semana de maduración.

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	5.797012	5.797012	129.00	0.000343*	1.000000
B: Temperatura	1	3.238513	3.238513	72.07	0.001056*	0.999966
AB	1	2.091012	2.091012	46.53	0.002415*	0.998164
S	4	0.17975	0.0449375			
Total (Adjusted)	7	11.30629				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.19 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la tercera semana de maduración de la Capacidad Antioxidante

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	1.045	(Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	1.295	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	1.725	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	4.02	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

Tabla 10.20 – Análisis de Varianza de la Capacidad Antioxidante en la cuarta semana de maduración.

Analysis of Variance Table						
Source		Sum of	Mean		Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level	
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	5.78	5.78	274.91	0.000078*	1.000000
B: Temperatura	1	2.66805	2.66805	126.90	0.000354*	1.000000
AB	1	1.56645	1.56645	74.50	0.000991*	0.999977
S	4	0.0841	0.021025			
Total (Adjusted)	7	10.0986				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.21 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la cuarta semana de maduración de la Capacidad Antioxidante

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	1.395	(Barrica,Baja), (Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	1.665	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	2.21	(Chips,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	4.25	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

10.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE ANOVA Y PRUEBAS DE TUKEY DE LOS RESULTADOS DE COLOR

Tabla 10.22 – Análisis de Varianza de Luminosidad en la primera semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares (Alpha=0.05)	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
A: Madera	1	24.15125	24.15125	62.93	0.001367*	0.999856
B: Temperatura	1	19.53125	19.53125	50.90	0.002041*	0.999062
AB	1	7.03125	7.03125	18.32	0.012843*	0.885345
S	4	1.535	0.38375			
Total (Adjusted)	7	52.24875				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.23 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la primera semana de maduración de la Luminosidad.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Barrica,Ambiente	2	80.65	(Barrica,Baja), (Chips,Ambiente) (Chips,Baja)
Barrica,Baja	2	85.65	(Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	86	(Barrica,Ambiente)
Chips,Baja	2	87.25	(Barrica,Ambiente)

Tabla 10.24 – Análisis de Varianza de Luminosidad en la segunda semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares (Alpha=0.05)	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
A: Madera	1	37.41125	37.41125	378.85	0.000041*	1.000000
B: Temperatura	1	3.78125	3.78125	38.29	0.003466*	0.993585
AB	1	10.81125	10.81125	109.48	0.000471*	1.000000
S	4	0.395	0.09875			
Total (Adjusted)	7	52.39875				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.25 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la segunda semana de maduración de la Luminosidad.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Barrica,Ambiente	2	79.65	(Barrica,Baja), (Chips,Baja) (Chips,Ambiente)
Barrica,Baja	2	83.35	(Barrica,Ambiente), (Chips,Baja) (Chips,Ambiente)
Chips,Baja	2	85.35	(Barrica,Ambiente), (Barrica,Baja)
Chips,Ambiente	2	86.3	(Barrica,Ambiente), (Barrica,Baja)

Tabla 10.26 – Análisis de Varianza de Luminosidad en la tercera semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares (Alpha=0.05)	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
A: Madera	1	32	32	241.51	0.000100*	1.000000
B: Temperatura	1	22.445	22.445	169.40	0.000201*	1.000000
AB	1	14.045	14.045	106.00	0.000502*	1.000000
S	4	0.53	0.1325			
Total (Adjusted)	7	69.02				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.27 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la tercera semana de maduración de la Luminosidad.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Barrica,Ambiente	2	78.5	(Barrica,Baja), (Chips,Ambiente) (Chips,Baja)
Barrica,Baja	2	84.5	(Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	85.15	(Barrica,Ambiente)
Chips,Baja	2	85.85	(Barrica,Ambiente)

Tabla 10.28 – Análisis de Varianza de Luminosidad en la cuarta semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares (Alpha=0.05)	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
A: Madera	1	38.28125	38.28125	47.04	0.002366*	0.998303
B: Temperatura	1	28.50125	28.50125	35.02	0.004083*	0.989544
AB	1	10.35125	10.35125	12.72	0.023448*	0.759682
S	4	3.255	0.81375			
Total (Adjusted)	7	80.38875				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.29 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la cuarta semana de maduración de la Luminosidad.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Barrica,Ambiente	2	78.4	(Barrica,Baja), (Chips,Ambiente) (Chips,Baja)
Barrica,Baja	2	84.45	(Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	85.05	(Barrica,Ambiente)
Chips,Baja	2	86.55	(Barrica,Ambiente)

Tabla 10.30 – Análisis de Varianza de Cromaticidad en la primera semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	257.4181	257.4181	223.99	0.000116*	1.000000
B: Temperatura	1	231.7704	231.7704	201.67	0.000143*	1.000000
AB	1	93.98205	93.98205	81.78	0.000828*	0.999993
S	4	4.597	1.14925			
Total (Adjusted)	7	587.7676				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.31 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la primera semana de maduración de la Cromaticidad.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	15.245	(Barrica,Baja), (Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	19.155	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	19.735	(Chips,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	37.355	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

Tabla 10.32 – Análisis de Varianza de Cromaticidad en la segunda semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	398.4665	398.4665	330.74	0.000054*	1.000000
B: Temperatura	1	350.86	350.86	291.22	0.000069*	1.000000
AB	1	139.445	139.445	115.74	0.000423*	1.000000
S	4	4.8191	1.204775			
Total (Adjusted)	7	893.5906				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.33 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la segunda semana de maduración de la Cromaticidad.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	16.565	(Chips,Ambiente), (Barrica,Baja) (Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	21.46	(Chips,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	22.33	(Chips,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	43.925	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

Tabla 10.34 – Análisis de Varianza de Cromaticidad en la tercera semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares (Alpha=0.05)	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
A: Madera	1	540.876	540.876	213.65	0.000127*	1.000000
B: Temperatura	1	498.6482	498.6482	196.97	0.000150*	1.000000
AB	1	188.18	188.18	74.33	0.000995*	0.999976
S	4	10.1265	2.531625			
Total (Adjusted)	7	1237.831				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.35 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la tercera semana de maduración de la Cromaticidad.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	18.095	(Barrica,Baja), (Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	24.185	(Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	24.84	(Chips,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	50.33	(Chips,Baja), (Chips,Ambiente) (Barrica,Baja)

Tabla 10.36 – Análisis de Varianza de Cromaticidad en la cuarta semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares (Alpha=0.05)	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
A: Madera	1	575.4528	575.4528	132.44	0.000326*	1.000000
B: Temperatura	1	653.9536	653.9536	150.51	0.000254*	1.000000
AB	1	183.6486	183.6486	42.27	0.002888*	0.996481
S	4	17.38015	4.345037			
Total (Adjusted)	7	1430.435				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.37 – Prueba de Tukey de la interacción Madera*Temperatura en la cuarta semana de maduración de la Cromaticidad.

Group	Count	Mean	Different From Groups
Chips,Baja	2	18.375	(Chips,Ambiente), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Baja	2	25.755	(Barrica,Ambiente)
Chips,Ambiente	2	26.875	(Chips,Baja), (Barrica,Ambiente)
Barrica,Ambiente	2	53.42	(Chips,Baja), (Barrica,Baja) (Chips,Ambiente)

Tabla 10.38 – Análisis de Varianza de Tono Hue en la primera semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	265.1905	265.1905	112.42	0.000448*	1.000000
B: Temperatura	1	558.1141	558.1141	236.59	0.000104*	1.000000
AB	1	0.29645	0.29645	0.13	0.740864	0.058952
S	4	9.4358	2.35895			
Total (Adjusted)	7	833.0367				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.39 – Análisis de Varianza de Tono Hue en la segunda semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	357.1128	357.1128	144.33	0.000275*	1.000000
B: Temperatura	1	682.0971	682.0971	275.67	0.000077*	1.000000
AB	1	5.729113	5.729113	2.32	0.202745	0.218067
S	4	9.89715	2.474288			
Total (Adjusted)	7	1054.836				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.40 – Análisis de Varianza de Tono Hue en la tercera semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	410.6978	410.6978	136.10	0.000309*	1.000000
B: Temperatura	1	568.8564	568.8564	188.51	0.000163*	1.000000
AB	1	5.81405	5.81405	1.93	0.237433	0.189903
S	4	12.0707	3.017675			
Total (Adjusted)	7	997.439				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

Tabla 10.41 – Análisis de Varianza de Tono Hue en la cuarta semana de maduración.

Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power
(Alpha=0.05)						
A: Madera	1	412.8501	412.8501	155.88	0.000237*	1.000000
B: Temperatura	1	469.8645	469.8645	177.41	0.000184*	1.000000
AB	1	7.087613	7.087613	2.68	0.177202	0.243951
S	4	10.59375	2.648438			
Total (Adjusted)	7	900.396				
Total	8					

* Term significant at alpha = 0.05

10.9 DATOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN DE COLOR Y %ALCOHOL DURANTE LA MADURACIÓN.

Tabla 10.42 – Absorbancias a distintas longitudes de onda, parámetros de color obtenidos del software MSCV y %Alcohol durante la maduración

SEMANA	TRATAMIENTO	$\Lambda=450$	$\Lambda=520$	$\Lambda=570$	$\Lambda=630$	L*	a*	b*	Hue	Croma	Color de MSCV	%Alcohol
INICIO	Con ext sin madu	0.187	0.208	0.143	0.033	87.4	11.78	6.24	13.33	27.91		60
1	Barrica T ambien ¹	0.506	0.395	0.177	0.046	80.7	19.10	31.61	36.93	58.86		59
	Barrica T ambien ²	0.522	0.398	0.176	0.052	80.6	18.61	32.88	37.78	60.49		59
	Chips T ambien ¹	0.262	0.243	0.144	0.032	86.2	12.79	13.62	18.68	46.80		60
	Chips T ambien ²	0.280	0.252	0.144	0.040	85.8	12.54	15.10	19.63	50.29		60
	Barrica baja T ¹	0.284	0.275	0.151	0.033	85.1	15.08	14.59	20.98	44.05		59
	Barrica baja T ²	0.253	0.249	0.142	0.033	86.2	13.60	12.53	18.49	42.66		59
	Chips baja T ¹	0.211	0.232	0.147	0.029	86.6	13.61	8.09	15.83	30.73		60
	Chips baja T ²	0.205	0.222	0.143	0.035	87.9	12.41	7.81	14.66	32.18		60
2	Barrica T ambien ¹	0.614	0.429	0.186	0.054	79.4	19.35	39.44	43.93	63.87		59
	Barrica T ambien ²	0.611	0.411	0.180	0.052	79.9	18.19	39.98	43.92	65.54		59
	Chips T ambien ¹	0.276	0.255	0.135	0.028	86.2	13.86	15.48	20.78	48.16		60
	Chips T ambien ²	0.289	0.256	0.131	0.024	86.4	13.89	17.24	22.14	51.14		60
	Barrica baja T ¹	0.333	0.316	0.171	0.045	83.1	16.47	17.04	23.70	45.97		59
	Barrica baja T ²	0.303	0.296	0.171	0.048	83.6	15.30	14.33	20.96	43.12		59
	Chips baja T ¹	0.231	0.247	0.160	0.038	85.6	13.69	8.84	16.30	32.85		60
	Chips baja T ²	0.240	0.257	0.165	0.041	85.1	14.13	9.14	16.83	32.90		60
3	Barrica T ambien ¹	0.719	0.467	0.190	0.055	78.3	20.72	46.74	51.13	66.09		59
	Barrica T ambien ²	0.704	0.439	0.190	0.059	78.7	18.55	45.93	49.53	68.01		59
	Chips T ambien ¹	0.304	0.280	0.135	0.034	85.5	14.96	17.61	23.11	49.65		60
	Chips T ambien ²	0.335	0.297	0.140	0.037	84.8	15.42	20.01	25.26	52.38		60
	Barrica baja T ¹	0.345	0.311	0.150	0.026	84.3	17.17	20.34	26.62	49.83		59
	Barrica baja T ²	0.309	0.288	0.152	0.031	84.7	15.69	16.90	23.06	47.13		59
	Chips baja T ¹	0.234	0.249	0.149	0.027	86.1	14.62	10.11	17.78	34.66		60
	Chips baja T ²	0.249	0.258	0.154	0.031	85.6	14.69	11.09	18.41	37.05		60
4	Barrica T ambien ¹	0.786	0.482	0.199	0.065	77.4	20.30	50.47	54.40	68.09		59
	Barrica T ambien ²	0.731	0.429	0.177	0.051	79.4	18.16	49.20	52.44	69.74		59
	Chips T ambien ¹	0.322	0.292	0.128	0.031	85.5	15.82	19.74	25.30	51.29		60
	Chips T ambien ²	0.363	0.315	0.133	0.032	84.6	16.71	23.03	28.45	54.04		60
	Barrica baja T ¹	0.371	0.320	0.151	0.034	83.8	16.72	22.47	28.01	53.35		59
	Barrica baja T ²	0.313	0.283	0.143	0.032	85.1	15.09	18.02	23.50	50.06		59
	Chips baja T ¹	0.238	0.243	0.140	0.027	86.5	13.95	11.33	17.97	39.08		60
	Chips baja T ²	0.241	0.246	0.137	0.022	86.6	14.52	11.91	18.78	39.36		60

10.10 CROMATOGRAMAS

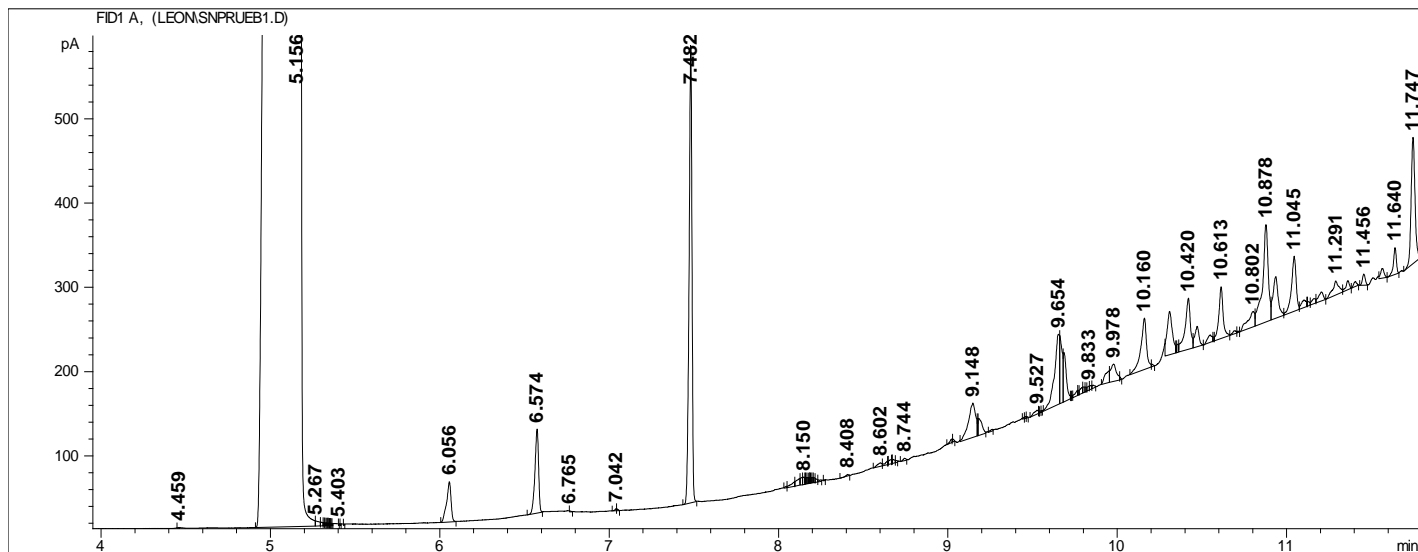


Figura 10.5 – Cromatograma del whisky con extracto de antocianinas sin madurar.

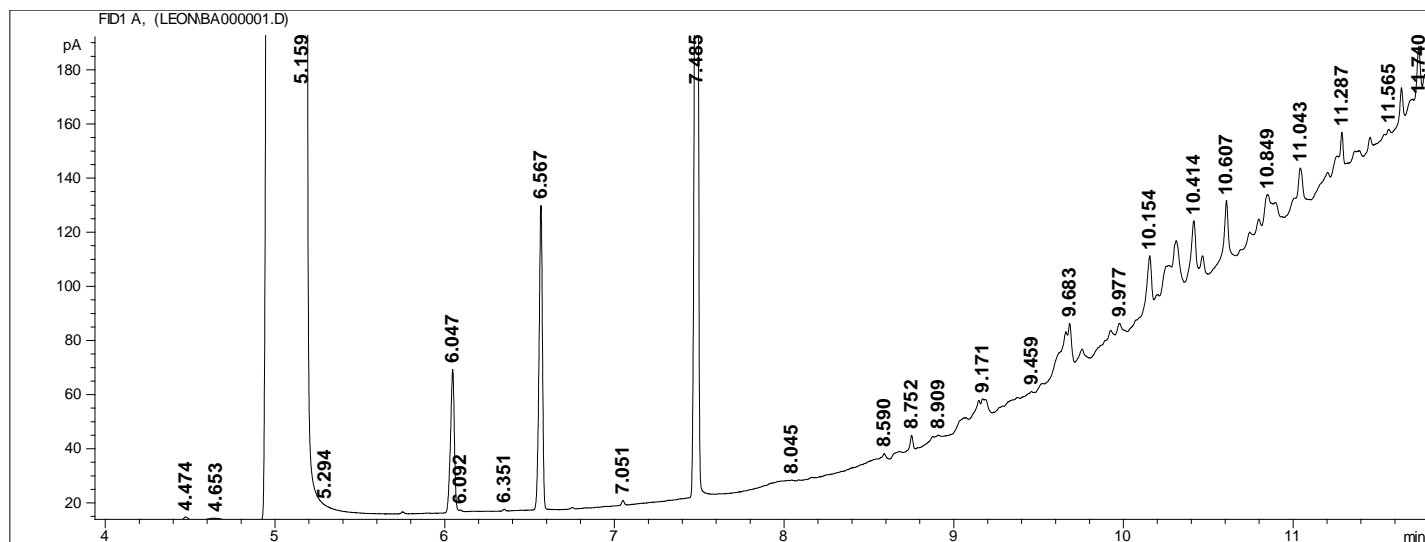


Figura 10.4 – Cromatograma del whisky madurado en barrica a temperatura ambiente,

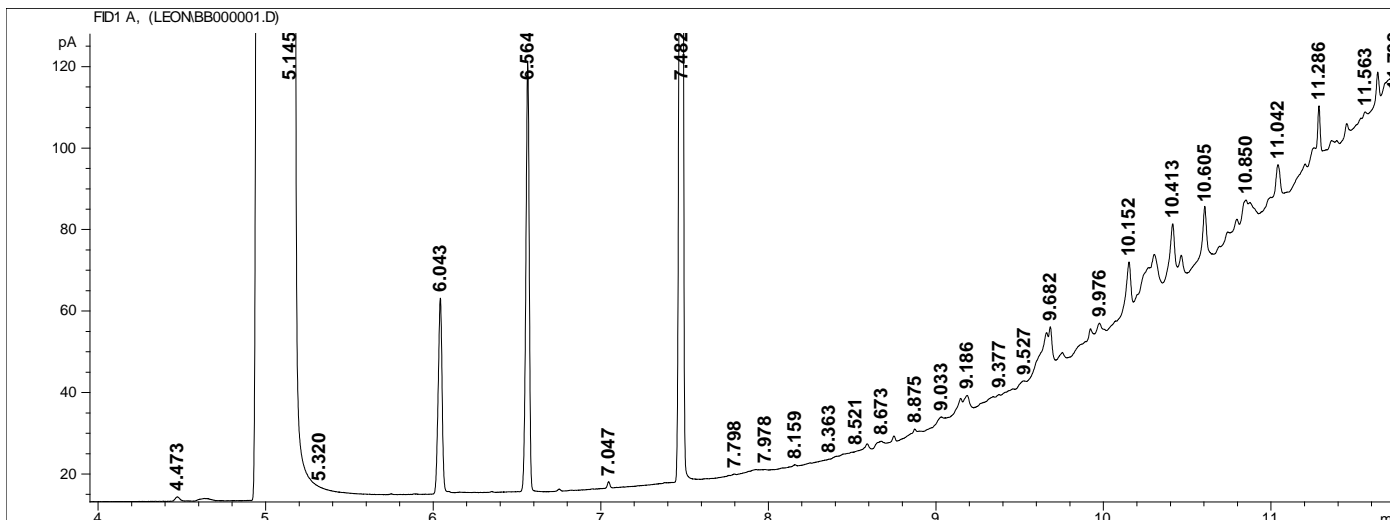


Figura 10.7 – Cromatograma del whisky madurado en barrica a bajas temperaturas.

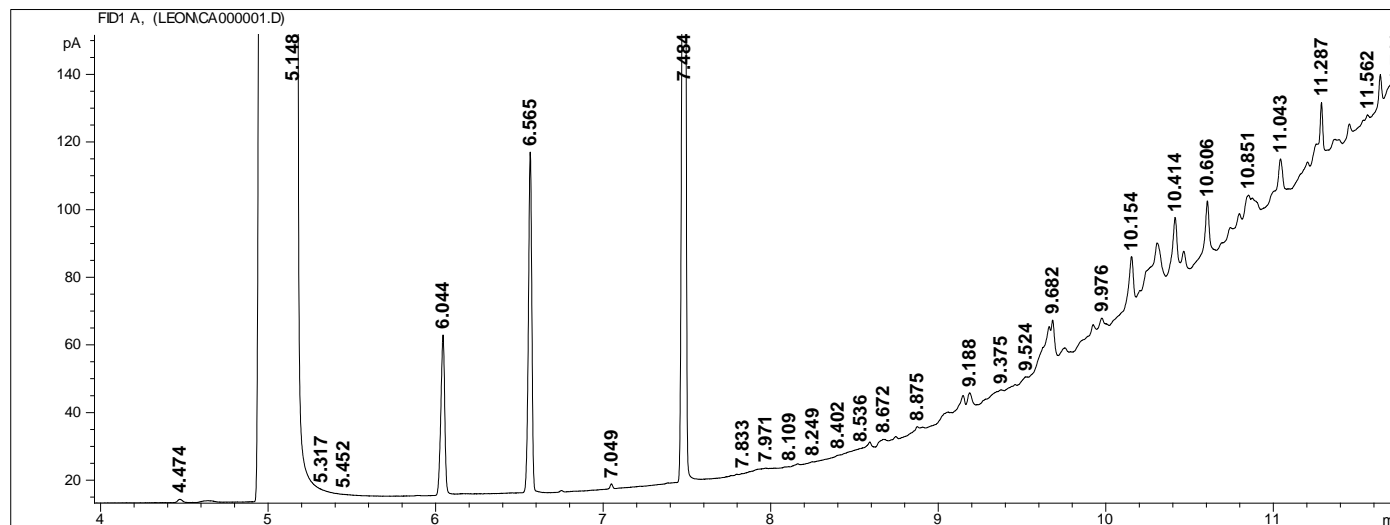


Figura 10.6 – Cromatograma del whisky madurado con chips de madera a temperatura ambiente.

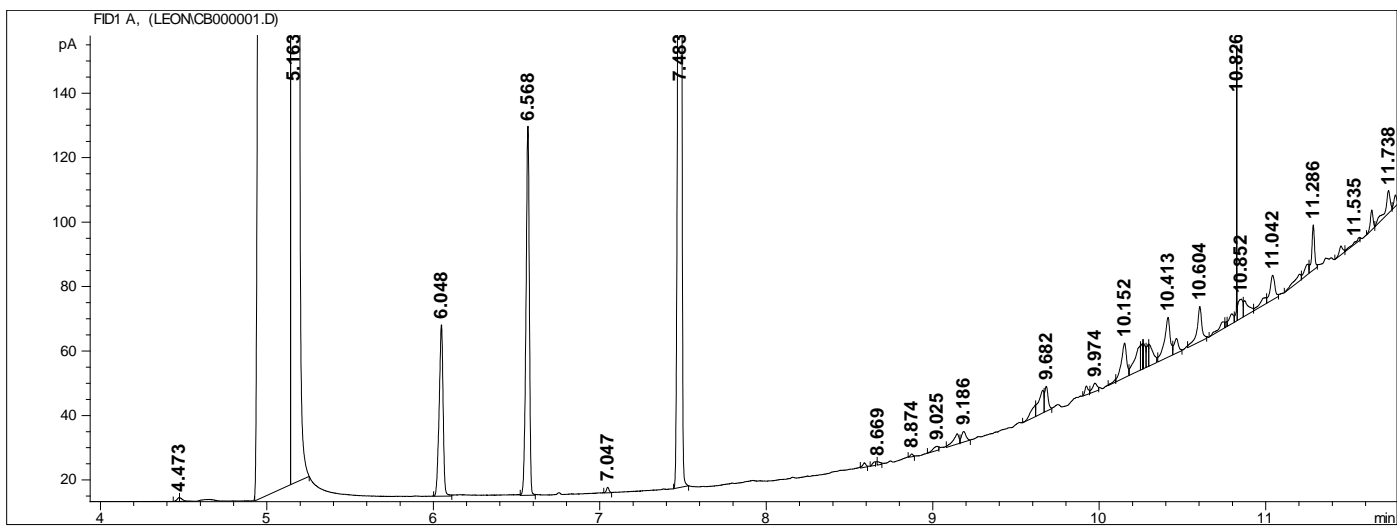


Figura 10.8 – Cromatograma del whisky madurado con chips de madera a bajas temperaturas.

10.11 CORRELACIONES OBTENIDAS DE CADA UNO DE LOS ATRIBUTOS EVALUADOS POR LOS JUECES EN CADA COMPONENTE PARA OLOR Y SABOR

Tabla 10.43 – Correlaciones para J1 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
caramelo	0.803	0.558	-0.120	0.139	-0.102
coco	-0.952	0.116	0.278	0.027	0.058
cuero	0.946	0.289	0.067	-0.080	-0.104
durazno	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
floral	-0.895	0.330	0.217	-0.163	0.125
frutos secos	0.866	0.355	-0.034	-0.337	-0.096
madera	0.973	0.181	-0.037	0.026	0.138
maiz	-0.900	-0.015	0.181	-0.376	0.121
manzana	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
miel	0.809	0.293	-0.274	-0.413	-0.115
nuez	0.871	-0.029	-0.202	-0.311	-0.320
platano	-0.369	0.338	-0.865	0.017	0.030
vainilla	0.852	0.225	-0.368	-0.211	0.209

Tabla 10.44 – Correlaciones para J2 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
ahumado	0.956	0.119	-0.117	-0.134	0.202
caramelo	0.929	0.085	-0.205	-0.231	0.186
cereal	0.976	-0.039	-0.164	-0.130	-0.050
coco	0.789	-0.230	0.209	-0.330	0.415
cuero	-0.673	0.570	-0.384	-0.077	-0.262
durazno	0.756	0.081	-0.484	0.108	0.420
floral	-0.469	0.053	-0.633	-0.138	-0.598
frutos rojos	0.636	-0.071	0.285	0.541	0.466
maiz	-0.671	0.211	0.310	-0.492	-0.409
miel	0.672	-0.062	0.421	-0.063	-0.602
nuez	0.903	0.126	-0.079	-0.369	-0.164
tabaco	0.788	0.347	-0.481	-0.023	-0.164

Tabla 10.45 - Correlaciones para J3 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
caramelo	0.855	0.434	0.003	-0.261	-0.109
cereal	-0.930	0.229	0.224	0.115	0.137
coco	0.819	0.540	0.143	0.050	-0.125
floral	-0.467	-0.607	0.164	0.580	0.225
frutos rojos	-0.147	-0.968	0.164	0.103	0.068
frutos secos	-0.234	0.882	-0.230	-0.015	-0.338
herbal	-0.820	0.130	0.205	-0.356	0.377
madera	0.826	0.542	0.053	0.032	-0.139
maiz	-0.441	-0.598	0.161	0.634	0.138
manzana	-0.779	0.585	0.164	-0.153	-0.026
nuez	0.791	0.517	0.307	0.064	-0.094
pan	0.293	0.049	-0.874	-0.359	-0.142
platano	-0.779	0.585	0.164	-0.153	-0.026
vainilla	0.562	0.403	-0.689	-0.028	-0.214

Tabla 10.46 - Correlaciones para J4 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
caramelo	0.554	-0.219	0.663	0.436	-0.125
madera	-0.769	0.313	0.177	0.176	-0.498
maiz	-0.836	0.314	0.209	0.078	-0.390
plastico	0.219	0.341	-0.861	0.209	-0.227
platano	0.282	0.740	0.411	-0.438	0.107
solvente	0.136	-0.266	0.635	0.320	-0.637

Tabla 10.47 - Correlaciones para J5 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
cana de azúcar	-0.533	0.529	0.439	-0.088	0.486
coco	0.819	-0.054	-0.449	0.226	-0.273
madera	0.587	0.804	-0.089	0.019	0.022
malta de maiz	0.334	0.414	-0.489	0.615	0.315
solvente	0.364	-0.369	-0.335	-0.372	0.693

Tabla 10.48 - Correlaciones para J6 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
clavo	0.689	0.443	0.569	0.054	-0.042
coco	0.764	0.567	-0.205	0.060	-0.222
cuero	-0.405	0.469	-0.042	0.756	0.208
herbal	0.558	0.019	-0.605	0.542	-0.168
jabon	-0.069	-0.682	-0.614	0.376	0.108
madera	0.552	-0.542	-0.375	0.509	-0.027
maiz	-0.262	-0.757	-0.597	-0.047	0.001
solvente	0.723	0.381	0.574	-0.050	-0.014

Tabla 10.49 - Correlaciones para J7 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
cuero	0.182	-0.616	-0.220	-0.714	-0.169
floral	-0.049	-0.985	0.005	-0.141	-0.092
frutos secos	0.718	-0.364	-0.451	0.263	-0.282
herbal	0.439	-0.400	0.472	-0.641	-0.121
jabon	-0.779	0.585	0.164	-0.153	-0.026
madera	0.951	-0.132	-0.251	-0.119	0.028
nuez	0.593	0.469	-0.627	0.063	-0.178
queso	-0.779	0.585	0.164	-0.153	-0.026
tabaco	0.811	-0.169	-0.315	0.082	-0.456

Tabla 10.50 - Correlaciones para J8 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
cana de azúcar	-0.687	0.477	0.323	0.254	0.362
cereal	0.571	-0.441	0.666	0.136	0.131
coco	0.344	0.142	-0.849	0.316	-0.203
cuero	-0.781	0.590	0.124	-0.164	-0.014
durazno	-0.421	0.719	0.082	0.110	-0.535
frutos secos	-0.498	0.394	-0.735	-0.201	-0.127
jabon	0.109	-0.205	-0.695	0.294	-0.614
madera	0.763	0.130	0.545	-0.111	-0.303
malta de maiz	-0.279	0.555	-0.783	0.031	-0.021

manzana	-0.559	0.719	-0.159	-0.368	-0.100
nuez	0.643	0.350	-0.611	0.108	-0.282
pera	-0.321	0.780	0.469	-0.254	0.056
plastico	-0.195	-0.304	-0.429	0.500	-0.659
queso	-0.307	0.322	0.681	-0.581	0.023
solvente	-0.649	0.576	0.172	-0.329	-0.331
tabaco	0.485	-0.402	-0.750	0.156	-0.128

Tabla 10.51 - Correlaciones para J9 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
cana de azúcar	-0.829	0.380	-0.250	0.085	0.314
caramelo	0.577	-0.060	-0.696	0.424	-0.007
cuero	0.635	-0.020	-0.295	-0.007	-0.713
madera	-0.046	-0.915	0.299	0.223	-0.144
maiz	-0.975	-0.091	-0.026	0.161	-0.123
manzana	-0.977	0.030	0.057	0.202	0.022
miel	0.595	-0.403	0.689	-0.024	-0.091
plastico	0.788	0.265	0.326	0.164	0.418
solvente	-0.851	0.298	0.105	-0.398	0.137

Tabla 10.52 - Correlaciones para J10 (Olor).

	F1	F2	F3	F4	F5
caramelo	0.903	0.171	0.269	-0.061	0.281
cuero	0.181	0.105	-0.485	-0.220	0.820
floral	-0.204	0.640	-0.693	0.231	-0.124
herbal	-0.114	0.162	-0.893	-0.306	0.263
jabon	0.186	0.312	0.545	0.712	-0.251
madera	0.498	0.438	-0.115	-0.393	-0.626
nuez	0.559	0.135	0.749	-0.141	-0.298
plastico	0.797	0.551	0.192	0.098	-0.121
solvente	0.725	0.241	0.577	-0.286	0.027

Tabla 10.53 - Correlaciones para J1 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
astringente	-0.328	-0.587	0.717	0.062	-0.175
cereal	-0.903	-0.003	-0.366	0.182	-0.134
ciruela	0.950	0.212	-0.061	0.201	0.094
dulce	-0.162	-0.970	0.168	0.045	0.054
frutos secos	0.606	-0.316	0.580	0.418	-0.148
herbal	-0.650	0.446	0.566	-0.026	-0.238
madera	0.195	-0.889	-0.146	0.305	0.239
maiz	0.560	0.690	-0.402	0.165	0.145
manzana	0.778	-0.288	-0.363	-0.228	-0.358
miel	0.433	-0.489	0.149	0.738	-0.087
nuez	0.148	-0.806	0.389	0.373	-0.195

Tabla 10.54 - Correlaciones para J2 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
acido	0.619	-0.468	-0.572	0.260	-0.058
amargo	-0.545	-0.402	-0.401	-0.154	-0.597
astringente	-0.667	-0.016	0.340	-0.496	0.441
cuero	-0.917	-0.025	-0.148	0.370	-0.002
madera	0.421	-0.779	0.385	0.189	-0.177
maiz	-0.846	-0.140	-0.454	0.104	0.220
manzana	0.399	-0.688	0.507	0.018	-0.332

Tabla 10.55 - Correlaciones para J3 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
acido	-0.923	-0.078	-0.366	0.051	-0.073
ahumado	-0.324	-0.926	-0.100	-0.167	0.006
amargo	-0.256	-0.927	0.036	-0.220	-0.160
caramelo	-0.153	-0.716	0.508	-0.178	-0.416
cereal	-0.139	0.880	-0.337	-0.258	-0.160
ciruela	0.935	0.285	-0.183	0.072	-0.074
coco	-0.255	-0.930	-0.071	-0.230	-0.114
dulce	0.107	0.919	-0.362	0.111	-0.013
floral	0.813	0.367	-0.062	0.051	0.445

frutos secos	-0.321	-0.931	0.008	-0.164	-0.051
madera	-0.326	-0.930	-0.032	-0.162	-0.024
miel	-0.668	0.426	-0.157	0.317	-0.498

Tabla 10.56 - Correlaciones para J4 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
dulce	-0.785	-0.426	-0.191	0.401	0.066
acido	-0.625	-0.304	-0.607	0.386	-0.007
madera	-0.735	-0.207	-0.624	-0.154	-0.053

Tabla 10.57 - Correlaciones para J5 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
cana de azúcar	-0.162	0.569	-0.340	0.452	-0.574
clavo	0.374	-0.077	0.703	0.559	0.217
cuero	-0.458	-0.515	-0.149	0.538	0.461
dulce	0.092	-0.518	0.562	0.638	-0.017
jabon	-0.827	0.164	0.175	-0.251	-0.442
madera	-0.049	-0.043	-0.566	-0.177	0.803
malta de maiz	0.447	-0.702	0.227	-0.106	0.495
perfume	-0.728	0.241	0.393	0.366	0.352

Tabla 10.58 - Correlaciones para J6 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
amargo	-0.390	-0.556	-0.649	0.233	0.252
ciruela	-0.151	-0.343	-0.188	0.486	-0.767
cuero	-0.265	0.016	-0.199	0.902	-0.277
dulce	0.137	0.082	-0.818	0.337	0.438
malta de maiz	0.594	0.616	-0.173	-0.215	-0.437
mantequilla	-0.353	-0.796	-0.403	-0.097	0.266
manzana	-0.574	0.454	0.057	0.643	-0.219
nuez	-0.489	0.749	-0.175	-0.027	-0.411
tabaco	0.640	-0.059	0.394	0.321	-0.573
salado	-0.844	-0.087	-0.302	-0.274	0.337

Tabla 10.59 - Correlaciones para J7 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
acido	-0.422	0.715	0.045	0.307	0.464
ahumado	0.000	0.488	-0.217	-0.826	0.180
amargo	-0.474	0.040	0.676	-0.425	0.368
astringente	-0.798	-0.148	0.319	-0.264	0.413
ciruela	0.257	0.775	0.498	-0.288	-0.045
cuero	-0.193	-0.122	0.466	-0.853	-0.055
floral	0.013	0.021	0.531	0.821	-0.210

Tabla 10.60 - Correlaciones para J8 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
herbal	0.571	0.137	0.125	-0.065	-0.797
mantequilla	-0.017	-0.066	-0.513	0.787	0.336
nuez	0.222	0.038	0.163	-0.904	-0.325
perfume	-0.524	0.151	0.721	-0.422	-0.075
salado	-0.852	-0.091	0.493	-0.130	0.082
vainilla	0.305	-0.385	-0.285	0.029	0.823
acido	0.581	-0.263	-0.438	0.575	0.267
ahumado	0.628	-0.376	-0.470	-0.386	0.308
amargo	0.874	0.429	-0.013	-0.141	0.179
caramelo	0.037	-0.713	-0.521	-0.439	-0.159
dulce	0.492	0.262	0.496	-0.386	0.542
floral	0.458	-0.444	0.113	0.762	0.012
madera	0.535	-0.706	-0.415	-0.165	0.124

Tabla 10.61 - Correlaciones para J9 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
amargo	-0.860	0.199	0.150	0.338	-0.291
astringente	-0.882	0.246	0.117	0.223	-0.313
cana de azúcar	-0.801	0.472	0.049	0.216	-0.293
caramelo	0.383	-0.279	-0.322	0.324	0.752
coco	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
dulce	0.940	-0.207	-0.270	-0.011	0.033
frutos secos	0.046	-0.752	-0.527	0.304	0.252
herbal	0.613	-0.608	0.046	0.261	-0.430

nuez	0.608	-0.463	-0.571	0.150	-0.260
------	-------	--------	--------	-------	--------

Tabla 10.62 - Correlaciones para J10 (Sabor).

	F1	F2	F3	F4	F5
salado	0.905	0.212	-0.222	0.199	-0.216
amargo	-0.687	-0.130	-0.677	0.227	-0.005
astringente	-0.803	0.261	-0.004	-0.224	-0.488
cereal	-0.330	0.839	-0.327	-0.001	0.284
cuero	0.437	0.234	-0.671	0.453	0.314
frutos secos	0.613	-0.560	-0.337	0.346	-0.277
madera	0.422	-0.488	-0.339	0.527	-0.438
manzana	-0.518	0.393	0.344	0.223	-0.639
perfume	-0.635	-0.573	0.027	-0.492	0.158
salado	-0.149	-0.757	-0.351	-0.383	-0.368