



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Unidad Iztapalapa

Departamento de Biotecnología



DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Desarrollo de una cerveza artesanal de maíz rojo (*Zea mays*) con alta capacidad antioxidante, al evaluar el efecto del tiempo en la etapa de cocción usando dos variedades de lúpulo (*Humulus lupulus L.*), “Cascade” y “Columbus”, y su evaluación sensorial.

Tesis para la obtención del grado de:
Maestra en Biotecnología

PRESENTA:

I.A. NAYELI LETICIA ROMERO GARCÍA

DIRECTOR:

DR. JOSÉ RAMÓN VERDE CALVO

COMITÉ TUTORIAL:

DR. HÉCTOR BERNARDO ESCALONA BUENDÍA

DRA. JOSEFA ESPITIA LÓPEZ

**Posgrado en Biotecnología
Iztapalapa, Ciudad de México, septiembre de 2020**

La maestría en Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana está incluida en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACyT Y CONTÓ CON EL APOYO DEL MISMO CONSEJO.

Agradezco al CONACYT por la beca 266023 otorgada para realizar mis estudios de posgrado.

ESTA TESIS SE REALIZÓ EN EL LABORATORIO DE ENOLOGÍA Y ALIMENTOS FERMENTADOS DEL DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD, DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-UNIDAD IZTAPALAPA, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. JOSÉ RAMÓN VERDE CALVO, Y EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS SENSORIAL DE LA MISMA INSTITUCIÓN, BAJO LA ASESORÍA DEL DR. HÉCTOR ESCALONA

A **GRADECIMIENTOS:**

Al COMECyt por el apoyo otorgado para la continuación de mis estudios.

A la UAM-I por darme lo suficiente para realizar mi proyecto en sus instalaciones y poder desenvolverme de forma integral en todos los aspectos de mi persona.

Al Dr. José Ramón Verde Calvo, por inspirarme a través de su vocación el cariño a la investigación, por su paciencia, tiempo y enseñanza, su calidad humana me motivo durante el proceso. La independencia creativa que me brinda es un gran privilegio, ser su alumna ha sido una satisfacción enorme.

Al Dr. Héctor Escalona por ayudarme en cada momento y aún más, cuando me perdía en un mundo de información, me ayudaba a encontrar la dirección correcta y fue más que un guía, además siempre es un placer escuchar sus largas pláticas.

A la Maestra Frida, por estar siempre al pendiente de que tuviera los servicios e instalaciones necesarias para realizar mi proyecto, su persona siempre fue reconfortante y su bondad es un ejemplo al que aspiro.

A los miembros del jurado y a la coordinación del posgrado, por su tiempo y hacer de este trabajo una versión mejor.

A mis compañeros del laboratorio y posgrado por su ayuda y consejos, su presencia fue muy importante para continuar con mis experimentos. A Saúl y Néstor por su servicio.

A los talleres de iniciación artística son el equilibrio para desarrollarme integralmente desde una perspectiva sensible y delicada, en especial al coro de la UAMI, a la profesora Angélica Ramírez, que me devolvía siempre a mi naturaleza humana cuando la perdía, a través de su enseñanza en la música me recordaba que antes que todo soy humano.

A mis padres por ser el principal motivo para tratar de ser mejor persona, porque después de todo siempre serán lo único y seguro en mi vida, su tierna lucha inspirada por el amor es sobrehumana, es mi inspiración y fuerza, su ejemplo de hacer todo sin ninguna herramienta, sin tener el derecho a la educación y sin ninguna oportunidad, me hace afortunada, me han dado todo para poder llegar hasta aquí y es lo más valioso que hay en mí.

A mis hermanos y amigos por estar de principio a fin acompañándome en esta etapa tan inestable e irónicamente satisfactoria.

Dedicatoria:

A la memoria de mi tío Bartolomé García Osorio († 2 de agosto del 2019) y de mi abuelo Serafín Romero Cansino († 9 de enero del 2020), pues su ausencia aún está presente todos los días, desde el momento de su partida y cuyo viaje fue durante esta etapa.

A Duvalín y a Frijol que fueron la delicadeza de mi hogar, que antes de ellos era muy solitario.

Resumen:

La cerveza es una bebida con un gran impacto social y económico que ha representado un impacto en las diferentes culturas del mundo. México es el mayor exportador de cerveza a nivel mundial. Desde el descubrimiento de la fermentación, el maíz en México ha sido ampliamente utilizado en bebidas tradicionales y recientemente se desarrolló un proceso para preparar cervezas con 100% de variedades de maíz pigmentadas que proporcionan polifenoles y antocianinas con propiedades antioxidantes. En este proyecto se realizaron cervezas a partir de maíz rojo chalqueño malteado, en reemplazo de la materia prima comúnmente utilizada, cebada.

La cerveza es una bebida fermentada por levaduras del género *Saccharomyces*, no destilada, elaborada a base de cereales, comúnmente cebada malteada, aromatizada con lúpulo. El proceso de elaboración de cerveza comprende los siguientes pasos: recepción y limpieza del grano, malteado del grano, molienda del grano, maceración del producto de molienda, cocción del mosto, fermentación, clarificación y maduración, envasado. El Lúpulo es de gran importancia, en este proyecto se enfoca en el análisis del uso de esta materia en cerveza de maíz pues se ha reportado la presencia de compuestos bioactivos con actividad antioxidante provenientes del lúpulo en cerveza de cebada, sin embargo, no se sabe si son significativos en la cerveza de maíz y qué sucede con estos durante la etapa de cocción al elaborar el mosto lupulado. Se determinaron parámetros físicos y químicos durante el proceso, específicamente en la etapa de cocción donde se adiciona el lúpulo y en las cervezas verdes y maduras. El contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante fueron los más importantes para el trabajo. Al ser una cerveza sus componentes se caracterizan por tener diferentes atributos sensoriales, en especial el lúpulo propicia el sabor amargo y aporta una gran cantidad de aromas. Se analizaron sensorialmente las cervezas elaboradas por medio de un análisis cuantitativo descriptivo (QDA) y se obtuvo el perfil sensorial de cada una de las cervezas, se pudo observar que atributos sensoriales, resaltan en cada uno de los tratamientos.

Los resultados obtenidos permitieron observar que el lúpulo y el tiempo de cocción representaron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos. Un tiempo de cocción menor a una hora, durante la etapa de cocción utilizando el lúpulo Cascade dio como resultado una cerveza con mayor cantidad de polifenoles totales (1500 mg equivalentes de ácido gálico/L) que presentaron valores altos de capacidad antioxidante, por lo que se puede inferir que se obtuvo una bebida con propiedades funcionales. La cerveza que presentó mayor capacidad antioxidante fue la elaborada con el lúpulo Cascade y 10 minutos de cocción, la cerveza elaborada con este tratamiento tiene la mayor cantidad de alcohol (4.1% v/v) y se caracteriza por una apariencia efervescente, aroma a frutos tropicales, sabor a ácido, dulce y cítrico, y sensación en boca astringente, por estas razones se recomienda este lúpulo y tiempo de cocción.

Abstract:

The Beer is a drink with a great social and economic impact that has had an impact on the different cultures of the world. Mexico is the world's largest beer exporter. Since the discovery of fermentation, corn in Mexico has been widely used in traditional beverages and a process was recently developed to prepare beers with 100% pigmented varieties of corn that provide polyphenols and anthocyanins with antioxidant properties. In this project, beers were made from malted chalqueño red corn, replacing the commonly used raw material, barley.

The Beer is a drink fermented by yeasts of the genus *Saccharomyces*, not distilled, made from cereals, commonly malted barley, flavored with hops. The brewing process includes the following steps: reception and cleaning of the grain, malting the grain, milling the grain, macerating the milling product, cooking the must, fermentation, clarification and maturation, packaging. Hops is of great importance, in this project it focuses on the analysis of the use of this matter in corn beer since the presence of bioactive compounds with antioxidant activity from hops in barley beer has been reported, however, it is not known if they are significant in corn beer and what happens to them during the cooking stage when making the hopped wort. Physical and chemical parameters were determined during the process, specifically in the cooking stage where hops are added and in green and mature beers. The content of total polyphenols and antioxidant capacity were the most important for the work. Being a beer, its components are characterized by having different sensory attributes, especially hops that promote a bitter taste and provide many aromas. The brewed beers were sensory analyzed by means of a descriptive quantitative analysis (QDA) and the sensory profile of each of the beers was obtained, it was possible to observe which sensory attributes stand out in each of the treatments.

The results obtained allowed to observe that the hops and the cooking time represented significant differences in the physicochemical parameters. A shorter cooking time during the cooking stage using Cascade hops resulted in a beer with a higher number of total polyphenols that presented high values of antioxidant capacity, so it can be inferred that a drink with functional properties was obtained. The beer that presented the highest antioxidant capacity was the one made with Cascade hops and 10 minutes of cooking, the beer made with this treatment has the highest amount of alcohol (4.1% v / v) and is characterized by an effervescent appearance, aroma of fruits tropical, acidic, sweet and citric flavor, and astringent mouthfeel, for these reasons this hops and cooking time are recommended.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
2.1 PROCESO GENERAL DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA	3
2.1.1 MALTEADO	3
2.1.2 ELABORACIÓN DE MOSTO DULCE	4
2.1.3 ETAPA DE COCCIÓN Y MOSTO LÚPULADO	5
2.1.4 FERMENTACIÓN	6
2.2 LÚPULO	8
2.2.1 BOTÁNICA DEL LÚPULO	10
2.2.2 CULTIVO DE LÚPULO	12
2.2.3 QUÍMICA DEL LÚPULO	14
2.3 MAÍZ Y LA CERVEZA DE MAÍZ	34
2.3.1 ANTOCIANINAS Y COMPUESTOS FENÓLICOS EN EL MAÍZ	36
2.3.2 SENDECHÓ E HISTORIA DE LA CERVEZA DE MAÍZ	38
2.3.3 COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA CERVEZA	40
2.3.4 LA EVALUACIÓN SENSORIAL EN CERVEZAS	42
2.3.4.1 RUEDA DE SABORES	43
2.4 TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA ANTIOXIDANTES	44
2.4.1 DPPH (1,1-DIFENIL-2-PICRIL-HIDRAZIL)	45
2.4.2 ABTS (ACIDO 2,2'-AZINO-BIS-3-ETILBENZOTIAZOLIN-6- SULFÓNICO)	46
3. HIPÓTESIS	47
4. JUSTIFICACIÓN	48
5. OBJETIVO GENERAL	50
5.1 OBJETIVOS PARTICULARES	50
6. METODOLOGÍA	51
6.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO	51
6.1.2 DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR	51
6.2 ELABORACIÓN DE LA CERVEZA	52
6.2.1 SELECCIÓN DEL GRANO	52
6.2.2 MALTEADO	52
6.2.3 SECADO	52
6.2.4 MOLIENDA	53
6.2.5 MACERACIÓN	53
6.2.6 FILTRACIÓN DEL MOSTO	53

6.2.7 COCCIÓN DEL MOSTO	53
6.2.8 ENFRIAR EL MOSTO	55
6.2.9 INOCULACIÓN	55
6.2.10 FERMENTACIÓN	55
6.2.11 ENVASADO	55
6.2.12 MADURACIÓN	55
6.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS GENERALES	56
6.4 ANÁLISIS ANTIOXIDANTES	59
6.4.1 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	59
6.5 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS SENSORIAL	61
6.5.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO CUANTITATIVO (QDA)	62
7. RESULTADOS	64
7.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS GENERALES	65
7.1.1 ACEITES TOTALES EN EL LÚPULO	65
7.1.2 PH	66
7.1.3 ACIDEZ TOTAL	67
7.1.4 ALCOHOL	68
7.1.5 COLOR	69
7.1.6 AMARGOR	73
7.1.7 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES	75
7.2 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL	76
7.2.1 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR DPPH:	76
7.2.2 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR ABTS	78
8. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL:	80
8.1 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	80
8.1.1 EFECTO DE LAS CERVEZAS PARA CADA DESCRIPTOR	82
8.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DESCRIPTIVO	84
8.2.1 PERFIL DESCRIPTIVO	84
9. CARACTERIZACIÓN DE ESTILOS	92
10. CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFÍA:	95
ANEXOS:	99
A. CURVAS DE CALIBRACIÓN	99
B. PRUEBAS ESTADÍSTICAS REALIZADAS EN XLSTAT	102
B.1 ACEITES ESENCIALES	102

B.2 PH	103
B.3 ACIDEZ TOTAL	104
B.4 ALCOHOL	105
B.5 IBUS	107
B.6 POLIFENOLES	108
B.7 EQUIVALENTES A TROLOX POR DPPH	110
B.8 EQUIVALENTES A TROLOX POR ABTS	111
B.9 COLOR	113
C. DESCRIPCIÓN DE LAS REFERENCIAS UTILIZADOS EN EL PANEL SENSORIAL:	115
D. VALORES PROMEDIO DEL QDA	117
E. PCA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE QDA	119

Índice de figuras

Figura 1. Síntesis de compuestos aromáticos a partir del metabolismo de <i>S. cerevisiae</i>	8
Figura 2. Morfología de los conos de lúpulo y las glándulas de lupulina	11
Figura 3. Conos o flores del lúpulo y lúpulo deshidratado y comprimido en forma de pellets	13
Figura 4. Estructuras químicas de los α -ácidos del lúpulo	15
Figura 5. Estructuras químicas de los β -ácidos del lúpulo	25
Figura 6. Estructuras químicas de xantohumulol (chalcona) e isoxantohumulol (flavona)	27
Figura 7. Fichas técnicas de los lúpulos comerciales que se utilizarán en este proyecto	33
Figura 8. Maíz Chalqueño pigmentado y no pigmentado, desde blanco hasta púrpura muy oscuro	36
Figura 9. Rueda de sabor de la cerveza	43
Figura 10. Fermentador de vidrio y mosto lupulado iniciando el proceso de fermentación	55
Figura 11. Espacio CIELAB	71
Figura 12. Tabla de colores para cervezas del SRM del ASBC	72

Índice de diagramas

Diagrama 1. Clasificación y nomenclatura de resinas del lúpulo	22
Diagrama 2. Diseño de bloques completos al azar	54
Diagrama 3. Proceso general de elaboración de cerveza de maíz	56
Diagrama 4. Diseño de bloques completos al azar	61

Índice de cuadros

Cuadro 1. Composición química promedio de conos de lúpulo secos (Bart, 2015)	14
Cuadro 2. Abreviaturas utilizadas para los resultados	64
Cuadro 3-4. Los colores obtenidos con el software MSCV	69
Cuadro 5. Los colores obtenidos con el sistema de referencia estándar (SRM)	72
Cuadro 6. Valores P de los ANOVA	82
Cuadro 7. Características fisicoquímicas y sensoriales de cerveza madura cascade 10	92
Cuadro 8. Características fisicoquímicas y sensoriales de cerveza madura columbus 10	92
Cuadro 9. Características fisicoquímicas y sensoriales de cerveza madura cascade 30	93
Cuadro 10. Características fisicoquímicas y sensoriales de cerveza madura Columbus 30	93

Índice de gráficas

Gráfica 1. Contenido de aceites totales en las diferentes variedades de lúpulo.....	65
Gráfica 2. Medición de pH en cerveza verde y cerveza madura.....	66
Gráfica 3. Medición de acidez total en cerveza verde y cerveza madura.....	67
Gráfica 4. Contenido de alcohol en cerveza verde y cerveza madura.....	68
Gráfica 5. Contenido de unidades internacionales de amargor (IBUs).....	73
Gráfica 6. Contenido de polifenoles totales.....	75
Gráfica 7. Capacidad antioxidante, utilizando el radical DPPH.....	76
Gráfica 8. Capacidad antioxidante, utilizando el radical ABTS.....	78
Gráfica 9. Análisis de componentes principales.....	80
Gráfica 10-13. Perfil sensorial de cerveza utilizando el tratamiento Cascade 10´.....	85
Gráfica 14-17. Perfil sensorial de cerveza utilizando el tratamiento Columbus 30´.....	87
Gráfica 18-21. Perfil sensorial de cerveza utilizando el tratamiento Columbus 10´.....	89
Gráfica 22-25. Perfil sensorial de cerveza utilizando el tratamiento Cascade 30´.....	91

Abreviaturas:

A:

α / alfa

ABTS/ 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

ANOVA /Análisis de Varianza

ASBC/ American Society of Brewing Chemists

ACP/ Análisis de Componentes Principales.

B:

β / beta

BJCP/ Beer Judge Certification Program

C:

CONABIO/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

D:

DPPH/ Difenil-picril-hidrazilo

DRAE /diccionario de la real academia de la lengua española

E:

EBC/European Brewing Convention

eq../Equivalente

ET/equivalente de trolox

H:

Ho/hipótesis nula

Ha/hipótesis alternativa

I:

INEGI/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía

IBU's/ Unidades Internacionales de Amargor

M

MBA/Master of Beer Appreciation

N

NOM: Norma oficial mexicana

P:

pH/ potencial de hidrógeno

Q

QDA/ Análisis Descriptivo Cuantitativo

R

Redox/ óxido-reducción

S

SIAP/Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

SRM/ Standard Reference Method

T

TROLOX/Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico

1. Introducción

La ciencia cervecera es un campo extremadamente amplio dedicado al estudio de todos los aspectos de la cerveza y su proceso de producción. Se extiende a muchas disciplinas y aplicaciones de interés para la práctica cervecero. En su forma más simple, abarca el estudio de la malta, levadura y lúpulo (*Humulus lupulus L.*) (Almaguer, *et al*, 2014).

La cerveza está definida en México por la NOM-199-SCFI-2017 como una Bebida alcohólica fermentada elaborada con malta, lúpulo, levadura y agua potable, puede adicionarse con infusiones de cualquier semilla farinácea procedente de gramíneas o leguminosas, raíces o materia prima vegetal feculenta y/o carbohidratos de origen vegetal susceptibles de ser hidrolizados o, en su caso, azúcares que son adjuntos de la malta, con adición de lúpulos o sucedáneos en éstos. Su contenido alcohólico es de 2% a 20% Alc. Vol.; y de forma más general el diccionario de la real academia de la lengua española nos dice que la cerveza es una bebida alcohólica, fermentada por levaduras, hecha a partir de agua y granos malteados, aromatizada con lúpulo y gasificada (DREA, 2001). El proceso de elaboración de cerveza comprende los siguientes pasos: recepción, limpieza, malteado y molienda del grano, maceración del producto de molienda, cocción del mosto, fermentación, clarificación, maduración y envasado (Bamforth, 2006).

La producción y consumo de bebidas alcohólicas es una de las actividades más antiguas desarrolladas por el hombre (Varnam y Sutherland, 1997). Está estrechamente relacionada con diversos ámbitos del desarrollo de las sociedades, tanto en el ámbito religioso, como de organización social, cultural, emocional y económica. En este último es tal su importancia que hoy en día la elaboración de cervezas, vinos y bebidas destiladas representa una de las principales actividades económicas, suponiendo una importante fuente de ingresos al gobierno a través de los impuestos, así como fuentes de empleo (Varnam y Sutherland, 1997).

A lo largo del tiempo se ha industrializado de forma masiva alrededor de todo el mundo, al pretender rescatar el método artesanal de su elaboración, se le ha ido agregando un valor más allá del simple consumo, además de irse diversificando y adecuando a todas las culturas, esto presenta un nuevo reto para los productores de cerveza que buscan en sus creaciones un valor agregado aprovechando las materias primas de sus regiones, enfrentando el desafío de obtener una bebida de buena calidad y que cumpla las características de un estilo particular de cerveza (Ruiz, *et al*, 2008).

Se realizará una cerveza utilizando el grano de maíz rojo chalqueño (*Zea mays*) malteado y sin tostar. Adicionalmente a los ingredientes tradicionales, las cervezas pueden contener otros elementos encaminados a proveerla de sabores o aromas que le den características específicas a cada tipo o variedad. Entre estos ingredientes pueden estar incluidos otros cereales, como arroz, trigo, maíz, entre otros (Gump y Pruett, 1993). Otra de las materias primas utilizadas es lúpulo (*Humulus lupulus L*), se ha reportado que presenta capacidad antioxidante en varios de sus compuestos. Solo se utilizan los conos del lúpulo, ricos en compuestos polifenólicos y α y β ácidos, son utilizados para preservar la cerveza y darle un aroma y sabor característicos. El lúpulo tiene desde hace mucho tiempo uso con fines medicinales. La acción antioxidante de los conos de lúpulo es poco conocida (Beata O., 2011). La Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos (2011), ha definido los alimentos funcionales como “cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado, que pueda proporcionar un beneficio a la salud superior al de los nutrientes tradicionales que contiene” al procesar la materia prima utilizados en este proyecto, las propiedades del lúpulo y los polifenoles provenientes de los pigmentos del maíz darán como resultado una cerveza con capacidad antioxidante, que tendrán un efecto contra radicales libres, precursores del cáncer (Siniša, *et al*, 2011).

2. Antecedentes

La creación de la cerveza data de tiempos ancestrales, a lo largo de la historia ha ido evolucionando de forma muy variada según la cultura y lugar de su elaboración siendo así una bebida totalmente adaptable y resistente al paso del tiempo, de gran importancia a nivel cultural e industrial; por esta razón la ciencia ha mostrado un interés en su materia prima, proceso y propiedades, desarrollando varias investigaciones (López, 2012).

En México se realiza cerveza de malta de maíz creada por un grupo de investigadores con la finalidad de rescatar una bebida prehispánica tradicional del centro del país, el Sendechó, y promover el consumo de materias primas de baja comercialización, como lo son los maíces pigmentados, en especial el rojo, se buscó adaptar la tecnología de elaboración de cerveza artesanal a las materias primas principales utilizadas en la elaboración del Sendechó, maíz pigmentado y chile guajillo que han elaborado los siguientes trabajos en el laboratorio de Enología y Alimentos Fermentados en la Universidad Autónoma Metropolitana a cargo del Dr. José Ramón Verde Calvo y el Dr. Héctor Escalona Buendía

con los proyectos “Elaboración y Caracterización Físicoquímica y Sensorial de Cervezas Artesanales Elaboradas con Maíz Rojo”, “Caracterización de cervezas de malta de maíz y de cebada basadas en su perfil sensorial, compuestos volátiles y capacidad antioxidante”, e “Influencia del proceso de elaboración de la cerveza artesanal de maíz azul en los compuestos que le dan sabor y color”. Propiciando así el uso de maíz pigmentado como materia prima para elaborar cerveza artesanal con capacidad antioxidante.

2.1 Proceso general de elaboración de la cerveza.

2.1.1 Malteado

Durante el malteado, el grano crudo de cebada germina de manera controlada (López, 2012) sin embargo, la cebada u otros granos no se puede utilizar directamente para la producción de cerveza, ya que no cuenta con el sistema enzimático encargado de transformar el almidón en azúcar. Mediante el malteo se sintetizan y movilizan enzimas y se liberan los gránulos de almidón del endospermo (Gil, 2010).

El objetivo primordial del malteado es deshacer la mayor cantidad posible de β -glucano, que es el componente principal de la pared celular de células muertas presentes en el endospermo y que están unidas a los gránulos de almidón. Igualmente, se busca deshacerse de algunas de las proteínas insolubles presentes también en esta matriz, ya que de otro modo dificultarían el acceso de las enzimas al almidón. Durante este paso también se forman la mayor parte de estas enzimas, ya que durante el proceso de germinación de la semilla son de vital importancia (Baxter y Hughes, 2004).

Estas enzimas son las amilasas principalmente, se forman en el grano por la influencia de las hormonas específicas de crecimiento vegetal llamadas giberelinas (Baxter y Hughes, 2004).

A continuación, se enumeran los objetivos principales del malteado (Fix, 1999):

- Desarrollo de enzimas, las cuales no se encuentran en el grano sin maltear, así que deben ser sintetizadas durante esta etapa.
- Citólisis. Las paredes celulares deben romperse para que las enzimas puedan actuar.

- Modificación, que incluye la degradación de proteínas y almidón para su aprovechamiento en el macerado y fermentación.

Las etapas del malteo son: remojo, germinación y secado; en todas son muy importantes los parámetros ambientales: temperatura, humedad y flujo de aire (López, 2012).

Para iniciar la germinación, la cebada requiere humedad de 40%, lo cual se logra en 1 ó 2 días, según la temperatura del agua; generalmente se usa a 40 ó 45 °C. En la industria se alternan períodos con y sin agua, pero es indispensable airear para que el grano no se precipite ya que el oxígeno es necesario para su metabolismo. El grano flotante se elimina debido a que su menor densidad lo hace candidato a contaminación por plagas, bajos rendimientos de almidón o tamaño inadecuado para su procesamiento (López, 2012).

Con el aumento de la humedad, la maquinaria metabólica del grano se activa, con ella la producción de giberelinas. Estos compuestos estimulan la actividad y formación de enzima (Fix, 1999).

Estas enzimas son degradadoras de almidón (alfa y beta amilasas), de proteínas (proteasas), citolíticas (degradadoras de pared celular) y enzimas ácidas (fosfatasas, control del pH). En general, son las primeras las que se forman durante el malteo los otros tres tipos ya están presentes, pero son activadas por las condiciones de humedad y temperatura (Fix, 1999).

La germinación debe ser rápida, vigorosa y uniforme. La humedad ambiental debe ser superior al 80% y es necesario mover el grano del fondo a la superficie de los contenedores periódicamente para oxigenarlo; generalmente se usan volteadores, para ello (Fix, 1999).

2.1.2 Elaboración de mosto dulce

La malta se somete a una molienda para facilitar la extracción y dilución de sus componentes, durante esta operación se deben mantener intactas las cascarillas para facilitar la operación de lavado. La maceración es la solubilización de componentes de la malta mediante procesos enzimáticos, físicos y químicos (Krottenthaler *et al.*, 2007).

Los procesos enzimáticos proteólisis, citólisis y amilólisis, permiten la hidrólisis de proteínas, sustancias de las paredes celulares y de almidón, respectivamente. El proceso de proteólisis debe ser controlado para proporcionar suficiente nitrógeno asimilable para

una fermentación óptima, así como de proteínas de alto peso molecular para favorecer la estabilidad de la espuma; la citólisis para favorecer la separación del mosto dulce del grano gastado y la filtración; y la amilólisis para obtener los extractos fermentables requeridos (Krottenthaler *et al.*, 2007).

La hidrólisis enzimática durante la maceración puede ser controlada por la temperatura, viscosidad y pH del macerado, así como por el tiempo. Con el avance en los procesos de reproducción o de cultivo de las variedades de cebada cervecera, se produce una buena citólisis y proteólisis durante el malteado, de manera que el macerado para las cervezas ligeras sólo necesita ser ajustado para la amilólisis (Krottenthaler *et al.*, 2007).

En cebada, la temperatura de gelatinización en granos grandes de almidón (10-25 μm) comienza a 61-62 °C y en granos pequeños (1-5 μm) a 75-80 °C. Una rápida gelatinización y una alta actividad amilolítica garantizarán una rápida sacarificación facilitando una alta conversión de azúcares en alcohol y dióxido de carbono. El rango de temperatura óptimo en el macerado para favorecer la acción de la α -amilasa es 65-75 °C y el de pH es 5.6-5.8, los sustratos de esta enzima son α -glucanos de alto y bajo peso molecular y los productos de su actividad son oligosacáridos; por otro lado, las condiciones óptimas de la β -amilasa son temperatura de 60-65 °C, pH entre 5.4-5.6, sus sustratos son α -glucanos y el producto de su actividad es maltosa (Krottenthaler *et al.*, 2007).

Transcurrido el tiempo indicado por el cervecero se procede a la separación de los granos gastados y del mosto dulce (Krottenthaler *et al.*, 2007).

2.1.3 Etapa de cocción y mosto lúpulado

Posteriormente el mosto se lleva a ebullición. El proceso de cocción del mosto consiste en exponerlo a una fuente de calor hasta que se alcance una ebullición constante y se mantiene a esa temperatura por un periodo de entre 60 y 120 min (Hough, 1990).

Durante esta etapa se llevan a cabo dos procesos: mantenimiento en caliente y evaporación principalmente, pero son diversas las funciones mencionadas en la literatura de la etapa de cocción del mosto, dentro de las que se encuentran: evaporación del exceso de agua, con lo que se concentra el mosto; destrucción o inactivación de las enzimas presentes, originarias de la malta o añadidas; esterilización del mosto; eliminación de compuestos volátiles indeseables; la coagulación y precipitación de proteínas; precipitación intensa de

fosfato de calcio y caída, por consiguiente, del pH; producción de compuestos que dan aroma, color y sabor, por medio de reacciones de Maillard; y como es en esta parte donde se agrega el lúpulo, se consigue también la extracción e isomerización de los α -ácidos del mismo, así como mejoramiento de la estabilidad de la espuma y extracción de aceites esenciales (Hough, 1990; Varnam y Sutherland, 1997; Baxter y Hughes, 2004).

Durante la ebullición del mosto es necesario eliminar las proteínas y los complejos de taninos-proteína para obtener el mosto clarificado (Krottenthaler *et al.*, 2007).

La evaporación sirve para eliminar sustancias aromáticas no deseadas tales como carbonilos y sustancias azufradas, especialmente dimetilsulfuro (DMS). Las sustancias aromáticas del metabolismo de los lípidos también se reducen por evaporación durante la ebullición del mosto (Krottenthaler *et al.*, 2007). Después de enfriar y filtrar la solución se obtiene un mosto compuesto principalmente por carbohidratos fermentables, aminoácidos y minerales. El mosto sirve como sustrato para el crecimiento de las levaduras y en la producción de etanol. Así mismo es fuente de precursores de aroma y sabor (Varnam y Sutherland, 1997).

2.1.4 Fermentación

Durante esta etapa la levadura transforma los azúcares fermentables a etanol y CO₂. En este proceso también se obtienen subproductos de fermentación, que tienen un efecto considerable sobre el perfil de aroma y el sabor de la cerveza. La fermentación inicia al añadir la levadura al mosto. Las levaduras cerveceras son principalmente dos tipos, denominadas de fermentación alta (*Saccharomyces cerevisiae*) y de fermentación baja (*Saccharomyces uvarum var. Carlsbergensis* y *Saccharomyces bayanus*) (Eßlinger, 2007).

Las levaduras *Saccharomyces* son anaerobios facultativos, es decir, ajustan su metabolismo aerobio a condiciones anaerobias. La levadura duplica o triplica su masa durante la fermentación; para ello requiere aminoácidos, lípidos ya que son componentes de la pared celular y son necesarios para la absorción de nutrientes, también minerales para la estabilización de sus sistemas enzimáticos y de oxígeno molecular que es necesario para la síntesis de lípidos a partir de acetil-coenzima A. Además de la concentración inicial de células de levadura (15-20 millones de células de levadura por mL), una fermentación satisfactoria depende de un suministro suficiente oxígeno a las células. Esto se hace aireando el mosto con aire estéril (o excepcionalmente con oxígeno). Un valor de 8-10 mg de O₂ por litro de mosto es óptimo (Eßlinger, 2007).

Las enzimas de la levadura transforman los azúcares del mosto en etanol y CO₂ a través de la glucólisis, ver figura 1. La levadura hidroliza primero la sacarosa, después la maltosa y posteriormente la maltotriosa. Los subproductos de la fermentación se pueden categorizar en seis grupos: alcoholes alifáticos y aromáticos superiores, alcoholes multivalentes, ésteres, compuestos carbonílicos, compuestos azufrados y ácidos orgánicos. Todos estos compuestos tienen diferentes umbrales de sabor y olor. Sus contribuciones combinadas constituyen el sabor o defectos de la cerveza (Eßlinger, 2007).

Como resultado adicional del descenso de pH por los ácidos orgánicos, un cierto número de sustancias amargas disueltas coloidalmente y de polifenoles, alcanzan su punto isoeléctrico y luego precipitan. El resto de α -ácidos no isomerizados y algunas isohumulonas son capturados por las burbujas ascendentes de CO₂ y llevados a la espuma. La pérdida de sustancias amargas oscila entre 25 y 40% durante la fermentación (Eßlinger, 2007).

La concentración total de diacetilo se utiliza para evaluar la madurez de la fermentación de la cerveza. Esta concentración se debe disminuir por debajo de su umbral de sabor. El diacetilo se forma durante la síntesis de valina, en la fase de propagación de la levadura. Esta reacción es altamente dependiente de la temperatura y se produce muy lentamente por debajo de 10 °C (Eßlinger, 2007).

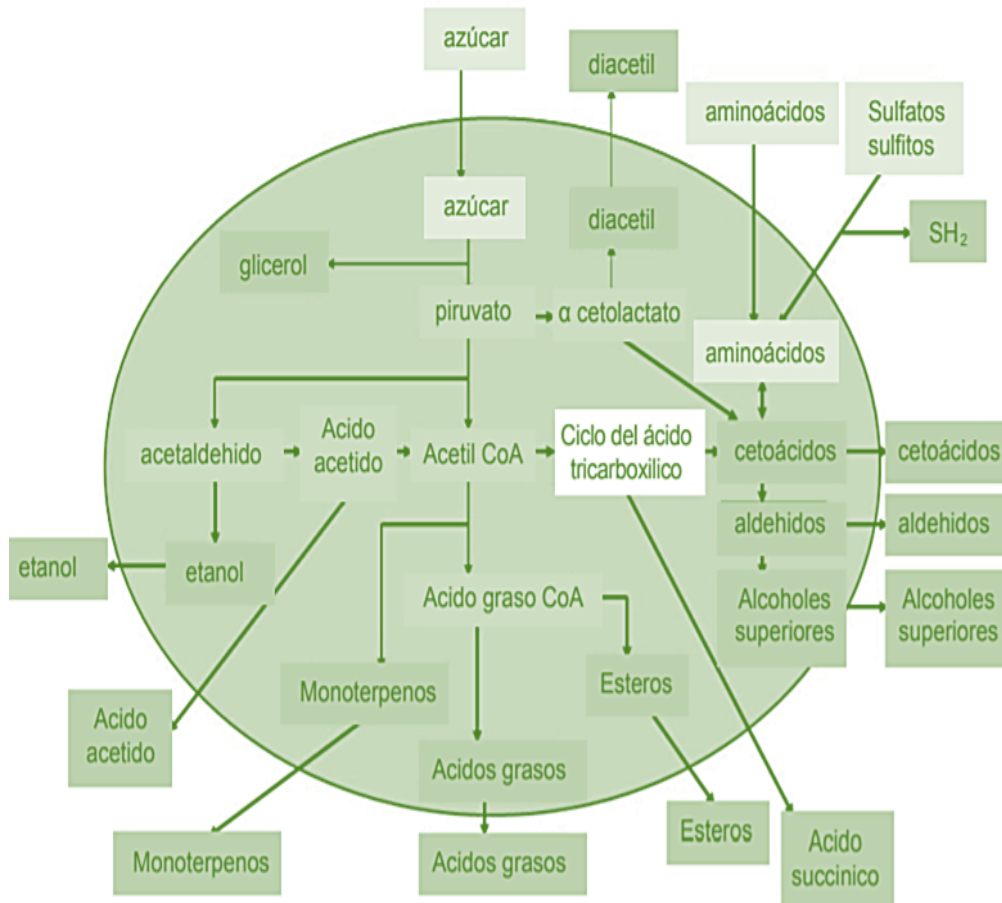


Figura 1. Síntesis de compuestos aromáticos a partir del metabolismo de *S. cerevisiae* (Pretorius, 2000).

2.2 Lúpulo

Otra de las materias primas utilizadas es lúpulo (*Humulus lupulus L.*), se ha reportado que presenta capacidad antioxidante en varios de sus compuestos. Solo se utilizan los conos del lúpulo, ricos en compuestos polifenólicos y α y β ácidos, son utilizados para preservar la cerveza y darle un aroma y sabor característicos. solo se usan los conos maduros de la flor femenina de la planta. Los conos de lúpulo de la planta hembra de la especie común de lúpulo *Humulus lupulus L.* se cultivan casi exclusivamente para industria cervecera.

Las propiedades medicinales del lúpulo (*Humulus lupulus L.*) para el tratamiento de trastornos del sueño (Moir, 2000), están bien conocidas, y los primeros relatos del uso del lúpulo con este fin datan del siglo IX (Beata O., 2011).

Entre todas las plantas herbáceas que se han utilizado a lo largo de la historia para dar sabor o para conservar la cerveza, únicamente el lúpulo (*Humulus lupulus L.*) está considerado, en la actualidad y a nivel mundial, como una materia prima esencial para la elaboración de cerveza. Aunque el lúpulo ya se cultivaba en Babilonia en épocas tan lejanas como el año 200 D.C., no existe mención de su uso en la fabricación de cerveza hasta el año 1079 D.C. Parece que fue en el siglo doce cuando se comenzó a apreciar el valor del lúpulo para dar sabor o conservar bebidas alcohólicas y, en el siglo trece, el lúpulo comenzó a ser una amenaza para el uso de otras hierbas más tradicionales como el romero, el perejil, el cilantro y el mirto de ciénaga. La ley de pureza bávara de 1516 decretó que sólo el lúpulo podía utilizarse para dar amargor a la cerveza producida en Alemania. Durante mucho tiempo, en Inglaterra se prefirieron las cervezas de fermentación alta, dulces y de alto contenido alcohólico y el lúpulo fue declarado una mala hierba. No obstante, el lúpulo comenzó a cultivarse en Inglaterra en 1524, cien años antes de que se establecieran las primeras plantaciones en América del Norte. Aunque la selección de mejores variedades debe haber sido un proceso constante durante gran parte del segundo milenio, la propagación selectiva para la mejora del lúpulo data de principios del siglo veinte con un programa que comenzó en Wye College, Inglaterra, en 1904. En ese mismo año, se aisló por vez primera un α -ácido, la humulona, en forma de un sólido cristalino, y durante los siguientes sesenta años se fue aumentando nuestros conocimientos sobre la química del lúpulo y se desarrolló el entendimiento acerca del proceso de isomerización, todo lo cual ha beneficiado en gran manera a los que desarrollan nuevas variedades, a los agricultores y a los fabricantes de cerveza por igual.

A lo largo de los últimos cuarenta años, se ha producido una rápida proliferación de diversos tipos de productos derivados del lúpulo o de formas de procesar el lúpulo, ofreciendo al cervecero diversas ventajas, tanto económicas como relacionadas con la calidad, en comparación con el uso del lúpulo tal cual, lo que ha contribuido a que ahora se pueda controlar de forma más efectiva la contribución del lúpulo sobre el aroma, el amargor, la espuma y la estabilidad de la cerveza (Moir, 2000). Más tarde, el uso del lúpulo se estableció para dar amargor, como aromatizante y agente conservante en la industria cervecera. En el 2011 en el mundo se cultivaron 101,000 t de lúpulo para la industria cervecera (Barth & Meier). Durante la elaboración de la cerveza se adiciona en el momento de cocción o ebullición, esta etapa dura 60 minutos, el lúpulo se añade en forma de flor seca entera, polvo, comprimida o en extractos. La composición de la planta los lípidos y ceras constituyen un 3%, de éstas el 15 % son resinas α -ácidos (humulonas) y β -ácidos

(lupulonas) que son las responsables del sabor amargo y actividad antimicrobiana y solo el 0.5% son aceites esenciales, volátiles, que aportan los aromas y estos se componen por terpénicos 80-90% (mirceno, cariofileno, humuleno, etc.), y otros 10-20% (ésteres, carbonilos, ácidos y alcoholes). Durante el calentamiento las resinas se isomerizan esto las vuelve más solubles, más amargas y con mayor poder antiséptico. Prácticamente todo el contenido de α -ácidos y β -ácidos se convierte en isoácidos que son los que se encuentran en la cerveza. Las isohumulonas son anfifílicas por lo que se concentran en la espuma ayudando a su estabilidad y la hacen más amarga. Durante el proceso de elaboración de cerveza, en la etapa de ebullición del mosto, estos metabolitos secundarios presentes en las glándulas de lupulina de las inflorescencias femeninas se transforman en componentes deseados de amargor, aromatizante, conservante e incluso función anticancerígena (Bart *et al*, 2015).

2.2.1 Botánica del lúpulo

El género *Humulus* está formado por dioicos, perennes, trepadores y vides. Este género pertenece a la familia *Cannabaceae* del orden *Urticales* que en 2003 se incorporó a la orden de Rosales. El único otro género en la familia es *Cannabis* representado únicamente por *C. sativa* (es decir, cáñamo, marihuana o hachís). Durante años fue creer que el género *Humulus* solo estaba representado por dos especies, el 'lúpulo común', *Humulus lupulus L.*, y el 'lúpulo japonés', *H. japonicus Zieb. y Zucc.* En 1936, la especie *Humulus yunnanensis Hu* se describió por primera vez; sigue siendo una especie relativamente desconocida que se cree que tiene origen en elevaciones en la provincia de Yunnan del sur de China. Para elaborar cerveza no tiene valor ya que sus lúpulos carecen de glándulas de lupulina. (Almaguer *et al.* 2014).

Las inflorescencias de las plantas femeninas forman los conos de lúpulo (estroboscópico) utilizado por la industria cervecera. El cono de lúpulo consiste en estructuras similares a pétalos estipulados llamados 'brácteas' y 'brácteas' alrededor de un eje central. En la base de los brácteas, se forman las glándulas de lupulina a medida que el lúpulo madura. Solo los conos de las plantas femeninas pueden secretar el fino polvo resinoso amarillo en las glándulas de lupulina. En estas glándulas de lupulina se forman y acumulan los principales compuestos del lúpulo, las resinas y los aceites. Es en las glándulas de lupulina del cono de lúpulo femenino las resinas y los aceites esenciales, son sintetizados, ver figura 2. Las resinas características del lúpulo incluyen muchas sustancias; Hayduck originalmente

separó las resinas de lúpulo en alfa y beta fracciones en función de su solubilidad en diferentes disolventes y su capacidad para formar un precipitado con acetato de plomo. En 1957, la situación se aclaró mediante propuestas conjuntas de la Convención Europea de Cervecería (EBC) y la American Society of Brewing Chemists (ASBC) luego fue revisado en 1969 por el subcomité de nomenclatura del lúpulo y no ha cambiado desde entonces (Almaguer *et al.* 2014).

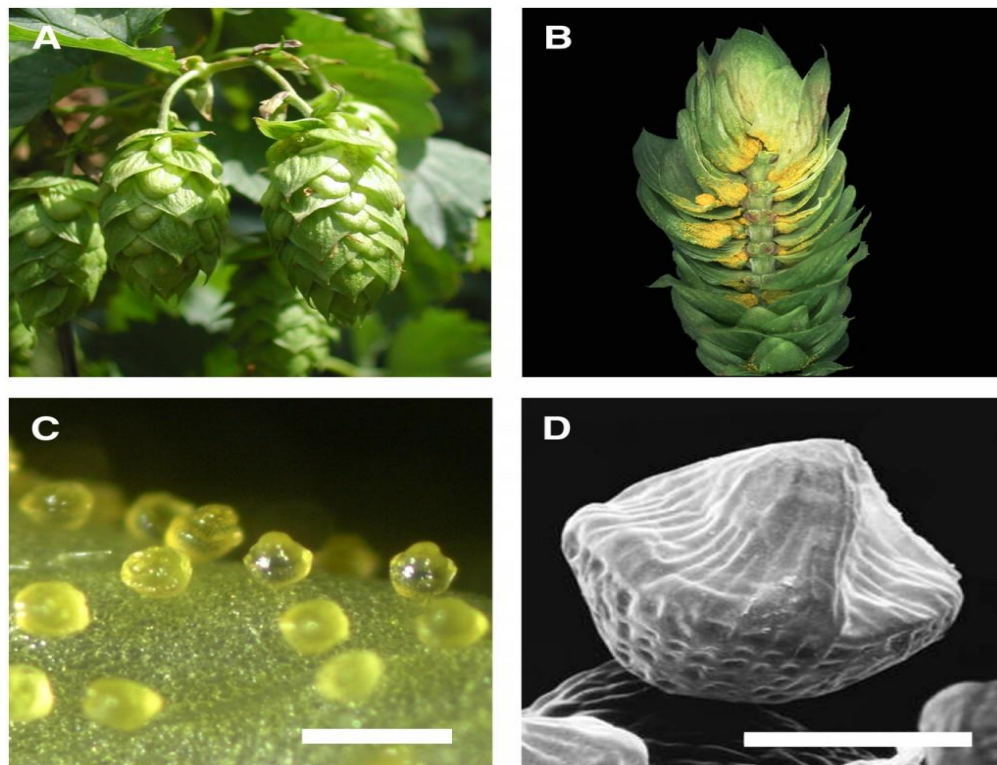


Figura 2. Morfología de los conos de lúpulo y las glándulas de lupulina. (A) Los conos de lúpulo de ~ 5 cm de longitud. (B) Sección longitudinal de un cono que muestra las glándulas de lupulina. (C) Imagen de microscopio óptico de las glándulas de lupulina maduras (500 μm). (D) Imagen al microscopio electrónico de una glándula de lupulina madura (100 μm) (Nagel *et al.* 2008).

En 1821, Ives asignó el nombre 'lupulina' a este polvo amarillo; él fue el primero en observar que es en la lupulina donde el subgusto amargo y aromático se almacenan. Las glándulas de lupulina están débilmente unidas a los conos de lúpulo, por lo tanto, los lúpulos deben ser manejados cuidadosamente para evitar perder los valiosos componentes del lúpulo. En la mayoría de las áreas comerciales de cultivo de lúpulo en todo el mundo, la semilla está regulada, el lúpulo masculino se elimina físicamente desde los campos de lúpulo para evitar

la fertilización de las plantas femeninas y, por lo tanto, la producción de semillas. En la mayor parte del mundo, los cerveceros consideran que las semillas no son deseables. Se cree que la oxidación de los ácidos grasos de la semilla produce sabores desagradables en la cerveza. Además, se ha demostrado que los lúpulos sin semillas son generalmente más ricos en aceites esenciales y resinas que los sembrados. Sin embargo, las plantas masculinas son esencial en los programas de cría de lúpulo para desarrollar nuevas variedades a través de la hibridación. Además del agradable amargor y el refrescante aroma que ofrece el lúpulo, los ácidos del lúpulo también contribuyen a la estabilidad microbiana general de la cerveza. Otro beneficio de las resinas de lúpulo es que ayudan en aumentar y estabilizar la espuma de la cerveza (Almaguer *et al.* 2014). En un intento por comprender estas contribuciones, se revisa la naturaleza de la composición química del lúpulo. Los polifenoles del lúpulo y su potencial de salud se abordan desde la capacidad antioxidante que tienen.

2.2.2 Cultivo de lúpulo

Alrededor del 97% de los lúpulos cultivados en todo el mundo están destinados para elaborar cerveza. La producción mundial de lúpulo está dominada por Alemania y los Estados Unidos. La producción de lúpulo de ambos países representa aproximadamente el 75–80% de la producción total de lúpulo. El cultivo cuidadoso de la planta de lúpulo requiere un crecimiento óptimo, condiciones, especialmente con respecto a la duración de la luz del día, temperatura de verano, precipitación anual y fertilidad del suelo. El lúpulo se cultiva en la mayoría de las regiones de clima templado del mundo; estos se encuentran entre las latitudes 35 ° y 55 ° de los hemisferios norte y sur. Más del 60% del área de cultivo lúpulo se encuentra en Alemania y Estados Unidos. Las áreas de cultivo de lúpulo más grandes incluyen la región de Hallertau en Alemania y los estados de Washington, Oregón e Idaho en los Estados Unidos. Otros países productores de lúpulo son la República Checa, Polonia, Eslovenia, Inglaterra, Ucrania, China, Sudáfrica, Australia, Nueva Zelanda y México.



Figura 3. Conos o flores del lúpulo y lúpulo deshidratado y comprimido en forma de pellets, esta es la forma común para añadir a la cerveza.

2.2.2.1 Cosecha y secado del lúpulo

A fines del verano o principios del otoño, cuando los conos de lúpulo están madurados y el contenido de resina es más alto, se cosechan los lúpulos. En la cosecha, la humedad presente en el lúpulo es de aproximadamente 75 a 80%; en alto nivel de humedad no solo cambian los compuestos del lúpulo rápidamente pero también se enmohecen rápidamente. Por lo tanto, los conos de lúpulo se secan cuidadosamente en el horno a temperaturas entre 60 y 75 ° C para reducir el contenido de humedad a aproximadamente 10%. Después de enfriar y acondicionar los lúpulos son compactados, ver figura 3, prensados y embalados en pacas. Estas pacas se almacenan frías hasta que sea requerido para su uso (Almaguer *et al.* 2014).

COMPUESTOS DEL LÚPULO	CANTIDAD %
Resinas totales	15-30
Aceites esenciales	0.5-3
Proteínas	15
Monosacáridos	2
Polifenoles	4
Pectinas	2
Aminoácidos	0.1
Ceras y esteroides	Trazas – 25
Cenizas	8
Humedad	10
Celulosa etc.	43

2.2.3 Química del lúpulo

Los conos de lúpulo enteros comprenden varios componentes, como resinas, aceites esenciales, proteínas, polifenoles, lípidos, ceras, celulosa y aminoácidos. Los compuestos químicos de conos de lúpulo secos se muestran en el cuadro 1 el promedio general. La naturaleza de los pétalos de lúpulo asegura la presencia de sustancias como proteínas, carbohidratos y polifenoles. El valor de utilizar el lúpulo se atribuye principalmente a los precursores de los compuestos activos saborizantes y amargos encontrados en las resinas secretadas por las glándulas de lupulina. Los aceites esenciales del lúpulo también son importantes para el cervecero ya que proporcionan sabor y características de aroma a la cerveza (Almaguer *et al.* 2014).

Cuadro1. Composición química promedio de conos de lúpulo secos (Bart, 2015).

2.2.3.1 Isomerización

Se producen diferentes reacciones químicas tales como la isomerización del lúpulo, desarrollo de sustancias aromáticas, color y procesos de disolución, así como inactivación de enzimas y esterilización (Krottenthaler *et al.*, 2007).

El análisis cuantitativo de α -ácidos revela concentraciones mayores en el mosto y bajos niveles en la cerveza. Esto es porque durante la ebullición del mosto ocurre la más importante conversión química del proceso de elaboración de la cerveza: Las humulonas no se encuentran como tal en la cerveza, sino en la forma isomerizada, las isohumulonas, que son considerablemente más amargas y solubles que las humulonas. La isomerización de las humulonas es la reacción de mayor importancia en la química del lúpulo, y tiene lugar durante la cocción del mosto (Varnam y Sutherland, 1997). La isomerización térmica de los

α -ácidos (humulona, cohumulona y adhumulona) a los iso- α -ácidos (isohumulona, isocohumulona e isoadhumulona) a través de una contracción tipo aciloína del anillo (Keukeleire, 1999). La isomerización de los α -ácidos ocurre cuando el mosto es hervido con el lúpulo, ocurriendo un rearrreglo de la estructura molecular, transformándose el anillo de seis carbonos de los α -ácidos en un anillo de cinco carbonos, ver figura 4. Esta conversión es inducida por la temperatura y es acelerada a valores de pH superiores a 5,5 y en presencia de cationes divalentes, particularmente Mg^{+2} y Ca^{+2} . Cada α -ácido genera dos iso- α -ácidos epiméricos, los cis y trans - iso- α -ácidos; consecuentemente seis iso- α -ácidos estarán presentes en la cerveza (Carrillo, 2011). De esta transformación se hablará a detalle más adelante. La isomerización durante la cocción del mosto es un proceso poco eficaz debido a la baja solubilidad de las humulonas en el mosto y las pérdidas de isohumulonas con la proteína precipitada, la levadura y con los filtrados. El rendimiento final no es mayor al 30-40%, lo que supone un contenido de 15-35 mg/L (Varnam y Sutherland, 1997).

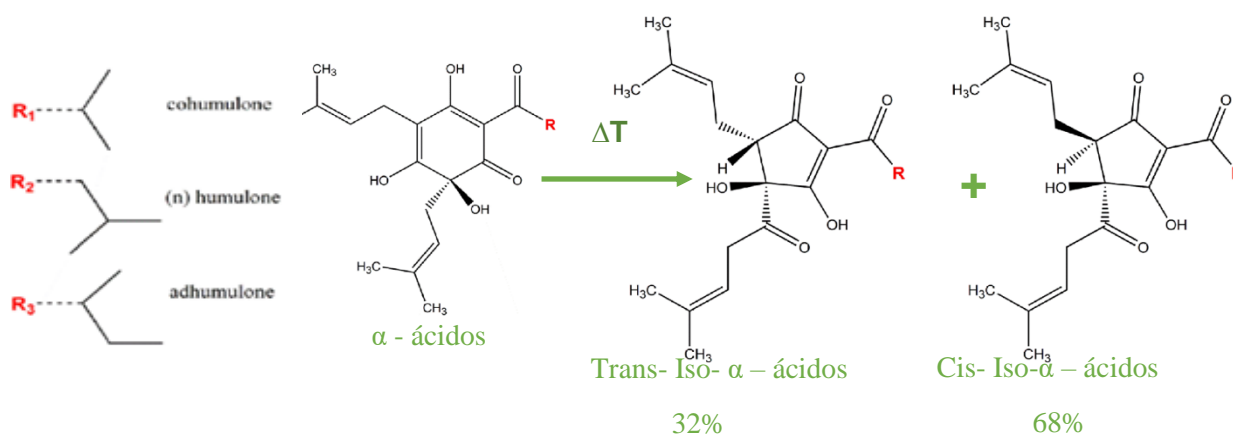


Figura 4. Estructuras químicas de los α -ácidos del lúpulo. La isomerización inducida térmicamente ocurre durante la ebullición del mosto para producir los iso- α - ácidos trans y cis diastereoméricos, estos son los principales ácidos amargos en la cerveza.

La adición de lúpulo también puede traer consecuencias negativas a la cerveza cuando no se tienen las precauciones necesarias. Las insaturaciones de los iso- α -ácidos pueden sufrir una reacción fotolítica a través de un mecanismo de radicales libres entre el radical isoprendil proveniente de la ruptura del iso- α -ácidos y el radical SH^* proveniente de la degradación de la cisteína generando el 3-metil-2-butenotiol, responsable del aroma

indeseado azufrado que se genera cuando la cerveza es expuesta a la luz. Es por ello por lo que las cervezas que contienen estos iso- α -ácidos deben ser embotelladas en botellas de color ámbar (Carrillo, 2011).

De acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas, estos metabolitos secundarios son a menudo categorizados en tres fracciones: las resinas de lúpulo, el aceite de lúpulo y los polifenoles del lúpulo. Las resinas de lúpulo se caracterizan por su solubilidad en metanol frío y éter dietílico y además se clasifican, dependiendo en su solubilidad en hexano. Las resinas blandas son solubles en hexano y principalmente contienen derivados de floroglucinol prenilados tales como los α -ácidos y los β -ácidos del lúpulo. Las resinas duras son caracterizadas por su insolubilidad en hexano y principalmente consiste en cetona aromáticas y flavanones prenilados, con xantohumol siendo el principal constituyente de las resinas duras. El aceite esencial, es por definición, la fracción de lúpulo que puede aislarse por destilación al vapor. El monoterpeno mirceno y los sesquiterpenos, α -humuleno y β -cariofileno, constituyen la mayor parte del aceite esencial, pero los componentes que contienen O y S están presentes también. Junto a las resinas y los aceites esenciales del lúpulo, forman una mezcla compleja de polifenoles, que consiste en ácidos carboxílicos aromáticos y flavonoides no prenilados, que incluyen proantocianidinas y flavonol glucósidos, están presentes en los conos de lúpulo. Los componentes considerados son los α -ácidos de lúpulo, β -ácidos de lúpulo y xantohumol, que son componentes exclusivos del lúpulo, y α -humuleno y β -cariofileno, sesquiterpenos que son muy característicos del lúpulo. Sin embargo, estos precursores se pueden evaporar y/o precipitar durante el proceso de elaboración, mientras que los productos deseados pueden ser degradados en consecuencia (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.3 Polifenoles del lúpulo

Los polifenoles son otro metabolito secundario de la planta del lúpulo; comprenden hasta el 4% del peso total de los conos secos de lúpulo, el nivel de los polifenoles depende de la variedad. Estos se encuentran principalmente en el cono, pétalos y tallos con tricomas de lúpulo, con la excepción de los prenylflavonoides (por ejemplo, xantohumol), no en las glándulas de lupulina. La fracción de polifenoles representa una amplia clase de compuestos con características estructurales muy variables. Químicamente, estas son sustancias que se acumulan por múltiples unidades de fenol, aunque son un grupo muy heterogéneo de sustancias, los polifenoles comparten un elemento estructural

comúnmente: un anillo aromático con al menos dos grupos hidroxilo. La composición de los polifenoles depende de la variedad de lúpulo, área de cultivo, técnica de cosecha y grado de envejecimiento. Se ha informado que el lúpulo envejecido contiene más niveles de polifenoles que los frescos. También ha sido demostrado que ciertas sustancias polifenólicas son exclusivas de una variedad específica de lúpulo (Steenackers, De Cooman, y De Vos 2015).

Forster *et al.* (1987), encontraron 100 compuestos en la fracción de polifenoles del lúpulo. Los polifenoles del lúpulo se pueden clasificar en flavonoles, ácidos fenólicos carboxílicos (p. ej. ácido ferúlico) y otros polifenoles (por ejemplo, prenylflavonoides y glucósidos multifícol) (Steenackers, De Cooman, y De Vos 2015).

Algunos polifenoles son exclusivos del lúpulo; es decir, aún no se han encontrado en ninguna otra fuente natural. Algunas de estas sustancias polifenólicas encontradas hasta ahora solo en el lúpulo es glucósidos multifícol y prenylflavonoides como xantohumol, desmetilxantohumol, 6-prenylnaringenina y 8-prenylnaringenina. En general, los lúpulos de aroma contienen una mayor cantidad de polifenoles de peso molecular que los lúpulos amargos. La razón de esto es que un aumento en el contenido de α ácido solo puede ser obtenido a expensas del contenido de polifenoles. Más los polifenoles en el mosto se derivan de la malta; sin embargo, sobre 20-30% de los polifenoles encontrados en el mosto provienen del material del lúpulo. La importancia de los polifenoles del lúpulo en el proceso de elaboración de la cerveza se debe no solo a su contribución al sabor sino también a su papel en la producción, por la interacción de proteínas-polifenoles, que contribuyen a la turbidez no biológica, que limita la vida útil de las cervezas en botella. Dado que los polifenoles del lúpulo pueden reaccionar con radicales libres se oxidan fácilmente y actúan como antioxidantes fuertes al inhibir las lipoxigenasas, o actuando como quelantes de metales. De bajo peso molecular los polifenoles son antioxidantes naturales y representan en gran medida para el poder reductor del mosto, protegiendo así a la cerveza contra la oxidación y mejorando la estabilidad del sabor, los polifenoles de mayor peso molecular contribuyen al color de la cerveza (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4 Flavonoides

2.2.2.4.1 Flavonoles

Aproximadamente el 20% del total de polifenoles del lúpulo consiste en sustancias de bajo peso molecular o sustancias monoméricas como los ácidos fenólicos carboxílicos y los flavonoides y sus glucósidos. Los flavonoides del lúpulo consisten principalmente de catequinas y sus polímeros, proantocianidinas (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4.2 Flavan-3-ols

La solubilidad de los polifenoles en mosto y cerveza no es la misma para todos compuestos. Como era de esperar, los grupos de sustancias hidrofílicas tales como hidroxibenzoína, ácidos hidroxicinámicos, flavan-3-ols y las proantocianidinas tienen una alta solubilidad. Los prenil flavonoides (p. ej., xantohumol) son más difíciles de solubilizar. Sin embargo, los flavonoides tienen una solubilidad intermedia. Una porción del material polifenólico del lúpulo está compuesto de sustancias solubles en agua como catequina y epicatequina flavan-3-ols, estos polímeros, conocidos como proantocianidinas o taninos condensados, también pueden contener galocatequina y epigalocatequina. Las proantocianidinas han recibido especial atención en la industria cervecera porque contribuyen a la formación de turbidez, las proantocianidinas o los taninos son un grupo de compuestos polifenólicos solubles en agua. En la cerveza, estas proantocianidinas reaccionarán lentamente con las proteínas presentes para formar una neblina no biológica. Estas los precipitados insolubles limitarán en última instancia la vida útil de cervezas en botella (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.5 Otros compuestos polifenólicos

2.2.2.5.1 Prenilflavonoides

El componente principal de los prenylflavonoides en el lúpulo fresco es el xantohumol. Una cantidad menor de desmetilxantohumol también se encuentra en las glándulas de lupulina. Los prenylchalcones, xantohumol y desmetilxantohumol, están naturalmente presentes en el lúpulo y son precursores de las flavanonas isoméricas. Durante el proceso de elaboración, estos prenylchalcones se convierten en gran medida en su flavanonas isoméricas: isoxanthohumol y prenylnaringeninas, respectivamente. Mientras que el xantohumol solo puede ciclarse a isoxanthohumol. (Almaguer *et al.* 2014)

Las prenylnarinninas fue reportado como el fitoestrógeno más activo (*in vitro*) en las plantas. Los fitoestrógenos son una forma vegetal del estrógeno y estos pueden ayudar a prevenir enfermedades cardiovasculares y cáncer. De los otros prenylflavonoides encontrados en el lúpulo, el isoxanthohumol solo era débilmente activo, el xantohumol demostró ser completamente inactivo en términos de actividad estrogénica. La presencia de las propiedades estrogénicas de lúpulo se conocía desde hace mucho tiempo. Sin embargo, el informe de Milligan y *col.* considera irresoluta la actividad estrogénica *in vitro* del lúpulo (Milligan, S. R *et al.* 1999).

2.2.2.5.2 Glucósidos multifidol

El término 'multifidol' se utiliza para referirse solo para el aglycon. Se sabe que este compuesto tiene propiedades curativas. Multifidol no está en la forma libre, pero son, como muchos otros polifenoles, unidos a glucósidos. Estos compuestos fueron nombrados de acuerdo con la nomenclatura de ácidos amargos del lúpulo. El gluco-multifidol del lúpulo demostró actividad antiinflamatoria *in vitro* (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.5.3 Resveratrol

En 2005, Callemien *et al.* mencionaron por primera vez la presencia de tres estilbenos cardioprotectores (una clase de compuestos fenólicos) en lúpulo: *trans*-resveratrol, *trans*-piceida y *cis*-piceida estuvo ausente en los conos y pellets de lúpulo frescos de todas las variedades lúpulos probados. Sin embargo, se reunieron pruebas para demostrar que *cis*-resveratrol se genera a partir de *cis*-piceida (el resveratrol glucósido) durante el almacenamiento, (Chiva-Blanch, G., *et al.*, 2011).

En cuanto al contenido, de estilbenos en el lúpulo se ve afectado por la variedad, año de cosecha y origen geográfico, entre otros factores (Chiva-Blanch, G., *et al.*, 2011).

Es bien sabido que el ingrediente biológicamente activo del vino tinto es resveratrol, los efectos cardioprotectores del vino tienen atribuido a este compuesto. Comparado con el de las uvas, la concentración en lúpulo es baja; hasta 2 mg / kg (Chiva-Blanch, G., *et al.*, 2011).

Trans- Resveratrol es mucho más hidrofóbico que otros polifenoles del lúpulo y por lo tanto se transfiere en menor cantidad a la cerveza que otros polifenoles. Sin embargo, su

importancia no debe ser descartada ya que *trans*-resveratrol se ha relacionado con diversos beneficios para la salud. Como un compuesto fenólico, el resveratrol contribuye a la capacidad antioxidante y por lo tanto puede desempeñar un papel en la prevención de enfermedades cardiovasculares humanas. El resveratrol también se ha demostrado para modular el metabolismo de los lípidos e inhibir la oxidación de lipoproteínas de baja densidad y agregación de plaquetas, además, como fitoestrógeno, el resveratrol puede proporcionar protección cardiovascular. Este compuesto también posee propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas, (Frémont, L. 2000). La revisión de los beneficios para la salud del resveratrol se publicó en 2006 por Baur y Sinclair. La presencia de *trans*-resveratrol y *cis*-resveratrol, así como *trans*-piceido y *cis*-piceido fue confirmado presente en 110 cervezas comerciales analizadas. Se descubrió que el resveratrol es el estilbeno más abundante en la cerveza (Baur, J. A., Sinclair, D. A., 2006).

La concentración más alta de *trans*-resveratrol detectada en la cerveza fue 66,74 µg/mL. Aunque el resveratrol es un compuesto con posibles beneficios para la salud, estos dependen de la cantidad ingerida y la biodisponibilidad de estos, (Chiva-Blanch, G., *et al.*, 2011).

2.2.2.5.4 Polifenoles en cerveza relacionados con el lúpulo

Los polifenoles del lúpulo pueden proporcionar tanto amargura como astringencia, dependiendo de su grado de polimerización, los monómeros fueron significativamente más amargos que los dímeros, que fueron significativamente más altos que los trimeros. En un estudio reciente utilizando un extracto rico en polifenoles derivado del lúpulo se demostró que la amargura producida por los polifenoles interactúa con la amargura generada por los *iso*- α -ácidos. Para una cerveza con bajos niveles de polifenoles, la calidad e intensidad de la amargura fue similar, pero no idéntica, al de los *iso*- α ácidos. Al incrementar la cantidad de polifenoles, la amargura producida fue más dura y astringente. En los niveles más altos probados la amargura se consideró dura, medicinal o metálica (McLaughlin, I. R., *et al.*, 2008).

En este estudio se encontró que las cervezas con 200 mg / L de polifenoles se clasificaron como más amargos que las cervezas con 10 mg / L de *iso*- α -ácidos (McLaughlin, I. R., *et al.*, 2008). En 1995 Forster *et al.* reconoció que los polifenoles del lúpulo tienen un impacto positivo en la integridad de cerveza. Antes de 2007 no se había realizado ningún estudio

concluyente sobre la influencia de los polifenoles del lúpulo en la sensación en la boca de cerveza. En 2007, Aerts *et al.* presentó una solicitud para EE. UU. Patente (0254063 A1). Sus datos no solo confirmaron que los polifenoles del lúpulo mejoran positivamente la sensación en boca, sino también que la sensación en boca está sujeto a los diferentes varietales. Recientemente Goiris *et al.* 2014, resumió estos hallazgos de la contribución de los diferentes polifenoles del lúpulo en la calidad de la cerveza, sus resultados mostraron que el extracto rico en flavonoides prenilados, así como el flavonol mejora positivamente la sensación en la boca. (Almaguer *et al.* 2014). La adición de un extracto rico en proantocianidina a la cerveza no tenía impacto perceptible en la sensación en boca, pero causó astringencia. De los tres extractos ricos en polifenoles del lúpulo, los panelistas prefirieron cervezas con los glucósidos de flavonol añadidos (Goiris, K., *et al.*; 2014).

2.2.2.4 Resinas de lúpulo

Entre el 15 y 30 por ciento del lúpulo seco son resinas, es el segundo componente más abundante y abarca una gran cantidad de compuestos que se muestran en el siguiente diagrama, se clasifican principalmente en resinas duras y resinas blandas

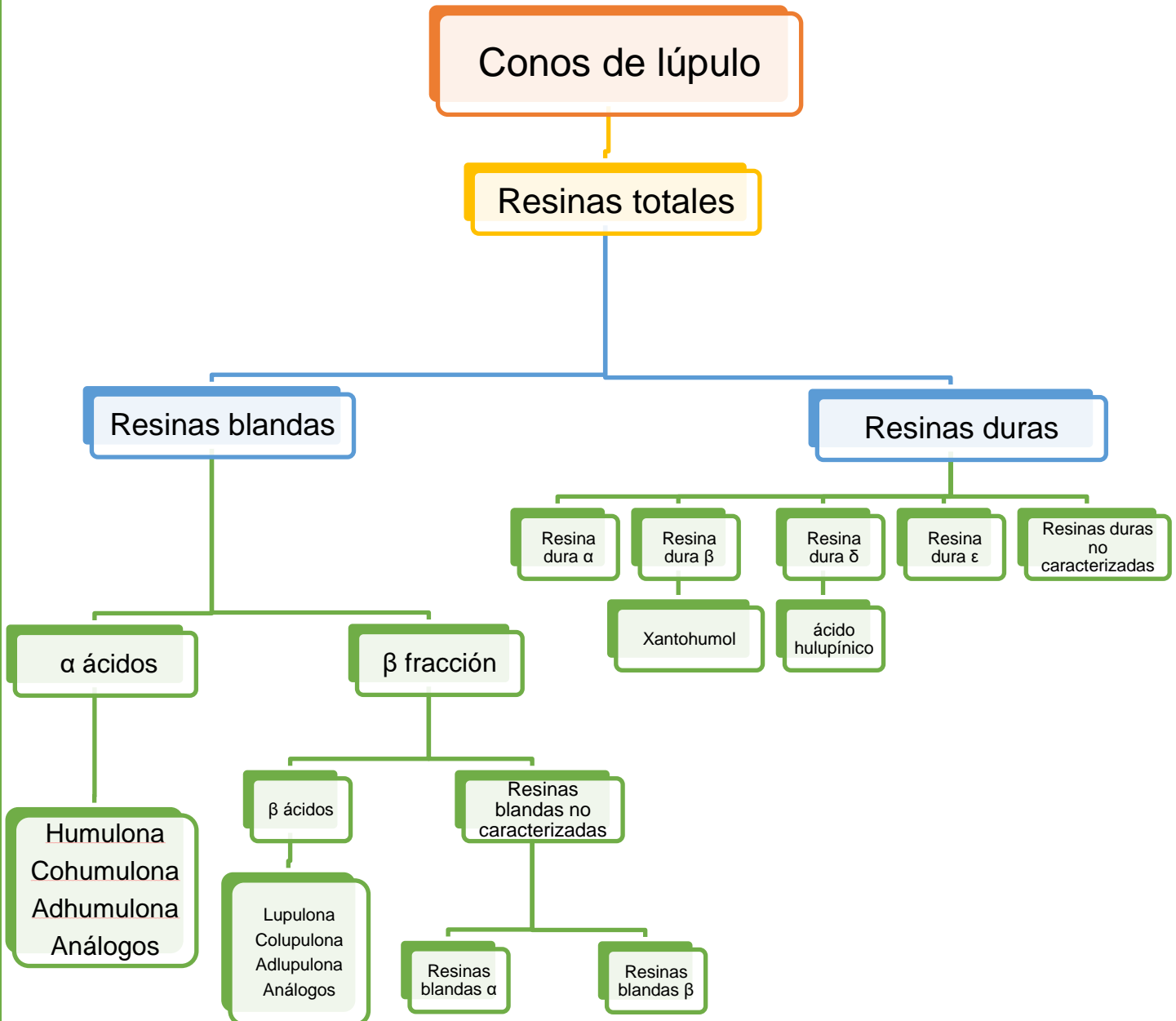


Diagrama 1. Clasificación y nomenclatura de resinas del lúpulo (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4.1 Resinas totales

Varios métodos de extracción de resina se desarrollaron a lo largo de los años, actualmente, el método más comúnmente utilizado para el fraccionamiento de resinas de lúpulo es una versión modificada del protocolo del Wollmer, basada en la disolución en frío, las resinas se cristalizan y se pueden decantar.

Dependiendo de la variedad de lúpulo y las condiciones de crecimiento, el contenido total de resina puede variar entre 15 y 30% del peso total de los lúpulos secos. La resina total es definida como la fracción soluble en éter dietílico y metanol frío. El requisito de que las resinas totales deben ser solubles en metanol frío está diseñado para excluir las ceras de lúpulo, que se cristalizan lentamente en metanol frío. Para la extracción de la resina total, el metanol frío se especifica porque el disolvente caliente disuelve o dispersa las ceras.

Las resinas totales del lúpulo se pueden dividir en resinas blandas y duras, ver diagrama 1. En comparación con las resinas blandas, el contenido de resina dura en los conos de lúpulo enteros es bajo; oscila entre 3 y 5%, mientras que las resinas blandas comprenden del 10 al 25% del peso total. Las cantidades de resinas blandas y duras recuperadas por el fraccionamiento total de las resinas es 90 y 10%, respectivamente. Estos valores pueden variar ya que la composición total de resina depende de la variedad de lúpulo. La química y las propiedades físicas de las resinas blandas y duras difieren de unos y otros.

El extracto de resina suave generalmente muestra un color amarillo. Las resinas blandas son capaces de producir un espesor, viscoso, de fluido denso, cuya consistencia es comparable a la de la miel. Las características varietales se revelan a través del color del extracto. Sin embargo, la consistencia de los extractos no es afectado por la variedad de lúpulo (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4.2 Resinas blandas

Hasta la fecha, generalmente se acepta que la resina blanda total es soluble en hexano y que la mayor parte del valor de elaboración y amargor del lúpulo se encuentra en esta fracción. Las resinas blandas totales consisten en α ácidos y la fracción β (es decir, β -ácidos y no caracterizados como resinas blandas). El término 'resina' se usa como la base disponible en los dos grupos principales de constitución (es decir, α -ácidos y β -ácidos) son cristalinos y no resinosos en la naturaleza. Los α -ácidos pueden separarse fácilmente de las resinas blandas totales en metanol. Antes de 1952, la fracción de α -ácido se creía que

consistía casi por completo en una sola, conocida como humulona. Además de humulona, otras dos sustancias están presentes cohumulona y adhumulona. Cantidades rastreables de otros dos α -ácidos, prehumulona y posthumulona, también están en el lúpulo. La composición de la fracción de α -ácido varía entre las variedades de lúpulo (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4.2.1 α -Ácidos

Está bien establecido que los α ácidos son los constituyentes más importantes de las resinas de lúpulo. Tras la adición de lúpulo al mosto, los α -ácidos son extraídos y térmicamente isomerizados durante el proceso de ebullición en agua se transforman en isoácidos, ácidos solubles y amargos. Solo trazas de los α - ácidos sobreviven en la cerveza terminada; se produce la mayor pérdida de α - ácidos cuando los lúpulos se agregan al hervidor de mosto. Cada uno de los α ácidos se somete a isomerización. Los principales componentes que comprenden los iso α -ácidos son isohumulona, isocohumulona e isoadhumulona. Aunque el proceso de isomerización se conoce desde finales de la década de 1920 y ha sido ampliamente estudiado por muchos grupos de investigación a lo largo de los años la configuración de los iso - α -ácidos había permanecido especulativo. En un estudio reciente, se determinó la configuración de los iso - α -ácidos cis y trans por cristalografía de rayos X. En estudios posteriores se encontraron trazas de otros α -ácidos en el lúpulo. En 1955, Verzele identificó un cuarto componente, prehumulona, por cromatografía de partición. Verzele también estableció que el componente que se eluía al final la separación cromatográfica de los α -ácidos del lúpulo fue posthumulona. Como se mencionó anteriormente, la composición la sección de los α ácidos es característica de la variedad de lúpulo; sin embargo, depende más del tiempo de cosecha. Los niveles de prehumulona y posthumulona son más altas cuando el lúpulo se cosecha tarde (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4.2.2 Fracción- β .

2.2.2.4.2.2.1 β -Ácidos.

La fracción β de las resinas blandas totales se divide en β -ácidos y resinas blandas no caracterizadas. Los β -ácidos se pueden aislar del lúpulo mediante la eliminación de los α -ácidos más fuertes. Lupulona, un constituyente de β -ácido, fue aislado por primera vez de

lúpulo por Lerner en 1863. En comparación con los α -ácidos, los β -ácidos han sido sometidos a estudios menos extensos. Hasta la década de 1950, humulona y lupulona fueron los únicos ácidos de lúpulo conocidos. Los β -ácidos son una mezcla de análogos; los compuestos β -ácidos tienen la misma relación como los constituyentes del α ácido y, por lo tanto, estos se denominan de forma análoga. El grupo β -ácido está compuesto de lupulona y cuatro congéneres: colupulona, adlupulona, prelupulona y postlupulona, ver figura 5. En 1956, Howard y Tatchell establecieron que los β -ácidos son siempre más ricos en colupulona que los α -ácidos en cohumulona. Los β -ácidos muestran escasa solubilidad en agua, y mientras que los α -ácidos se someten a isomerización durante la ebullición del mosto, los β -ácidos no. Las propiedades del mosto (es decir, pH bajo) no favorecen la solubilidad de los β -ácidos y como resultado solo se transfieren pequeñas cantidades en la cerveza. Previo a los estudios de Haseleu *et al*, 2009, se creía que los β -ácidos se perdían en el proceso de elaboración y, por lo tanto, no contribuían a la amargura de la cerveza. Ellos fueron capaces de identificar una serie de transformaciones de β -ácidos de sabor amargo productos que se generan durante la ebullición del mosto, por lo tanto, demostrando que, además de los α -ácidos, los β -ácidos son potenciales precursores de sabor amargo presentes en las resinas suaves de lúpulo (Almaguer *et al*. 2014).

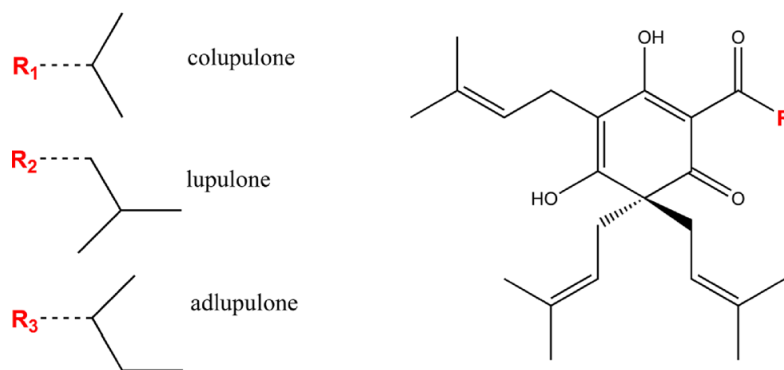


Figura 5. Estructuras químicas de los β -ácidos del lúpulo

2.2.2.4.3 Resinas blandas no caracterizadas

Las resinas blandas no caracterizadas son consideradas una fracción de lúpulo no específica. Esta fracción consiste de la porción de las resinas blandas totales que quedan después de que los α ácidos han precipitado y los β ácidos se dejan cristalizar. Los componentes del aceite esencial y la cera de lúpulo también se encuentran en esta fracción. Las resinas blandas no caracterizadas pueden ser aún más en resinas blandas α - y β -.

Estos términos están reservados para sustancias que luego pueden identificarse como producto de los ácidos α o los ácidos β , respectivamente. Resinas blandas no caracterizadas siguen siendo desconocidas (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4.4 Resinas duras

Por definición, la resina dura es la porción de la resina total que es soluble en metanol y éter dietílico pero insoluble en hexano e hidrocarburos parafínicos de bajo punto de ebullición. Las resinas duras surgen por oxidación de la resina blanda; sin embargo, no está bien definido ni probado de manera concluyente es necesario diferenciar entre la resina dura nativa de lúpulo y lo que surge por autooxidación de la resina blanda durante el secado y el almacenamiento. A medida que el lúpulo envejece durante el almacenamiento, el porcentaje de resina blanda cae mientras que el de la resina dura aumenta (Almaguer *et al.* 2014).

En 1964, Ashurst *et al.* se plantea la pregunta de qué componentes son responsables de la capacidad amarga de los lúpulos almacenados cuando los α ácidos han sido transformado en otras sustancias. En ese punto, había sido reconocido durante muchos años que las resinas del lúpulo sufren varios cambios durante el almacenamiento: los α y β ácidos se oxidan, los productos aún se clasifican analíticamente como resinas blandas, mientras que una mayor oxidación resulta en una transformación gradual a resinas duras. Por lo tanto, los α y β ácidos disminuyen continuamente durante el almacenamiento, mientras que la cantidad de resina blanda no caracterizada aumenta al principio y luego disminuye a medida que la resina dura constantemente aumenta, (Almaguer *et al.* 2014).

La resina β -dura es la principal porción de la resina dura total; a diferencia de la resina dura α . Xantohumol representa la mayor parte de la resina dura β . Con la excepción de xantohumol, la identidad química precisa de las resinas duras no se entiende bien (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4.4.1 Xantohumol

El xantohumol es un flavonoiode del grupo de las chalconas, es el más abundante presente en las glándulas lupulinas del lúpulo y encontrada naturalmente en las resinas duras. Muchas de las resinas duras nativas están compuestas de prenylflavonoides. Xanthohumol

se aisló por primera vez del lúpulo por Power, Tutin y Rogerson en 1913. Aunque el xantohumol es el compuesto principal en las resinas duras de lúpulo, solo se encuentran trazas en la cerveza pues se pierde en cantidades significativas durante el proceso de preparación convencional. Durante el proceso de elaboración, en la isomerización térmica se producen chalconas en flavonas y se cicla el xantohumol a isoxantohumol, ver figura 6. Se ha intentado aumentar la cantidad de xantohumol presente en la cerveza terminada. Para lograr esto, se llevaron a cabo ensayos utilizando extractos enriquecidos de xantohumol que se adicionaron durante la etapa de cocción (Almaguer *et al.* 2014).

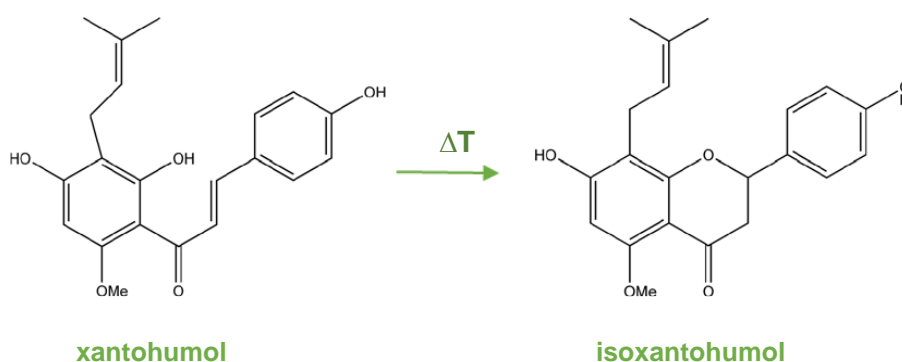


Figura 6. Estructuras químicas de xantohumol (chalcona) e isoxantohumol (flavona) Durante el proceso de elaboración de cerveza, en la isomerización térmica de chalconas se producen flavonas y el xantohumol se cicla a isoxantohumol.

2.2.2.4.4.2 δ -resina dura

En 1952, Walker *et al.* encontraron una porción de la resina dura soluble en agua que también tenía un carácter amargo. Esta porción de la resina dura total se denomina resina δ . Se describió que la solución acuosa de la resina δ era intensamente amarga pero el sabor era agradable. En su estudio, Walker *et al.*, 1952. recopiló pruebas para determinar que se produce la resina δ por oxidación de un componente del lúpulo no soluble en agua. Además, datos de cromatografía preliminar indica que no es homogéneo. En un estudio posterior, Abson *et al.*, 1954. desarrollaron un método para estimación del contenido de resina δ en lúpulo. En sus experimentos, se observó que esta fracción se acumula durante el almacenamiento del lúpulo, sin embargo, no pudieron encontrar ninguna relación directa entre la disminución porcentual en la resina α -blanda (es decir, los α ácidos) y la cantidad de resina δ acumulada durante el mismo período de tiempo. De esta observación se infiere que la resina δ no es el único producto de los cambios que ocurren en almacenamiento. En

las muestras de lúpulo analizadas, encontraron resina δ contenidos que varían de 0,6% a aproximadamente 4%. de sus resultados, el contenido de resina δ en el lúpulo, como la mayoría de los componentes del lúpulo, depende de la variedad. Además, la formación de resina δ durante el almacenamiento varía entre las diferentes variedades de lúpulo estos no son sustancias individuales. Todas las fracciones exhibieron la misma asociación de funciones químicas: insaturación, acidez enólica / fenólica y actividad carbonil (cetona).

No toda la resina δ extraída del lúpulo envejecido fue encontrada en el de lúpulo fresco. El contenido de resina δ de los conos de lúpulo disminuyó significativamente durante el secado. (Almaguer *et al.* 2014)

2.2.2.4.4.3 Huluponas

Un nuevo grupo de sustancias amargas fue identificado por Spetsig *et al.*, 1957. a finales de la década de 1950. Se observó que los β -ácidos se oxidan fácilmente a los fuertes huluponas de sabor amargo. Para la conversión de β -ácidos a huluponas, se requería un agente oxidante. Cuando estas sustancias fueron examinadas por cromatografía, tres picos que eluyen antes de que los ácidos α sean detectado. Como las humulonas y los lupulones, las huluponas también consisten en una serie de análogos. Los nombres cohulupona, hulupona y adhulupona fueron asignados a los compuestos individuales; los prefijos tienen el mismo significado como en las series de humulona y lupulona, (Almaguer *et al.* 2014).

Se ha informado que las porciones son entre 0.5 y 3.0% del peso de los conos secos. A diferencia de las resinas duras, no se detectaron huluponas en lúpulo fresco. Cuando el curso de los huluponas fue monitoreado durante el proceso de elaboración, se descubrió que la mayor parte de los huluponas generalmente se retiene en los lúpulos gastados que quedan después de hervir el mosto. Sin embargo, una fracción transferible se transfiere al mosto, es decir, los huluponas en mosto existen en forma de sales. Al menos en la década de 1960, parecía que los huluponas contribuyen comúnmente a un poco más del 5% del principio amargo en cerveza. Debido a la naturaleza compleja de las sustancias, Estos tres compuestos son difíciles de clasificar. Generalmente se acepta que las resinas duras surgen por oxidación de las resinas blandas. Aunque las huluponas son productos de autooxidación de los β ácidos, cuando están presentes en el lúpulo, estos son solubles en todos los ácidos orgánicos, y por lo tanto componentes de la resina blanda (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4.4.4 Ácido Hulupínico

Las huluponas son productos de degradación de los β ácidos, sin embargo, estos solo pueden considerarse como un oxidante intermedio. La oxidación adicional de las huluponas dará como resultado ácido hulupínico no amargo. La autooxidación de hulupona y cohulupona en una solución etanólica dan el mismo ácido hulupínico; exactamente el mismo producto de transformación se obtuvo de adhulupona por tratamiento similar. De la evidencia reunida, fue posible afirmar que la cadena lateral de acilo (es decir, grupo R) debe haber sido eliminado y posiblemente reemplazado por un grupo hidroxilo durante el proceso de oxidación. La cantidad de ácido hulupínico aumentó con la edad del lúpulo, la mayor concentración de ácido hulupínico fue detectada en lúpulo envejecido. Con base en esta información, se espera encontrar bajas cantidades de ácido hulupínico en las cervezas terminadas. Aunque el ácido hulupínico es el producto de oxidación definitivo de los β ácidos y además este compuesto fue aislado de la resina α -dura, debido a su solubilidad en agua, ácido hulupínico se clasifica como un componente de la resina δ (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.4.4.5 resina ϵ

Anterior a un estudio reciente, no se han encontrado datos reportados en la literatura sobre la resina ϵ del total de resinas dura, se sabe que tienen un carácter amargo. Esta porción de la resina dura se denominó resina ϵ . La resina ϵ representa hasta el 80% de la composición total de la resina dura; sin embargo, como la mayoría de los componentes del lúpulo, esta es dependiente de la variedad. Al igual que la resina δ total, la resina ϵ no es homogénea. se detectaron el xantohumol y el isoxanthoholol, algunos compuestos solo se encuentran en ciertas variedades de lúpulo (Almaguer *et al.* 2014).

Las intensidades amargas de la resina δ , la resina ϵ y la resina dura total fueron probados y comparados. Para hacer esto, cada resina de lúpulo era suspendida por separado en su relación de concentración natural en 5% etanol acuoso para simular una matriz similar a la cerveza, el pH de todas las soluciones se ajustó a 4,4. Los panelistas entrenados calificaron la intensidad amarga de todas las muestras en una escala sensorial de 6 puntos que va desde no detectable (0) hasta extrema (6). Los panelistas consideraron que la resina ϵ era seis veces más amargo que la resina δ . La amarga intensidad conferida por la resina ϵ fue comparable a la que proporciona la resina dura total (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.5 Aceites esenciales de lúpulo

Al igual que las resinas de lúpulo, los aceites esenciales son metabolitos secundarios de la planta secretados en las glándulas de lupulina. Por definición, la fracción de aceite del lúpulo es la porción del material del lúpulo que es volátil. Estos compuestos aromáticos volátiles se consideran 'esenciales' ya que le dan al lúpulo su olor característico. Mientras que las resinas le dan a la cerveza su amargor, los aceites esenciales le dan aroma a la cerveza y sabor. El lúpulo seco contiene 0.5–3.0% de aceite esencial; se ha informado que esta fracción volátil relativamente pequeña es una mezcla compleja de más de 200 componentes. En un reciente estudio, por cromatografía de gases multidimensional integral con detección de ionización de llama, se sugirió que puede haber más de 1000 compuestos diferentes en la fracción de aceite de lúpulo (Velde, 1986).

Se sabe que el contenido y la composición del aceite esencial total del lúpulo se ve afectado por numerosos factores como la variedad de lúpulo, condiciones de crecimiento, tiempo de recolección (madurez), condiciones de secado, oxidación aérea, edad y condiciones de almacenamiento. El rendimiento también puede verse ligeramente influenciado por efectos estacionales. A partir de 1980, la composición química de los aceites esenciales de lúpulo. Se ha descrito convencionalmente bajo tres grupos químicos principales, los hidrocarburos, los compuestos oxigenados y los componentes que contienen azufre. Se ha establecido que el perfil del aceite esencial de lúpulo depende de la variedad de lúpulo. En particular, las cantidades de hidrocarburos y compuestos oxigenados varían según la variedad y la edad del lúpulo. Independientemente del país en el que se cultivaba el lúpulo, hay uniformidad en el patrón general observado en la composición de la fracción de hidrocarburos. En algunas variedades, ciertos componentes se ven afectados por las condiciones ambientales en el que crecieron, A en particular país de origen. Estos compuestos oleosos estarán presentes en cantidades mayores o no están presentes en absoluto. Adicionalmente año a año pueden observarse variaciones en la composición del aceite de lúpulo dentro de la misma variedad. Van Opstael *et al*, 2006. estudió el impacto del carácter varietal de las fracciones asociadas con la nota floral y la nota picante (o herbal). Independiente de la variedad de las fracciones de aceite de lúpulo se extrajeron de estos las fracciones ofrecen caracteres de sabor similares a la cerveza: floral o picante. La composición química de estas fracciones de aceite de lúpulo depende de la variedad (Almaguer *et al*. 2014).

2.2.2.5.1 Hidrocarburos

La mayor parte del aceite de lúpulo está compuesto de hidrocarburos y componentes oxigenados. Se clasifican en tres grupos: hidrocarburos alifáticos, monoterpenos y sesquiterpenos. El grupo hidrocarburo es muy volátil, fácil de oxidar y polimerizar. La solubilidad de los hidrocarburos en el agua, el mosto y la cerveza son muy bajas. Además, la mayoría de los compuestos se pierden por evaporación durante el proceso de ebullición; como resultado, solo se encuentran trazas en la cerveza (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.5.2 β - mirceno

La fracción de hidrocarburos más importante explica del 30-60% del contenido total de aceite. β -mirceno es el componente principal responsable para impartir el olor acre a los lúpulos frescos. Otros monoterpenos presentes en la fracción de aceite de lúpulo en cantidades significativamente menores son ocimeno, β -pineno, limoneno y p -cimeno, entre otros (Almaguer *et al.* 2014).

2.2.2.5.3 Sesquiterpenos

En la fracción de hidrocarburos, los componentes principales de este grupo sesquiterpeno son α -humuleno, β -cariofileno y β -farnesano. Estos sesquiterpenos tienen puntos de ebullición más altos que los monoterpenos. Este grupo de alto punto de ebullición es dominado por α -humuleno y β -cariofileno. Estos dos hidrocarburos hacen 80-90% del total del aceite esencial en lúpulo]. α -humuleno, es el más abundante sesquiterpeno encontrado en el lúpulo. El segundo sesquiterpeno más importante encontrado en el lúpulo es β -cariofileno (Almaguer *et al.* 2014).

La estructura química del β -farnesano, un sesquiterpeno acíclico, a diferencia del β -mirceno y el α -humuleno y β -cariofileno; El β -farnesano solo se encuentra en ciertas variedades de lúpulo y generalmente en cantidades bajas. Howard y Slater, 1960 investigaron la producción de aceite de lúpulo durante el periodo de maduración el contenido total de aceite sube constantemente durante la maduración. Se observó que, para la mayoría de las variedades, el aceite se desarrolla en una etapa posterior de las resinas. los aceites esenciales siguen sintetizándose hasta la cosecha. También observaron que la producción de los aceites esenciales presentes en el lúpulo maduro, se completan con el desarrollo de resinas, la proporción de β -mirceno aumentó rápidamente durante todo el período de maduración. Las relaciones de β -farnesano y β -cariofileno se mantuvieron constantes. Inesperadamente, el contenido de α -humuleno del lúpulo cayó significativamente del 79 al

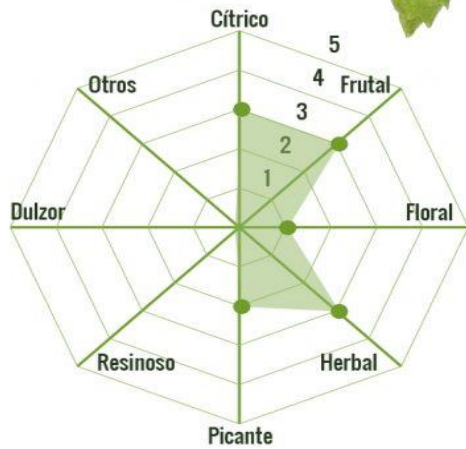
42%. De los datos recopilados también se podría concluir que el contenido de β -mirceno es directamente proporcional a la proporción de cohumulona y colupulona encontrado en las resinas de lúpulo (Almaguer *et al.* 2014).

En todas las variedades de lúpulo estudiadas, el contenido total de aceites esenciales continuó para aumentar a lo largo del período de muestreo. En la fracción oxigenada, una gran cantidad de componentes se encuentran; sin embargo, la mayoría de estos están presentes debajo de sus concentraciones umbral. Normalmente, los compuestos oxigenados del aceite de lúpulo comprenden dos porciones principales que se denominan porciones 'volátiles' y 'no volátiles'. El primero consiste en una mezcla compleja de compuestos con puntos de ebullición inferiores a el del α -humuleno. Desde el punto de ebullición de lo no volátil la fracción es mayor que la del α -humuleno, estas sustancias de mayor ebullición son de interés para el cervecero ya que estos probablemente se retendrán en el mosto después de la cocción y eventualmente pueden llegar a la cerveza final. La fracción oxigenada total es una mezcla compleja de alcoholes, aldehídos, ácidos, cetonas, epóxidos y ésteres. A medida que el lúpulo envejecía, el aceite se hizo más rico en componentes oxigenados a expensas de los hidrocarburos. Además, la oxidación resultó en compuestos no volátiles oxigenados a expensas de los hidrocarburos, y como resultado la proporción de β -mirceno disminuyó (Almaguer *et al.* 2014).

A continuación, en la figura 7 se muestran las fichas técnicas, de los proveedores de los lúpulos Cascade y Columbus utilizados en este proyecto:

DETALLES DEL AROMA

Frutal, Cítrico, Herbal



INGREDIENTES QUÍMICOS

COMPONENTES DE AMARGOR

Alpha-Acido %	4.5 - 7.0
Beta-Acido %	4.5 - 7.0
Co-Humulona % rel.	33 - 40
Resinas duras: Alpha-Acid	0.27 - 0.56

COMPONENTES DEL AROMA

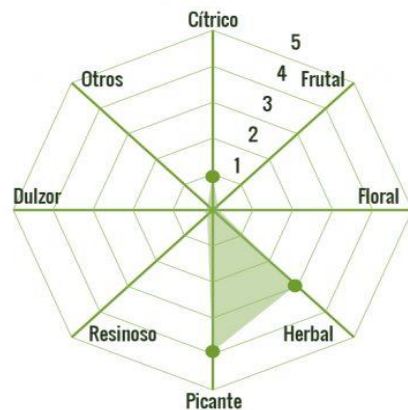
Aceites totales (ml/100g)	0.8 - 1.5
Beta-Cariofileno: Humuleno	0.32
Farnesene % del total del aceite	4.00 - 8.00
Linalool % del total del aceite	0.4 - 0.6
Linalool: Alpha-Acido	0.09 - 0.10



CASCADE

DETALLES DEL AROMA

Pimienta Negra, Cebolla, Cítrico ligero



INGREDIENTES QUÍMICOS

COMPONENTES DE AMARGOR

Alpha-Acido %	15.0 - 17.0
Beta-Acido %	4.5 - 5.0
Co-Humulona % rel.	30 - 35
Resinas duras: Alpha-Acid	0.21 - 0.46

COMPONENTES DEL AROMA

Aceites totales (ml/100g)	2.5 - 3.5
Beta-Cariofileno: Humuleno	0.60 - 0.61
Linalool % del total del aceite	0.4 - 0.6



COLUMBUS

Figura 7. Fichas técnicas de los lúpulos comerciales que se utilizarán en este proyecto.

2.3 Maíz y la cerveza de maíz

El maíz, *Zea mays L.*, pertenece a la familia de las *Poáceas (Gramíneas)*, tribu *Maydeas*, y es la única especie cultivada del género *Zea*. Otras especies comúnmente llamadas teocinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes emparentadas con *Zea mays* (Paliwal, 2001).

El maíz, es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria. El maíz es un cultivo representativo de México por su importancia económica, social y cultural. Su producción se divide en blanco y amarillo, el maíz blanco se destina principalmente al consumo humano, mientras que la producción de maíz amarillo se destina a la industria o la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria. Se registran 59 variedades criollas de maíz en México. En 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo por el que se determinan centros de origen y centros de diversidad genética del maíz estableciendo como tal a los Estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa y Sonora (Aserca,2018).

La Producción de maíz en 2017 fue de 27.8 millones de toneladas, mientras que la superficie Sembrada en el mismo año fue de 7.5 millones de hectáreas, gran parte del territorio nacional es propicio para la producción por lo que en los 32 Estados de la República Mexicana se produce Maíz Grano, el 86.7 por ciento corresponde a maíz blanco, 12.9 por ciento a maíz amarillo y solo el 0.4 por ciento a otros tipos de pigmentos. El 70.8 por ciento de la producción se cosechó en el ciclo Primavera-verano y 29.2 por ciento en otoño-invierno. Por régimen de humedad, 49.9 por ciento se obtuvo en condiciones de riego y 50.1 por ciento en temporal. Para el año agrícola 2019, el SIAP proyecta una reducción de 2.3 por ciento en la producción nacional de maíz. El consumo nacional aparente del grano también registra tendencia creciente. México registra un saldo deficitario en su balanza comercial de maíz. En 2018, las importaciones netas se ubicaron en un máximo histórico de 16.2 millones de toneladas; 98.2 por ciento de dicho volumen correspondió a maíz amarillo (Aserca,2018).

México ocupa el 8° lugar en producción mundial de maíz, en 2017 exportó a 17 países, en términos de valor principalmente a Venezuela (58%), Kenia (33%) y Estados Unidos (4%), entre otros (6%) lo que nos ubica como el 10° Exportador mundial de maíz. E (INEGI, 2019; SIAP, 2019).

El maíz tiene una amplia base genética como resultado de los múltiples procesos de selección, adaptación y manejo. En México se han clasificado al menos 59 razas con base en caracteres morfológicos y polimorfismos de isoenzimas (Sanchez *et al.*, 2000).

El maíz Chalqueño pertenece al grupo cónico, que incluye razas cuya característica distintiva es la forma cónica o piramidal de sus mazorcas. Este grupo se distribuye predominantemente en las regiones elevadas de más de 2,000 msnm y en su mayoría son endémicas de los valles altos y sierras del centro del país incluyendo el Valle de México, Valle de Toluca, la Sierra Norte de Puebla, la Meseta Purépecha en Michoacán y la Mixteca alta en Oaxaca (CONABIO).

La raza Chalqueño es polimórfica por sus variantes de textura (harinoso, semidentado y semicristalino) y coloración de grano (blanco, amarillo, rojo, rosado, azul). En el valle de Chalco-Amecameca se distinguen, los tipos: “crema”, de grano semicristalino con coloraciones amarillo claro a blanco y que son utilizados principalmente para tortillas; “palomo”, de textura semiharinosa, de color blanco y usado para harina de tamal; “azul”, de grano semiharinoso con coloraciones morado a azul oscuro; “colorado”, de textura semiharinosa y coloración rosada a rojo, ambas coloraciones “azul” y “rojo” son usadas para antojitos, golosinas (burritos: maíz tostado y mezclado con piloncillo) y pinole; y “amarillo”, de textura semicristalina usado para tortilla y forraje. Las variedades se muestran en la figura 8. Todas las variantes de esta última raza se utilizan como forraje tanto en planta entera ensilada como en rastrojo (plantas después de cosechar). La hoja (totomoxtle) que cubre la mazorca de esta raza es muy valorada para envolver tamales y para la elaboración de artesanías (CONABIO).

En las variedades de grano pigmentado pueden predominar los carotenoides o los flavonoides del tipo antocianinas, éstas confieren al grano de maíz colores desde rojo tenue hasta púrpura intenso, ver figura 8 (Salinas *et al.*, 1999).



Figura 8. Maíz Chalqueño pigmentado y no pigmentado, desde blanco hasta púrpura muy oscuro.

2.3.1 Antocianinas y compuestos fenólicos en el maíz

El maíz (*Zea mays L.*) constituye la base de la alimentación de la mayor parte de los países en desarrollo, aspecto benéfico ya que contiene mayor cantidad de fenoles y capacidad antioxidante que otros cereales como trigo, arroz y avena (Escalante-Aburto *et al.*, 2013).

Los flavonoides y ácidos fenólicos presentes en el grano de maíz pueden estar en forma libre o soluble, o ligados a biomoléculas como proteínas y carbohidratos estructurales. Alrededor de 90% de los ácidos fenólicos en el grano del maíz se encuentra en forma ligada, principalmente a componentes de la pared celular, mientras que los flavonoides están predominantemente en forma extraíble o soluble (Salinas-Moreno *et al.*, 2012).

Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular, formados de quince átomos de carbono, dispuestos en una configuración C6-C3-C6. La estructura consiste en dos anillos aromáticos, A y B, unidos por un puente de 3 carbonos, usualmente en forma de un anillo heterocíclico, C- el anillo aromático A se deriva de la vía acetato/malonato, mientras que el anillo B se deriva a partir de la fenilalanina a través de la vía del ácido shiquímico (Merken y Beecher, 2000). Las variaciones en los patrones de sustitución del anillo C dan como resultado las clases principales de flavonoides: flavonoles, flavonas, flavanonas, flavanoles, isoflavonas y antocianinas (Hollman y Katan, 1999).

Las antocianidinas son las estructuras básicas de las antocianinas. Cuando las antocianidinas se encuentran en su forma glicósida (unidas a un azúcar) se conocen como antocianinas. Los azúcares que se esterifican con el aglicón lo hacen principalmente en la posición 3 (Brouillard, 1982). Las antocianinas también pueden estar aciladas, es decir los ácidos orgánicos –usualmente ácidos fenólicos aromáticos o alifático, ácidos dicarboxílicos o una combinación de ambos- reaccionan con la fracción azucarada formando un enlace éster. Estos ácidos se unen en la posición 6 del monosacárido, aunque también se les ha encontrado en las posiciones 2, 3 y 4 (Cabrita, 2000).

La caracterización de antocianinas en maíz azul se ha llevado a cabo por cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas, siendo mayoritarias la cianidina-3-glucósido, pelargonidina-3-glucósido y peonidina-3-glucósido (Abdel-Aal *et al.*, 2006; Escalante-Aburto *et al.*, 2013; Pascual-Teresa *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2009). Las antocianinas pueden estar presentes en el pericarpio, en la capa de aleurona o en ambas estructuras del grano (Salinas-Moreno *et al.*, 2012). La estabilidad de las antocianinas es fuertemente afectada por el pH, temperatura, estructura y concentración de antocianina, entre otros factores (Verde-Calvo, 2006; Yang *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2016). Los beneficios a la salud de compuestos fenólicos como las antocianinas se han reportado ampliamente, éstos incluyen actividad antioxidante, antimutagénica y anticarcinogénica (Aburto *et al.*, 2013; Abdel-Aal *et al.*, 2006).

Respecto a la presencia de ácidos fenólicos, en maíz azul peruano se han identificado los ácidos p-cumárico, vainílico y protocatéquico, así como derivados de quercetina y hesperidina (Pedreschi y Cisneros-Zevallos, 2007); y en maíz azul mexicano, el ácido ferúlico y tres derivados de éste fueron identificados como los principales ácidos fenólicos, seguidos de dos derivados del ácido p-coumárico en cantidades menores (Del Pozo-Insfran *et al.*, 2006). En maíz amarillo se han identificado los ácidos p-hidroxibenzoico, vainílico, protocatéquico, siríngico, p-coumárico, ferúlico, cafeico y sinápico (Adom y Liu, 2002; Dewanto *et al.*, 2002).

El principal ácido fenólico en el maíz es el ácido ferúlico, que representa alrededor del 85% de los compuestos fenólicos totales y se concentra en el pericarpio del grano en forma libre o esterificado en las heteroxilanas que constituyen la hemicelulosa de la pared celular (De la Parra *et al.*, 2007).

Las paredes celulares de las gramíneas se componen predominantemente de glucoronoarabinosilanos y (1,3) (1,4)- β -D-glucanos, con cantidades menores de celulosa, heteromananos, proteínas y ácidos fenólicos esterificados.

Los efectos benéficos para la salud de otros compuestos fenólicos además de las antocianinas han sido también ampliamente reportados incluyendo actividad antioxidante (Adom y Liu, 2002; Dewanto *et al.*, 2002), antimutagénica (Miyazawa y Hisima, 2003) y anticancerígena (Loo, 2003).

2.3.2 Sendechó e Historia de la Cerveza de Maíz

Nuestros antepasados conocieron también la cerveza, o una especie de cerveza, si bien distinta de la que se conoce actualmente, pero basada en el mismo principio de fermentación de un cereal que entonces fue el maíz, como actualmente es la cebada. Los Otomíes decían Zeydetha y los mazahuas Zeyrecha a una bebida hecha de maíz puesto a germinar, secado, molido y hervido después con agua. El Sendechó según los antiguos cronistas, era una bebida que daba fuerza y salud (Genin, 1924).

En el Laboratorio de Enología y Alimentos Fermentados de la Unidad Iztapalapa, López en 2012, realizó cambios al proceso de elaboración artesanal de Sendechó proporcionado por las Sras. Antonia Sánchez V. y Margarita Valdez M. del Mpio. San José del Rincón del Edo. 23 de México; desarrollando con ello una propuesta tecnológica a nivel de laboratorio, que a continuación se describe:

“Primero se limpia el maíz (azul o blanco), se pesa 1 kg y se le agregan 2 litros de agua potable para su remojo durante 25 h, transcurrido el tiempo, se escurre el exceso de agua para posteriormente colocarlos en un germinador entre 25 a 28 °C. Se deja en estas condiciones durante cinco días para que se inicie la germinación, después de este tiempo se coloca el maíz en un horno para secarlo a 50 °C, el proceso dura 72 h y después se muele en un molino hasta obtener un polvo fino el cual se pondrá en un recipiente de acero inoxidable con agua purificada en una relación de 1 kg de maíz por 4 litros de agua. Se adicionan cinco chiles guajillo y tres hojas de tepozán licuados. Se deja en ebullición durante 1 h y posteriormente se filtra para retirar los sólidos, se deja enfriar la mezcla y se adicionan 30 mL de inóculo pulque y se deja fermentar por 24 h”. (López, 2012) al elaborar el Sendechó con la propuesta anterior, obtuvo los siguientes perfiles sensoriales para la bebida preparada con maíz azul:

- Sendechó elaborado con levadura. *Olor*: a frutas y maíz, *aroma en boca*: a chile y tamarindo, *gusto*: dulce y agrio, y *textura*: viscosa y granulosa.
- Sendechó elaborado con pulque. *Olor*: a maíz y grano, *aroma en boca*: a maíz y chile, *gusto*: dulce y agrio, y *textura*: granulosa y viscosa.

A partir de esta bebida tradicional nace la cerveza de maíz, que se obtuvo de modificaciones a la propuesta tecnológica del Sendechó, de esta conserva el uso de malta de maíz, chile guajillo y levadura *Sacharomyces cerevisiae*, incorpora lúpulo y se obtiene bajo las condiciones de proceso de elaboración de cerveza de cebada. Con estos cambios Cruz-Rodríguez en 2013 en el Laboratorio de Enología y Alimentos Fermentados de la Unidad Iztapalapa elaboró las primeras cervezas de maíz, a partir de maltas base de los maíces pigmentados rojo y azul, y Romero-Medina en el mismo año en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la misma unidad de estudios, las caracterizó sensorialmente como a continuación se describe:

- *Fermentación: Ale. Contenido de alcohol: 5% (v/v)*
- *Olor: a nixtamal, maíz, mosto, bajo olor a frutas, alcohol y lúpulo.*
- *Sabor: intenso aroma a maíz, gusto dulce, suave aroma a piloncillo y chile.*
- *Sensación en boca: Notas picantes de bajas a moderadas, cuerpo ligero, baja carbonatación. Apariencia: Color cobrizo, baja gasificación, espuma ligera blanca.*
- *SRM (Standard Reference Method)-Color: 11-12.*
- *IBU (International Bitterness Units): 15.*

En el mismo grupo de investigación Gómez-Linton en 2015 elaboró y caracterizó fisicoquímica y sensorialmente cervezas de maíz rojo. A continuación, se presenta la ficha de estilo de una realizada solamente a partir de malta base:

ESTILO ELABORADO CON 100% MALTA BASE DE MAÍZ ROJO:

- *Fermentación: Ale. Contenido de alcohol: 2.3% (v/v)*
- *Olor: a frutas, levadura, maíz cocido, maíz rojo y azul y frutas fermentadas.*

- *Sabor: salado, oxidado, verduras cocidas, grano cocido.*
- *Sensación en boca: metálica, carbonatación media, bajo picor y cuerpo ligero.*
- *Apariencia: color cobre ligero, gasificación media, espuma ligera.*
- *SRM: 12-13. IBU: 14.3*

2.3.3 Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en la cerveza

La presencia de los compuestos fenólicos es muy importante para los cerveceros debido a que le da estabilidad a la cerveza, inhibiendo, retardando o previniendo procesos de oxidación (Guido *et al.*, 2005); por otra parte, estos compuestos les brindan a los consumidores beneficios a su salud, debido a las propiedades antioxidantes y antirradicales que poseen. Los compuestos fenólicos contribuyen al sabor, color, formación de turbidez, estabilidad de espuma y estado redox de la cerveza (Brand-Williams *et al.*, 1995; Gaulejac *et al.*, 1998).

Los compuestos fenólicos por sus contribuciones al sabor, turbidez, color, sabor, filtración, estabilidad de espuma y estado redox contribuyen a la estabilidad de la cerveza inhibiendo, retardando o previniendo procesos de oxidación (Guido *et al.*, 2005). Su presencia es muy importante para el cervecero, además de los consumidores, ya que se ha reportado que poseen propiedades antioxidantes y antirradicales (Brand-Williams *et al.*, 1995; Gaulejac *et al.*, 1998).

Los compuestos fenólicos identificados en la cerveza de cebada incluyen ácidos fenólicos, flavonoides, proantocianidinas, taninos y compuestos amino-fenólicos (Quifer-Rada *et al.*, 2015) identificaron un total de 47 compuestos fenólicos en la cerveza e incluyen ácidos fenólicos simples, ácidos hidroxicinamoilquínicos, flavanoles, flavonoles, falvanonas, alquilmtoxifenoles, α - e iso- α -ácidos, ácidos hidroxifenilacéticos y prenilflavonoides, de los cuales siete de ellos se determinan por vez primera en cerveza y son : ácido feruloilquínico, ácido cafeíco-O-hexosido, ácido coumárico, ácido sinápico, catequina, kaempferol-O-hexósido, y apigenina. Estos compuestos provienen de las materias primas, de los cuales el 70-80% proceden de la malta y el 30-20% restantes provienen del lúpulo (De Keukeleire, 2000).

Los flavan-3-oles constituyen la clase principal de fenoles en la cebada. Aparecen en forma monomérica como la (+)-catequina y (-)-epicatequina, y formas poliméricas constituidas principalmente por unidades de (+)-catequina y (+)-galocatequina. Los dímeros más abundantes son prodelfinidina B3 y procianidina B3. Los principales trímeros son procianidina, las denominadas proantocianidinas triméricas constituidas por dos unidades de catequina y una unidad de galocatequina unidas entre sí por enlaces C4-C8. Los flavan-3-ol monoméricos, diméricos y triméricos representaron entre el 58-68% del contenido fenólico total de tres variedades de cebada, con predominio de flavan-3-ol triméricos (Goupy *et al.*, 1999).

Ácidos hidroxibenzoico e hidroxicinámicos, como ésteres y en formas libres y ésteres glicosídicos, también están presentes en los granos de cebada. El ácido trans-ferúlico es el compuesto principal además de los ácidos p-coumárico y vainílico que también se han detectado (Bamforth y Kanauchi, 2001). El ácido ferúlico, junto con las proteínas, forma puentes de conexión entre las láminas de polisacáridos no amiláceos, arabinoxilanos y β -glucanos de la pared celular de la cebada (Bamforth y Kanauchi, 2001). Están presentes principalmente en la capa de aleurona y endospermo. Sus ésteres glicosídicos se detectaron en células de cáscara, testa y aleurona (Goupy *et al.*, 1999).

Por otra parte, el contenido de polifenoles del lúpulo depende del tipo de cerveza y de la cantidad de lúpulo añadido durante la elaboración de esta (Quifer-Rada *et al.*, 2015).

Otros antioxidantes endógenos en la cerveza además de compuestos fenólicos son productos de la reacción de Maillard y sulfito (Vanderhaegen *et al.*, 2006). Estudios en humanos, mostraron que todos los ácidos fenólicos medidos en plasma tendieron a aumentar después de la ingesta de cerveza (Ghiselli *et al.*, 2000). Las cervezas exhiben una capacidad significativa de donación de hidrógeno (Zhao *et al.*, 2010). Los antioxidantes con actividad de eliminación de radicales DPPH podrían donar hidrógeno a radicales libres, particularmente a los peróxidos lipídicos o radicales hidroperóxido que son los principales propagadores de la cadena de autooxidación de lípidos, y formar especies no radicales, resultando en la inhibición de la fase de propagación de peroxidación de lípidos. Por lo tanto, la cerveza con mayor actividad de eliminación de radicales DPPH es importante para la estabilidad del sabor, ya que el envejecimiento de la cerveza generalmente conlleva la formación de *trans*-2-nonenal y otros aldehídos saturados e insaturados debidos a la oxidación de lípidos (Vanderhaegen *et al.*, 2006).

Muestras de cerveza presentaron actividades significativas de eliminación de radicales ABTS, las diferencias cinéticas de reacción entre el fenol y el radical ABTS catiónico y el radical DPPH en un rango similar de concentraciones conduce a los diferentes resultados por los dos métodos (Campos y Lissi, 1996). En realidad, la actividad de eliminación de radicales de ABTS también refleja la capacidad donadora de hidrógeno. La cerveza con una actividad de eliminación de radicales ABTS más alta puede estabilizar los radicales activos de oxígeno y puede tener una mejor estabilidad de sabor (Zhao *et al.*, 2010).

2.3.4 La evaluación sensorial en Cervezas

El análisis sensorial está compuesto por un conjunto de técnicas, aplicadas de una manera científica, que permiten obtener unos resultados fiables sobre las respuestas que nos dan nuestros sentidos de los alimentos (De la Presa, 2002).

Quizá el producto más conocido de los estudios que se han elaborado sobre el sabor de la cerveza es la llamada rueda de sabor de la cerveza, ver figura 9, la cual fue modificada para añadirle sensaciones bucales y de textura. Las pruebas sensoriales pueden clasificarse de acuerdo con la información buscada y la forma en que se plantean los experimentos (Baxter, 2004).

2.3.4.1 Rueda de sabores

La rueda de sabores fue desarrollada en la década de los 70 por Morten Meligard y adoptada por EBC, ASBC y MBA, sintetiza los principales descriptores que se pueden encontrar en la cerveza.

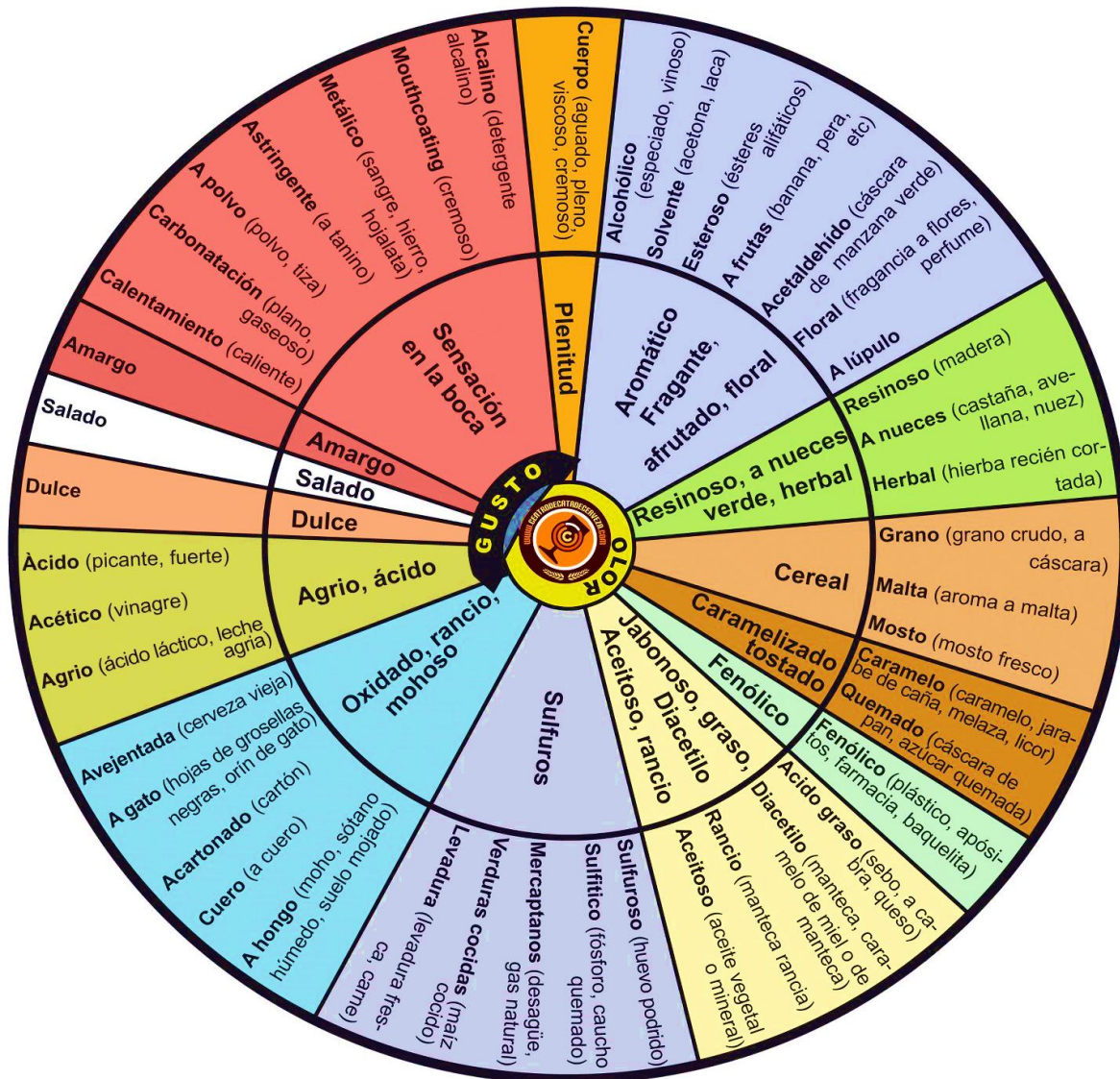


Figura 9. Rueda de sabor de la cerveza

La caracterización sensorial descriptiva es importante para la industria alimentaria, ya que puede guiar el desarrollo de productos y la reformulación de estos, así como a identificar los principales descriptores sensoriales, esenciales para la aceptación por los consumidores y la comercialización de productos (Reinbach *et al.*, 2014).

El análisis descriptivo es informativo y revela qué características son diferentes y la magnitud de la diferencia entre las muestras. De este modo un equipo de desarrollo de una empresa puede encontrar que sus productos tienen significativamente menos o más de un determinado sabor respecto a una referencia de destino y recibir orientación sobre el área de desarrollo del producto en la que debe centrarse. Los datos de los perfiles sensoriales de las cervezas se pueden transformar en recetas finas que se pueden probar para la preferencia en pruebas ciegas y posteriormente en situaciones reales del mercado para investigar si se adaptan o no eficazmente al creciente segmento multiétnico del mercado (Donadini *et al.*, 2011).

El perfil descriptivo convencional se realiza con un panel capacitado para obtener una descripción objetiva de los productos alimenticios investigados (Lawless y Heymann, 2010).

La necesidad de métodos descriptivos menos costosos y económicos en la industria alimentaria ha apoyado el desarrollo y uso de métodos de perfilaje sensorial descriptivos más dinámicos y rápidos evaluados por panelistas, expertos en alimentos y consumidores. Algunos métodos fáciles de usar como escalas justo como lo esperaba (JAR: just about right), a los atributos, cuestionarios emocionales y el marcaje de todo lo que corresponda (CATA: check all that apply) se utilizan cada vez más para capturar la percepción de los consumidores (Reinbach *et al.*, 2014).

2.4 Técnicas analíticas para antioxidantes

Los ensayos basados en la transferencia de electrones involucran una reacción redox con el oxidante como un indicador del punto final de reacción, fueron desarrollados para medir la capacidad de atrapar radicales libres, en lugar de la capacidad preventiva antioxidante de una muestra (Huang *et al.*, 2005).

Entre los ensayos de captación de radicales libres, el método DPPH es el más rápido, es simple (no incluye muchos pasos) y de menor costo en comparación con otros modelos.

Por otro lado, el ensayo de ABTS se puede aplicar a antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos. Por lo anterior, estos dos métodos son los más utilizados (Huang *et al.*, 2005).

2.4.1 DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo)

Este método fue propuesto por Blois, 1958 en el cual se demostró por primera vez la capacidad del radical libre DPPH para aceptar un átomo de hidrógeno (H) proveniente de una molécula de cisteína. La molécula 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) es conocida como un radical libre estable debido a la deslocalización de un electrón desapareado sobre la molécula completa, por lo cual la molécula no se dimeriza, como es el caso de la mayoría de los radicales libres. La deslocalización del electrón también intensifica el color violeta intenso típico del radical, el cual absorbe en metanol a 517 nm. Cuando la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno, el color violeta se disipa. El cambio de color es monitoreado espectrofotométricamente y es utilizado para la determinación de las propiedades antioxidantes. Después de tres décadas este ensayo comenzó a utilizarse rutinariamente para la caracterización de las propiedades antioxidantes. El procedimiento original para el ensayo DPPH ha sido adoptado por muchos laboratorios y a pesar de que existen modificaciones a conveniencia, en un tiempo de reacción de 20-30 min en vez de 120 minutos se completa la reacción redox (Del Rio J. 2013).

Los resultados del ensayo DPPH se han presentado de diferentes maneras. La mayoría de los estudios expresan los resultados como el valor de la concentración máxima de la media inhibitoria (IC50), definido como la cantidad de antioxidante necesario para disminuir la concentración inicial de DPPH al 50%. Este valor se calcula graficando el porcentaje de inhibición contra la concentración del extracto. Para extractos de plantas o compuestos puros el valor IC50 cambia de acuerdo con la concentración final del DPPH (Del Rio J. 2013).

La reacción de DPPH por ejemplo con eugenol es reversible, lo que podría resultar en falsas lecturas (bajas) para la capacidad antioxidante de muestras que contengan eugenol y otros fenoles que guarden un tipo de estructura similar (Del Rio J. 2013).

2.4.2 ABTS (Acido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6- sulfónico)

La generación del radical ABTS constituye la base de uno de los métodos espectrofotométricos que han sido aplicados para medir la actividad antioxidante total de soluciones o sustancias puras y mezclas acuosas. El ensayo original de ABTS está basado en la activación de la metilmioglobina con peróxido de hidrógeno en presencia de ABTS para producir un radical catión, en presencia o ausencia de antioxidantes. Este fue criticado debido a que la reacción rápida de los antioxidantes contribuye a la reducción del radical ferril mioglobina. Un formato más apropiado para el ensayo consiste en la técnica de decoloración, en la cual el radical es generado directamente en una forma estable antes de la reacción con los antioxidantes (Del Rio J. 2013).

La técnica mejorada para la generación del radical catión ABTS, implica la producción directa del cromóforo ABTS verde-azul a través de la reacción entre ABTS y el persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$). Este presenta tres máximos de absorción a las longitudes de onda de 645 nm, 734 nm y 815 nm. La adición de los antioxidantes al radical preformado lo reduce a ABTS. De esta manera el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical catión ABTS está determinado en función de la concentración y el tiempo; así como del valor correspondiente usando el Trolox como estándar, bajo las mismas condiciones (Del Rio J. 2013).

3. Hipótesis

- La variedad Columbus por su mayor contenido de aceites esenciales y α -ácidos presentará una mayor capacidad antioxidante, comparada respecto a la variedad Cascade.
- La extracción de compuestos del lúpulo será directamente proporcional al tiempo de contacto entre el lúpulo y el mosto, durante la etapa de cocción, teniendo como consecuencia una mayor capacidad antioxidante en la cerveza.

4. Justificación

La cerveza de maíz presenta un nuevo reto para los productores de cerveza que buscan en sus creaciones un valor agregado aprovechando las materias primas de sus regiones, enfrentando el desafío de obtener una bebida de buena calidad y que cumpla las características de un estilo particular de cerveza.

Se pretende aprovechar y utilizar para promover el uso de materia prima nacional, además de que algunas variedades han presentado capacidad antioxidante.

La investigación del lúpulo es de importancia para la industria cervecera, incluso en áreas que tradicionalmente no están asociadas con el lúpulo y la elaboración de cerveza. (Copyright © 2014 The Institute of Brewing & Distilling). Este proyecto intenta dar una visión general de los distintos compuestos con actividad antioxidante y su impacto en la elaboración de cerveza de maíz.

La investigación en cerveza juega un papel predominante en la industria cervecera en parte porque proporciona información sobre las propiedades y la composición de la materia prima utilizada. Al comprender y luego aplicar este conocimiento para practicar, los cerveceros pueden adaptar nuevas cervezas en las que las propiedades específicas se mejoran o se supriman para determinados propósitos en este caso abordar el papel de lúpulo en la cerveza de maíz como alimento funcional.

En comparación con las grandes cantidades de malta requeridas en la producción de cerveza, la cantidad de lúpulo necesaria es significativamente menor. Sin embargo, este ingrediente menor tiene un impacto crucial en la calidad de la cerveza y, por lo tanto, el lúpulo es de suma importancia para la fabricación de cerveza.

El lúpulo tiene desde hace mucho tiempo uso con fines medicinales. En particular, las preparaciones de lúpulo fueron recomendadas principalmente para el tratamiento de trastornos del sueño. La acción antioxidante de los conos de lúpulo, sin embargo, es poco conocida. (Beata O., 2011). En cerveza de maíz no se sabe si esta capacidad permanece y si el lúpulo influye sobre estas propiedades, debido a que estos precursores se pueden evaporar y/o precipitar durante el proceso de elaboración, mientras que los productos deseados pueden ser degradados en consecuencia. A través del procesamiento químico y físico del lúpulo durante el proceso de elaboración, y la estabilidad de los productos de lúpulo deseados pueden ser aumentados significativamente. La capacidad antioxidante

total proveniente de lúpulo se abordará en el impacto en la cerveza y en el proceso de elaboración. Por lo cual, se buscará una alta concentración de compuestos antioxidantes para poder obtener una cerveza rica en esta capacidad. Estos compuestos pueden ser cuantificados después de la cocción y en el producto terminado.

En México el lúpulo es poco conocido y se empezó a cultivar a principios de este siglo, en el año 2012 en Valle de Guadalupe del estado de Baja California; la normatividad mexicana (NOM-199-SCFI-2017), indica que “la cerveza es una bebida alcohólica fermentada elaborada con malta , lúpulo, levadura y agua potable, puede adicionarse con infusiones de cualquier semilla farinácea procedente de gramíneas o leguminosas, raíces o materia prima vegetal feculenta y/o carbohidratos de origen vegetal susceptibles de ser hidrolizados o, en su caso, azúcares que son adjuntos de la malta, con adición de lúpulos o sucedáneos en éstos. Su contenido alcohólico es de 2% a 20% Alc. Vol.”. La cerveza se puede producir a partir de cualquier grano malteado con azúcares fermentables disponibles para el consumo de la levadura, aunque la NOM-199-SCFI-2017 nos indica que en el caso de utilizar otro grano que no sea malta o cebada deberá llamarse "maíz Ale", sin embargo no refiere la definición de malta, esta norma va dirigida a la comercialización del producto, este proyecto se realizó solo con fines de investigación y cumple con otras definiciones de cerveza (DREA), para ello en el presente trabajo utilizará como materia prima maíz rojo chalqueño, se pretende aprovechar y utilizar para promover el uso de materia prima nacional, además que algunas variedades han presentado capacidad antioxidante, tanto como materia prima como su uso en cerveza (Ruiz, et al, 2008).

Por lo anterior y con base a los antecedentes se plantea el proyecto, “Desarrollo de una cerveza artesanal de maíz rojo (*Zea mays*) con alta capacidad antioxidante, al evaluar el efecto del tiempo en la etapa de cocción usando dos variedades de lúpulo (*Humulus lupulus* L.), “Cascade” y “Columbus”, y su evaluación sensorial”.

5. Objetivo general

Desarrollar una cerveza artesanal de maíz rojo usando dos variedades de lúpulo, “Cascade” y “Columbus”, para producir una bebida con alta capacidad antioxidante, así como analizar sensorialmente dicha cerveza.

5.1 Objetivos particulares

- Comparar la capacidad antioxidante de las 2 variedades de lúpulo “Cascade” y “Columbus”, y determinar en qué tiempo de adición en la cocción se da una mayor capacidad al producir el mismo estilo de cerveza.
- Elaborar una cerveza artesanal de maíz rojo con mayor cantidad de compuestos fenólicos.
- Generar la carta sensorial descriptiva específica de la cerveza producida.

6. Metodología

Para lograr los objetivos planteados se realizaron una serie de métodos que nos permitieron conocer resultados que pueden explicar la hipótesis que se planteó. A continuación, se describen dichos procedimientos que abarcan desde la preparación de la materia prima, elaboración de la cerveza, medición fisicoquímica de parámetros de interés y un análisis sensorial. Se planteó el siguiente diseño experimental que nos ayudará hacer un análisis estadístico para conocer los resultados.

6.1 Diseño del experimento

6.1.2 Diseño de bloques completos al azar

Control local: Cantidad de materia prima, maíz malteado, levadura, agua, operaciones unitarias

- Factores:

Tiempo: 30 y 10 min

- Bloques:

Lúpulos: "Cascade" y "Columbus",

Variables respuesta: Fisicoquímicas, capacidad antioxidante, compuestos polifenólicos, pH, acidez total, alcohol, unidades de amargor y color. En análisis sensorial, los atributos sensoriales, jueces y repeticiones de los jueces al evaluar el mismo tratamiento.

Para poder interpretar los resultados se analizaron por medio de un ANOVA con un nivel de significancia del 5% y se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: La diferencia entre las medias es igual a 0. / La variable correspondiente no tiene efecto significativo sobre las variables dependientes.

H_a: La diferencia entre las medias es diferente de 0. / La variable correspondiente tiene un efecto significativo sobre las variables dependientes.

Se realizó el mismo estilo de cerveza utilizando 2 lúpulos de diferente variedad para la fabricación, con igual proceso, conservando las mismas condiciones de control local en las diferentes operaciones para su elaboración excepto el de ebullición. La intención fue

evaluar la mayor extracción de compuestos fenólicos que incidan en la capacidad antioxidante de la cerveza.

6.2 Elaboración de la cerveza

En el laboratorio de Enología y alimentos fermentados, se cuenta ya con una formulación para obtener malta base, así como un proceso de elaboración, se emplearon con variaciones adaptadas a un estilo propio como punto de partida para este trabajo, así como sus técnicas analíticas ya establecidas (Flores D., 2018).

Se realizaron todas las operaciones unitarias para la elaboración de cerveza artesanal, ver diagrama 3, además de un posterior análisis sensorial, se puso un principal enfoque en la ebullición, en esta etapa se le añadió el lúpulo.

La cerveza se realizó por triplicado en fermentadores Pyrex de para cada combinación de lúpulo y tiempo y se asignarán estos tratamientos de forma aleatoria a las unidades experimentales. El proceso fue el siguiente:

6.2.1 Selección del grano

Se uso maíz rojo chalqueño, proveniente de la CDMX, en buenas condiciones y abarco la limpieza del grano, es decir sin contaminación física, química o biológica, se eliminó los residuos de tallos y piedras que pudieron afectar el proceso.

6.2.2 Malteado

Se realizó un remojo en agua a temperatura de 18 a 25°C en una relación de 2:1 maíz/agua para aumentar la humedad de los granos entre 23 y 29 %, una vez pasadas 24 h el maíz se escurrió para eliminar el exceso de agua y permitir que empiece a germinar. Durante 8 días se removieron los granos al menos 2 veces por día, una vez que el germen creció aproximadamente de 1.5 a 3.5 cm.

6.2.3 Secado

Se detuvo la germinación por medio del secado que se realizó colocando lo granos en charolas de aluminio formando una cama de hasta 2 cm de espesor, posteriormente las charolas se introdujeron a una estufa precalentada a 50°C durante 2 días para llegar a una humedad entre 4 y 5%, esta parte del proceso es importante ya que es donde se activan

las enzimas necesarias para obtener los carbohidratos requeridos para la fermentación (Flores D., 2018).

6.2.4 Molienda

Por medio de un molino de piedras marca ECOMAQMEX modelo ME150 se molió el maíz hasta obtener un tamaño de partícula de entre 0.15 a 0.1 mm dejando el almidón expuesto.

6.2.5 Maceración

Se llevo a cabo en un tanque macerador de acero inoxidable de 10L con filtro de nylon fondo falso donde el maíz molido se remojo durante 40 min en agua precalentada a 70°C en una relación de 1:3 maíz/agua para que el sistema alcanzara una temperatura de 55°C, posteriormente se agregó otra proporción más de agua, de 1 con respecto a la cantidad de maíz inicial, a 60°C durante 30 min para subir la temperatura de la mezcla a 70°C, por último para el enjuague se adicionó una proporción más de agua, de 1.5 con respecto al maíz inicial, esto se realizó para activar enzimas las α y β amilasas las cuales degradan el almidón hasta azúcares fermentables. El tiempo total de la maceración fue 120 min.

6.2.6 Filtración del mosto

El contenido del tanque de maceración se drenó a través de los sólidos que están retenidos por el falso fondo del tanque macerador y que funcionó como lecho filtrante.

6.2.7 Cocción del mosto

En esta etapa se puso una gran atención ya que se le añadió el lúpulo al mosto dulce, dependiendo el amargor y estilo deseados se le agregó por etapas en diferentes momentos de la operación, estos momentos se miden en tiempo (minutos), se usaron dos diferentes variedades de lúpulos esperando obtener una diferencia en la capacidad antioxidante de la cerveza y buscando la de mayor. En esta etapa se midieron los compuestos con capacidad antioxidante. En la operación de ebullición para cada lote se le adicionó 7.1 g de lúpulo según el bloque correspondiente por litro de mosto, cada lote por triplicado, a continuación, se muestra en el diagrama 2 del diseño experimental con los tiempos correspondientes de la adición del lúpulo 30 y 10 min en cada lote.

El mosto extraído se calentó a fuego alto y se lleva a punto de ebullición a 92-93°C, temperatura de ebullición en la ciudad de México la cocción tiene una duración total de 10 y 30 minutos, siendo el tiempo nuestro factor experimental y el lúpulo los bloques.

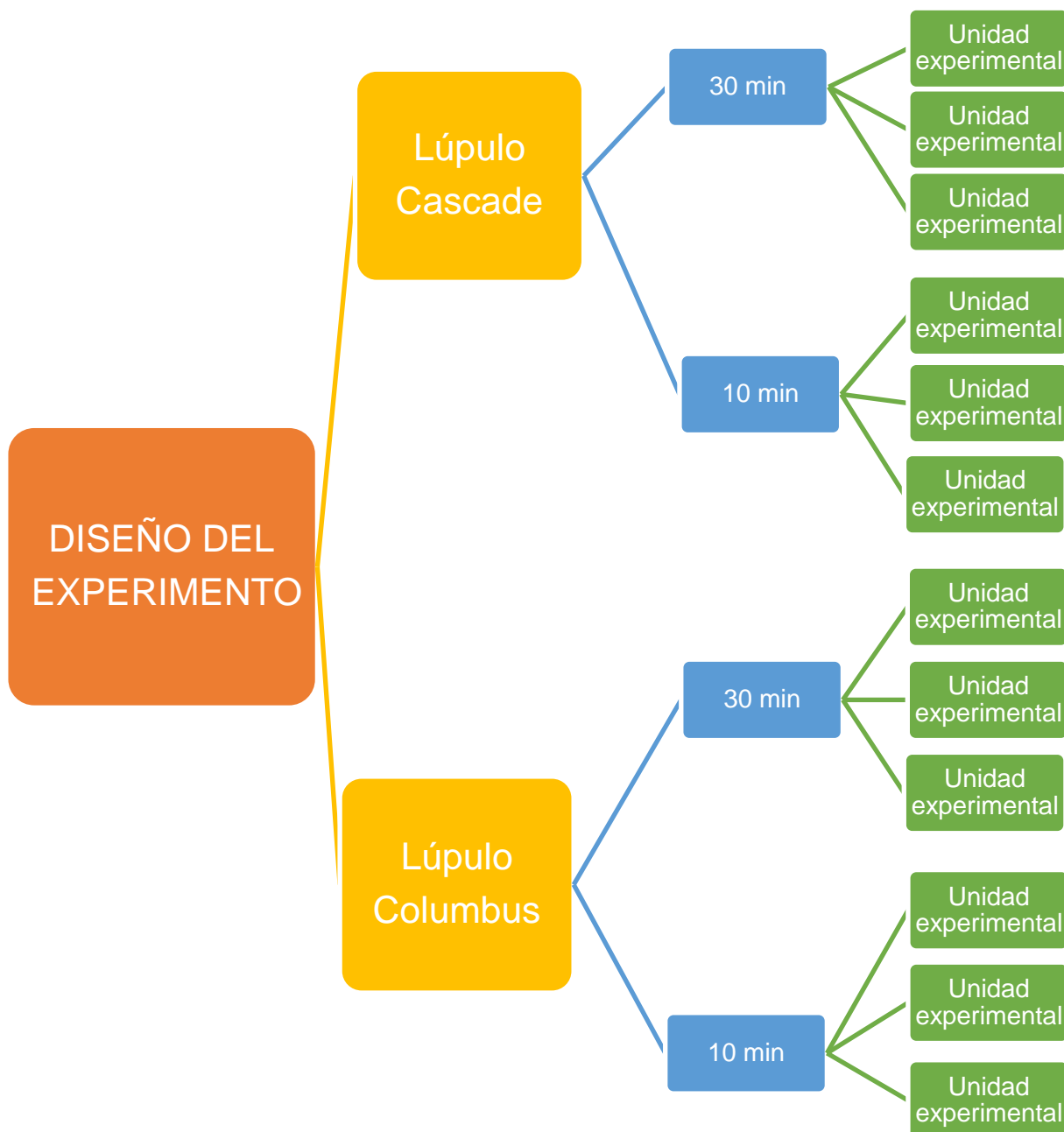


Diagrama 2. Diseño de bloques completos al azar, dos bloques de lúpulo y un factor (tiempo) con 3 repeticiones.

6.2.8 Enfriar el mosto

El mosto que salió del tanque de cocimiento a 90 °C se pasó por un serpentín de acero inoxidable a una velocidad de 2-4 L/min para enfriarlo a 15-20 °C. Se utilizó agua con hielos como líquido refrigerante.

6.2.9 Inoculación

Una vez enfriando el mosto se pasó a un fermentador con tapa de silicón y airlock, ver figura 10, se adiciono la levadura previamente hidratada (0.6 g de levadura en 1 L de agua a 18-25°C, se deja activar por 15-25 minutos) se utilizó la levadura *Sacharomyces cerevisiae* marca fermentis SafAle (Safbrew) S-33 la proporción 0.5-0.6 g por cada litro de cerveza.



6.2.10 Fermentación

Se trató de una fermentación tipo “Ale” y el mosto que presentó una densidad inicial entre 1.040-1.045 se dejó fermentar durante 7 días a una temperatura entre los 18°C y 25°C.

Figura 10. Fermentador de vidrio y mosto lupulado iniciando el proceso de fermentación

6.2.11 Envasado

Después de la fermentación, la cerveza verde se embotello, agregándole 3 g/L de sacarosa para que la levadura que queda suspendida en la cerveza siga en proceso de fermentación (segunda fermentación) produciendo CO₂ de forma natural. Posteriormente se engargola con corcholatas.

6.2.12 Maduración

Se dejó reposar en las botellas a una temperatura de 25 °C y por 21 días mínimo. En esta etapa la cerveza verde desarrolla características de sabor, aroma, cuerpo mejorando las características sensoriales de la bebida.

Se extrajeron muestras de los 12 lotes de cerveza y se prepararon para medir capacidad antioxidante por espectrofotometría UV Visible.

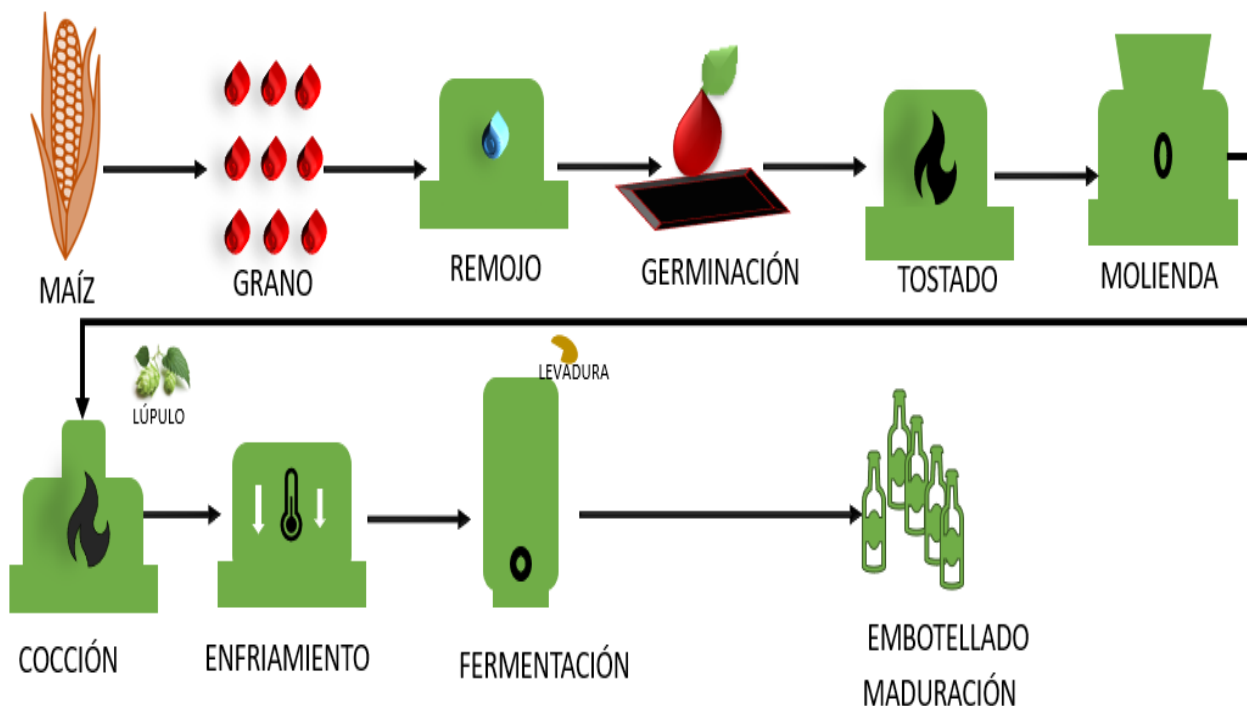


Diagrama 3. Proceso general de elaboración de cerveza de maíz.

6.3 Análisis fisicoquímicos generales

6.3.1 Polifenoles totales procedimiento

Para la cuantificación de polifenoles totales se empleó la metodología reportada por Gorriti *et al.* en 2009 por medio del reactivo de Folin-Ciocalteu. La cantidad de fenoles totales se determinó según el método de Folin-Ciocalteu usando ácido gálico, como estándar.

Se construyó una curva estándar o de calibración de soluciones de 40, 80, 120, 160 y 200 ppm de ácido gálico.

Se tomo una alícuota de la muestra (0.2 mL), se mezcló con 2mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (10 %) dejándose en reposo por 3 min, seguidamente se mezcló con 2mL de carbonato de sodio al 7,5 % p/v y la solución resultante se dejó en reposo por 2 horas a temperatura ambiente en oscuridad, las absorbancias de las muestras se leyeron a 760 nm

en un espectrofotómetro UV-Vis. Los fenoles totales fueron expresados como equivalentes en mg de ácido gálico (GAE) por g de muestra (Gómez D, 2015).

6.3.2 Aceites esenciales totales

Se pesaron 5g de lúpulo de cada variedad y se trituraron para después ser envueltos en un cartucho hecho con papel filtro para extraer los aceites esenciales totales con método Soxhlet utilizando éter etílico como solvente, se pesó el matraz bola al inicio y final de la extracción la diferencia corresponde al aceite total obtenido. Este análisis se aplicó únicamente al lúpulo por duplicado.

6.3.3 pH

Para medir el pH de las cervezas, el lúpulo y mosto lúpulado se utilizó un potenciómetro, sumergiendo el electrodo directamente en una muestra de 30 mL de los diferentes lúpulos, y para las muestras de cerveza fueron previamente desgasificadas.

6.3.4 Acidez total

(Método potenciométrico mosto-7 y cerveza-8A, ASBC)

A un volumen de 40 mL de muestra, cervezas verdes, cervezas maduras, mosto lúpulado y lúpulos, se le adicionó poco a poco solución de NaOH con ayuda de una bureta hasta que la muestra presentó un pH de 8.2, este fue medido con el electrodo de un potenciómetro, El volumen gastado de NaOH se sustituyó en la siguiente ecuación:

$$Acidez\ total\ \left(\frac{g}{100mL}\right) = \frac{V1 \times N \times 90 \times 100}{V \times 10000}$$

Dónde: V1= volumen de disolución de NaOH consumido en la valoración (mL), N: normalidad de la disolución de NaOH (meq/mL), 90= g/eq de ácido láctico y v = volumen de muestra (mL). La acidez total de la muestra fue expresada como gramos de ácido láctico por 100 mL.

6.3.5 Alcohol

(Método C. Alcohol Determined Refractometrically beer, ASBC)

Se realizaron las mediciones en las etapas de cerveza verde y cerveza madura por medio de un refractómetro de marca comercial ATC para alcohol.

En un matraz bola con perlas de ebullición se colocaron 50 mL de cerveza, se destiló la muestra hasta que se colectaron aproximadamente 20 mL de destilado y verificando que su temperatura fuera de 20 °C, posteriormente se midió una gota del destilado a través de un refractómetro para 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.

6.3.6 IBUs

Determinación de unidades de amargor (Método cerveza-23A, ASBC)

En tubos de centrifuga de 50 mL se colocaron 5 mL de muestra, se añadieron 0.5 mL de HCl 3N y 10 mL de 2, 2, 4-trimetilpentano (iso-octano), se agitó la mezcla en vórtex durante 1 min y posteriormente se centrifugó a 2500 rpm durante 10 minutos en agitador rotatorio (SOLBAT). La fase orgánica fue separada y su valor de absorbancia se leyó contra un blanco de iso-octano a 275 nm en un espectrofotómetro Thermo Spectronic (Biomate3, USA). Lo valores de unidades internaciones de amargor (IBU) se obtuvieron multiplicando el valor de absorbancia por un factor de 50.

6.3.7 Color

Para realizar la medición de color se utilizó el software MSCV de la Universidad de La Rioja y un espectrofotómetro Thermo Spectronic (Biomate3, USA), se midió cada una de las muestras a 4 longitudes de onda distintas, 450 nm, 520 nm, 550 nm y 630 nm a partir de las absorbancias obtenidas se obtienen los resultados a^* L^* y b^* .

6.4 Análisis antioxidantes

6.4.1 Capacidad antioxidante

6.4.1.1 Polifenoles totales procedimiento

Para la cuantificación de polifenoles totales se empleó la metodología reportada por Gorriti *et al* en 2009 por medio del reactivo de Folin-Ciocalteu. La cantidad de fenoles totales se determinó usando ácido gálico, como estándar.

Construir curva estándar o de calibración de soluciones de 40, 80, 120, 160 y 200 ppm de ácido gálico.

Tomar una alícuota de la muestra (0.2 mL) mezclar con 2mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (10 %) dejándose en reposo por 3 min, seguidamente se mezcla con 2mL de carbonato de sodio al 7,5 % y la solución resultante se deja en reposo por 2 horas a temperatura ambiente en oscuridad, las absorbancias de las muestras se leen a 760 nm en un espectrofotómetro UV-Vis. Los fenoles totales serán expresados como equivalentes en miligramos de ácido gálico (GAE) por g de muestra (Gómez D, 2015).

6.4.1.2 Compuestos fenólicos totales en el lúpulo

Se llevo a ebullición cada variedad de lúpulo durante 10 y 30 minutos, de cada uno 1 g fue disuelto en 150 mL de agua, a esto posteriormente se trató por el método de Folin y se midió su absorbancia a 765 nm (Flores D., 2018).

6.4.1.3 Capacidad antioxidante y polifenoles totales en mosto lúpulado cerveza verde y madura

En tubos de ensayo se colocaron 50 μ L de muestra, se añadieron 3 mL de agua, se agitaron los tubos en vórtex, enseguida se añadió 0.25 mL de reactivo de FolinCiocalteu, se agitaron los tubos, posteriormente se adicionaron 0.75 mL de Na_2CO_3 (60 g/L) y se agitaron otra vez los tubos, transcurridos 120 min se leyó su absorbancia a 765 nm un espectrofotómetro Thermo Spectronic (Biomate3, USA). La medición se comparó con una curva de calibración estándar construida con seis concentraciones de ácido gálico en el intervalo de 50 a 1000 mg/L. Los resultados fueron expresados como mmol equivalentes trolox por litro de muestra (Flores D, 2018).

6.4.1.2 Preparación de las muestras

Los mostos, cervezas verdes y maduras que corresponden a las muestras de los estados de ebullición, fermentación y maduración de cada una de las cervezas de maíz elaboradas, se encontraban almacenadas a 4°C, y previo a su análisis fueron llevados a temperatura ambiente y clarificados por centrifugación a 2500 rpm durante 15 min en agitador rotatorio (SOLBAT). La cerveza madura se desgasificó por agitación en parrilla eléctrica (CORNING, USA) durante 30 min (Flores D, 2018).

6.4.1.3 Actividad antioxidante procedimiento por DPPH:

0.1 mL de la muestra se mezcló con 3.9 mL de la solución 0.35mM del radical DPPH diluido 1:3 con etanol 80%, se homogenizó y se dejó protegido de la luz, a temperatura ambiente. Se midió la absorbancia a los 30 minutos en un espectrofotómetro a 517nm. La actividad antioxidante se reportó como mmol equivalentes de trolox.

6.4.1.4 Actividad antioxidante procedimiento por ABTS

El radical ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico) se obtiene tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato de potasio (2.45 mM), incubar a temperatura ambiente y en la oscuridad durante 16h. Una vez formado el radical ABTS se diluye con etanol hasta obtener un valor de absorbancia entre 0.70 (± 0.1) a 754 nm en un espectrofotómetro. A 980 μ L de la dilución del radical ABTS se le determina el valor de absorbancia y se le adiciona 20 μ L de extracto de la muestra. Se mide el valor de la absorbancia cada minuto hasta 7 minutos (Flores D., 2018).

6.5 Metodología del Análisis sensorial

Mediante el análisis sensorial fueron caracterizadas las cervezas artesanales de maíz rojo, lo cual permitió determinar diferencias entre ellas debidas al proceso. Las características fueron: apariencia, aroma, sabor (gusto y aroma en boca) sensaciones en boca y color (Romero, 2013). Para este análisis el diseño a emplear es similar al del análisis fisicoquímico, ver diagrama 4.

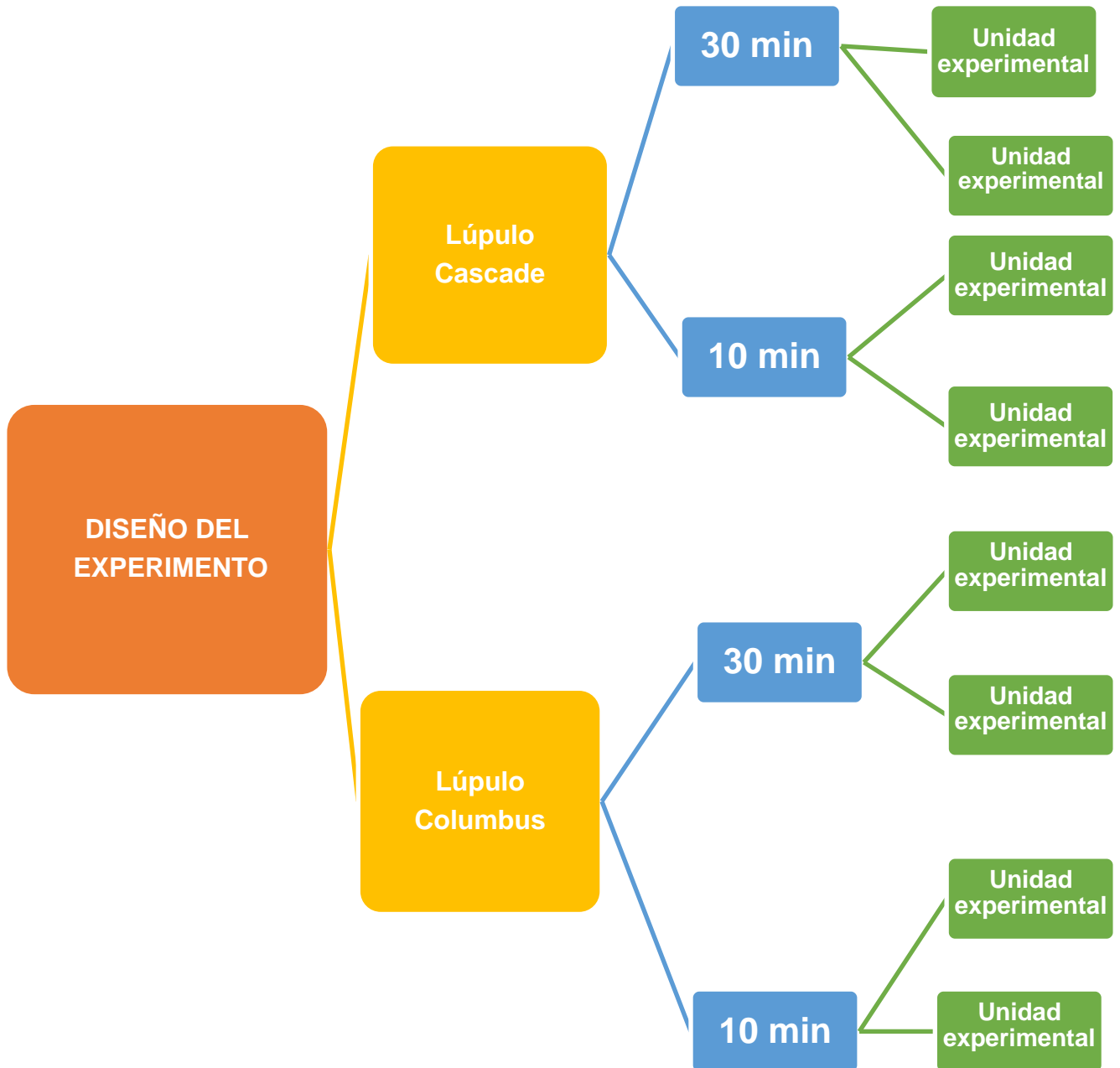


Diagrama 4. Diseño de bloques completos al azar, dos bloques de lúpulo y un factor (tiempo) con dos repeticiones.

6.5.1 Análisis descriptivo cuantitativo (QDA)

El análisis descriptivo fue realizado con ayuda de un panel de jueces como instrumento de medición, los cuales fueron previamente seleccionados y entrenados en el laboratorio de análisis sensorial de la UAM-I.

Los jueces seleccionados cumplían con las características de estar interesados en participar, contar con buen estado de salud, ser honestos al evaluar el producto y estar motivados. Se considero que contaran con sensibilidades específicas, habilidad sensorial para identificar características específicas del producto, capacidad de diferenciar intensidades y capacidad descriptiva, mediante pruebas de sensibilidad (Romero, 2013).

Fueron reclutados de 20 a 40 jueces. Para que finalmente después de la selección y entrenamiento quedaron entre 10 y 12 jueces. Es importante que los jueces tuvieran la mayoría de edad y de preferencia contaran con un cierto agrado por bebidas fermentadas alcohólicas no destiladas (Romero, 2013).

Las muestras fueron presentadas de forma homogénea en copas para cerveza, que contenían 40 ml de muestra a una temperatura de 4 a 6°C, aproximadamente. Se evaluaron como máximo 3 muestras por sesión. Se realizará la generación de atributos descriptivos, donde los jueces trabajarán de forma individual y en grupo describiendo características y sensaciones y de esta forma generando un amplio vocabulario para las cervezas de maíz y cebada; una vez obtenido el vocabulario, se seleccionaron los atributos que fueron representativos en la evaluación (Romero, 2013).

Los jueces recibieron el entrenamiento de forma individual con el fin de seguir aprendiendo sus definiciones, el procedimiento de evaluación y el uso de la escala. En este punto se introdujeron referencias de los descriptores para estandarizar el lenguaje y minimizar malentendidos entre los jueces. En esta etapa y en la evaluación, las muestras se presentaron de forma secuencial codificadas con tres números aleatorios, la evaluación se hizo en hojas que contienen los atributos a calificar (Romero, 2013).

Antes de realizar la evaluación de las muestras, se realizó un análisis del panel para conocer si los jueces eran capaces de captar diferencias los productos o si algún término no está siendo entendido por uno o más jueces, determinando si algún juez no contribuía a la diferenciación de las muestras y establecer la variabilidad y la contribución a la interacción de cada juez (Romero, 2013).

Los análisis consistieron en evaluar los atributos generados por los jueces para cada cerveza marcando sobre una escala lineal no estructurada la intensidad percibida del atributo en la muestra. Las muestras fueron evaluadas con repetición.

Para la obtención de los resultados se requirió de análisis estadísticos:

- ANOVA: Se analizaron los resultados de la evaluación para conocer los atributos que son significativos, es decir, que ayudan a discriminar entre las muestras. Se realizó un ANOVA por cada atributo, con dos factores, producto y juez, con interacción producto-juez. Con este análisis se pretendió conocer si hay un efecto del juez o de la interacción producto-juez para conocer los atributos donde los jueces emplean de forma diferente la escala o no entienden el vocabulario generado.

- PCA: Con este análisis se evaluaron las muestras del entrenamiento, con el fin de conocer las características de cada tipo de muestra.

7. Resultados

A continuación, se describen los resultados de las caracterizaciones fisicoquímicas de los lúpulos, mostos lupulados y cervezas analizadas, así como muestras de mosto dulce de maíz sin lúpulo, como control para que no intervengan los compuestos bioactivos del lúpulo y poder conocer los antioxidantes que pertenecen por un lado al maíz y por otra parte los del lúpulo, consultar las abreviaturas del cuadro 2. Para la preparación de todas las muestras se utilizó la misma proporción lúpulo: agua y los tiempos en la etapa de cocción de 10 y 30 min a temperatura de ebullición.

El software utilizado para analizar y procesar todos los resultados por medio de un ANOVA con un valor de significancia de $\alpha=0.05$; fue Addinsoft (2020). XLSTAT statistical and data analysis solution.

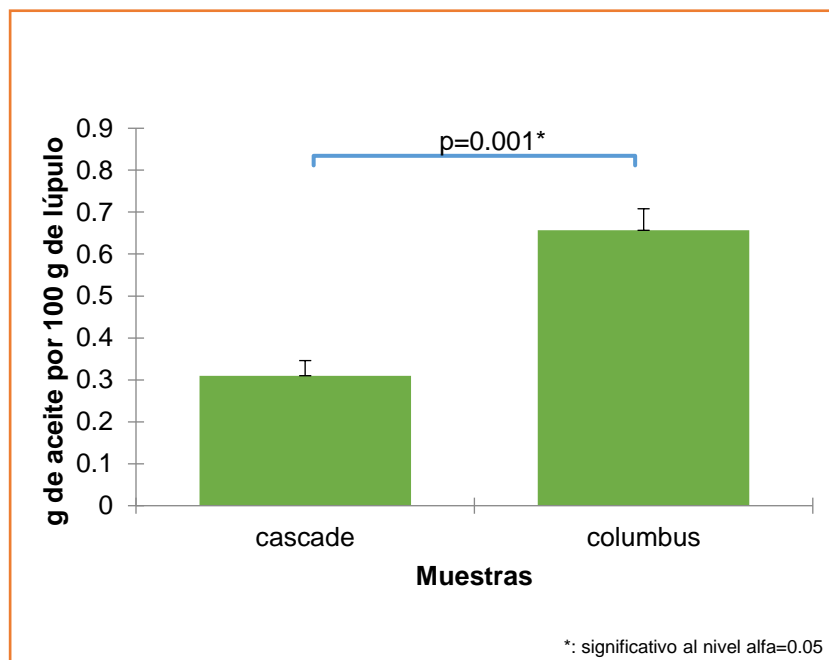
mm10	malta maíz 10
mm30	malta maíz 30
lcol10	lúpulo Columbus 10
lcas10	lúpulo Cascade 10
lcol30	lúpulo Columbus 30
lcas30	lúpulo Cascade 30
mlcol10	mosto lupulado Columbus 10
mlcas10	mosto lupulado Cascade 10
mlcol30	mosto lupulado Columbus 30
mlcas30	mosto lupulado Cascade 30
cvl10	cerveza verde sin lúpulo 10
cvsl30	cerveza verde sin lúpulo 30
cvcol10	cerveza verde Columbus 10
cvcas10	cerveza verde Cascade 10
cvcol30	cerveza verde Columbus 30
cvcas30	cerveza verde Cascade30
cmcol10	cerveza madurada Columbus 10
cmcas10	cerveza madurada Cascade 10
cmcol30	cerveza madurada Columbus 30
cmcas30	cerveza madurada Cascade 30

Cuadro 2. Abreviaturas utilizadas para los resultados, 10 y 30 son el tiempo en minutos que pasaron en ebullición durante la etapa de cocción.

7.1 Análisis fisicoquímicos generales

7.1.1 Aceites totales en el lúpulo

Al extraer y pesar la cantidad de aceites totales por duplicado en las dos variedades de lúpulo se obtuvieron los siguientes resultados:



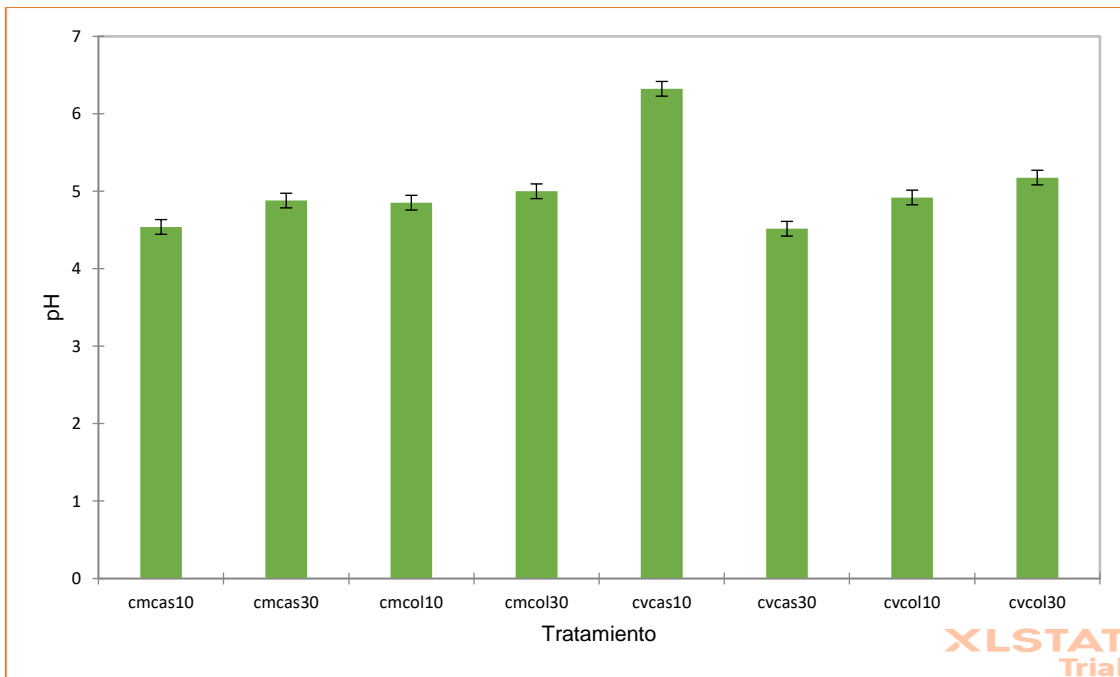
Gráfica 1. Contenido de aceites totales en las diferentes variedades de lúpulo.

Puesto que el valor-p es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a , existen diferencias significativas en la cantidad de aceites esenciales para los dos lúpulos.

Para los dos lúpulos se realizó una extracción de aceites esenciales totales y cuantifico, obteniendo como resultado una mayor cantidad en el lúpulo Columbus que en Cascade, los aceites esenciales tienen un impacto en el aroma, esto debe influir en el análisis sensorial al comparar los tratamientos; Almaguer, 2014, reporta una cantidad de entre 0.5 y 3 gramos en 100 gramos de lúpulo para diferentes variedades, en este análisis el lúpulo Columbus presentó 0.65 g de aceites esenciales en 100 gramos de lúpulo y para Cascade 0.31 gramos, los dos lúpulos están dentro de lo reportado, se analizaron por triplicado y se reporta la media. Un análisis t student para medias de 3 repeticiones mostró diferencias significativas, (anexo B) para la cantidad de aceites esenciales entre la variedad de Cascade y Columbus. Los dos estuvieron almacenados en una cámara frigorífica a 4°C, empacados en bolsas de polietileno y poliéster metalizado, cerrados al vacío y se analizaron al mismo tiempo.

7.1.2 pH

A continuación, se muestra el pH de las cervezas verdes y cervezas maduras:



Gráfica 2. Medición de pH en cerveza verde y cerveza madura

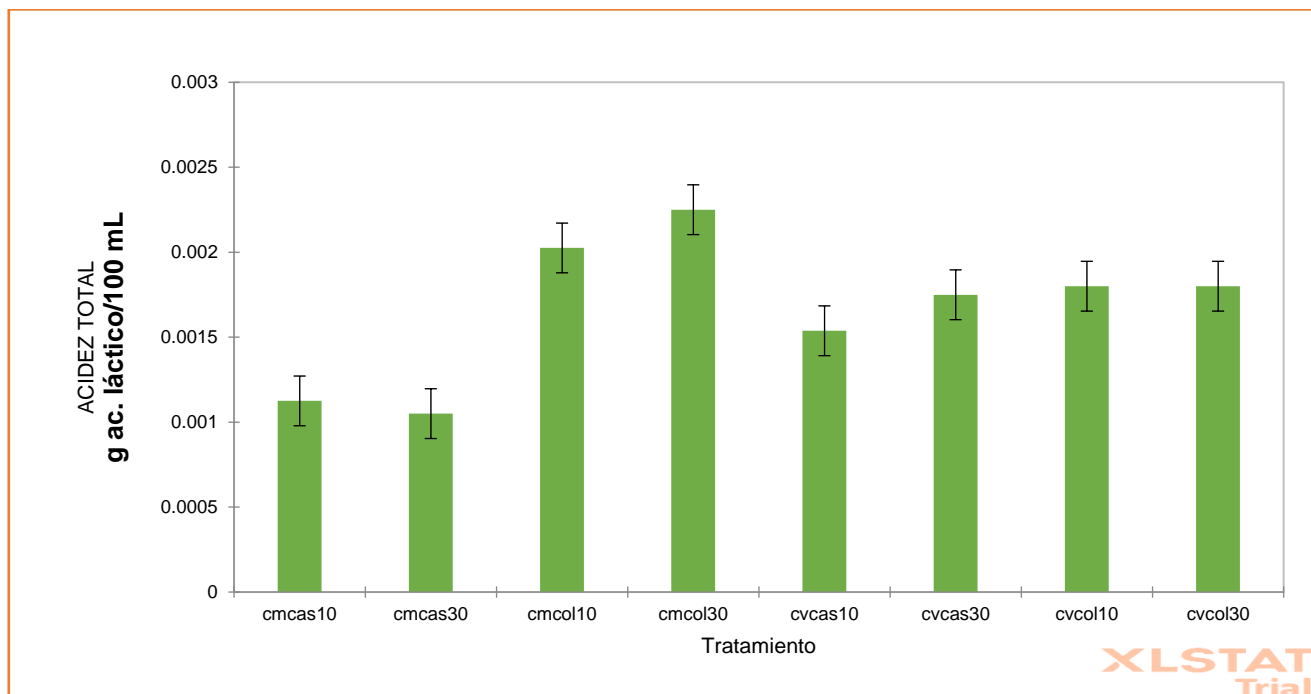
Puesto que el valor-p es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a , existen diferencias significativas en el pH, la fermentación tiene un efecto significativo en el pH de cerveza verde y cerveza madura.

Los valores de pH en los extractos de los lúpulos se encontraron entre 6.6 y 7.8, en mostos entre 4.92 y 6.01, en cervezas verdes 4.2 y 6.3 y en cervezas maduras entre 4.5 y 4.85. Se observó una disminución del pH en el avance durante la elaboración, es decir desde las primeras etapas hasta la última, en cerveza madura, a excepción de la cerveza con el tratamiento Cascade 30, en donde se obtuvieron valores de pH en cerveza verde 4.5 y cerveza madura un promedio de 4.8, la disminución en el resto puede deberse a la síntesis de ácidos durante la fermentación (Suárez 2013). Existen diferencias significativas de pH en los estilos durante las etapas del proceso (de cerveza verde a cerveza madura) y en los lúpulos durante la etapa de cocción en el proceso, (anexo B). La variación del pH durante el proceso de fermentación es debido a la transformación de los aminoácidos por pérdida de nitrógeno, pasando a ácidos, lo cual origina una disminución del pH del medio (Suárez 2013). Otro factor que puede originar una variación de pH es la producción de dióxido de carbono en la fase de fermentación aerobia produciendo una caída de pH. El pH influye en

la actividad de la levadura. Así, se ha podido comprobar que el pH más favorable para el crecimiento de la *Saccharomyces cerevisiae* se encuentra entre 4.4 - 5.0, siendo el pH 4.5 el adecuado para su crecimiento óptimo. (Suárez 2013)

7.1.3 Acidez total

La cantidad de ácidos varía durante la maduración por la síntesis de algunos compuestos en esta etapa y que haya un aumento o descenso de acidez, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:



Gráfica 3. Medición de acidez total en cerveza verde y cerveza madura

Puesto que el valor-p es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a , existen diferencias significativas en la cantidad de ácido láctico entre cerveza verde y madura.

Los valores de acidez total se encontraron en el rango entre 0.0015 - 0.0026 g de ácido láctico por 100 mL, estos valores fueron más bajos que los valores reportados por Flores, 2018, es posible que el aumento en cantidad de alcohol sea la razón de la menor síntesis de ácidos. Existen diferencias significativas en la cantidad de ácidos totales, entre cervezas y entre las etapas de cervezas verdes a maduras.

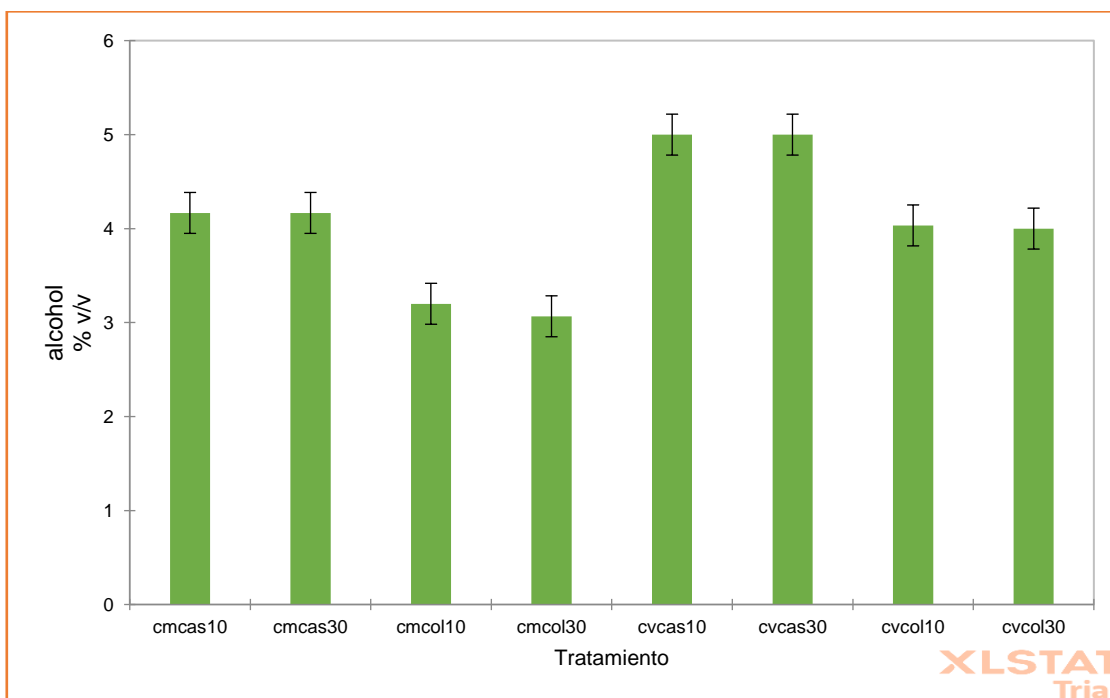
Para el lúpulo Columbus hubo un aumento de acidez al pasar de cerveza verde a cerveza madura, en los dos tratamientos de tiempo, esto explica el descenso del pH mostrado en la

gráfica 2. Durante la fermentación anaerobia, aparte de producirse etanol, se generan una serie de ácidos orgánicos como el ácido láctico, propiónico y pirúvico, que influyen también en la disminución del pH (Suárez 2013).

Para el lúpulo Cascade sucede lo contrario, descendió la cantidad de ácidos totales durante los 21 días de maduración.

7.1.4 Alcohol

La normatividad mexicana nos indica que la cantidad mínima de una cerveza debe ser del 2%, se obtuvieron los siguientes valores mayores al 2%:



Gráfica 4. Contenido de alcohol en cerveza verde y cerveza madura

Puesto que el valor-p es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a . Existen diferencias significativas en la cantidad de alcohol en 100 mL de cerveza, entre cerveza verde y madura.

El contenido de alcohol producido en las cervezas verdes fue entre 4 a 5.0% (v/v). Hubo diferencias significativas con en el contenido de alcohol en las cervezas maduras, las cuales presentaron la cantidad de 3 y 4.5% alcohol v/v. El contenido de alcohol disminuyó durante la maduración, esto se atribuyó a la síntesis de ésteres etílicos, que son formados por vía enzimática entre ácidos orgánicos y etanol (Tenge, 2007).

Es importante mencionar que en algunos proyectos anteriores la cantidad de alcohol en cerveza hechas 100% de maíz malteado se obtenían valores de alcohol por debajo del 3%. (Flores, 2018) en este trabajo se obtuvieron valores más altos, teniendo un mayor rendimiento la fermentación etanólica de la levadura, lo cual se puede atribuir al aumento de días en el malteado de 5 a 7 propiciando una mayor producción de enzimas con poder diastásico y por lo tanto repercutió en la obtención de azúcares fermentables en la etapa de maceración, azúcares que aprovechó la levadura durante la etapa de fermentación y los transformo en alcohol.



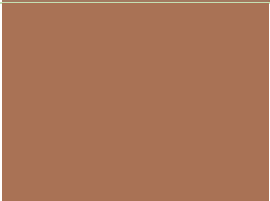

La cantidad de alcohol es similar a la de cervezas comerciales, por ejemplo, Victoria®, Bohemia® y XX®.

7.1.5 Color

Durante la investigación se observó que las antocianinas provenientes del maíz influyen en el color de la cerveza, se percibió de manera subjetiva en el color de la cerveza y mosto, así que se midió el color en la cerveza madura, el color final en la cerveza de maíz de forma objetiva por medio del software MSCV utilizando el espectrofotómetro Thermo Spectronic (Biomate3, USA). Se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 3-4. Los colores obtenidos con el software MSCV de la Universidad de La Rioja para las muestras de las 4 cervezas maduras.

Tratamiento	L*	a*	b*	Int.	Ton.
Cerveza madura Columbus 30	12.6	7.56	13.92	6.177	1.229
Cerveza madura Columbus 10	28.6	6.72	11.45	4.02	1.128
Cerveza madura Cascade 30	18	6.59	10.87	5.186	1.122
Cerveza madura Cascade 10	37.5	4.55	9.98	3.241	1.125

Muestra	Color aproximado por MSCV
CERVEZA MADURA COLUMBUS 30	
CERVEZA MADURA COLUMBUS 10	
CERVEZA MADURA CASCADE 30	
CERVEZA MADURA CASCADE 10	

Puesto que el valor-p calculado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se puede rechazar la hipótesis nula H_0 y aceptar la H_a existen diferencias significativas, es decir el lúpulo y el tiempo de cocción tienen efecto sobre el color de la cerveza madura.

Las antocianinas provenientes del maíz proporcionaron color a las cervezas, brindándole tonalidades rojizas observables en el cuadro 3, esto se observa en los valores positivos del parámetro a^* del cuadro 2 y se puede ver y explicar a continuación en la figura 11.

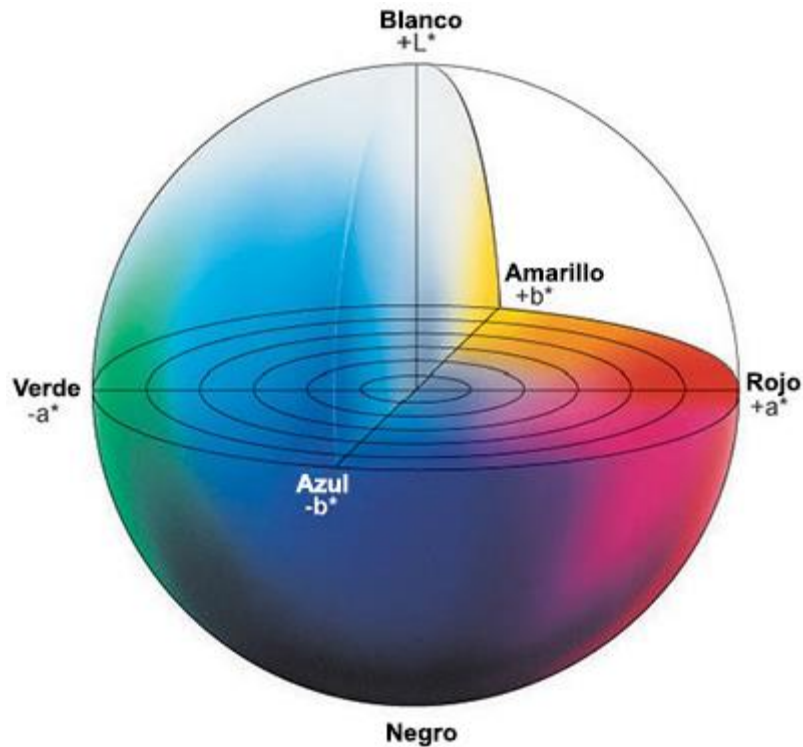


Figura 11. Espacio CIELAB

L^* =luminosidad

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)





b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Int. = Cantidad de luz que llega a una determinada sección por unidad de tiempo, de oscuro a claro: 0-100%.

Ton. = Color que tienen relación con diferencias de longitudes de onda.

Los instrumentos de medición de color, incluyendo espectrofotómetros y colorímetros, pueden cuantificar estos atributos de color fácilmente. Ellos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^*

Al realizar el ANOVA ($\alpha=0.05$) se encontraron diferencias significativas para los diferentes tratamientos, que incluyen los diferentes lúpulos y tiempos en la etapa de cocción para los valores triestímulo obtenidos. Para el análisis con los jueces también hubo diferencias significativas. El lúpulo utilizado y el tiempo en la etapa de cocción influyen en el color de esta cerveza. (anexo B)

Muestra	Color aproximado por SRM
CERVEZA MADURA COLUMBUS 10	
CERVEZA MADURA CASCADE 30	
CERVEZA MADURA CASCADE 10	
CERVEZA MADURA COLUMBUS 30	

Cuadro 5. Los colores obtenidos con el sistema de referencia estándar (SRM) del ASBC promedio obtenido de los jueces entrenados que evaluaron las cervezas para el QDA.



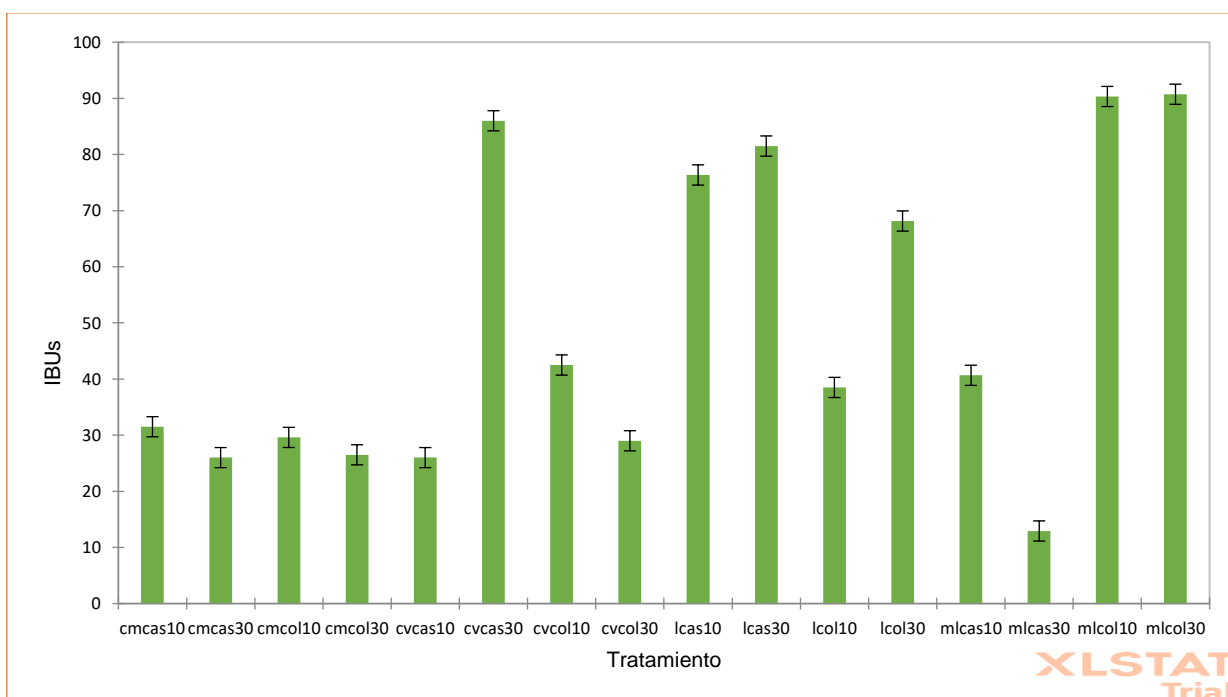
Figura 12. Tabla de colores para cervezas del SRM del ASBC

Durante la evaluación del QDA los jueces entrenados utilizaron la tabla de colores ver figura 12, del sistema de referencia estándar (SRM) para evaluar el color en las muestras, los valores promedio los identificaron entre el 14 y 19, que para cervezas de cebada son asociados a cervezas con tonalidades ámbar que se utilizan en un bajo porcentaje cebada tostada, sin embargo en el caso de estas 4 cervezas elaboradas 100% de maíz se eligieron

colores que corresponderían a cebada malteada y tostada, es importante mencionar que estas referencias de color fueron hechas por el ASBC para cervezas de cebada, las antocianinas provenientes del maíz rojo se mantuvieron durante el proceso de elaboración en la cerveza lo que dio como resultados, que la evaluación hecha por los jueces correspondiera a estos tonos sin que fuese necesario que el maíz malteado pasara por el proceso de tostado.

7.1.6 Amargor

A continuación, se muestran las unidades de amargor en una escala de 1 a 100 (IBUs):



Gráfica 5. Contenido de unidades internacionales de amargor (IBUs) para el lúpulo, mosto, cerveza verde y cerveza madura.

Puesto que el valor-p es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa existen diferencias significativas en las unidades de amargor, el tiempo en la etapa de cocción y la variedad del lúpulo tienen un efecto significativo en las unidades de amargor de cerveza verde y cerveza madura.

Las unidades de amargor de los dos lúpulos, y sometidos a los dos tiempo de cocción, se encontraron entre 38.5 y 81.5, IBUS teniendo un valor más alto el lúpulo Columbus, aunque el lúpulo Cascade sometido al mayor tratamiento de cocción presento el mayor valor de

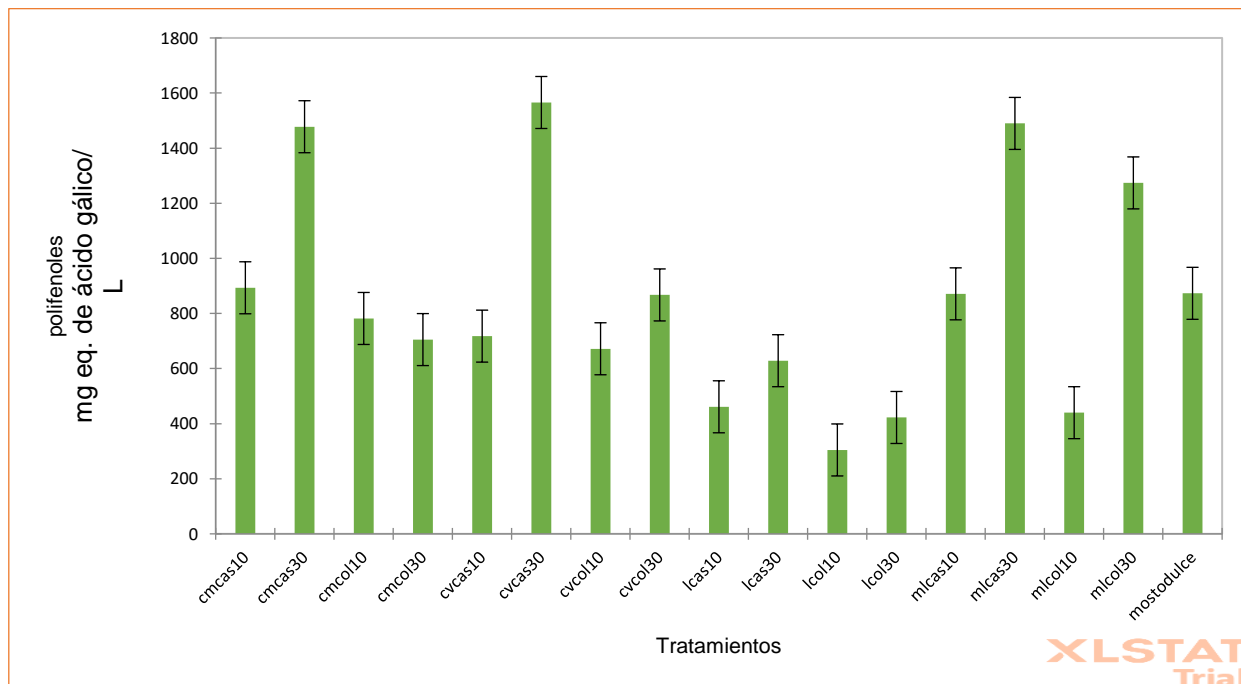
unidades de amargor, de las 4 cervezas, los mostos lúpulados presentaron un aumento durante todos los tratamientos a excepción de Cascade 10, se encontraron entre 12 y 90 IBUS en las cervezas verdes y para cerveza maduras finalmente los IBUS se acentuaron en valores dentro del rango de 26 - 31.5, estos valores son mayores a los reportados para cervezas comerciales, se debe a que se utilizó un cantidad de lúpulo considerada mayor en comparación con estilos Pilsner y Viena, esto se decidió con el fin de ver la influencia de los compuestos bioactivos provenientes del lúpulo. Los compuestos que le dan amargor a la cerveza provienen de esta materia prima y del tostado, no se utilizó tostado. Los IBU solo refieren a los provenientes de lúpulo, y se sabe que diferentes compuestos como los alfa ácidos y también resinas son responsables de esta propiedad.

Las unidades de amargor de mosto lupulado de Columbus en los dos factores de tiempo disminuyeron durante la fermentación y maduración esto se debe a que del total de alfa ácidos que contiene el lúpulo, aproximadamente un 25% a 30% llega hasta el producto final, Columbus tiene mayor cantidad de estos compuestos que Cascade, la otra parte se queda adherida a los restos de proteínas coaguladas tras la cocción (De Mesones, 2000). Y durante la fermentación, la filtración y la maduración, se pierde amargor (Suárez, 2013).

Existen diferencias significativas en los IBUs de las 4 cervezas, tanto para cerveza verde como para cerveza madura.

7.1.7 Cuantificación de polifenoles totales

A continuación, se presentan las concentraciones de polifenoles totales del lúpulo y en los estilos de cervezas de maíz durante las etapas del proceso:



Gráfica 6. Contenido de polifenoles totales en las diferentes etapas de la elaboración de cerveza.

Puesto que el valor-p es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a existen diferencias significativas en la cantidad de polifenoles totales.

Todas las muestras fueron analizadas por triplicado, y los fenoles totales fueron expresados como equivalentes en miligramos de ácido gálico (GAE) por litro de muestra, previamente desgasificada.

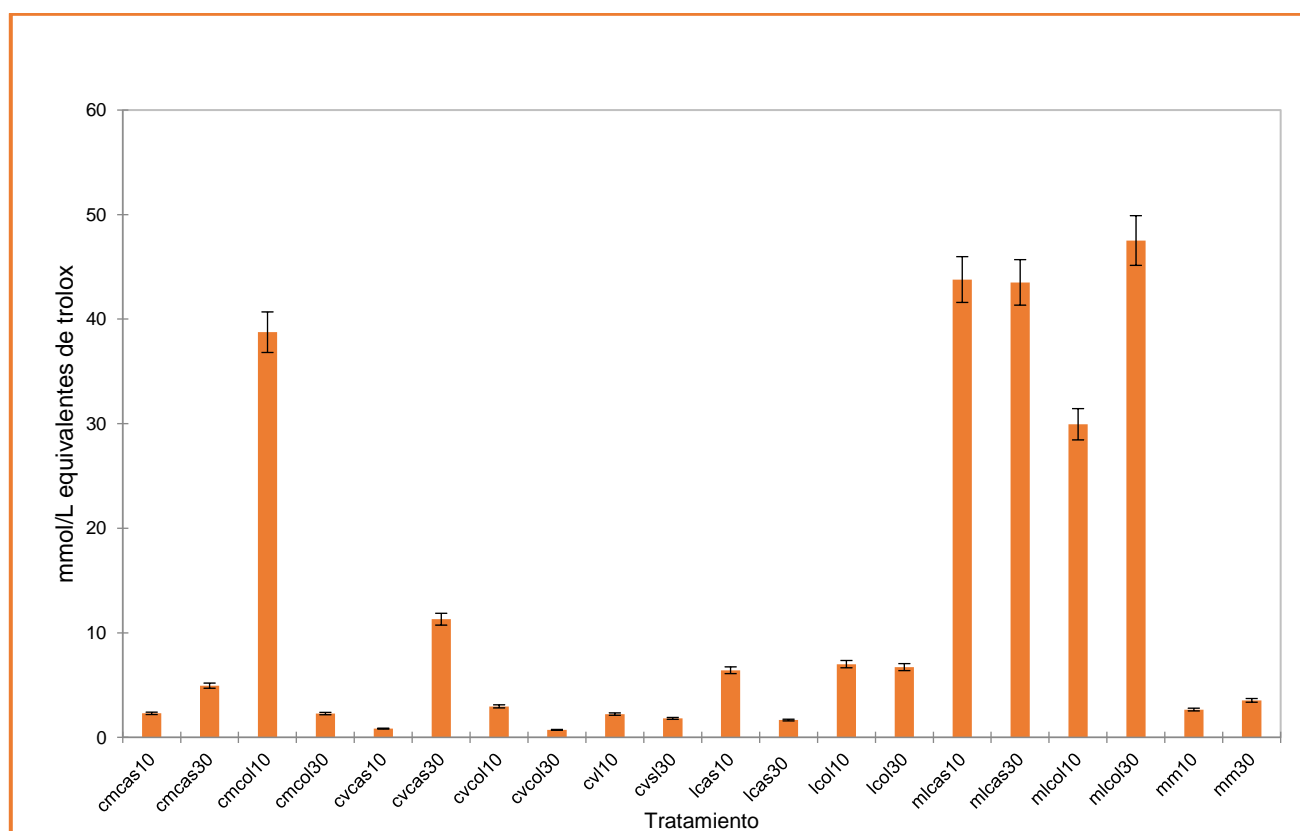
Los contenidos de polifenoles totales en las cervezas maduras se encontraron entre 705 – 1477.8 mg equivalentes de ácido gálico por litro. En cervezas maduras, elaboradas con el lúpulo Cascade se encontraron ambas con mayor cantidad de polifenoles, por arriba de las cervezas maduras elaboradas con Columbus, los estilos con cervezas hechas con lúpulo Cascade mostraron concentraciones significativamente mayores de polifenoles. En general altos contenidos de polifenoles totales fueron encontrados en los estilos elaborados con Cascade, lo que se pueden atribuir al mayor contenido de beta ácidos y resinas duras que

responden de manera positiva con el reactivo de Folin-Ciocalteu (Pérez-Martínez *et al.*, 2010). Durante las etapas del proceso hubo un aumento del contenido de polifenoles totales, desde la materia prima sometida a calentamiento hasta la etapa de la cocción para obtener los mostos.

7.2 Capacidad Antioxidante total en lúpulo, mosto lúpulado y sin lúpulo, cerveza verde y cerveza madura.

7.2.1 Capacidad antioxidante por DPPH:

Las capacidades antioxidantes por DPPH en los tratamientos en cervezas de maíz y mostos lúpulados y no lúpulos durante las etapas del proceso se muestran a continuación:



Gráfica 7. Capacidad antioxidante en las diferentes etapas de la elaboración de cerveza y de materia prima, utilizando el radical DPPH

Puesto que el valor-p es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a , existen diferencias significativas en la capacidad antioxidante equivalentes de trolox por el radical DPPH.

Todos los mostos lúpulados presentaron los niveles de capacidad antioxidante más altos usando este método y los valores se encontraron entre 1.555 y 4.752 mmol, equivalentes de Trolox por litro teniendo diferencias significativas solo para el mosto lúpulado elaborado con Cascade en cocción durante 30 minutos, el mosto presentó el valor más bajo en este estilo, pero al pasar por el proceso de fermentación y maduración, resultó ser la cerveza madura con mayor capacidad antioxidante, consistente con la mayor cantidad de polifenoles totales.

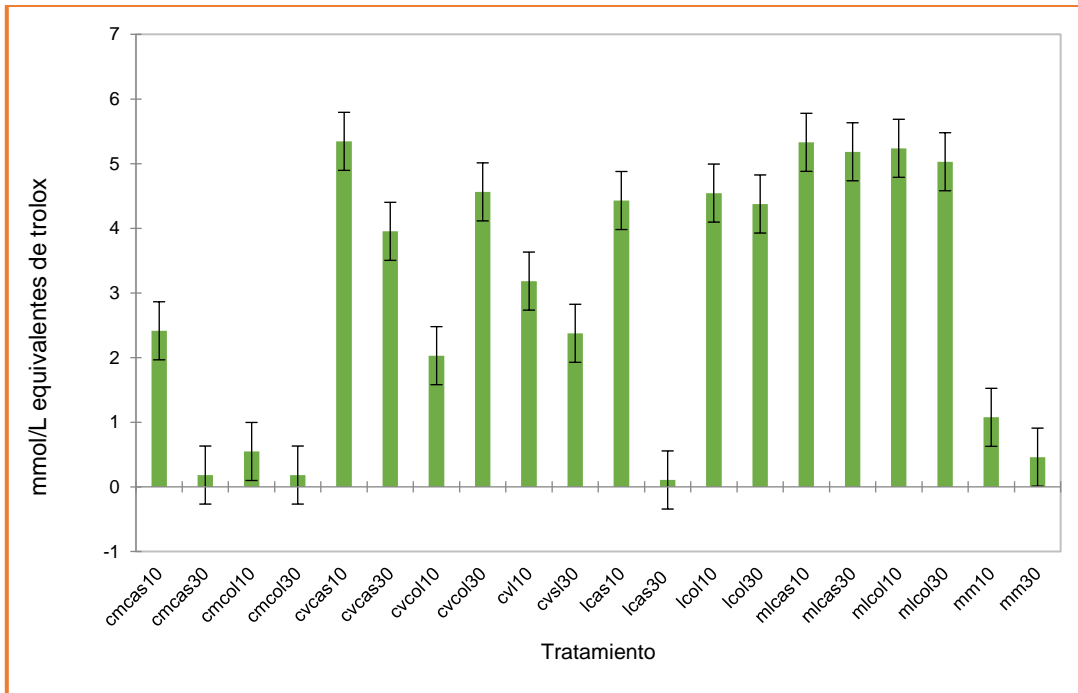
El incremento de los polifenoles durante el proceso de fermentación puede reflejar una formación de proantocianidinas poliméricas y también por la síntesis de alcohol, (Zapata 2014). La cerveza es una mezcla compleja de sustancias bioactivas, proteína, fenoles, vitaminas entre otros, cuyas moléculas están sometidos a muchas reacciones durante almacenamiento en botella (Agullo, 2014).

Diferencias significativas fueron observadas en los estilos durante las etapas del proceso, con énfasis en el tiempo de cocción siendo diferentes por este factor y no por la variedad del lúpulo en las cervezas maduras.

Los resultados obtenidos fueron significativamente mayores a los reportados por Mitic *et al.*, (2014) en diferentes estilos de cervezas de Serbia (0.26-0.83 mmol ET/L), y Zhao *et al.*, (2013) (0.24-0.97 mmol ET/L) y Zhao *et al.*, (2010) (0.24-1.35 mol ET/L). Por último, fueron significativamente mayores a los reportados por Flores (2018), la causa de este aumento puede deberse a la adición de una mayor cantidad de lúpulo de 7.1 gramos por litro de mosto dulce y por la tanto una mayor cantidad de compuestos antioxidantes provenientes del lúpulo en sinergia con los provenientes del maíz. En los tratamientos elaborados sin el lúpulo, durante las diferentes etapas presentaron una menor capacidad antioxidante. Hubo diferencias significativas con aquellas en las que sí se ocupó el lúpulo.

7.2.2 Capacidad antioxidante por ABTS

Las capacidades antioxidantes por ABTS en los tratamientos en cervezas de maíz y mostos lupulados y no lúpulos durante las etapas del proceso se muestran a continuación:



Gráfica 8. Capacidad antioxidante en las diferentes etapas de la elaboración de cerveza y de materia prima, utilizando el radical ABTS

Puesto que el valor-p es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a , existen diferencias significativas en la capacidad antioxidante equivalentes de trolox por el radical ABTS.

Al revisar la capacidad antioxidante por ABTS desde la materia prima hasta la cerveza verde observamos que todas las etapas mostraron considerables niveles de capacidad antioxidante usando este método y los valores se encontraron entre 200-537 μmol equivalentes de Trolox por litro. Y en cerveza madura, la capacidad antioxidante fue disminuyendo en todos los estilos significativamente durante las etapas del proceso con respecto a cerveza madura. Hay diferencias significativas con un nivel de significancia de

5% en las diferentes etapas de la elaboración de cerveza y de materia prima con los distintos tratamientos de cocción.

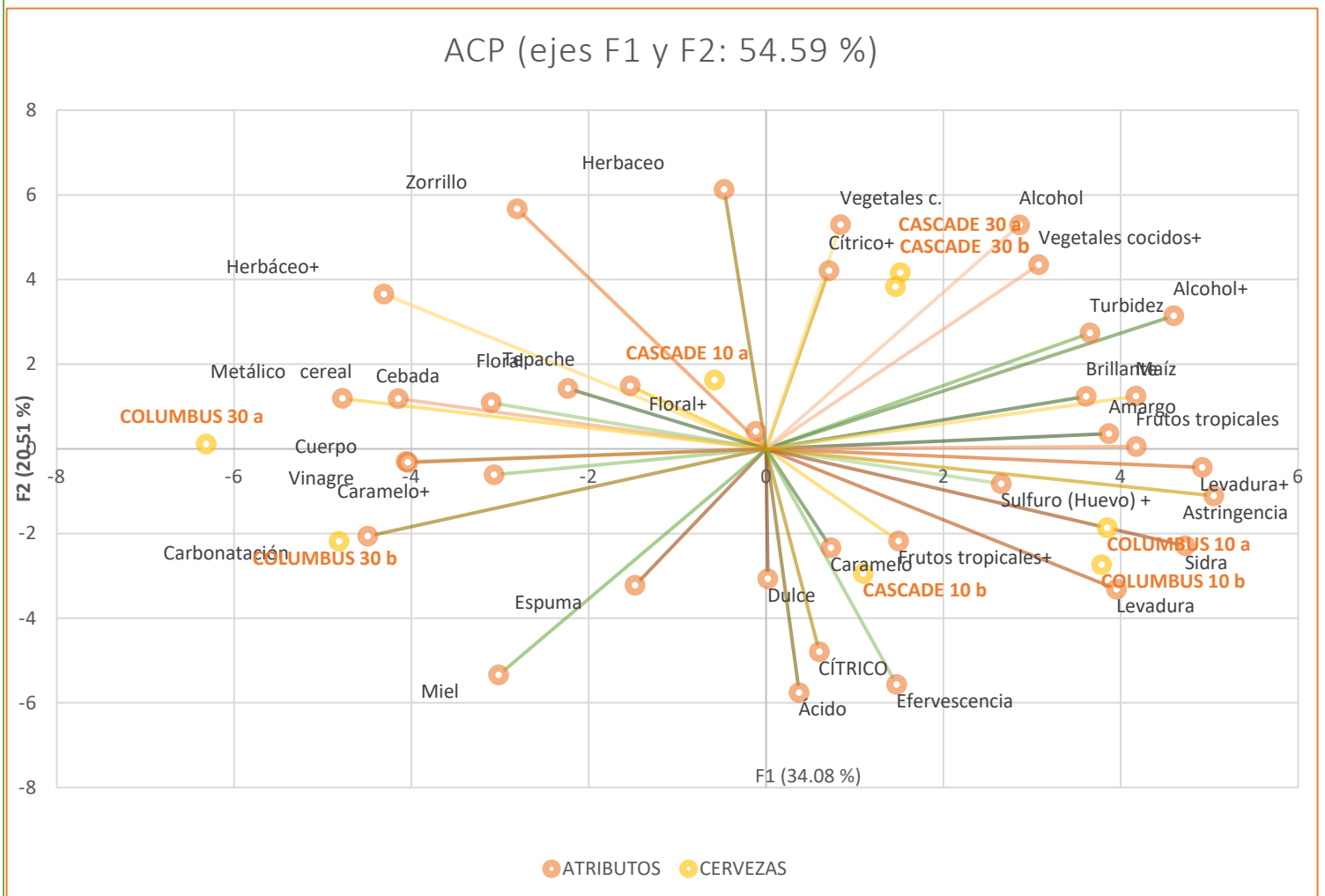
Es importante recordar que para evaluar la capacidad proveniente del lúpulo no se utilizó malta tostada; en cuanto a las maltas tostadas, se sabe que son ricas en melanoidinas y otros compuestos productos de la reacción de Maillard, diversos autores (Pérez, 2013 y Mardones, 2012) han reportado que, durante los procesos de tostado, como los que se dan en el café y la malta de cerveza tostada, así como durante la cocción del mosto, se producen compuestos como las melanoidinas y estas, aparentemente, tienen capacidad antioxidante, esto ocasiona que durante la maduración exista un aumento en la capacidad antioxidante en las cervezas que usa maltas tostadas, con diferencia a los compuestos antioxidantes que provienen del lúpulo ya que estos en vez de permanecer o aumentar durante la maduración suceden reacciones afectando los isómeros de los alfa ácidos, se forman compuestos que reaccionan con sulfuros en la cerveza y pueden provocar la disminución en la capacidad antioxidante durante la maduración, sin embargo a pesar de esto se obtuvieron valores considerables de capacidad antioxidante equivalentes a trolox comparados con los reportados por autores que utilizaron maltas de maíz tostadas, debido a la diferencia en la cantidad mayor del uso del lúpulo y cambios en el tiempo durante la etapa de cocción (Gómez, 2015).

8.Resultados de la evaluación sensorial:

8.1Análisis de componentes principales

Como complemento del análisis cuantitativo descriptivo se realizó el análisis de componentes principales (ACP), donde se agrupan tanto los descriptores como las muestras en cuadrantes que ayudan a conocer las características más representativas de cada muestra, así como la similitud o diferencia entre las muestras. Cada cuadrante está relacionado con los demás, ya sea directa o indirectamente.

Así, cuando un descriptor o muestra se encuentra en un cuadrante determinado, será parecido a los que se encuentren en el mismo cuadrante, pero será contrario a los que se encuentren en el cuadrante opuesto.



Gráfica 9. Análisis de componentes principales.

En este análisis podemos observar los diferentes atributos y tratamientos y su relación entre ellos por la cercanía en el mapa de la gráfica 25, entre más cercanos existe una mayor relación directa. Podemos observar la cercanía entre repeticiones viendo en todos los casos a excepción de Cascade 10 que se evaluaron por los jueces de una manera muy similar por su posición en el gráfico. En el caso de Cascade 10 previamente se observó (gráficas 9-12) que hubo diferencias aparentes en las repeticiones. Para Columbus 30 en el lado izquierdo se observa que es una cerveza que se caracteriza y se relaciona con atributos de una cerveza con cuerpo, carbonatada con espuma, aroma a caramelo y sabor a vinagre, cebada y cereal. Los atributos relacionados con Cascade 30 son únicos para este estilo ya que se encuentra separado de todos los otros, en el cuadrante superior derecho, siendo los atributos relacionados de turbidez en apariencia, vegetales cocidos, alcohol, y cítrico en aroma y sabor. Por último, las características para Columbus 10 aroma y sabor a levadura, sensación astringente y aroma a sidra.

8.1.1 Efecto de las cervezas para cada descriptor

Al realizar los ANOVAs para los atributos con relación al efecto de las cervezas, se obtuvieron los siguientes valores p para cada uno de los atributos, en el anexo E, se muestran los valores de F.

Descriptor	p-values
Carbonatación	0.000
Alcohol	0.004
Cuerpo	0.005
Ácido	0.007
Amargo	0.011
Frutos tropicales	0.013
Herbáceo	0.021
Maíz	0.047
Sidra	0.048

Descriptor	p-values
Cebada	0.053
Alcohol	0.053
Espuma	0.095
Brillante	0.109
Turbidez	0.112
Caramelo	0.141
Frutos tropicales	0.156
Sulfuro (Huevo)	0.163
cereal	0.170

Descriptor	p-values
Vegetales cocidos	0.236
Astringencia	0.258
Floral	0.329
Cítrico	0.367
Vinagre	0.384
Caramelo	0.407
Efervescencia	0.422
Vegetales c.	0.444
Floral	0.449

Descriptor	p-values
Herbáceo	0.651
Dulce	0.682
CÍTRICO	0.729
Levadura	0.747
Miel	0.777
Levadura	0.844
Metálico	0.854
Zorrillo	0.906
Tepache	0.932

Cuadro 6. Valores P de los ANOVA con relación al efecto de las cervezas, del más discriminante al menos discriminante, en verde se indican los descriptores con diferencias significativas entre las cervezas.

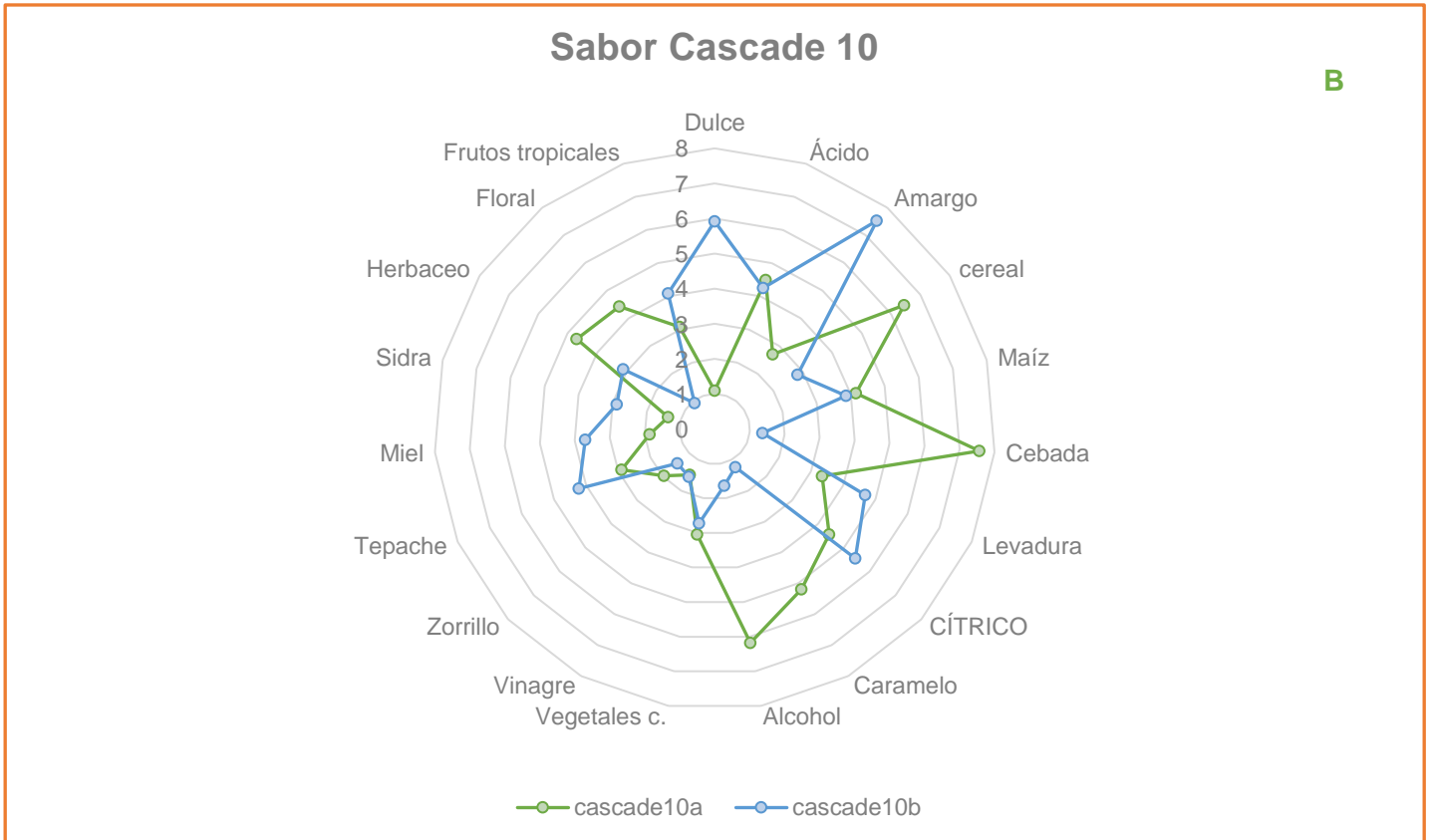
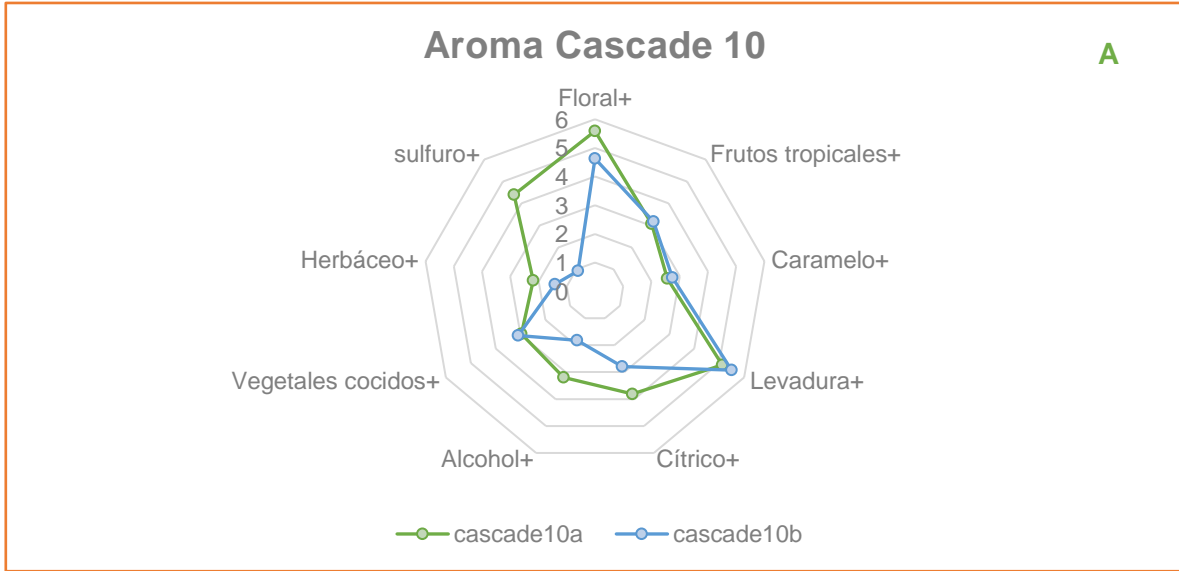
Al realizar los análisis estadísticos correspondientes para todos los atributos en las cuatro cervezas y por todos los jueces en las dos secciones, se encontraron diferencias significativas en los atributos: carbonatación, alcohol, cuerpo, ácido, amargo, frutos tropicales, herbáceo, maíz y sidra con un $\alpha=0.05$; (ANEXO E).

Puesto que el valor-p es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a .

8.2 Análisis cuantitativo descriptivo

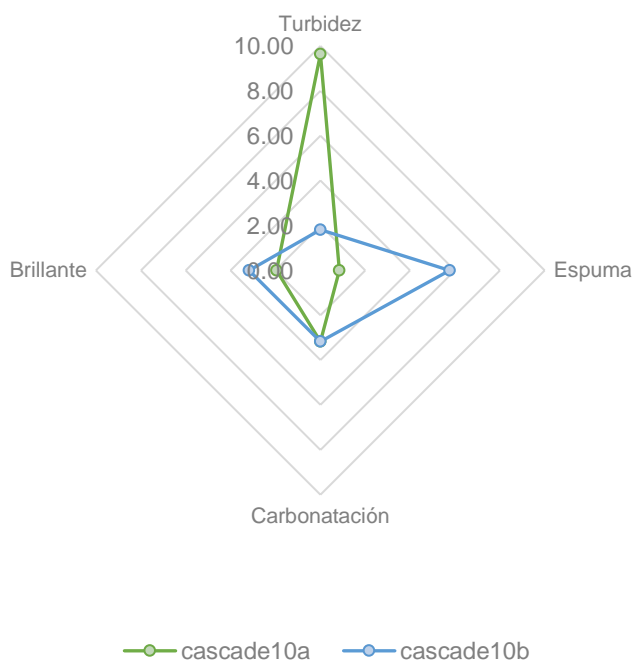
8.2.1 Perfil descriptivo

El perfil sensorial de la cerveza utilizando el tratamiento Cascade 10 min se obtuvieron las siguientes gráficas:



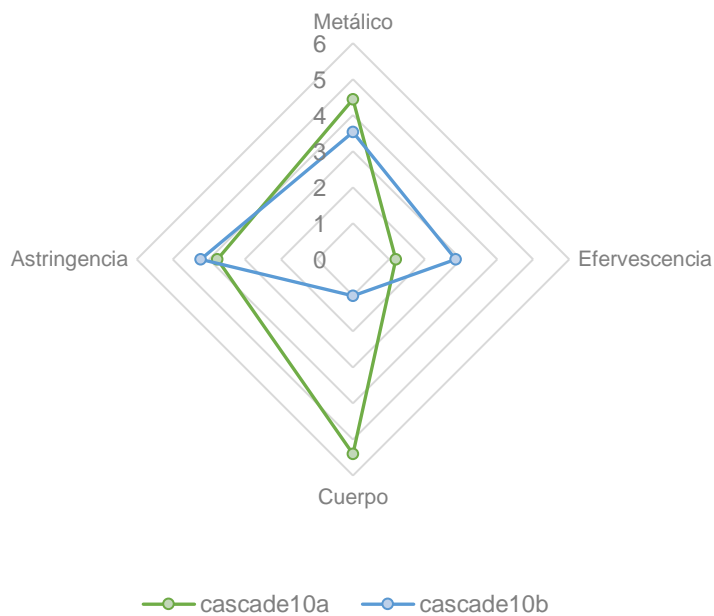
Apariencia Cascade 10

C



Sensación en boca Cascade 10

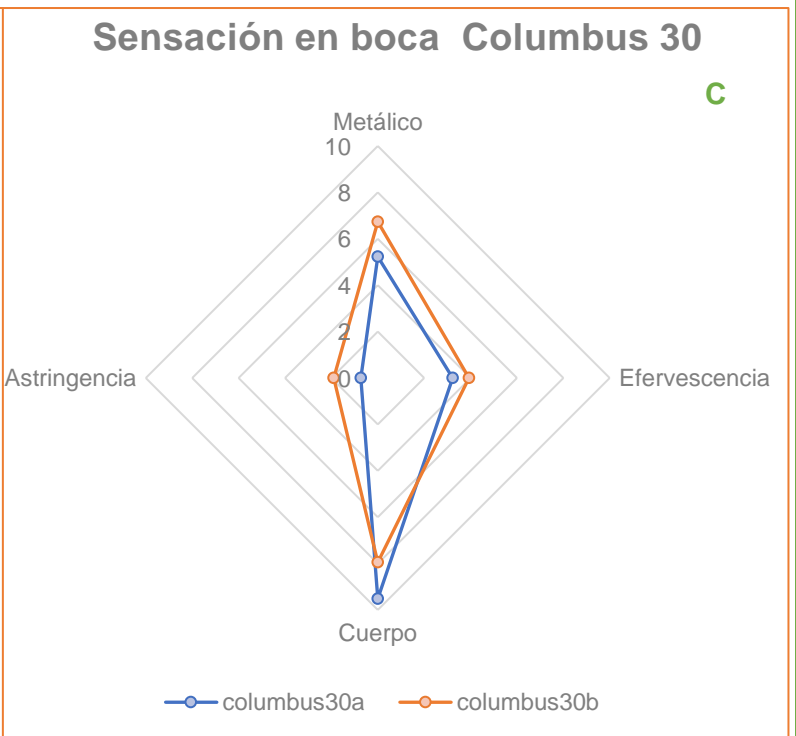
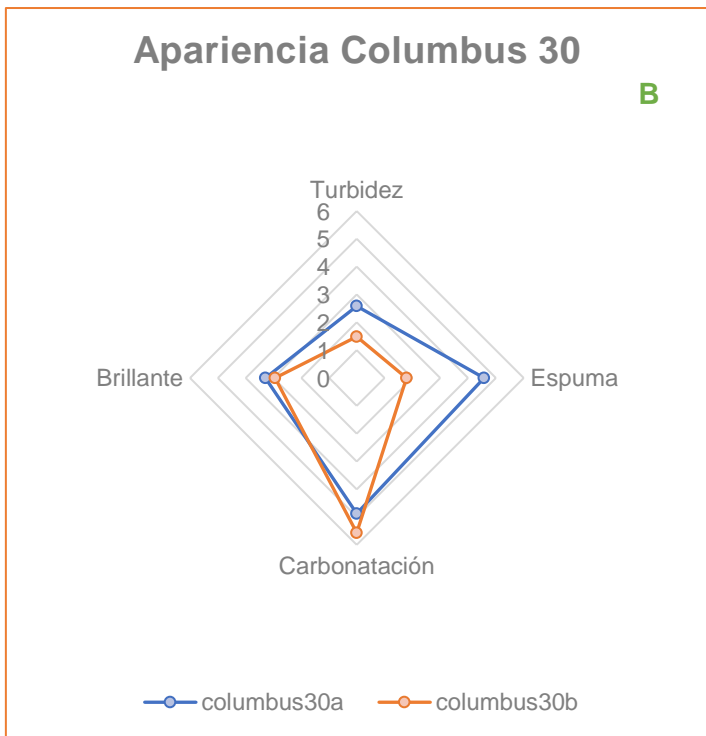
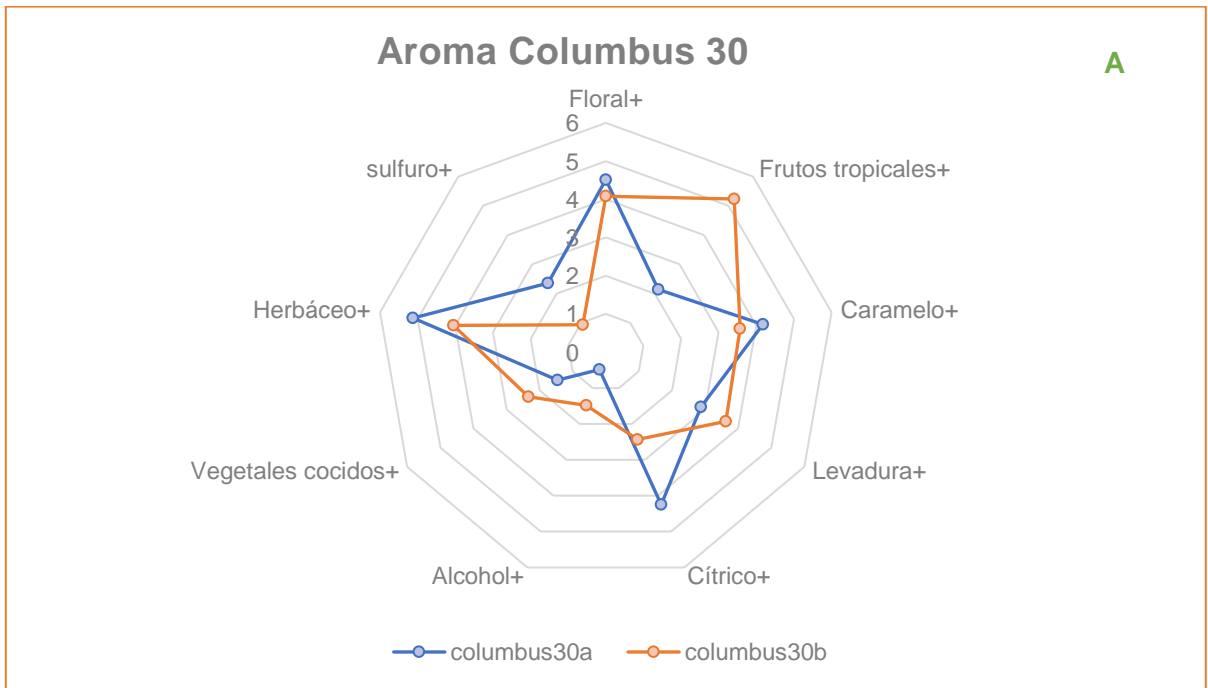
D



Gráfica 10-13. Perfil sensorial de cerveza utilizando el tratamiento Cascade 10', se muestran atributos de apariencia C, olor A, sabor B y sensación en boca D obtenidos al utilizar la metodología para QDA.

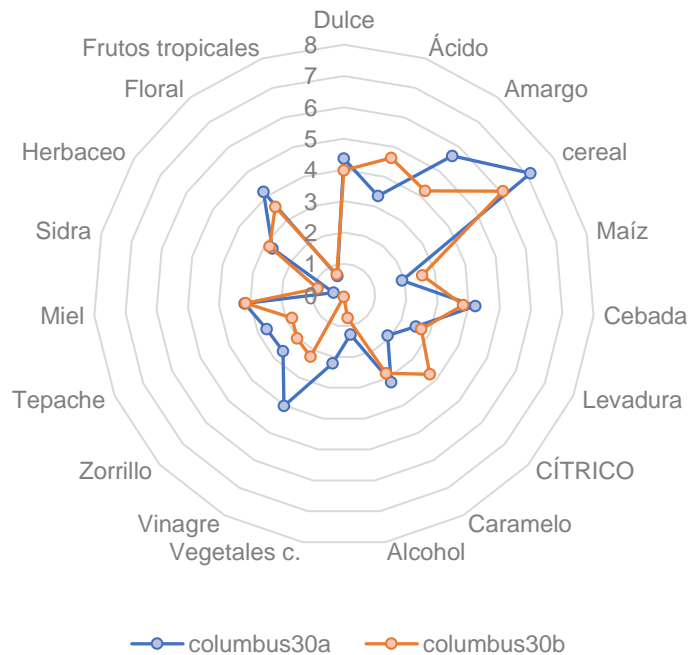
Durante el análisis cuantitativo descriptivo para la cerveza elaborada con el lúpulo Cascade con 10 minutos de cocción, se encontraron por la evaluación de 12 jueces entrenados las características sensoriales para el aroma, apariencia, sensación en boca y sabor, en donde se resaltan los atributos floral y levadura con mayor intensidad de aroma, con cuerpo y sabores más intensos en la segunda repetición para amargo, alcohol y cebada. Para este estilo es importante mencionar que fue el único en el que se observan gráficamente diferencias entre la interacción repeticiones, siendo "a" la primera evaluación y "b" la repetición. Se hicieron las evaluaciones en diferente día, para explicar las diferencias se asume que hubo cambios para este lote en este estilo durante los días que se hicieron los análisis, ó por temperatura de servido. Sin embargo, al realizar el ANOVA con un nivel de significancia del 5% este no reconoce diferencias.

El perfil sensorial de la cerveza utilizando el tratamiento Columbus 30 min se obtuvieron las siguientes gráficas:



Sabor Columbus 30

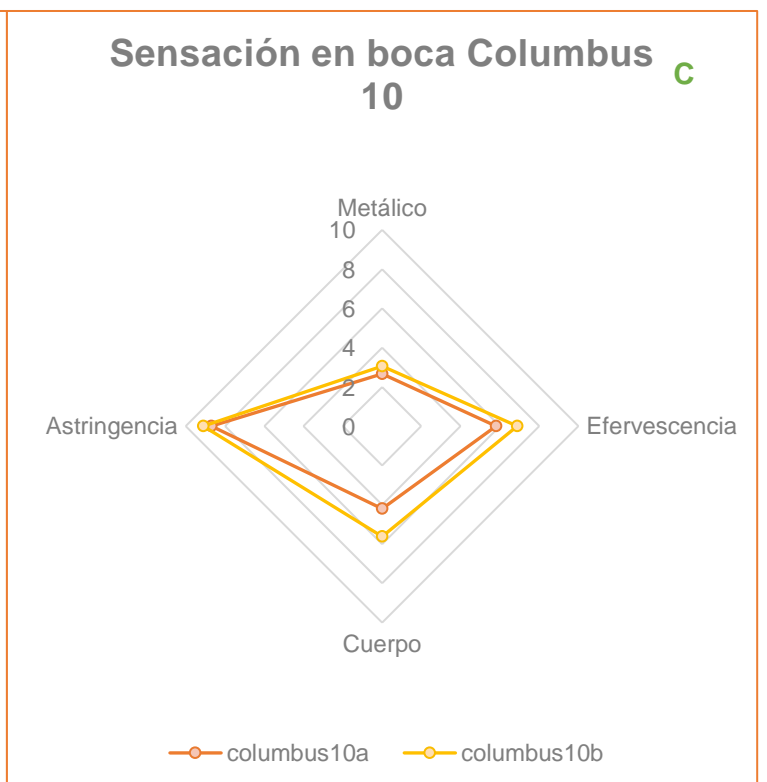
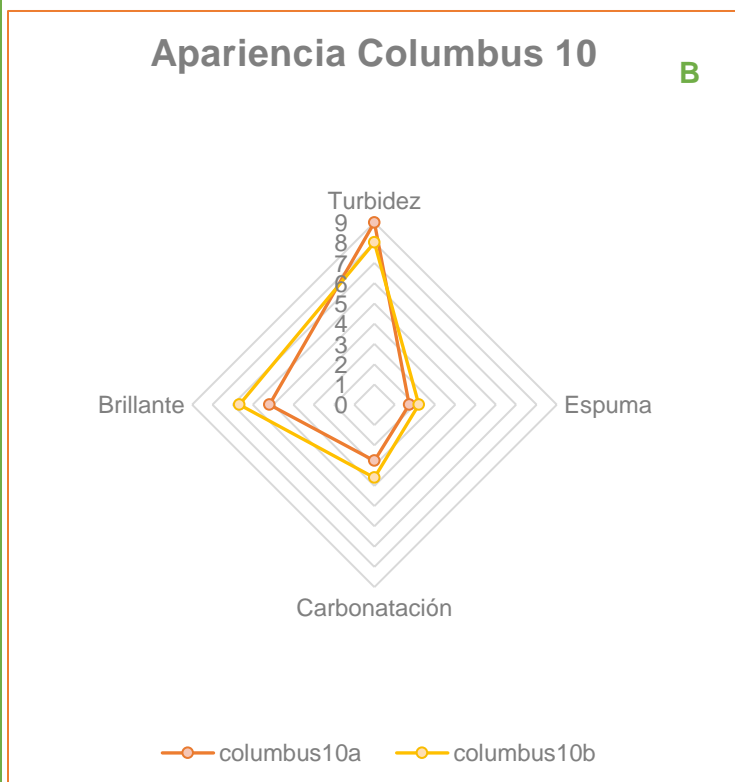
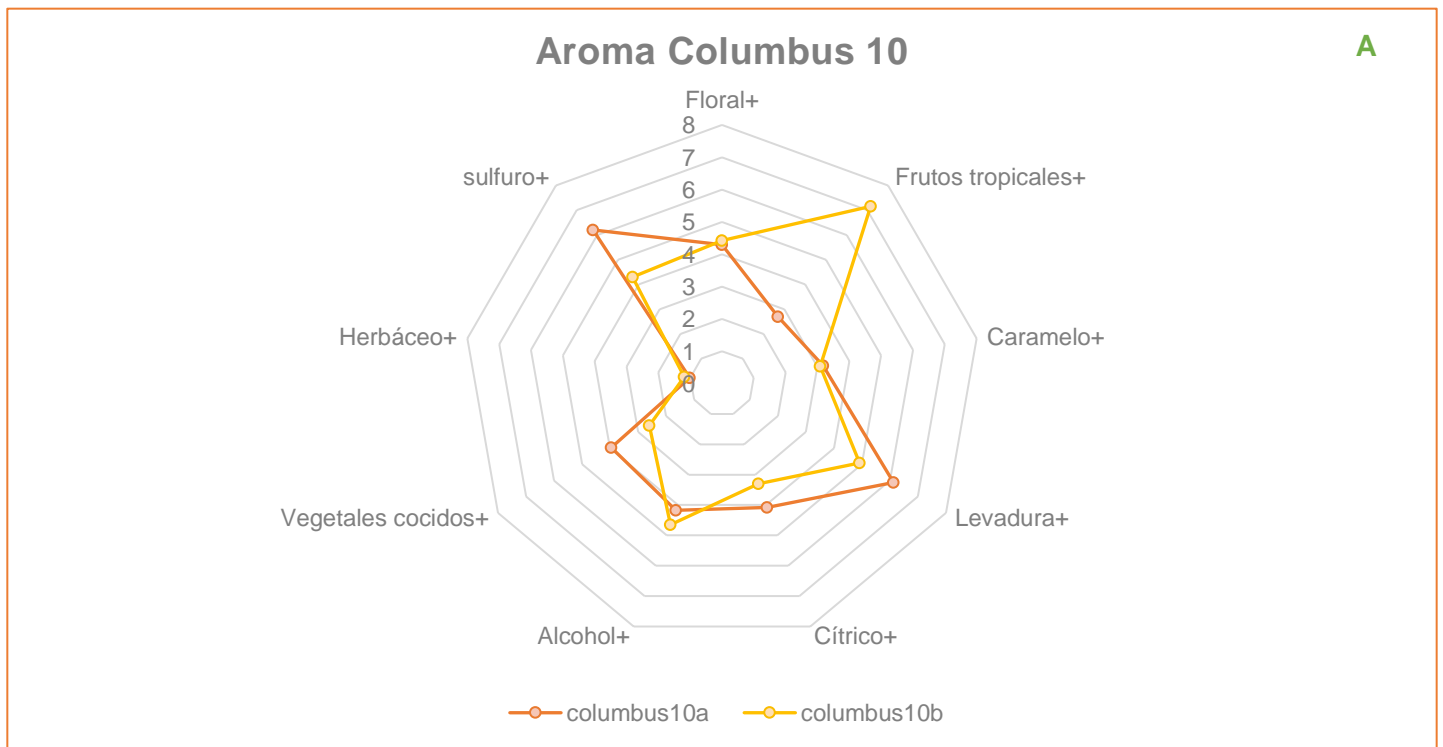
D



Gráfica 14-17. Perfil sensorial de cerveza utilizando el tratamiento Columbus 30', se muestran atributos de apariencia B, olor A, sabor D y sensación en boca C obtenidos al utilizar la metodología para QDA.

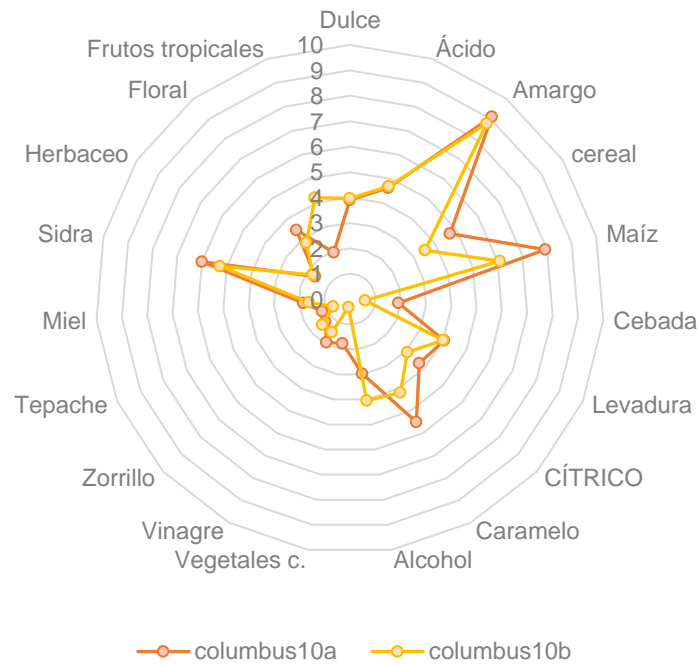
Para el estilo Columbus 30 se obtuvieron atributos característicos para herbáceo, floral y cítricos en aromas provenientes del lúpulo, con una apariencia carbonatada y con presencia de espuma, además de ser una cerveza con cuerpo y principalmente con sabor a cereal predominante respecto a los otros sabores. Para este estilo no hubo diferencias significativas entre repeticiones.

El perfil sensorial de la cerveza utilizando el tratamiento Columbus 10 min se obtuvieron las siguientes gráficas:



Sabor Columbus 10

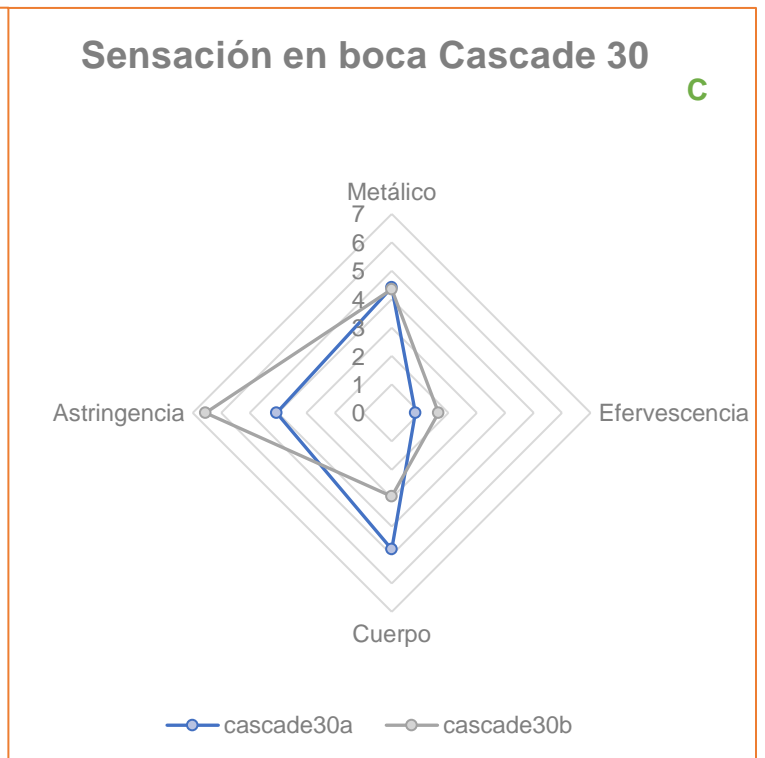
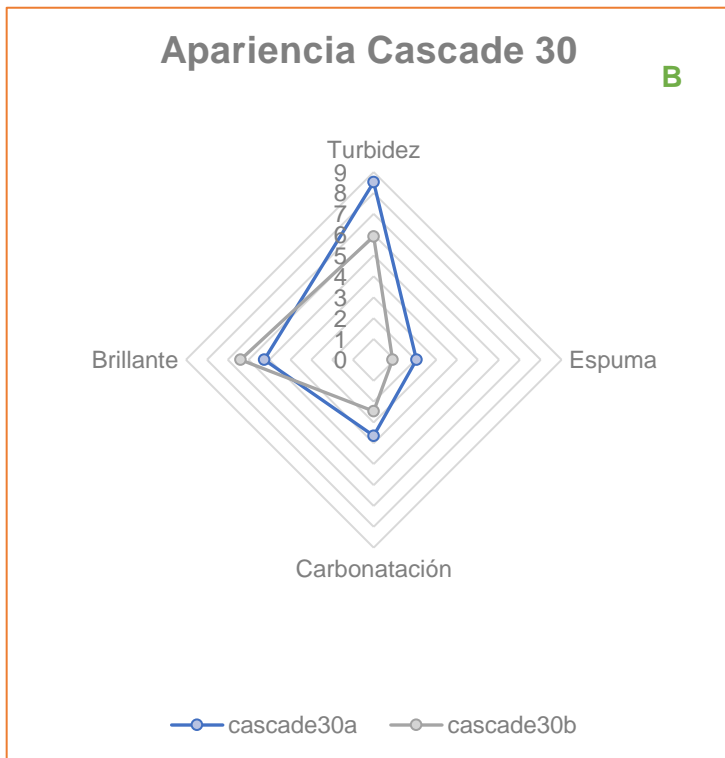
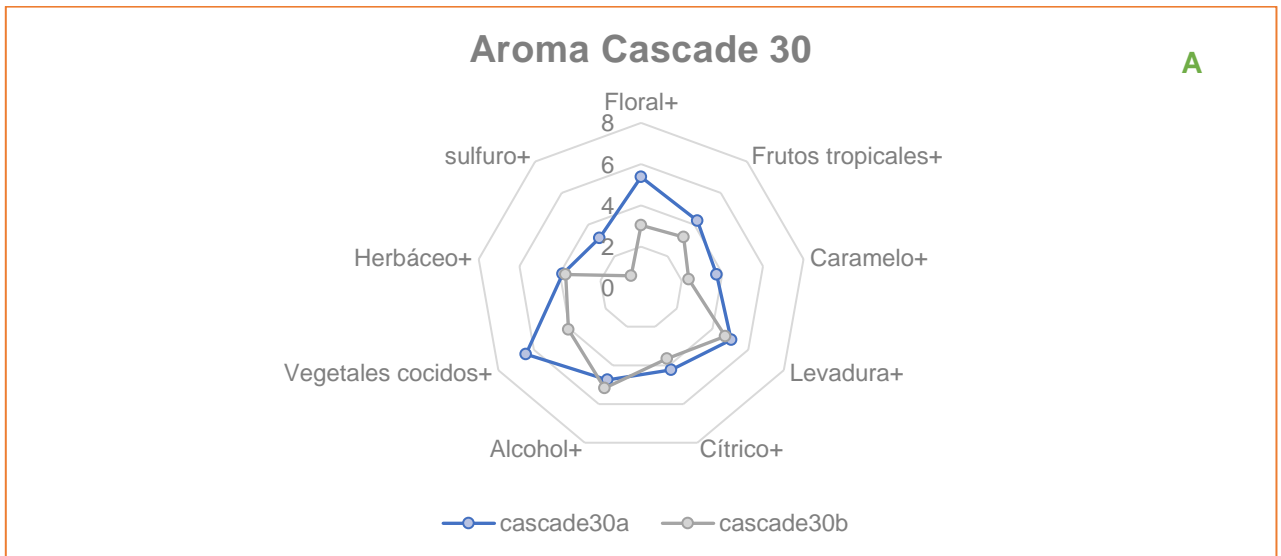
D

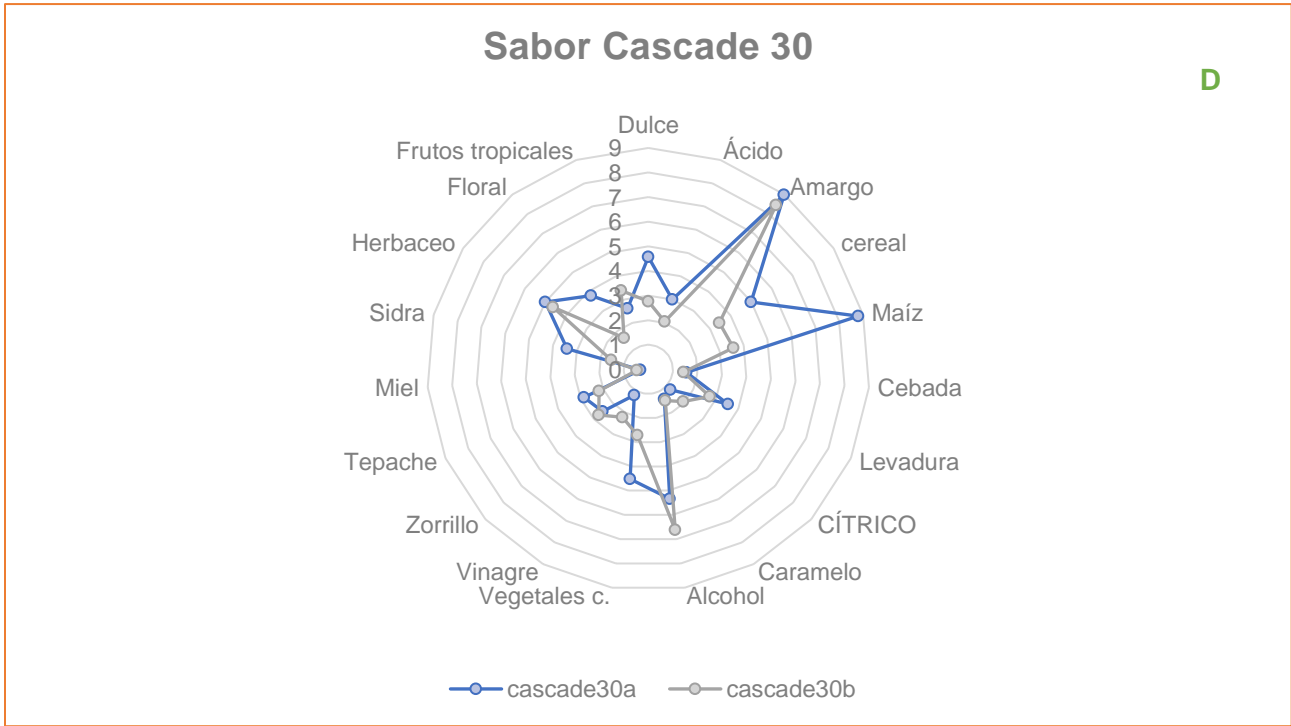


Gráfica 18-21. Perfil sensorial de cerveza utilizando el tratamiento Columbus 10', se muestran atributos de apariencia B, olor A, sabor D y sensación en boca C obtenidos al utilizar la metodología para QDA.

Para Columbus 10 los atributos más intensos para aroma fueron frutos tropicales, herbáceo y levadura, siendo una cerveza turbia debido que en el proceso de elaboración de cerveza artesanal no se utilizó filtración, además de dejar una sensación astringente y burbujeante que refiere en el vocabulario de los jueces a efervescencia. Para este estilo no hubo diferencias significativas entre repeticiones.

El perfil sensorial de la cerveza utilizando el tratamiento Cascade 30 min se obtuvieron las siguientes gráficas:






Gráfica 22-25. Perfil sensorial de cerveza utilizando el tratamiento Cascade 30', se muestran atributos de apariencia B, olor A, sabor D y sensación en boca C, obtenidos al utilizar la metodología para QDA.


En la cerveza madura hecha con el lúpulo Cascade y 30 minutos en la etapa de cocción, su aroma se identificó con mayor intensidad en atributos de vegetales cocidos y floral, el primero característico de las cervezas elaboradas con maíz malteado y el segundo proveniente del lúpulo y la fermentación y en menor intensidad las notas de herbáceo, con apariencia turbia y sensación astringente. Para este estilo no hubo diferencias significativas para la interacción de las dos repeticiones en las que se evaluó este estilo.

9. Caracterización de estilos


A continuación, se presentan las fichas técnicas con las características fisicoquímicas y sensoriales generales de las cuatro cervezas elaboradas en este proyecto. Esta información se obtuvo de los análisis empleados a las cervezas maduras elaboradas con los cuatro tratamientos.

Cascade 10		
	Alcohol	4.1%
	IBUS	31.5
	SRM	16
	Apariencia	Efervescente
	Aroma	Frutos tropicales
	Sabor	Ácido, dulce y cítrico
	Sensación en boca astringente	


Cuadro 7. Características fisicoquímicas y sensoriales de cerveza madura Cascade 10.

Columbus 10		
	Alcohol	3.2
	IBUS	29.6
	SRM	14
	Apariencia	Brillante y turbia
	Aroma	Levadura
	Sabor	Sidra, herbáceo
	Sensación en boca astringente	

Cuadro 8. Características fisicoquímicas y sensoriales de cerveza madura Columbus 10.

Cascade 30		
	Alcohol	4.1
	IBUS	26
	SRM	15
	Apariencia	Turbia
	Aroma	Vegetales cocidos, cítrico, alcohol
	Sabor	Vegetales cocidos, alcohol
	Sensación en boca	fluida

Cuadro 9. Características fisicoquímicas y sensoriales de cerveza madura Cascade 30.

Columbus 30		
	Alcohol	3%
	IBUS	26.5
	SRM	19
	Apariencia	Carbonatada
	Aroma	Caramelo y herbáceo
	Sabor	Cereal, vinagre
	Sensación en boca	metálico y con cuerpo

Cuadro 10. Características fisicoquímicas y sensoriales de cerveza madura Columbus 30.

10. Conclusiones

- El lúpulo variedad Cascade presentó mayor cantidad de polifenoles totales y un menor contenido de aceites esenciales totales y alfa-ácidos.
- Durante la maduración, los tratamientos de cerveza presentaron una disminución del alcohol y del pH.
- Los valores de acidez total fueron menores a los reportados en la literatura.
- Al aumentar los días del tratamiento de malteo incrementó la producción de enzimas dando una mayor producción de alcohol.
- Se probó la levadura *S. cerevisiae* de la marca Safbrew s- 33, con la que se obtuvo un mayor contenido de alcohol.
- Los colores obtenidos con el software MSCV de la Universidad de La Rioja fueron similares a lo que los jueces apreciaron con el Método de Referencia Estándar.
- Las unidades de amargor en las cervezas de maíz estuvieron en un rango de 25 a 30 IBUs en cervezas maduras.
- La cerveza con mayor capacidad antioxidante fue la elaborada con lúpulo Cascade sometida a un tiempo de cocción de 10 minutos.
- Los mostos sin lúpulo tuvieron una menor capacidad antioxidante en comparación con los mostos lupulados.
- Los antioxidantes provenientes de lúpulo se conservaron en la cerveza de maíz madura.
- La variedad del lúpulo y el tiempo en la etapa de cocción tiene influencia significativa en a las propiedades organolépticas de carbonatación, alcohol, cuerpo, ácido, amargo, frutos tropicales, herbáceo, maíz y sidra en las cervezas al analizarlas por QDA.
- La cerveza madura que presentó mayor capacidad antioxidante fue la elaborada con el lúpulo Cascade y 10 minutos de cocción, la cerveza elaborada con este tratamiento tiene la mayor cantidad de alcohol (4.1% v/v) y se caracteriza por una apariencia efervescente, aroma a frutos tropicales, sabor a ácido, dulce y cítrico, y sensación en boca astringente, por estas razones se recomienda este lúpulo y tiempo de cocción.
- El lúpulo Cascade dio como resultado una cerveza con mayor cantidad de polifenoles totales que presentaron valores altos de capacidad antioxidante, por lo que se puede inferir que se obtuvo una bebida con propiedades funcionales.

Bibliografía:

1. Abdel-Aal, E. M., Young, J. C., y Rabalski, I. (2006) Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 54: 4696–4704.
2. Abson, J. W., Saleh, M. S. E., and Walker, T. K. (1954) Further observations on the δ -resin of hops and a method for its estimation, *J. Inst. Brew.* 60, 42–46.
3. Adom K.K, y Liu R.H., (2002) Antioxidant activity of grains, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 6182-6187.
4. Almaguer, Cynthia et al. 2014. «Humulus Lupulus - a Story That Begs to Be Told. A Review: Humulus Lupulus - a Story That Begs to Be Told». *Journal of the Institute of Brewing*: n/a-n/a.
5. Bamforth, C. *Brewing. New technologies.* Woodhead Publishing Limited. Inglaterra, 2006.
6. Bamforth, C.W., y Kanauchi, M. A. (2001) Simple model for the cell wall of the starch endosperm in barley, *Journal of the Institute Brewing*, 107: 235–240.
7. Barth S., De Cooman, L., & De Vos, D. (2015). Chemical transformations of characteristic hop secondary metabolites in relation to beer properties and the brewing process: A review. *Food Chemistry*, 172, 742-756.
8. Barth, S., & Meier, H. (2012). *The Barth reports.* Nuremberg: Barth-Haas Group.
9. Baxter, E. y Hughes, P. *Cerveza. Calidad, higiene y características nutricionales.* Editorial Acribia. España, 2004.
10. Beata O., Kolodziejczyk, J., Wachowicz, B., Jędrejek, D., Stochmal, A., & Oleszek, W. (2011). The extract from hop cones (*Humulus lupulus*) as a modulator of oxidative stress in blood platelets. *Platelets*, 22(5), 345-352.
11. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technoogie*, 28: 25–30.
12. Brouillard, R. (1982) Chemical structure of anthocyanins. En: *Anthocyanins as Food Colors.* Pericles Markakis (ed.), Academic Press Inc., New York, p-1-38.
13. Bustamante, Sandra Zapata, Angélica Tamayo Tenorio, y Benjamín Alberto Rojano. «Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano». : 14.
14. Cabrita, L., Fossen, T., y Andersen, O. M. (2000) Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions, *Food Chemistry*, 68: 101-107.
15. Campos, A. M., y Lissi, E. A. (1996) Kinetics of the reaction between 2,2-azinobis(3-ethylbenzothiazoline)-6-sulfonic acid (ABTS) derived radical cation and phenols, *International Journal of Chemical Kinetics*, 29: 219–224.
16. Cárdenas, Héctor Alejandro Rodríguez. «Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Compañía Cervecería Kunstmann S.A.» : 95.
17. Carrillo, G. *Estudios analíticos por técnicas cromatográficas de la participación de los ácidos amargos derivados del lúpulo en la formación de los aldehídos de Strecker en la cerveza.* Universidad Central de Venezuela. Facultad de ciencias. Posgrado en química. 2011.
18. Chiva-Blanch, G., Urpi-Sarda, M., Rotchés-Ribalta, M., Zamora-Ros, R., Llorach, R., Lamuela-Raventos, R. M., Estruch, R., and Andrés-Lacueva, C. 2011 Determination of resveratrol and piceid in beer matrices by solid-phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry, *J. Chromatogr. A* 1218, 698–705
19. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Razas de maíz de México. Fecha de consulta: 04 de Julio de 2017. <http://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/maices/grupos/chalqueno.html>
20. De Keukeleire, D. (2000) Fundamentals of beer and hop chemistry, *Quimica Nova*, 23 (1): 108–112.
21. De la Parra, C., Serna Saldivar, S.O., y Hai, L.R. (2007) Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 4177-4183.
22. De la Presa, C. *Aplicaciones del análisis sensorial en la industria vitivinícola.* Aplicaciones Industriales y Control de Calidad. 2002.
23. Del Pozo, I. Brenes, C. Serna, S. Talcott, S. Polyphenolic and antioxidant content of White and blue corn (*Zea mays* L.). *Food Research International*. 39: 696-703. 200
24. Del Río, J., 2013, Determinación De La Actividad Antioxidante Por Dpph Y Abts De 30 Plantas Recolectadas En La Ecoregion Cafetera Universidad Tecnológica De Pereira Facultad De Tecnología Escuela De Tecnología Química Pereira
25. Dewanto, V., Wu, X., y Liu, R.H. (2002) Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50, 4959–4964.
26. Donadini, G., Fumi, M.D., y De Faveri, D.M. (2011) Sensory characteristics of Romanian, Polish, Albanian and Former Yugoslavian beers, *Journal of the Institute Brewing*, 117 (4): 507-515.

27. Escalante-Aburto, A., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P., Barrón-Hoyos, J., Figueroa-Cárdenas, J., and López-Cervantes, J. (2013) The nixtamalization process and its effect on anthocyanin content of pigmented maize, a review, *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(4), 429–437
28. Eßlinger, H. M. (2007) Fermentation, maturation and storage in *Handbook of Brewing. Processes, Technology, Markets*. Eßlinger, M. (ed.), Freiberg. Chapter 8, pp.207, 209, 212, 215.
29. Fix, G. *Principles of Brewing Science. A Study of Serious Brewing Issues*. Brewers Publications. Segunda Edición. Estados Unidos de América, 1999.
30. Flores, D., 2018, *Influencia Del Proceso De Elaboración De La Cerveza Artesanal De Maíz Azul En Los Compuestos Que Le Dan Sabor Y Color UAM-I*
31. Flores-Calderón, Alex M. Daniela, Héctor Luna, Héctor Bernardo Escalona-Buendía, y José Ramón Verde-Calvo. 2017. «Chemical Characterization and Antioxidant Capacity in Blue Corn (Zea Mays L.) Malt Beers: Chemical Characterization and Antioxidant Capacity in Blue Corn (Zea Mays L.) Malt Beers». *Journal of the Institute of Brewing* 123(4): 506-18.
32. Frémont, L. (2000) Minireview – Biological effects of resveratrol, *LifeSci*. 66, 663–667.
33. Gaulejac, N. S.-C., Provost, C., & Vivas, N. (1998) Comparative study of polyphenol scavenging activities assessed by different methods, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 425–431.
34. Gil, A. *Tratado de nutrición. Tomo II: Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Segunda edición. Editorial Medica Panamericana. España, 2010.
35. Goiris, K., Jaskula-Goiris, B., Syryn, E., Van Opstaele, F., De Rouck, G., Aerts, G., and De Cooman, L. 2014 The flavoring potential of hop polyphenols in beer, *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 72, 135–142
36. Gómez, D., 2015 *Elaboración y Caracterización Físicoquímica y Sensorial de Cervezas Artesanales Elaboradas con Maíz Rojo” UAM-I*
37. Goupy, P., Hugues, M., Boivin, P., y Amiot, M. J. (1999) Antioxidant composition and activity of barley (*Hordeum vulgare*) and malt extracts and of isolated phenolic compounds, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 1625-1634.
38. Guido, L. F., Boivin, P., Benismail, N., Goncalves, C. R., y Barros, A. A. (2005) An early development of the nonenal potential in the malting process, *Proceedings of the European Brewing Convention, Prague*, 13.
39. Gump, H. y Pruet, D. 1993, *Beer and Wine Production. Analysis, Characterization, and Technological Advances*. American Chemical Society. Estados Unidos de Norteamérica,.
40. Haseleu, G., Intelmann, D., & Hofmann, T. (2009). Identification and RP-HPLC-ESIMS/ MS quantitation of bitter-tasting beta-acid transformation products in beer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(16), 7480–7489.
41. Hollman, P. C. H., y Katan, M. B. (1999). Dietary flavonoids: Intake, health effects and bioavailability, *Food and Chemical Toxicology*, 37: 937–942.
42. Hough, J. (1990) *Biotecnología de la cerveza y la malta*. Editorial Acribia. España.
43. Howard, G. A., and Slater, C. A. (1960) Ion-exchange chromatography of hop resins and its application to the preparation of extracts for bittering beer, *J. Inst. Brew.* 66, 305–312.
44. Huang, D., Ou, B., Prior, R. 2005 *The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays*. *J. Agric. Food Chem.* 53: 1841-1856.
45. INEGI, 2019, *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*
46. Keukeleire, D. D. (2000) Fundamentals of beer and hop chemistry, *Quím. Nova* 23, 108–112.
47. Krottenthaler, M., Back, W., y Zarkow, M. (2007) Wort Production in *Handbook of Brewing. Processes, Technology, Markets*. Eßlinger, M. (ed.), Freiberg. Capítulo 7, p. 165, 168-171, 186, 187, 207.
48. Lawless, H. T., y Heymann, H. (2010) *Sensory evaluation of food: Principles and practices* (2nd ed.). New York, NY: Springer.
49. Loo, G. (2003) Redox-sensitive mechanisms of phytochemical-mediated inhibition of cancer cell proliferation. Review, *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14: 64-73.
50. López, V. 2012. *Tesina para la obtención del grado de Especialización en Biotecnología. Sendechó, bebida prehispánica, estudio del malteado y propuesta tecnológica de elaboración*. Posgrado en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa.
51. Magalhães, P. J., Vieira, J. S., Gonçalves, L. M., Pacheco, J. G., Guido, L. F., y Barros, A. A. (2010) Isolation of phenolic compounds from hop extracts using polyvinylpyrrolidone: Characterization by high-performance liquid chromatography-diode array detection-electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1217(19), 3258–3268.
52. McLaughlin, I. R., Lederer, C., and Shellhammer, T. H. 2008 Bitterness modifying properties of hop polyphenols extracted from spent hop material, *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 66, 174–183.
53. Michael M., Hops—A Millennium Review. (2000). *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 58(4):131-14 <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-58-0131>
54. Milligan, S. R., Kalita, J. C., Heyerick, A., Rong, H., Cooman, L. D., and Keukeleire, D. D. (1999) Identification of potent phytoestrogen in hops (*Humulus lupulus* L.) and beer, *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 83, 2249–2252. Resveratrol: the in vivo evidence, *Nat. Rev. Drug Discov.* 5, 493–506.

55. Mitic, S.S., Paunovic, D. D., Pavlovic, A. N., Tosic, S.B., Stojkovic, M. B., y Mitic, M. N. (2014) Phenolic profiles and total antioxidant capacity of marketed beers in Serbia, *International Journal Food Properties*, 17: 908–922.
56. Miyazawa, M., y Hisima, M. (2003) Antimutagenic activity of phenylpropanoids from clove (*Syzygium aromaticum*), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 6413-6422.
57. Moir, Michael. 2000. «Hops—A Millennium Review». *Journal of the American Society of Brewing Chemists* 58(4): 131-46.
58. Moura-Nunes, N., Brito, T., da Fonseca, N., de Aguilar P., Monteiro, M., Perrone, D., y Torres, A. (2016) Phenolic compounds of Brazilian beers from different types and styles and application of chemometrics for modelling antioxidant capacity, *Food Chemistry*, 199: 105–113.
59. Nagel, Jana et al. 2008. «EST Analysis of Hop Glandular Trichomes Identifies an O Methyltransferase That Catalyzes the Biosynthesis of Xanthohumol». *The Plant Cell* 20(1): 186-200.
60. NORMA Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017, Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba
61. Paliwal, R.L., 2001. Introducción al maíz y su importancia, tomado del libro: El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Departamento de Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Fecha de consulta: 04 de Julio de 2017: http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s02.htm#PO_0
62. Pedreschi R. y Cisneros-Zevallos L. (2007) Phenolic profiles of Andean purple corn (*Zea mays* L.), *Food Chemistry*, 100: 956-963.
63. Pérez, L., Chávez, K., Medina, L. Gámez, N. 2013 Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica* y *Coffea canaphora*. *Biotecnia*. Volumen XV, Número 1, 51-56.
64. Pérez-Martínez, M., Caemmerer, B., Paz de Peña, M., Cid, C., y Kroh, L.W. (2010) Influence of brewing method and acidity regulators on the antioxidant capacity of coffee brews. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 58: 2958-2965.
65. Popescu, V., Soceanu, A., Dobrinas, S. y Stanciu, G. (2013) A study of beer bitterness loss during the various stages of the Romanian beer, *Journal of the Institute of Brewing*, 119:111–115.
66. Quifer-Rada, P., Vallverdú-Queralt, A., Martínez-Huélamo, M., Chiva-Blanch, G., Jáuregui, O., Estruch, R., & Lamuela-Raventós, R. (2015) A comprehensive characterisation of beer polyphenols by high resolution mass spectrometry (LC-ESI-LTQ-Orbitrap-MS). *Food Chemistry*, 169: 336–343.
67. Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española [Dictionary of the Spanish Language]* (22nd ed.). Madrid, Spain: Author.
68. Reinbach, H. C., Giacalone, D., Ribeiro, L. M., Bredie, W. L. P., y Frost, M. B. (2014). Comparison of three sensory profiling methods based on consumer perception: CATA, CATA with intensity and Napping?? *Food Quality and Preference*, 32, 160–166.
69. Romero-Medina, M. A., (2013) Caracterización de cervezas de malta de maíz y de cebada basadas en su perfil sensorial, compuestos volátiles y capacidad antioxidante. Tesis de Maestría. Posgrado en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México.
70. Ruiz T, Determinación de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante en granos de maíz, *Revista Fitotecnica Mexicana*, vol. 31, núm. 3, septiembre, 2008, pp. 29-34 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.Chapingo, México
71. Salinas, M. Y.; Soto, H. M.; Martínez, B. F.; González, H. V. y Ortega, P. M. (1999) Análisis de antocianinas en maíces de grano azul y rojo provenientes de cuatro razas, *Revista Fitotecnica Mexicana*, 22:161-174.
72. Salinas-Moreno, Y., Pérez-Alonso, J., Vázquez-Carrillo, G., Aragón-Cuevas, F., y Velázquez-Cardelas, G. (2012) Anthocyanins antioxidant activity in maize grains (*Zea mays* L.) of chalqueño, elotes cónicos and bolita races. *Agrociencia*, 46: 693-706.
73. Sanchez, G. J., Goodman, M. M., y Stuber, C. W. (2000). Isoenzymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico, *Economic Botany*, 54: 43-59.
74. Sharma, R. J., Gupta, R. C., Singh, S., Bansal, A. K., and Singh, I. P. (2016) Stability of anthocyanins- and anthocyanidins-enriched extracts, and formulations of fruit pulp of *Eugenia jambolona* ('jamun'), *Food Chemistry*, 190: 808–817.
75. SIAP, 2019, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
76. Siniša, S., Vesna, Z., Vlatka, P., Iztok, K., Andreja, Č, (2012), Importance of Medical Effects of Xanthohumol, Hop (*Humulus lupulus* L.) Biofl avonoid in Restructuring of World Hop Industry, *Agriculturae Conspectus Scientificus*. (2012), 77(2), 7
77. Spetsig, L. O., Steninger, M., and Brohult, S. (1957) The resolution of hop bitter substances by reversed-phase partition chromatography, in *Proc. Eur. Brew. Congr., Copenhagen* pp. 22–26, Elsevier: Amsterdam.

78. Steenackers, Bart, Luc De Cooman, y Dirk De Vos. 2015. «Chemical Transformations of Characteristic Hop Secondary Metabolites in Relation to Beer Properties and the Brewing Process: A Review». *Food Chemistry* 172: 742-56.
79. Tenge, C. (2007) Yeast in Handbook of Brewing. Processes, Technology, Markets. Eßlinger, M.(ed.), Capítulo 5, p.129, 134.
80. Van Opstaele, F., Goiris, K., Syryn, E., Rouck, G. D., Jaskula, B., Clippeleer, J. D., Aerts, G., and Cooman, L. D. (2006) Hop: Aroma and bitterness perception, *Cerevisia* 31, 167–188.
81. Vanderhaegen, B., Neven, H., Verachtert, H., y Derdelinckx, G. (2006). The chemistry of beer aging - A critical review, *Food Chemistry*, 95 (3): 357–381.
82. Varnam A.H., Sutherland J.P. (1994) Alcoholic Beverages: I. Beer. In: Beverages. Springer, Boston,
83. Varnam, A. y Sutherland, J. 1997Bebidas. Tecnología, química y microbiología. Editorial Acribia. Edición en español. Capítulo 7: Bebidas alcohólicas 1. Cerveza. España.
84. Velde, N. V. D., and Verzele, M. (1986) High performance liquid chromatography of hop and beer extracts with photodiode array detection, *J. Inst. Brew.* 92, 584–587.
85. Verde-Calvo, J. (2006) Efecto del pH, concentración del sulfuroso, temperatura y tiempo de añejamiento sobre las antocianinas mono y poliméricas en el vino tinto elaborado con Cabernet Sauvignon. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. p. 15. Ciudad de México.
86. Walker, T. K., Zakomorny, M., and Blakebrough, N. (1952) 'Delta resin,' a water-soluble, bitter, bacteriostatic portion of resin of hops,*J. Inst. Brew.* 58, 439–442
87. Wang, Xuping, Lei Yang, Xiaolan Yang, y Yanhua Tian. 2014. «In Vitro and in Vivo Antioxidant and Antimutagenic Activities of Polyphenols Extracted from Hops (*Humulus Lupulus* L.): Biological Activity of Hop Polyphenols». *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94(8): 1693-1700.
88. Yang Z., y Zhai W. (2010) Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.) *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11: 169–176.
89. Zhao, H., Chen, W., Lu, J., y Zhao, M. (2010) Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers, *Food Chemistry*, 119: 1150–1158.
90. Zhao, H., Li, H., Sun, G., Yang, B., y Zhao, M. (2013) Assessment of endogenous antioxidative compounds and antioxidant activities of lager beers, *Journal Science Food Agricultural*, 93: 910–917

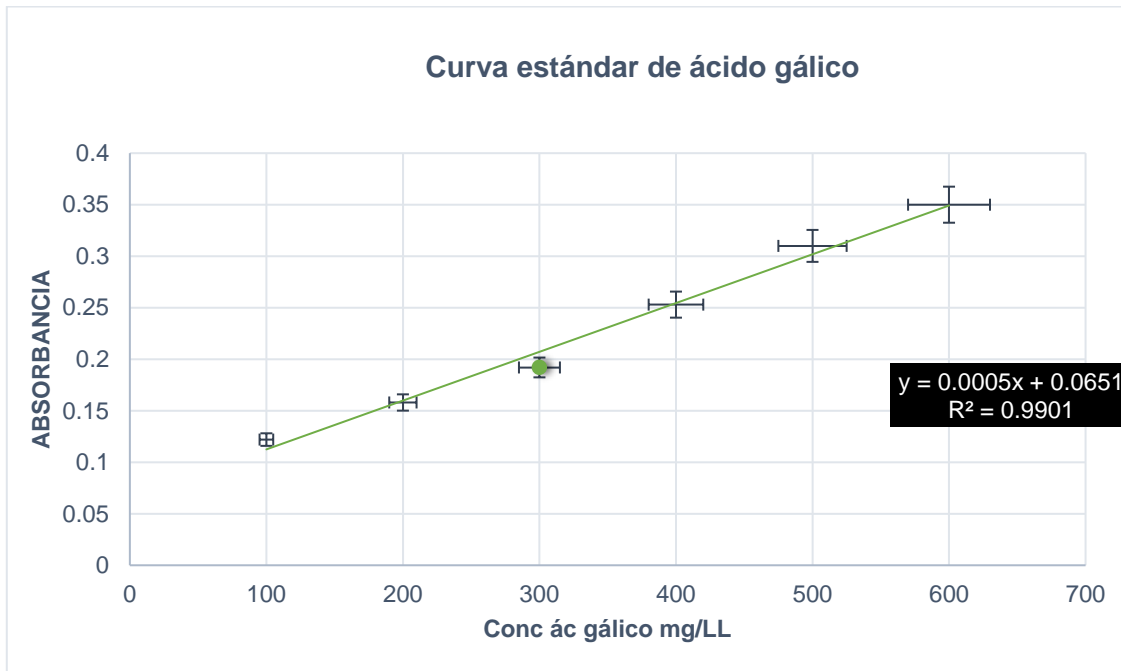
Softwares utilizados:

91. Addinsoft (2020). XLSTAT statistical and data analysis solution. New York, USA. <https://www.xlstat.com>
92. 2014. MSCV_7.1. Universidad de la rioja-Universidad de zaragoza, España.
93. Fizz versión 2.5, Biosystems, Courtenon, Francia

Anexos:

A. Curvas de calibración

Regresiones lineales para obtener las diferentes curvas de calibración utilizadas en metodologías espectrofotométricas utilizadas en el proyecto:



m = Pendiente

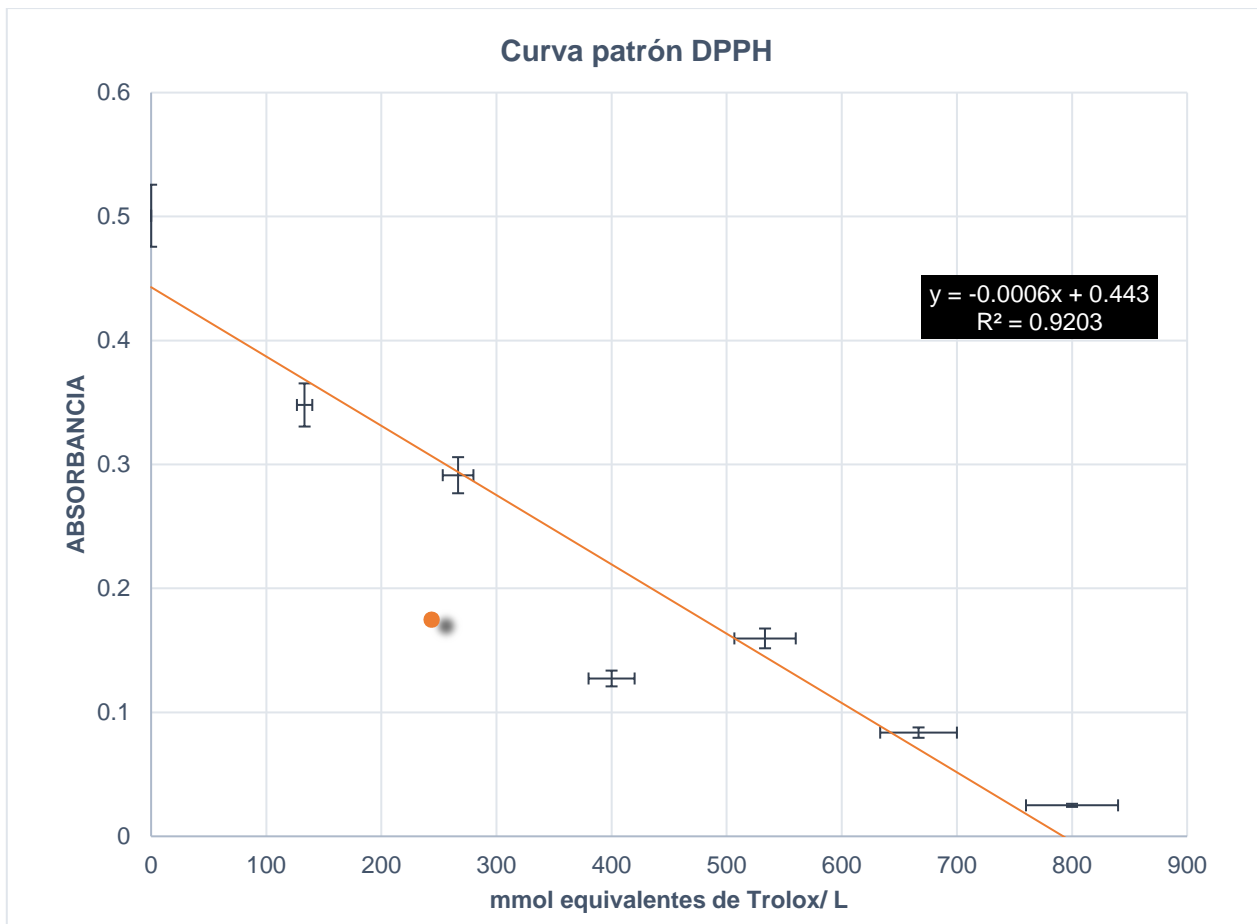
b = Ordenada al origen

R^2 = Coeficiente de determinación

$$y = mx + b \quad m=0.0005$$

$$y = 0.0005x+0.0651 \quad b=-0.0869$$

$$x = (y - 0.0651)/0.0005$$



m = Pendiente

b = Ordenada al origen

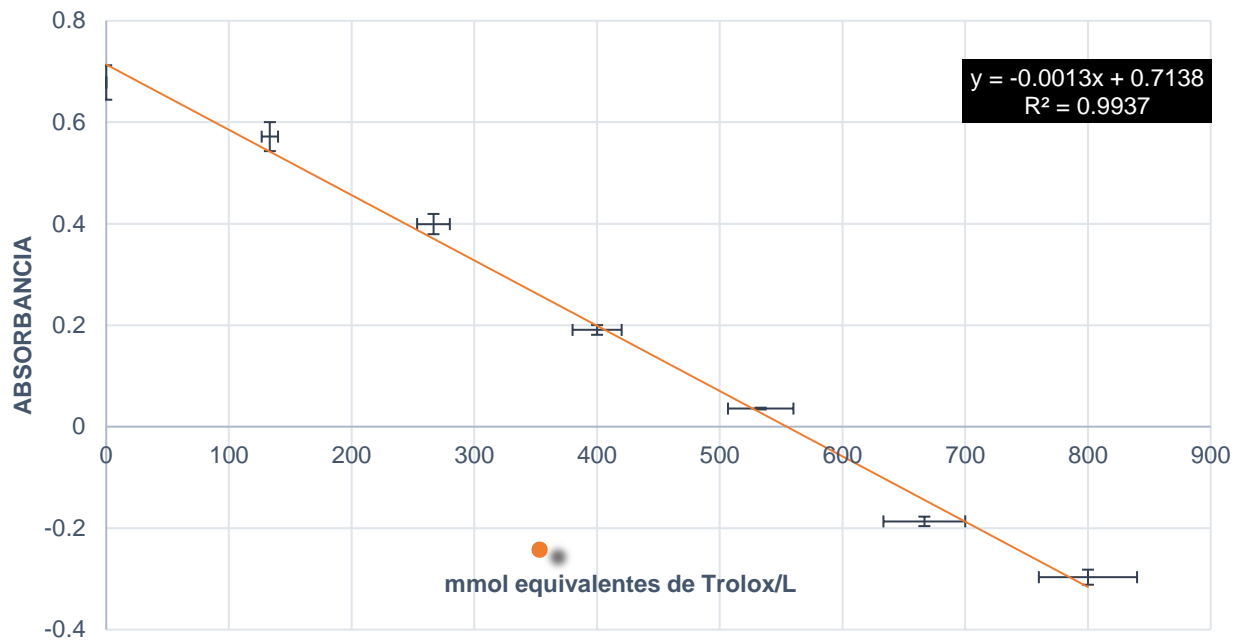
R² = Coeficiente de determinación

$$y = mx + b \quad m = -0.0006$$

$$y = 0.0005x + 0.0651 \quad b = 0.4424$$

$$x = (y - 0.4424) / -0.0006$$

Curva patrón capacidad antioxidante por radical ABTS



m = Pendiente

b = Ordenada al origen

R² = Coeficiente de determinación

$$y = mx + b \quad m = -0.0013$$

$$y = -0.0013x + 0.7138 \quad b = 0.7138$$

$$x = (y - 0.7138) / -0.0013$$

B. Pruebas estadísticas realizadas en xlstat

Identificadores de muestra: lúpulo

Estadísticos descriptivos (aceites):

B.1 Aceites esenciales

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
aceites esenciales	6	0	6	0.280	0.700	0.483	0.194

Estadísticos descriptivos (lúpulo):

Variable	Categorías	Cuentas	Frecuencias	%
lúpulo	Cascade	3	3	50.000
	Columbus	3	3	50.000

Estadísticos descriptivos (Datos / lúpulo):

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
aceites esenciales Cascade	3	0	3	0.280	0.350	0.310	0.036
aceites esenciales Columbus	3	0	3	0.600	0.700	0.657	0.051

Prueba t para dos muestras independientes / Prueba bilateral:

Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:

[-0.447,-0.246]

Diferencia	-0.347
t (Valor observado)	-9.574
t (Valor crítico)	2.776
GL	4
valor-p (bilateral)	0.001
alfa	0.05

Interpretación de la prueba:

H_0 : La diferencia entre las medias es igual a 0.

H_a : La diferencia entre las medias es diferente de 0.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a .

B.2 pH

Estadísticos descriptivos (Datos cuantitativos):

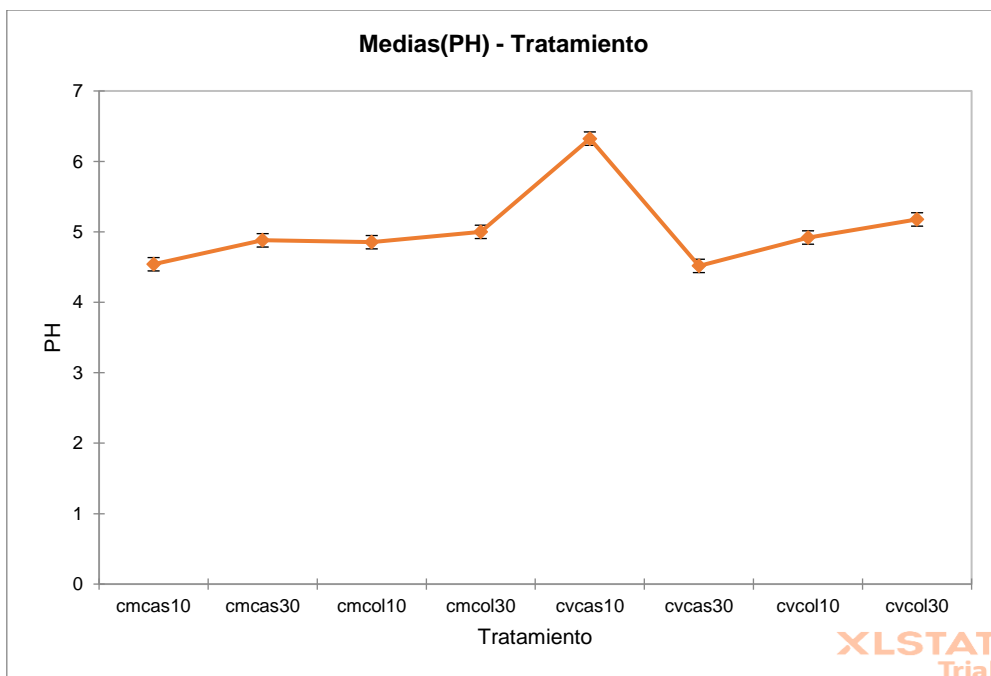
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
PH	24	0	24	4.500	6.400	5.026	0.547

Análisis de varianza (PH):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	7	6.793	0.970	161.633	<0.0001
Error	16	0.096	0.006		
Total corregido	23	6.889			
<i>Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$</i>					

Medias LS para el factor Tratamiento:

Categoría	Media LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
cmcas10	4.540	0.045	4.445	4.635
cmcas30	4.880	0.045	4.785	4.975
cmcol10	4.853	0.045	4.758	4.948
cmcol30	5.000	0.045	4.905	5.095
cvcas10	6.323	0.045	6.228	6.418
cvcas30	4.517	0.045	4.422	4.612
cvcol10	4.920	0.045	4.825	5.015
cvcol30	5.177	0.045	5.082	5.272



B.3 ACIDEZ TOTAL

Estadísticos descriptivos (Datos cuantitativos): Estadísticos descriptivos (Datos cualitativos)

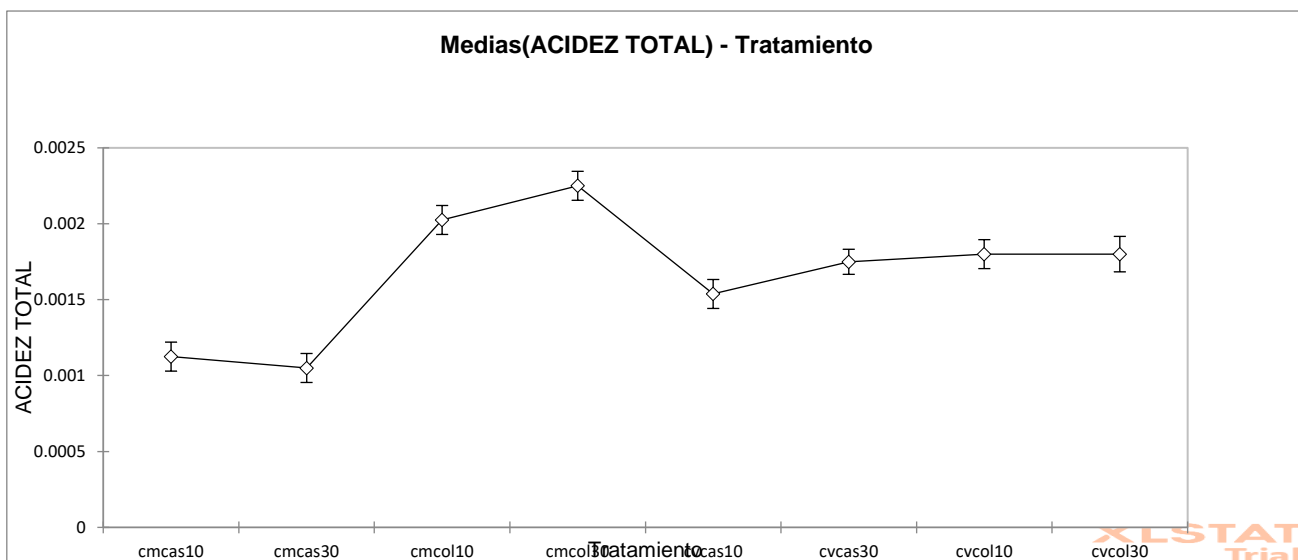
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
ACIDEZ TOTAL	24	0	24	0.001	0.002	0.002	0.000

Análisis de varianza (ACIDEZ TOTAL):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	7	0.000	0.000	84.462	<0.0001
Error	16	0.000	0.000		
Total corregido	23	0.000			
<i>Calculado contra el modelo Y=Media(Y)</i>					

Categoría	Media LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
cmcas10	0.001	0.000	0.001	0.001
cmcas30	0.001	0.000	0.001	0.001
cmcol10	0.002	0.000	0.002	0.002
cmcol30	0.002	0.000	0.002	0.002
cvcas10	0.002	0.000	0.001	0.002
cvcas30	0.002	0.000	0.002	0.002
cvcol10	0.002	0.000	0.002	0.002
cvcol30	0.002	0.000	0.002	0.002

Figure: Medias(ACIDEZ TOTAL) - Tratamiento



B.4 ALCOHOL

Estadísticos descriptivos (Datos cuantitativos):

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
%alcohol	24	0	24	3.000	5.000	4.079	0.693

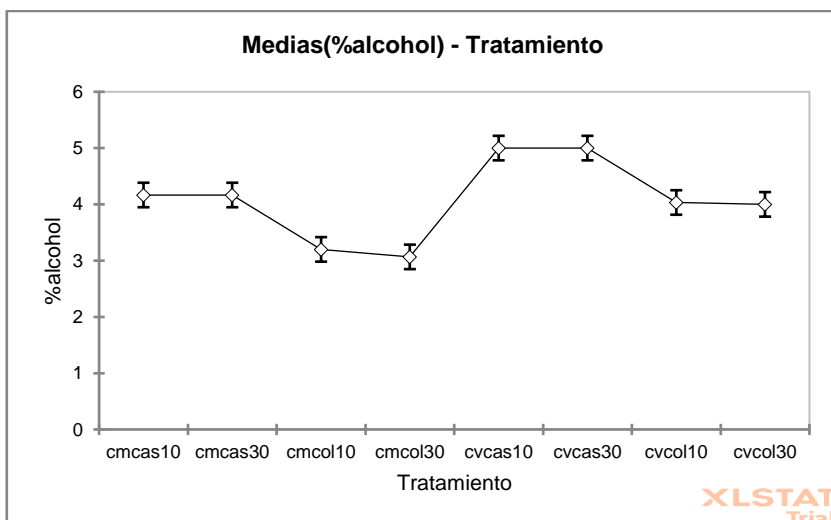
Análisis de varianza (%alcohol):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	7	10.553	1.508	47.607	<0.0001
Error	16	0.507	0.032		
Total, corregido	23	11.060			
<i>Calculado contra el modelo Y=Media(Y)</i>					

Medias LS para el factor Tratamiento:

Categoría	Media LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
cmcas10	4.167	0.103	3.949	4.384
cmcas30	4.167	0.103	3.949	4.384
cmcol10	3.200	0.103	2.982	3.418
cmcol30	3.067	0.103	2.849	3.284
cvcas10	5.000	0.103	4.782	5.218
cvcas30	5.000	0.103	4.782	5.218
cvcol10	4.033	0.103	3.816	4.251
cvcol30	4.000	0.103	3.782	4.218

Figure: Medias(%alcohol) - Tratamiento



B.5 IBUS

Estadísticos descriptivos (Datos cuantitativos):

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
IBUS	48	0	48	12.600	93.000	49.767	26.708

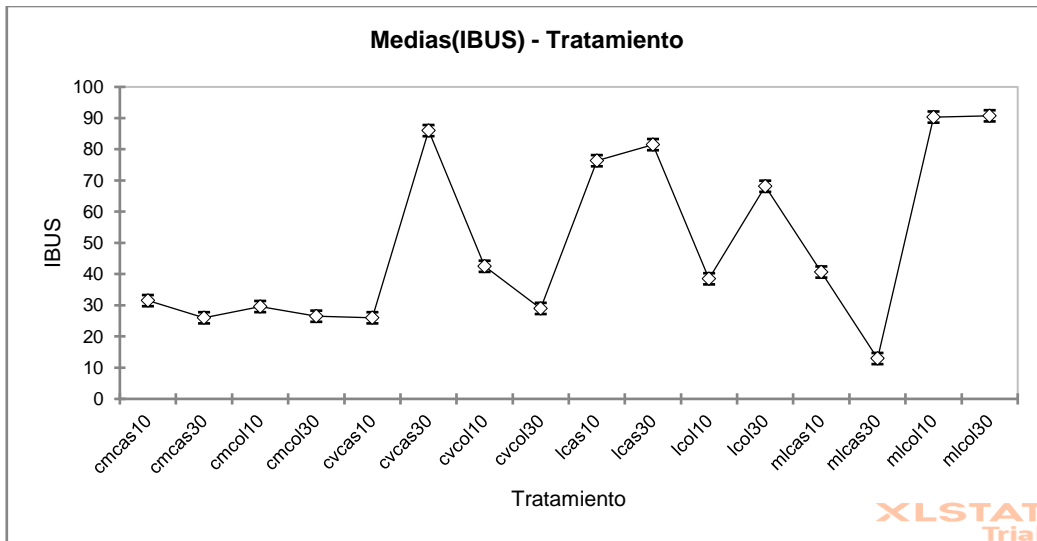
Análisis de varianza (IBUS):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	15	33450.945	2230.063	957.922	<0.0001
Error	32	74.497	2.328		
Total corregido	47	33525.442			
<i>Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$</i>					

Medias LS para el factor Tratamiento:

Categoría	Media LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
cmcas10	31.500	0.881	29.706	33.294
cmcas30	26.000	0.881	24.206	27.794
cmcol10	29.600	0.881	27.806	31.394
cmcol30	26.500	0.881	24.706	28.294
cvcas10	26.000	0.881	24.206	27.794
cvcas30	86.000	0.881	84.206	87.794
cvcol10	42.500	0.881	40.706	44.294
cvcol30	29.000	0.881	27.206	30.794
lcas10	76.350	0.881	74.556	78.144
lcas30	81.500	0.881	79.706	83.294
lcol10	38.500	0.881	36.706	40.294
lcol30	68.150	0.881	66.356	69.944
mlcas10	40.667	0.881	38.872	42.461
mlcas30	12.933	0.881	11.139	14.728
mlcol10	90.333	0.881	88.539	92.128
mlcol30	90.733	0.881	88.939	92.528

Figure: Medias(IBUS) - Tratamiento



B.6 Polifenoles

Estadísticos descriptivos (Datos cuantitativos):

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
polifenoles	51	0	51	291.800	1665.800	849.682	387.873

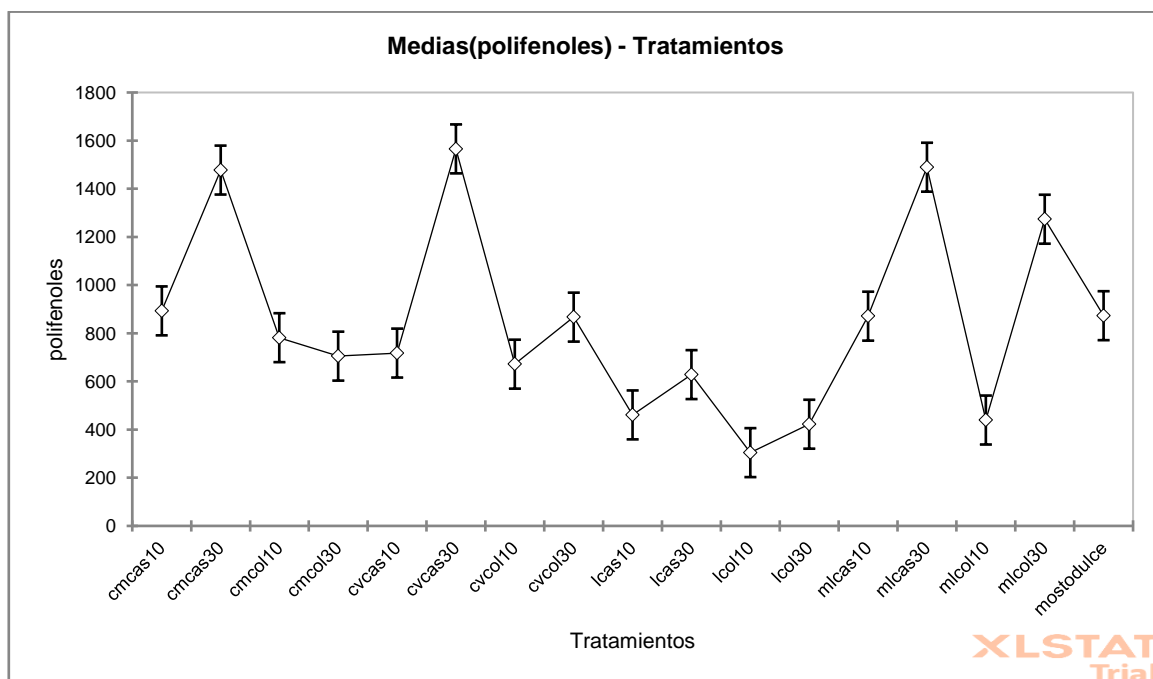
Análisis de varianza (polifenoles):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	16	7267219.294	454201.206	60.545	<0.0001
Error	34	255064.000	7501.882		
Total corregido	50	7522283.294			
<i>Calculado contra el modelo Y=Media(Y)</i>					

Medias LS para el factor Tratamientos:

Categoría	Media LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
cmcas10	893.133	50.006	791.508	994.758
cmcas30	1477.800	50.006	1376.175	1579.425
cmcol10	781.800	50.006	680.175	883.425
cmcol30	705.133	50.006	603.508	806.758
cvcas10	717.800	50.006	616.175	819.425
cvcas30	1565.800	50.006	1464.175	1667.425
cvcol10	671.800	50.006	570.175	773.425
cvcol30	867.133	50.006	765.508	968.758
lcas10	461.133	50.006	359.508	562.758
lcas30	628.467	50.006	526.842	730.092
lcol10	304.467	50.006	202.842	406.092
lcol30	422.467	50.006	320.842	524.092
mlcas10	871.133	50.006	769.508	972.758
mlcas30	1489.800	50.006	1388.175	1591.425
mlcol10	439.800	50.006	338.175	541.425
mlcol30	1273.800	50.006	1172.175	1375.425
mostodulce	873.133	50.006	771.508	974.758

Figure: Medias(polifenoles) - Tratamientos



B.7 Equivalentes a trolox por DPPH

Estadísticos descriptivos (Datos cuantitativos):

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
eqtrolox	60	0	60	0.004	47.833	13.043	17.263

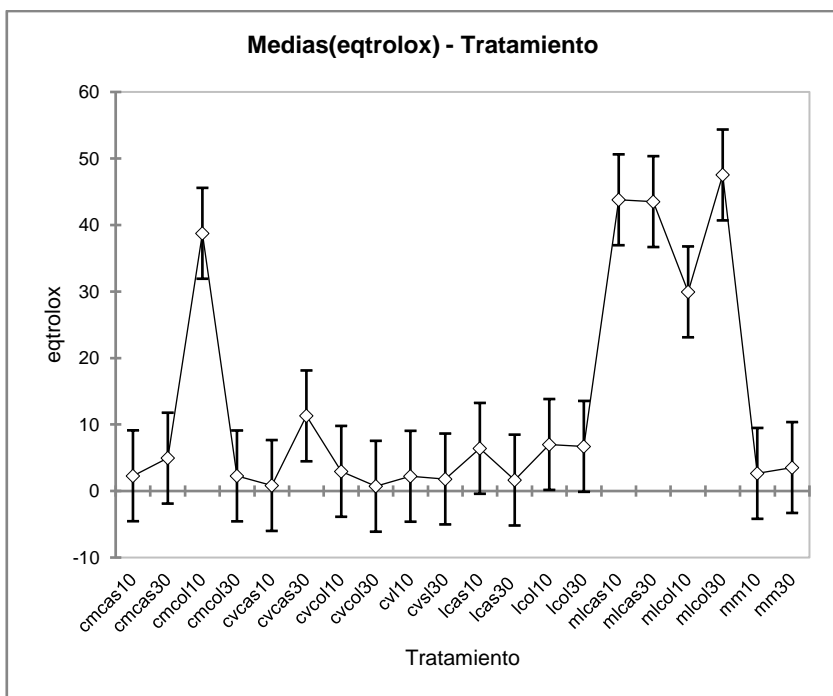
Análisis de varianza (eqtrolox):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	19	16211.811	853.253	24.895	<0.0001
Error	40	1370.949	34.274		
Total corregido	59	17582.760			
<i>Calculado contra el modelo Y=Media(Y)</i>					

Medias LS para el factor Tratamiento:

Categoría	Media LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
cmcas10	2.294	3.380	-4.537	9.126
cmcas30	4.944	3.380	-1.887	11.776
cmcol10	38.750	3.380	31.919	45.581
cmcol30	2.272	3.380	-4.559	9.104
cvcas10	0.833	3.380	-5.998	7.665
cvcas30	11.300	3.380	4.469	18.131
cvcol10	2.961	3.380	-3.870	9.792
cvcol30	0.717	3.380	-6.115	7.548
cvl10	2.222	3.380	-4.609	9.054
cvsl30	1.811	3.380	-5.020	8.642
lcas10	6.417	3.380	-0.415	13.248
lcas30	1.650	3.380	-5.181	8.481
lcol10	7.000	3.380	0.169	13.831
lcol30	6.717	3.380	-0.115	13.548
mlcas10	43.789	3.380	36.958	50.620
mlcas30	43.517	3.380	36.685	50.348
mlcol10	29.946	3.380	23.115	36.777
mlcol30	47.522	3.380	40.691	54.354
mm10	2.656	3.380	-4.176	9.487
mm30	3.535	3.380	-3.296	10.367

Figure: Medias(eqtrolox) - Tratamiento



B.8 Equivalentes a trolox por ABTS

Estadísticos descriptivos (Datos cuantitativos):

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
eqtrolox	60	0	60	0.029	5.375	3.027	1.974

Análisis de varianza (eqtrolox):

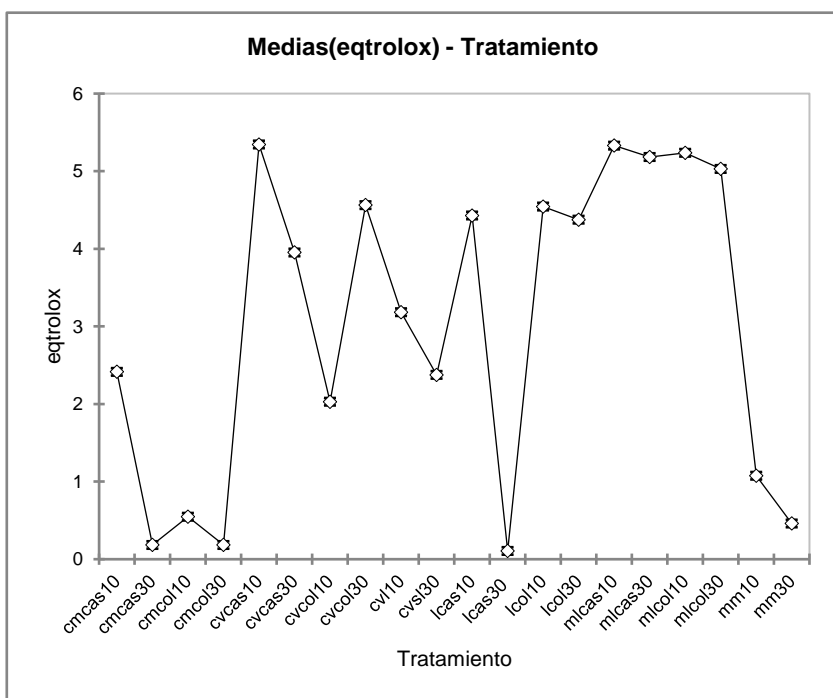
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	19	229.770	12.093	7175.233	<0.0001
Error	40	0.067	0.002		
Total corregido	59	229.838			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Medias LS para el factor Tratamiento:

Categoría	Media LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
cmcas10	2.414	0.024	2.366	2.462
cmcas30	0.183	0.024	0.135	0.231
cmcol10	0.547	0.024	0.499	0.595
cmcol30	0.183	0.024	0.135	0.231
cvcas10	5.345	0.024	5.297	5.393
cvcas30	3.952	0.024	3.904	4.000
cvcol10	2.029	0.024	1.981	2.077
cvcol30	4.563	0.024	4.515	4.610
cvl10	3.183	0.024	3.135	3.231
cvsl30	2.375	0.024	2.327	2.423
lcas10	4.429	0.024	4.381	4.477
lcas30	0.106	0.024	0.058	0.154
lcol10	4.545	0.024	4.497	4.593
lcol30	4.375	0.024	4.327	4.423
mlcas10	5.329	0.024	5.281	5.377
mlcas30	5.183	0.024	5.135	5.231
mlcol10	5.237	0.024	5.189	5.285
mlcol30	5.029	0.024	4.981	5.077
mm10	1.075	0.024	1.027	1.123
mm30	0.460	0.024	0.412	0.508

Figure: Medias(eqtrolox) - Tratamiento



B.9 Color

A es la etiqueta para 10 min y B es para 30 min

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: **L**

Trat	Media	Desviación típica	N
casA	37.5100	.88391	3
casB	18.0000	1.00000	3
colA	28.6000	.95394	3
colB	12.6267	.06351	3
Total	24.1842	10.05477	12

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: **a**

Trat	Media	Desviación típica	N
casA	4.5500	.05000	3
casB	6.5933	.00577	3
colA	6.7200	1.01504	3
colB	7.5633	.01155	3
Total	6.3567	1.23547	12

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: **b**

Trat	Media	Desviación típica	N
casA	9.9867	.01528	3
casB	10.8667	.01528	3
colA	11.4450	.53252	3
colB	13.9233	.02517	3
Total	11.5554	1.54429	12

L

DHS de Tukey^{a,b}

Trat	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
colB	3	12.6267			
casB	3		18.0000		
colA	3			28.6000	
casA	3				37.5100
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .674.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

a

DHS de Tukey^{a,b}

Trat	N	Subconjunto	
		1	2
casA	3	4.5500	
casB	3		6.5933
colA	3		6.7200
colB	3		7.5633
Sig.		1.000	.168

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática

(Error) = .258.

a. Usa el tamaño muestral de la media

armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: **int**

Trat	Media	Desviación típica	N
casA	3.2367	.04163	3
casB	5.1833	.00577	3
colA	4.0267	.05508	3
colB	6.1700	.01000	3
Total	4.6542	1.16589	12

int

DHS de Tukey^{a,b}

Trat	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
casA	3	3.2367			
colA	3		4.0267		
casB	3			5.1833	
colB	3				6.1700
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática

(Error) = .001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: **ton**

Trat	Media	Desviación típica	N
casA	1.1250	.00200	3
casB	1.1227	.00252	3
colA	1.1280	.00100	3
colB	1.2290	.02007	3
Total	1.1512	.04777	12

b

DHS de Tukey^{a,b}

Trat	N	Subconjunto		
		1	2	3
casA	3	9.9867		
casB	3		10.8667	
colA	3		11.4450	
colB	3			13.9233
Sig.		1.000	.108	1.000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .071.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = 0.05

ton

DHS de Tukey^{a,b}

Trat	N	Subconjunto	
		1	2
casB	3	1.1227	
casA	3	1.1250	
colA	3	1.1280	
colB	3		1.2290
Sig.		.915	1.000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .000.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b. Alfa = .05.

C. Descripción de las referencias utilizados en el panel sensorial:

Apariencia:

DESCRIPTOR	DEFINICIÓN
Turbidez	Enturbiamiento causado por la presencia de algún compuesto con alto peso molecular.
Espuma	Persistencia de espuma formada al servirse.
Carbonatación	Cantidad de desprendimiento del CO ₂ disuelto en la cerveza en forma de pequeñas burbujas.
Brillantez	El líquido en vaso brilla por el reflejo de luz

OLOR

DESCRIPTOR	REFERENCIA	DEFINICIÓN
Floral	Esencia Floral	Olor característico de flores
Frutos tropicales	Esencia de frutos tropicales	Olor característico de frutos tropicales
Caramelo	Caramelo	Olor asociado a caramelo de azúcar.
Levadura	Levadura activa en agua.	Olor a levadura de cerveza hidratada
Cítrico	Pellets de lúpulo "Cascade", cervezas muy lupuladas	Olor a frutos cítricos como limón, naranja, toronja: aportados por el lúpulo
Alcohol	Cervezas con alto contenido alcohólico y etanol	Olor característico a alcohol
Vegetales cocidos	Salmuera de verduras cocidas.	Olor a maíz dulce, que proviene de la malta, se le conoce como DMS, sulfato de dimetil, un compuesto de azufre, en cerveza de maíz es característico, en cerveza de cebada es un defecto
Herbal	Pellets de lúpulo "Columbus", cervezas muy lupuladas	Olor relacionado con hierbas, aportadas por el lúpulo
Sulfuro	Esencia de Sulfuro	Huevo, un cerillo encendido o aguas residuales sin procesar.

SABOR:

DESCRIPTOR	REFERENCIA	DEFINICIÓN
Dulce	Mostos dulces	Gusto básico dulce
Ácido	Ácido acético	Gusto básico ácido
Amargo	Infusiones de lúpulo	Gusto básico amargo, es una sensación en la parte posterior de la lengua, provocada por la amargura del lúpulo
Cereal	Mosto de maíz y cebada	Sabor dulce
Maíz	Mosto de maíz rojo	Sabor a maíz, dulce

Cebada	Mosto de cebada	Sabor a cebada, dulce
Levadura	Levadura activada en agua	Sabor a levadura de cerveza
Cítrico	Infusiones de lúpulo con notas cítricas, Cervezas lupuladas	Sabor a frutos cítricos como limón, naranja, toronja: aportado por el lúpulo
Herbal	Infusiones de lúpulo con notas herbales, Cervezas lupuladas	Sabor relacionado con hierbas, aportado por el lúpulo
Alcohol	Cervezas con bajo y alto contenido alcohólico	Sabor característico del alcohol
Vegetales cocidos	Jugo de verduras cocidas	Sabor a maíz dulce, que proviene de la malta, se le conoce como DMS, sulfato de dimetil, un compuesto de azufre.
Vinagre	Cerveza contaminada con ácido acético, vinagre	Sabor intenso muy avinagrado.
Zorrillo	Cerveza expuesta al sol	Presente en cervezas oxidadas debido a la exposición a la luz, desagradable.
Tepache	Tepache, pulque, Yakult (Producto lácteo fermentado)	Sabor característico de ácido láctico
Miel	Miel	Sabor muy dulce, afrutado o floral, ligeramente ácido
Sidra	Sidra de manzana	Jugo fermentado de manzana con notas afrutadas y de alcohol
Floral	Cerveza adicionada con esencia floral	Olor característico de flores, principalmente aportado por la levadura
Frutos tropicales	Cerveza adicionada con esencia de frutos tropicales	Sabor característico de frutos tropicales como mango, melón, piña, etc., principalmente aportado por la levadura

SENSACIÓN EN BOCA

DESCRIPTOR	REFERENCIA	DEFINICIÓN
Metálico	Sulfato ferroso	Sensación o sabor a hierro, monedas o metal
Efervescencia	Cervezas con baja y alta carbonatación.	Sensación de gasificación o burbujeo en boca
Cuerpo	Cerveza "Ultra"- Cuerpo ligero Cerveza "Guinness"- Cuerpo completo	Sensación de plenitud producida en la boca, de peso y viscosidad. Una cerveza con mucho cuerpo se siente densa mientras que las que poseen poco cuerpo se sienten fluida.
Astringencia	Estándar de Astringencia	Produce una sensación de contracción áspera en la lengua y el paladar

D. Valores promedio del QDA

Se muestran para cada una de las cervezas, cada una de ellas en dos secciones, "a" y "b"

APARIENCIA:

tratamientos	Turbidez	Espuma	Carbonatación	Brillante
Cascade10a	9.64	0.85	3.17307692	1.95
Cascade10b	1.81071429	5.76428571	3.17307692	3.17307692
Columbus30a	2.58214286	4.575	4.875	3.28846154
Columbus30b	1.485	1.785	5.565	2.94
Columbus10a	9	1.71428571	2.76428571	5.18571429
Columbus10b	8.01	2.19	3.6	6.66818182
Cascade30a	8.5125	2.04375	3.6375	5.25
Cascade30b	5.91	0.9	2.46	6.39

AROMA:

tratamientos	Floral+	Frutos tropicales+	Caramelo+	Levadura +	Cítrico +	Alcohol +	Vegetales cocidos+	Herbáceo+	sulfuro+
Cascade10a	5.59	3.07	2.56	5.13	3.81	3.20	2.97	2.19	4.39
Cascade10b	4.63	3.18	2.74	5.50	2.79	1.83	3.09	1.41	0.92
Columbus30a	4.51	2.14	4.18	2.87	4.25	0.49	1.46	5.12	2.35
Columbus30b	4.08	5.23	3.57	3.63	2.43	1.48	2.33	4.05	0.93
Columbus10a	4.30	2.70	3.18	6.13	4.08	4.18	3.96	1.01	6.20
Columbus10b	4.43	7.16	3.08	4.92	3.30	4.65	2.60	1.18	4.31
Cascade30a	5.38	4.25	3.73	5.04	4.24	4.76	6.45	3.86	3.15
Cascade30b	3.03	3.21	2.35	4.72	3.66	5.18	4.07	3.72	0.75

SABOR:

Cascade30b	Cascade30a	Columbus10b	Columbus10a	Columbus30b	Columbus30a	Cascade10b	Cascade10a	tratamientos
2.77	4.58	3.97	3.90	3.98	4.36	5.91	1.09	Dulce
2.06	3.00	4.70	4.63	4.64	3.35	4.25	4.49	ácido
8.46	8.98	8.76	9.10	4.22	5.64	7.52	2.70	amargo
3.45	4.99	3.53	4.71	6.07	7.12	2.83	6.45	cereal
3.57	8.81	6.08	7.93	2.58	1.92	3.86	4.16	maíz
1.43	1.55	0.60	1.91	3.82	4.21	1.37	7.57	cebada
2.73	3.54	4.02	4.05	2.70	2.50	4.68	3.34	levadura
1.93	1.23	3.08	3.72	3.73	1.90	5.45	4.44	cítrico
1.45	1.38	4.19	5.50	2.83	3.16	1.24	5.20	caramelo
6.62	5.34	4.05	2.98	0.73	1.28	1.64	6.18	alcohol
2.72	4.53	0.32	1.76	0.05	2.21	2.73	3.05	vegetales
2.22	1.20	1.48	1.94	2.24	4.03	1.55	1.49	Vinagre
2.73	2.53	1.48	1.30	2.03	2.65	1.45	1.97	Zorrillo
2.19	2.85	0.72	1.19	1.82	2.70	4.23	2.90	Tepache
0.47	0.33	1.62	1.84	3.15	3.18	3.70	1.86	Miel
1.56	3.41	5.28	6.00	0.87	0.34	2.88	1.37	Sidra
4.63	5.00	1.73	1.63	2.83	2.73	3.12	4.70	Herbáceo
1.61	3.80	2.80	3.44	3.57	4.18	0.93	4.43	Floral
3.39	2.61	4.22	1.94	0.70	0.65	4.09	3.08	Frutos tropicales

SENSACIÓN EN BOCA:

tratamientos	Metálico	Efervescencia	Cuerpo	Astringencia
Cascade10a	4.44	1.19	5.40	3.76
Cascade10b	3.53	2.85	1.01	4.23
Columbus30a	5.23	3.23	9.51	0.73
Columbus30b	6.74	3.93	7.95	1.90
Columbus10a	2.67	5.81	4.20	8.69
Columbus10b	3.06	6.89	5.62	9.11
Cascade30a	4.41	0.84	4.80	4.05
Cascade30b	4.35	1.65	2.94	6.55

E. PCA y análisis estadístico de QDA

ANOVAS por descriptor

Descriptors	F	Pr > F
Turbidez	2.117	0.112
Espuma	2.259	0.095
Carbonatación	8.441	0.000
Brillante	2.143	0.109
Floral	1.180	0.329
Frutos tropicales	1.829	0.156
Caramelo	1.916	0.141
Levadura	0.409	0.747
Cítrico	1.081	0.367
Alcohol	2.765	0.053
Vegetales cocidos	1.471	0.236
Herbáceo	3.584	0.021
Sulfuro (Huevo)	1.792	0.163
Dulce	0.504	0.682
Ácido	4.589	0.007
Amargo	4.175	0.011
cereal	1.757	0.170
Maíz	2.874	0.047
Cebada	2.778	0.053
Levadura	0.274	0.844
CÍTRICO	0.435	0.729
Caramelo	0.990	0.407
Alcohol	5.103	0.004
Vegetales c.	0.911	0.444
Vinagre	1.042	0.384
Zorrillo	0.185	0.906
Tepache	0.146	0.932
Miel	0.367	0.777
Sidra	2.859	0.048
Herbaceo	0.549	0.651
Floral	0.899	0.449
Frutos tropicales	4.033	0.013
Metálico	0.260	0.854
Efervescencia	0.957	0.422
Cuerpo	4.984	0.005
Astringencia	1.391	0.258

ANOVAs para cada descriptor por jueces y cervezas, así como la interacción:

APARIENCIA:

ANOVA with **Turbidez** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Turbidez):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	105.396	35.132	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	2.117	0.112
juez	Random	16	165.590	10.349	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	0.624	0.847
repeticion	Fixed	1	60.543	60.543	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	5.231	0.028
cerveza*juez	Random	43	713.575	16.595	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.434	0.135
Error		36	416.648	11.574	σ^2		

ANOVA with **Espuma** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Espuma):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	27.983	9.328	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	2.259	0.095
juez	Random	16	85.730	5.358	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.298	0.242
repeticion	Fixed	1	89.270	89.270	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	11.722	0.002
cerveza*juez	Random	43	177.517	4.128	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	0.542	0.972
Error		36	274.161	7.616	σ^2		

ANOVA with **Carbonatación** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Carbonatación):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	329.407	109.802	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	8.441	0.000
juez	Random	16	313.682	19.605	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.507	0.142
repeticion	Fixed	1	252.700	252.700	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	14.391	0.001
cerveza*juez	Random	43	559.351	13.008	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	0.741	0.828
Error		36	632.153	17.560	σ^2		

ANOVA with **Brillante** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Brillante):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	41.186	13.729	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	2.143	0.109
juez	Random	16	206.824	12.927	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	2.018	0.034
repeticion	Fixed	1	0.054	0.054	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.008	0.927
cerveza*juez	Random	43	275.488	6.407	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	0.991	0.515
Error		36	232.686	6.463	σ^2		

AROMAS:

ANOVA with **Floral** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Floral):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	48.963	16.321	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	1.180	0.329
juez	Random	16	271.190	16.949	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.225	0.289
repeticion	Fixed	1	0.012	0.012	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.001	0.970
cerveza*juez	Random	43	594.945	13.836	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.689	0.055
Error		36	294.862	8.191	σ^2		

ANOVA with **Frutos tropicales** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Frutos tropicales):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	66.319	22.106	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	1.829	0.156
juez	Random	16	315.067	19.692	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.630	0.102
repeticion	Fixed	1	75.297	75.297	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	7.281	0.011
cerveza*juez	Random	43	519.605	12.084	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.168	0.318
Error		36	372.318	10.342	σ^2		

ANOVA with **Caramelo** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Caramelo):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	60.208	20.069	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	1.916	0.141
juez	Random	16	320.577	20.036	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.913	0.046
repeticion	Fixed	1	2.901	2.901	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.500	0.484
cerveza*juez	Random	43	450.363	10.474	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.807	0.036
Error		36	208.712	5.798	σ^2		

ANOVA with **Levadura** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Levadura):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	11.965	3.988	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	0.409	0.747
juez	Random	16	478.185	29.887	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	3.064	0.002
repeticion	Fixed	1	3.703	3.703	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.530	0.471
cerveza*juez	Random	43	419.477	9.755	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.397	0.153
Error		36	251.343	6.982	σ^2		

ANOVA with **Cítrico** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Cítrico):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	29.399	9.800	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	1.081	0.367
juez	Random	16	228.588	14.287	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.576	0.118
repeticion	Fixed	1	3.544	3.544	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.383	0.540
cerveza*juez	Random	43	389.843	9.066	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	0.979	0.530
Error		36	333.225	9.256	σ^2		

ANOVA with **Alcohol** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y=\mu+P+J+S+P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Alcohol):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	79.750	26.583	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	2.765	0.053
juez	Random	16	262.140	16.384	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.704	0.083
repeticion	Fixed	1	25.743	25.743	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	6.809	0.013
cerveza*juez	Random	43	413.388	9.614	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	2.543	0.003
Error		36	136.111	3.781	σ^2		

ANOVA with **Vegetales cocidos** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y=\mu+P+J+S+P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Vegetales cocidos):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	56.534	18.845	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	1.471	0.236
juez	Random	16	483.450	30.216	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	2.358	0.013
repeticion	Fixed	1	6.390	6.390	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.902	0.349
cerveza*juez	Random	43	550.897	12.812	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.809	0.036
Error		36	254.992	7.083	σ^2		

ANOVA with **Herbáceo** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y=\mu+P+J+S+P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Herbáceo):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	85.089	28.363	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	3.584	0.021
juez	Random	16	304.987	19.062	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	2.409	0.011
repeticion	Fixed	1	7.623	7.623	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	2.052	0.161
cerveza*juez	Random	43	340.314	7.914	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	2.130	0.011
Error		36	133.744	3.715	σ^2		

ANOVA with **Sulfuro (Huevo)** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y=\mu+P+J+S+P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Sulfuro (Huevo)):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	54.504	18.168	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	1.792	0.163
juez	Random	16	87.870	5.492	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	0.542	0.908
repeticion	Fixed	1	2.546	2.546	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.298	0.589
cerveza*juez	Random	43	435.946	10.138	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.186	0.302
Error		36	307.695	8.547	σ^2		

SABOR:

ANOVA with **Dulce** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Dulce):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	17.593	5.864	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	0.50	
juez	Random	16	289.310	18.082	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	4	0.682
repeticion	Fixed	1	59.709	59.709	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	1.55	
cerveza*juez	Random	43	500.664	11.643	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	3	0.125
Error		36	174.685	4.852	σ^2	12.3	
						05	0.001
						2.40	
						0	0.004

ANOVA with **Ácido** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Ácido):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	98.446	32.815	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	4.58	
juez	Random	16	254.624	15.914	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	2.22	0.019
repeticion	Fixed	1	24.132	24.132	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	6	
cerveza*juez	Random	43	307.466	7.150	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	4.75	0.036
Error		36	182.542	5.071	σ^2	9	
						1.41	
						0	0.146

ANOVA with **Amargo** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Amargo):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	164.388	54.796	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	4.17	0.011
	Rando				$53.125 * Q(\text{cerveza})$	5	
juez	Rando	16	401.371	25.086	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.91	0.046
					m	$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	
repeticion	Fixed	1	45.442	45.442	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0	0.020
cerveza*jue	Rando	43	564.361	13.125	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.70	0.052
ez	m					1	
Error		36	277.725	7.715	σ^2		

ANOVA with **cereal** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(cereal):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	51.275	17.092	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.75	0.170
	Rando				$53.125 * Q(\text{cerveza})$	7	
juez	Rando	16	394.827	24.677	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	2.53	0.008
					m	$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	
repeticion	Fixed	1	4.400	4.400	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.25	0.615
cerveza*jue	Rando	43	418.365	9.729	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	0.57	0.961
ez	m					0	
Error		36	614.226	17.062	σ^2		

ANOVA with **Maíz** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares
analysis (Maíz):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	168.945	56.315	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	2.87	0.047
	Rando				$53.125 * Q(\text{cerveza})$	4	
juez	Rando	16	417.981	26.124	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.33	0.222
					m	$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	
repeticion	Fixed	1	0.054	0.054	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.00	0.943
cerveza*jue	Rando	43	842.580	19.595	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.84	0.032
ez	m					1	
Error		36	383.188	10.644	σ^2		

ANOVA with **Cebada** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Cebada):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	80.455	26.818	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	2.77	0.053
	Random				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	Fixed	16	279.065	17.442	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.80	0.062
	Random				$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$		
repeticion	Fixed	1	36.072	36.072	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	4.08	0.051
cerveza*juez	Random	43	415.170	9.655	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.09	0.396
Error		36	318.190	8.839	σ^2		

ANOVA with **Levadura** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Levadura):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	10.547	3.516	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	0.27	0.844
	Random				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	Fixed	16	233.641	14.603	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.13	0.355
	Random				$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$		
repeticion	Fixed	1	3.960	3.960	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	1.01	0.321
cerveza*juez	Random	43	552.436	12.847	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	3.28	0.000
Error		36	140.703	3.908	σ^2		

ANOVA with **CÍTRICO** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(CÍTRICO):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	10.127	3.376	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	0.43	0.729
	Random				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	Fixed	16	246.351	15.397	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.98	0.038
	Random				$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$		
repeticion	Fixed	1	1.044	1.044	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.14	0.705
cerveza*juez	Random	43	333.763	7.762	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.08	0.408
Error		36	258.516	7.181	σ^2		

ANOVA with **Caramelo** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Caramelo):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	23.316	7.772	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	0.99	0.407
	Random				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	Fixed	16	223.657	13.979	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.78	0.067
	Random				$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$		
repeticion	Fixed	1	40.280	40.280	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	7	0.015
cerveza*juez	Random	43	337.623	7.852	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.26	0.240
Error		36	224.219	6.228	σ^2		

ANOVA with **Alcohol** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Alcohol):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	136.504	45.501	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	5.10	0.004
	Random				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	Fixed	16	221.691	13.856	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.55	0.125
	Random				$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$		
repeticion	Fixed	1	64.800	64.800	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	7.74	0.009
cerveza*juez	Random	43	383.391	8.916	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.06	0.426
Error		36	301.275	8.369	σ^2	5	

ANOVA with **Vegetales c.** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Vegetales c.):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	23.722	7.907	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	0.91	0.444
	Random				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	Fixed	16	222.303	13.894	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.60	0.110
	Random				$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$		
repeticion	Fixed	1	0.594	0.594	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.21	0.649
cerveza*juez	Random	43	373.308	8.682	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1	0.000
Error		36	101.308	2.814	σ^2	3.08	

ANOVA with **Vinagre** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Vinagre):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	25.464	8.488	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.04	0.384
	Rando				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	m	16	161.008	10.063	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.23	0.282
repeticion	Fixed	1	0.063	0.063	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	8	0.893
cerveza*jue	Rando	43	350.441	8.150	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	2.37	0.005
ez	m					4	
Error		36	123.597	3.433	σ^2		

ANOVA with **Zorrillo** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Zorrillo):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	4.752	1.584	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	0.18	0.906
	Rando				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	m	16	151.491	9.468	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.10	0.382
repeticion	Fixed	1	2.377	2.377	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	3	0.496
cerveza*jue	Rando	43	369.024	8.582	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.70	0.051
ez	m					7	
Error		36	181.043	5.029	σ^2		

ANOVA with **Tepache** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis
(Tepache):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	3.313	1.104	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	0.14	0.932
	Rando				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	m	16	194.708	12.169	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.61	0.107
repeticion	Fixed	1	0.001	0.001	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0	0.986
cerveza*jue	Rando	43	325.064	7.560	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.77	0.041
ez	m					0	
Error		36	153.775	4.272	σ^2		

ANOVA with **Miel** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Miel):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	7.346	2.449	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	0.36	0.777
	Random				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	Fixed	16	223.569	13.973	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	2.09	0.028
	Random				$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$		
repeticion	Fixed	1	< 0.0001	< 0.0001	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0	1.000
cerveza*juez	Random	43	286.906	6.672	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.16	0.323
Error		36	206.573	5.738	σ^2		

ANOVA with **Sidra** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Sidra):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	67.841	22.614	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	2.85	0.048
	Random				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	Fixed	16	186.766	11.673	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.47	0.154
	Random				$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$		
repeticion	Fixed	1	1.713	1.713	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.39	0.532
cerveza*juez	Random	43	340.130	7.910	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.84	0.031
Error		36	154.572	4.294	σ^2	2	

ANOVA with **Herbaceo** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Herbaceo):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	16.202	5.401	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	0.54	0.651
	Random				$53.125 * Q(\text{cerveza})$		
juez	Fixed	16	226.820	14.176	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) +$	1.44	0.168
	Random				$12.5 * \sigma^2(\text{juez})$		
repeticion	Fixed	1	8.229	8.229	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	2.11	0.154
cerveza*juez	Random	43	422.744	9.831	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	7	0.003
Error		36	139.945	3.887	σ^2	2.52	

ANOVA with **Floral** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Floral):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	25.168	8.389	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	0.89	0.449
juez	Random	16	340.339	21.271	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	2.28	0.016
repeticion	Fixed	1	8.964	8.964	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	1.03	0.316
cerveza*juez	Random	43	401.088	9.328	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	3	0.415
Error		36	312.538	8.682	σ^2	1.07	

ANOVA with **Frutos tropicales** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Frutos tropicales):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	89.312	29.771	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	4.03	0.013
juez	Random	16	264.361	16.523	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	2.23	0.018
repeticion	Fixed	1	3.150	3.150	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	0.56	0.458
cerveza*juez	Random	43	317.442	7.382	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.32	0.197
Error		36	201.082	5.586	σ^2	2	

SENSACIÓN EN BOCA:

ANOVA with **Metálico** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P*J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Metálico):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	10.519	3.506	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	0.260	0.854
juez	Random	16	244.708	15.294	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.133	0.357
repeticion	Fixed	1	11.973	11.973	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	1.678	0.203
cerveza*juez	Random	43	580.315	13.496	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.891	0.026
Error		36	256.880	7.136	σ^2		

ANOVA with **Efervescencia** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Efervescencia):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	29.477	9.826	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	0.957	0.422
juez	Random	16	113.397	7.087	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	0.690	0.787
repeticion	Fixed	1	4.476	4.476	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	1.622	0.211
cerveza*juez	Random	43	441.416	10.265	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	3.719	< 0.0001
Error		36	99.362	2.760	σ^2		

ANOVA with **Cuerpo** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Cuerpo):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	125.166	41.722	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	4.984	0.005
juez	Random	16	261.955	16.372	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.956	0.041
repeticion	Fixed	1	27.032	27.032	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	1.993	0.167
cerveza*juez	Random	43	359.968	8.371	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	0.617	0.935
Error		36	488.229	13.562	σ^2		

ANOVA with **Astringencia** as dependent variable to evaluate effects / Model: $Y = \mu + P + J + S + P * J$:

Mixed Models - Type III Sum of Squares analysis (Astringencia):

Source	Type	DF	Sum of squares	Mean squares	E(Mean squares)	F	Pr > F
cerveza	Fixed	3	48.345	16.115	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 53.125 * Q(\text{cerveza})$	1.391	0.258
juez	Random	16	242.087	15.130	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez}) + 12.5 * \sigma^2(\text{juez})$	1.306	0.237
repeticion	Fixed	1	21.065	21.065	$\sigma^2 + 106.25 * Q(\text{repeticion})$	2.574	0.117
cerveza*juez	Random	43	498.127	11.584	$\sigma^2 + 3.125 * \sigma^2(\text{cerveza} * \text{juez})$	1.415	0.144
Error		36	294.632	8.184	σ^2		

Estadísticos descriptivos para atributos en general:

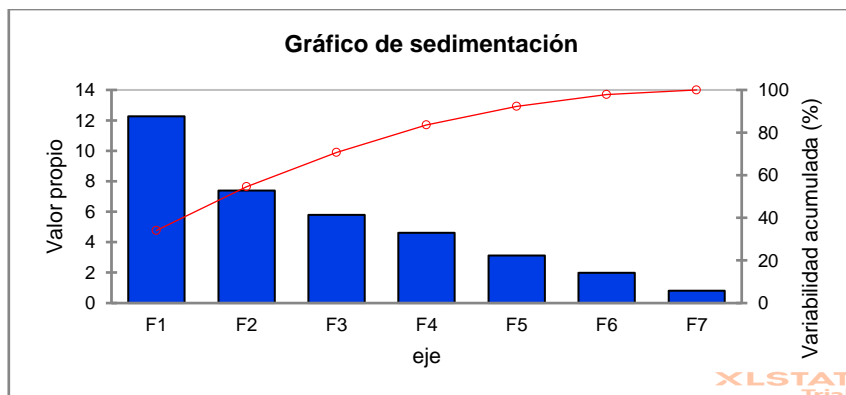
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Turbidez	8	0	8	1.485	9.638	5.868	3.424
Espuma	8	0	8	0.850	5.764	2.478	1.760
Carbonatación	8	0	8	2.460	5.565	3.656	1.057
Brillante	8	0	8	1.950	6.668	4.356	1.745
Floral+	8	0	8	3.033	5.588	4.492	0.787
Frutos tropicales+	8	0	8	2.138	7.155	3.866	1.636
Caramelo+	8	0	8	2.350	4.177	3.173	0.622
Levadura+	8	0	8	2.873	6.129	4.742	1.034
Cítrico+	8	0	8	2.433	4.250	3.570	0.678
Alcohol+	8	0	8	0.488	5.183	3.220	1.757
Vegetales cocidos+	8	0	8	1.463	6.450	3.367	1.505
Herbáceo+	8	0	8	1.013	5.123	2.818	1.559
Sulfuro (Huevo) +	8	0	8	0.750	6.204	2.876	1.995
Dulce	8	0	8	1.091	5.914	3.820	1.407
Ácido	8	0	8	2.055	4.700	3.888	0.977
Amargo	8	0	8	2.700	9.096	6.922	2.446
cereal	8	0	8	2.827	7.119	4.892	1.560
Maíz	8	0	8	1.915	8.807	4.862	2.493
Cebada	8	0	8	0.600	7.568	2.808	2.295
Levadura	8	0	8	2.504	4.685	3.446	0.774
CÍTRICO	8	0	8	1.225	5.446	3.185	1.431
Caramelo	8	0	8	1.238	5.500	3.117	1.714
Alcohol	8	0	8	0.733	6.617	3.600	2.294
Vegetales c.	8	0	8	0.050	4.525	2.169	1.464
Vinagre	8	0	8	1.200	4.027	2.017	0.893
Zorrillo	8	0	8	1.300	2.733	2.018	0.573
Tepache	8	0	8	0.717	4.225	2.323	1.102
Miel	8	0	8	0.325	3.700	2.018	1.251
Sidra	8	0	8	0.338	6.000	2.711	2.074
Herbaceo	8	0	8	1.625	5.000	3.295	1.334
Floral	8	0	8	0.935	4.425	3.094	1.238
Frutos tropicales	8	0	8	0.650	4.219	2.585	1.391
Metálico	8	0	8	2.668	6.735	4.303	1.288
Efervescencia	8	0	8	0.836	6.885	3.297	2.171
Cuerpo	8	0	8	1.013	9.514	5.179	2.678
Astringencia	8	0	8	0.729	9.105	4.876	3.016

Análisis de Componentes Principales:

Valores propios:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Valor propio	12.270	7.383	5.800	4.616	3.133	1.997	0.801
Variabilidad (%)	34.082	20.508	16.112	12.823	8.703	5.547	2.225
% acumulado	34.082	54.590	70.702	83.525	92.228	97.775	100.000

Figure: Gráfico de sedimentación



Vectores propios:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Turbidez	0.189	0.141	0.258	-0.066	0.019	-0.001	0.099
Espuma	-0.076	-0.167	-0.238	-0.038	0.300	-0.121	0.305
Carbonatación	-0.232	-0.107	0.054	0.117	0.049	0.288	0.011
Brillante	0.187	0.064	-0.024	0.335	-0.044	-0.030	0.119
Floral+	-0.006	0.021	0.151	-0.284	0.296	0.265	0.310
Frutos tropicales+	0.077	-0.113	0.049	0.174	-0.179	0.490	0.349
Caramelo+	-0.159	-0.032	0.098	0.201	0.359	0.139	0.021
Levadura+	0.254	-0.023	0.001	-0.169	0.051	-0.021	-0.274
Cítrico+	0.037	0.218	0.176	0.041	0.281	-0.300	0.150
Alcohol+	0.238	0.163	0.057	0.096	-0.111	0.072	-0.024
Vegetales cocidos+	0.159	0.225	-0.044	0.007	0.181	0.237	-0.332
Herbáceo+	-0.223	0.189	-0.041	0.154	0.031	0.042	-0.025
Sulfuro (Huevo) +	0.137	-0.043	0.331	-0.046	0.166	-0.107	0.018
Dulce	0.001	-0.159	-0.245	0.145	0.332	0.107	-0.043
Ácido	0.019	-0.298	0.176	-0.150	0.004	0.167	-0.034
Amargo	0.200	0.019	-0.117	0.259	0.184	-0.065	-0.044
cereal	-0.215	0.061	0.251	-0.058	0.088	-0.006	-0.056
Maíz	0.216	0.064	0.117	0.042	0.260	0.193	-0.178
Cebada	-0.160	0.056	0.200	-0.292	-0.099	-0.054	0.022
Levadura	0.205	-0.172	-0.087	-0.156	0.178	0.063	0.081

CÍTRICO	0.031	-0.248	-0.052	-0.317	-0.110	-0.018	-0.142
Caramelo	0.038	-0.121	0.363	-0.088	-0.051	-0.183	-0.010
Alcohol	0.148	0.274	0.066	-0.075	-0.172	-0.015	0.207
Vegetales c.	0.043	0.274	-0.094	-0.180	0.263	-0.047	0.032
Vinagre	-0.210	-0.016	0.014	0.169	0.055	-0.395	0.073
Zorrillo	-0.145	0.293	-0.059	0.127	-0.026	-0.028	0.106
Tepache	-0.079	0.077	-0.259	-0.292	0.171	-0.014	0.076
Miel	-0.156	-0.276	-0.087	-0.122	0.061	-0.083	0.000
Sidra	0.245	-0.119	0.092	0.087	0.152	0.023	-0.072
Herbaceo	-0.024	0.317	-0.094	-0.175	-0.061	0.154	0.018
Floral	-0.116	0.074	0.351	-0.029	0.135	0.103	0.011
Frutos tropicales	0.216	0.003	-0.143	-0.119	-0.123	0.039	0.492
Metálico	-0.247	0.062	-0.016	0.033	-0.133	0.251	-0.207
Efervescencia	0.076	-0.288	0.127	0.212	-0.025	-0.070	0.061
Cuerpo	-0.209	-0.017	0.234	0.156	0.034	0.060	0.165
Astringencia	0.261	-0.057	0.068	0.109	-0.105	-0.104	0.005

Cargas factoriales:

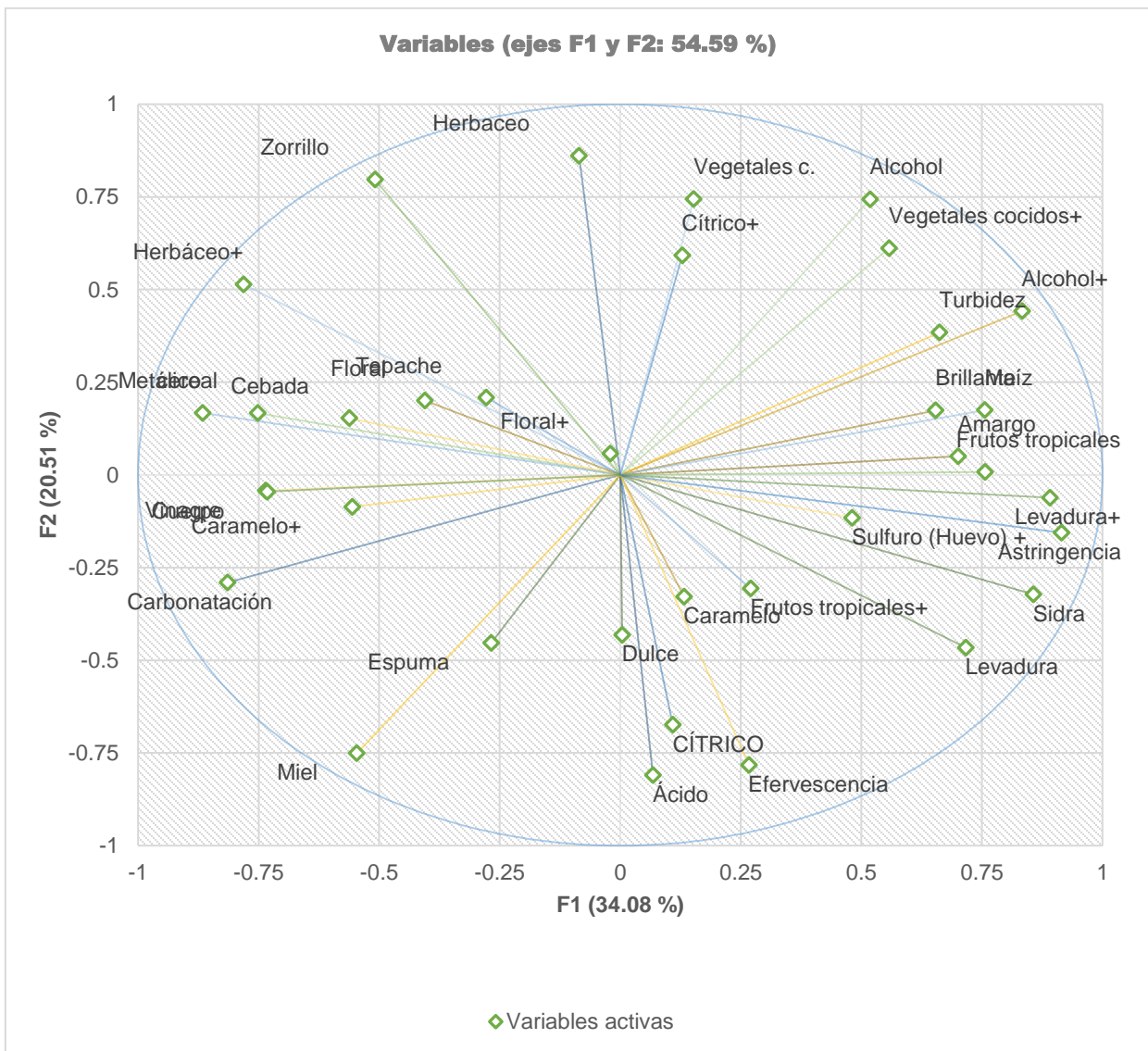
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Turbidez	0.662	0.384	0.620	-0.141	0.034	-0.001	0.089
Espuma	-0.267	-0.453	-0.574	-0.082	0.532	-0.171	0.273
Carbonatación	-0.814	-0.290	0.131	0.251	0.086	0.407	0.010
Brillante	0.654	0.174	-0.058	0.720	-0.078	-0.043	0.106
Floral+	-0.021	0.058	0.364	-0.610	0.524	0.374	0.278
Frutos tropicales+	0.271	-0.307	0.119	0.375	-0.317	0.693	0.312
Caramelo+	-0.556	-0.086	0.237	0.431	0.635	0.196	0.019
Levadura+	0.891	-0.062	0.002	-0.364	0.091	-0.030	-0.245
Cítrico+	0.129	0.592	0.424	0.087	0.498	-0.424	0.134
Alcohol+	0.833	0.442	0.137	0.206	-0.196	0.101	-0.021
Vegetales cocidos+	0.558	0.612	-0.105	0.016	0.321	0.335	-0.297
Herbáceo+	-0.781	0.514	-0.100	0.331	0.055	0.059	-0.022
Sulfuro (Huevo) +	0.481	-0.116	0.798	-0.098	0.294	-0.151	0.016
Dulce	0.004	-0.431	-0.590	0.311	0.587	0.151	-0.039
Ácido	0.068	-0.810	0.423	-0.322	0.007	0.236	-0.031
Amargo	0.701	0.050	-0.281	0.557	0.326	-0.093	-0.039
cereal	-0.752	0.167	0.604	-0.124	0.156	-0.008	-0.050
Maíz	0.756	0.175	0.281	0.091	0.460	0.272	-0.160
Cebada	-0.561	0.153	0.481	-0.627	-0.176	-0.076	0.020
Levadura	0.717	-0.466	-0.210	-0.335	0.316	0.089	0.073
CÍTRICO	0.109	-0.674	-0.126	-0.680	-0.196	-0.025	-0.127
Caramelo	0.133	-0.329	0.874	-0.188	-0.090	-0.258	-0.009

Alcohol	0.518	0.744	0.160	-0.160	-0.304	-0.021	0.185
Vegetales c.	0.152	0.744	-0.227	-0.388	0.465	-0.067	0.029
Vinagre	-0.735	-0.042	0.033	0.362	0.097	-0.558	0.065
Zorrillo	-0.508	0.797	-0.142	0.272	-0.046	-0.039	0.095
Tepache	-0.278	0.209	-0.624	-0.628	0.302	-0.020	0.068
Miel	-0.546	-0.751	-0.209	-0.261	0.108	-0.118	0.000
Sidra	0.857	-0.322	0.222	0.188	0.269	0.032	-0.064
Herbaceo	-0.085	0.861	-0.226	-0.375	-0.107	0.217	0.016
Floral	-0.405	0.200	0.845	-0.061	0.238	0.146	0.009
Frutos tropicales	0.756	0.008	-0.343	-0.255	-0.218	0.055	0.441
Metálico	-0.866	0.167	-0.038	0.070	-0.235	0.355	-0.186
Efervescencia	0.267	-0.783	0.306	0.455	-0.044	-0.099	0.055
Cuerpo	-0.732	-0.045	0.563	0.335	0.059	0.085	0.147
Astringencia	0.915	-0.156	0.164	0.234	-0.186	-0.147	0.005

Correlaciones entre las variables y los factores:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Turbidez	0.662	0.384	0.620	-0.141	0.034	-0.001	0.089
Espuma	-0.267	-0.453	-0.574	-0.082	0.532	-0.171	0.273
Carbonatación	-0.814	-0.290	0.131	0.251	0.086	0.407	0.010
Brillante	0.654	0.174	-0.058	0.720	-0.078	-0.043	0.106
Floral+	-0.021	0.058	0.364	-0.610	0.524	0.374	0.278
Frutos tropicales+	0.271	-0.307	0.119	0.375	-0.317	0.693	0.312
Caramelo+	-0.556	-0.086	0.237	0.431	0.635	0.196	0.019
Levadura+	0.891	-0.062	0.002	-0.364	0.091	-0.030	-0.245
Cítrico+	0.129	0.592	0.424	0.087	0.498	-0.424	0.134
Alcohol+	0.833	0.442	0.137	0.206	-0.196	0.101	-0.021
Vegetales cocidos+	0.558	0.612	-0.105	0.016	0.321	0.335	-0.297
Herbáceo+	-0.781	0.514	-0.100	0.331	0.055	0.059	-0.022
Sulfuro (Huevo) +	0.481	-0.116	0.798	-0.098	0.294	-0.151	0.016
Dulce	0.004	-0.431	-0.590	0.311	0.587	0.151	-0.039
Ácido	0.068	-0.810	0.423	-0.322	0.007	0.236	-0.031
Amargo	0.701	0.050	-0.281	0.557	0.326	-0.093	-0.039
cereal	-0.752	0.167	0.604	-0.124	0.156	-0.008	-0.050
Maíz	0.756	0.175	0.281	0.091	0.460	0.272	-0.160
Cebada	-0.561	0.153	0.481	-0.627	-0.176	-0.076	0.020
Levadura	0.717	-0.466	-0.210	-0.335	0.316	0.089	0.073
CÍTRICO	0.109	-0.674	-0.126	-0.680	-0.196	-0.025	-0.127
Caramelo	0.133	-0.329	0.874	-0.188	-0.090	-0.258	-0.009
Alcohol	0.518	0.744	0.160	-0.160	-0.304	-0.021	0.185
Vegetales c.	0.152	0.744	-0.227	-0.388	0.465	-0.067	0.029

Vinagre	-0.735	-0.042	0.033	0.362	0.097	-0.558	0.065
Zorrillo	-0.508	0.797	-0.142	0.272	-0.046	-0.039	0.095
Tepache	-0.278	0.209	-0.624	-0.628	0.302	-0.020	0.068
Miel	-0.546	-0.751	-0.209	-0.261	0.108	-0.118	0.000
Sidra	0.857	-0.322	0.222	0.188	0.269	0.032	-0.064
Herbaceo	-0.085	0.861	-0.226	-0.375	-0.107	0.217	0.016
Floral	-0.405	0.200	0.845	-0.061	0.238	0.146	0.009
Frutos tropicales	0.756	0.008	-0.343	-0.255	-0.218	0.055	0.441
Metálico	-0.866	0.167	-0.038	0.070	-0.235	0.355	-0.186
Efervescencia	0.267	-0.783	0.306	0.455	-0.044	-0.099	0.055
Cuerpo	-0.732	-0.045	0.563	0.335	0.059	0.085	0.147
Astringencia	0.915	-0.156	0.164	0.234	-0.186	-0.147	0.005



Contribuciones de las variables (%):

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Turbidez	3.574	2.001	6.633	0.431	0.038	0.000	0.988
Espuma	0.583	2.781	5.688	0.147	9.023	1.471	9.283
Carbonatación	5.400	1.141	0.294	1.366	0.238	8.292	0.012
Brillante	3.489	0.410	0.058	11.243	0.195	0.093	1.411
Floral+	0.004	0.045	2.279	8.069	8.763	7.010	9.617
Frutos tropicales+	0.598	1.273	0.244	3.045	3.208	24.032	12.179
Caramelo+	2.516	0.100	0.967	4.033	12.857	1.925	0.045
Levadura+	6.475	0.051	0.000	2.872	0.261	0.046	7.500
Cítrico+	0.135	4.748	3.094	0.166	7.913	9.004	2.256
Alcohol+	5.660	2.644	0.324	0.915	1.232	0.512	0.057
Vegetales cocidos+	2.533	5.068	0.191	0.005	3.292	5.617	11.037
Herbáceo+	4.969	3.576	0.172	2.369	0.095	0.175	0.063
Sulfuro (Huevo) +	1.886	0.182	10.968	0.210	2.751	1.146	0.031
Dulce	0.000	2.520	6.001	2.090	11.010	1.146	0.187
Ácido	0.038	8.885	3.081	2.251	0.001	2.797	0.116
Amargo	4.005	0.034	1.361	6.729	3.395	0.429	0.192
cereal	4.604	0.376	6.294	0.331	0.778	0.004	0.312
Maíz	4.657	0.414	1.362	0.180	6.739	3.710	3.184
Cebada	2.569	0.317	3.987	8.512	0.989	0.288	0.048
Levadura	4.186	2.942	0.759	2.436	3.177	0.395	0.662
CÍTRICO	0.097	6.157	0.272	10.021	1.221	0.032	2.028
Caramelo	0.143	1.463	13.173	0.767	0.261	3.336	0.011
Alcohol	2.190	7.491	0.440	0.556	2.952	0.021	4.265
Vegetales c.	0.189	7.498	0.887	3.256	6.901	0.225	0.102
Vinagre	4.405	0.024	0.019	2.845	0.300	15.606	0.527
Zorrillo	2.107	8.595	0.349	1.603	0.068	0.076	1.123
Tepache	0.629	0.590	6.705	8.537	2.916	0.021	0.572
Miel	2.432	7.635	0.756	1.481	0.376	0.696	0.000
Sidra	5.983	1.407	0.847	0.763	2.315	0.052	0.515
Herbáceo	0.060	10.044	0.883	3.052	0.367	2.367	0.031
Floral	1.336	0.544	12.305	0.082	1.814	1.071	0.011
Frutos tropicales	4.664	0.001	2.033	1.411	1.516	0.151	24.240
Metálico	6.111	0.379	0.025	0.108	1.761	6.316	4.305
Efervescencia	0.580	8.302	1.616	4.494	0.061	0.487	0.377
Cuerpo	4.367	0.028	5.467	2.436	0.113	0.365	2.711
Astringencia	6.826	0.330	0.464	1.189	1.104	1.087	0.003

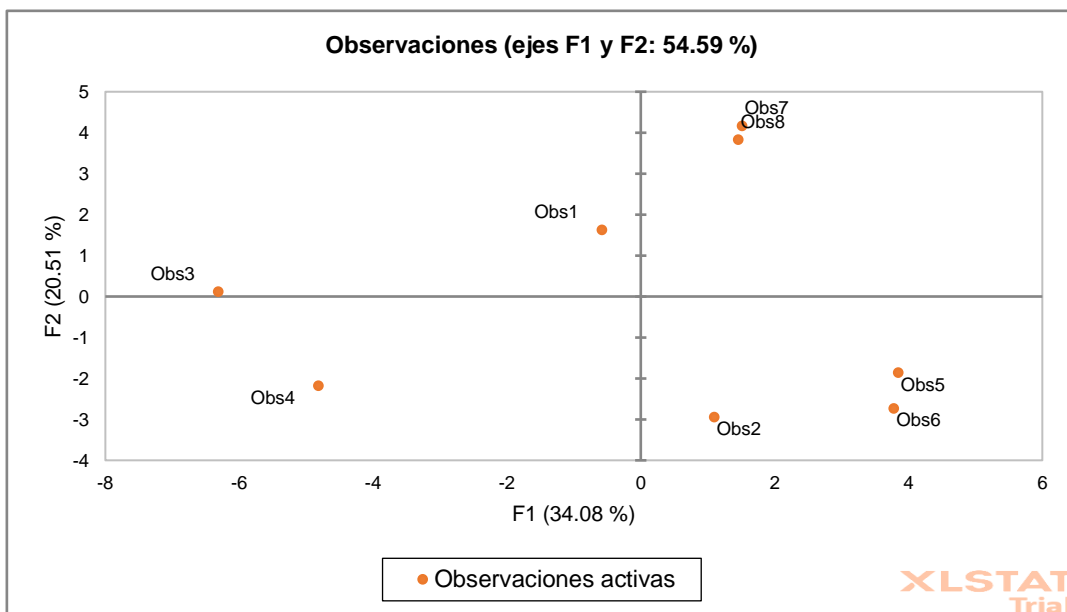
Puntuaciones factoriales:

Etiquetas:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Obs1	-0.579	1.627	2.881	-4.509	-1.297	-0.069	0.438
Obs2	1.100	-2.945	-4.861	-2.492	0.939	-0.137	0.119
Obs3	-6.313	0.113	0.492	1.370	1.751	-1.748	0.797
Obs4	-4.816	-2.185	0.206	0.879	-1.655	1.933	-1.112
Obs5	3.850	-1.863	2.545	0.438	1.280	-1.536	-1.404
Obs6	3.783	-2.738	1.364	2.150	-0.984	0.820	1.511
Obs7	1.516	4.163	-0.218	0.543	2.637	2.080	-0.080
Obs8	1.460	3.828	-2.409	1.621	-2.671	-1.343	-0.268

cascade10a	Obs 1
cascade10b	Obs 2
columbus30a	Obs 3
columbus30b	Obs 4
columbus10a	Obs 5
columbus10b	Obs 6
cascade30a	Obs 7
cascade30b	Obs 8

Figure: Observaciones (ejes F1 y F2: 54.59 %)



Contribuciones de las observaciones (%):

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Cascade10a	0.342	4.481	17.885	55.064	6.710	0.030	2.989
Cascade10b	1.232	14.684	50.919	16.812	3.516	0.118	0.219
Columbus30a	40.604	0.022	0.522	5.081	12.237	19.123	9.912
Columbus30b	23.629	8.085	0.091	2.093	10.924	23.383	19.295
Columbus10a	15.097	5.874	13.959	0.520	6.540	14.765	30.746
Columbus10b	14.583	12.696	4.011	12.515	3.864	4.213	35.617
Cascade30a	2.342	29.345	0.102	0.799	27.738	27.074	0.100
Cascade30b	2.170	24.814	12.511	7.116	28.472	11.295	1.122



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00275

Matrícula: 2173801862

Desarrollo de una cerveza artesanal de maíz rojo (*Zea mays*) con alta capacidad antioxidante, al evaluar el efecto del tiempo en la etapa de cocción usando dos variedades de lúpulo (*Humulus lupulus* L.), "Cascade" y "Columbus", y su evaluación sensorial.



NAYELI LETICIA ROMERO GARCIA
ALUMNA

REVISÓ

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

Con base en la Legislación de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Ciudad de México se presentaron a las 15:00 horas del día 25 del mes de septiembre del año 2020 POR VÍA REMOTA ELECTRÓNICA, los suscritos miembros del jurado designado por la Comisión del Posgrado:

DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA BUENDIA
MTRA. FRIDA PURA MALPICA SANCHEZ
DRA. ALEX MARIA DANIELA FLORES CALDERON
DRA. JOSEFA ESPITIA LOPEZ

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:

MAESTRA EN BIOTECNOLOGIA

DE: NAYELI LETICIA ROMERO GARCIA

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

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó a la interesada 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

MTRA. FRIDA PURA MALPICA SANCHEZ

VOCAL

DRA. ALEX MARIA DANIELA FLORES
CALDERON

SECRETARIA

DRA. JOSEFA ESPITIA LOPEZ

El presente documento cuenta con la firma –autógrafa, escaneada o digital, según corresponda- del funcionario universitario competente, que certifica que las firmas que aparecen en esta acta – Temporal, digital o dictamen- son auténticas y las mismas que usan los c.c. profesores mencionados en ella