

CERVEZA ARTESANAL TIPO PALE ALE CON ADICION DE RESIDUOS DE CAFÉ.

LAURA ALEJANDRA QUINTERO RIOS

Proyecto integral del grado para optar el título de:
INGENIERA QUIMICA

Director:

DANY JOSÉ CÁRDENAS ROMAY

Ingeniero químico

FUNADCIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA

BOGOTÁ D.C.

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Dany José Cárdenas Romay

Director

Codirector

Presidente Jurado

Diana Morales Fonseca

Jurado 1

Adriana Suesca Diaz

Jurado 2

Bogotá D.C. marzo de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García - Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García - Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana Facultad de Ingenierías

Ing. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora Programa de Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables de los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por brindarme apoyo, acompañarme en cada paso que he dado, por estar junto a mí en cada etapa por la que pase de mi carrera. Gracias a mi nona quien siempre me apoyo y confiaba en cada uno de mis logros, También doy gracias a cada persona que fue parte de este proceso.

Laura Alejandra Quintero Rios

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	15
1.MARCO TEORICO	16
1.1 Historia de la cerveza	16
1.2 Materias primas	18
<i>1.2.1 Agua</i>	<i>19</i>
<i>1.2.2 Cebada</i>	<i>19</i>
<i>1.2.3 Levadura</i>	<i>21</i>
<i>1.2.4 lúpulo</i>	<i>21</i>
1.3. Producción de cerveza tipo Ale	22
<i>1.3.1 Molturación de la malta</i>	<i>22</i>
<i>1.3.2 Maceración</i>	<i>23</i>
<i>1.3.3 filtración</i>	<i>23</i>
<i>1.3.4 cocción</i>	<i>24</i>
<i>1.3.5 fermentación y maduración</i>	<i>24</i>
<i>1.3.6 segunda filtración</i>	<i>26</i>
1.4 Estilos y tipos de cerveza	27
<i>1.4.1 cervezas tipo ale</i>	<i>29</i>
<i>1.4.2 Cervezas tipo Pale Ale</i>	<i>34</i>
2.CARACTERIZACIÓN DEL ADJUNTO	36
2.1. Caracterización de cascarilla de café	36
2.2 polifenoles en el café	40
2.3 polifenoles en la cerveza	44
3.PROCESO DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y PROCESOS PRODUCTIVO DE CERVEZA TIPO PALE ALE	49
3.1 Descripción del proceso de extracción soxhlet	49
3.2 Cuantificación de polifenoles teórica	59
3.3 Producción de cerveza	63
<i>3.3.1 Molienda</i>	<i>69</i>

<i>3.3.2 Maceración</i>	70
<i>3.3.3 filtración</i>	71
<i>3.3.4 Cocción</i>	72
<i>3.3.5 Enfriamiento</i>	74
<i>3.3.6 Fermentación</i>	75
<i>3.3.7 Maduración</i>	77
<i>3.3.8 Cold brew</i>	77
<i>3.3.7 embotellado y carbonatar</i>	80
4.ÁNALISIS DEL PRODUCTO TERMINADO	84
4.1. Análisis de color por EBC	84
4.2. Análisis de amargor por IBU	89
4.3. Contenido de alcohol	91
4.5. Panel sensorial de las cervezas	92
5.COSTOS DE PRODUCCIÓN	107
6.CONCLUSIONES	109
BIBLIOGRAFIA	110
GLOSARIO	115
ANEXOS	116

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. <i>Reacción de producción de etanol</i>	18
Ecuación 2. <i>Fermentación alcohólica</i>	25
Ecuación 3. <i>Reacción de fermentación del mosto</i>	32
Ecuación 4. <i>Cantidad del extracto diluido primer recipiente</i>	56
Ecuación 5. <i>Cantidad del extracto diluido segundo recipiente</i>	57
Ecuación 6. <i>Cantidad del extracto diluido tercer recipiente</i>	58
Ecuación 7. <i>Cálculo de cantidad de malta</i>	67
Ecuación 8. <i>Datos para cálculos de cantidad de las maltas</i>	68
Ecuación 9. <i>Cálculos para cantidad de lúpulo</i>	69
Ecuación 10. <i>Proporción cerveza tapa dorada</i>	79
Ecuación 11. <i>Cálculo de contenido de alcohol</i>	91

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. <i>Diagrama de elaboración de cerveza</i>	27
Figura 2. <i>Cerveza tipo Pale Ale</i>	35
Figura 3. <i>Partes de un grano de café</i>	36
Figura 4. <i>Metabolismo de los polifenoles dietéticos</i>	46
Figura 5. <i>Cascarilla de café seca</i>	50
Figura 6. <i>Cascarilla de café en molino de martillo</i>	51
Figura 7. <i>Cascarilla de café molida por molino de martillo</i>	51
Figura 8. <i>Cascarilla de café molida</i>	52
Figura 9. <i>Tamiz para cascarilla molida de café</i>	52
Figura 10. <i>Muestras de cascarilla molida</i>	53
Figura 11. <i>Montaje de extracción Soxhlet</i>	53
Figura 12. <i>Proceso de extracción Soxhlet</i>	54
Figura 13. <i>Resultado de proceso de extracción Soxhlet</i>	54
Figura 14. <i>Proceso de evaporación de los extractos</i>	55
Figura 15. <i>Resultado de evaporación de los extractos</i>	56
Figura 16. <i>Medición de extracto</i>	56
Figura 17. <i>Medición de extracto segundo recipiente</i>	57
Figura 18. <i>Medición de extracto tercer recipiente</i>	58
Figura 19. <i>Diagrama de extracción Soxhlet</i>	59
Figura 20. <i>Contenido de polifenoles individuales</i>	61
Figura 21. <i>Contenido de polifenoles individuales</i>	70
Figura 22. <i>Proceso de maceración</i>	70
Figura 23. <i>Proceso de filtrado</i>	72
Figura 24. <i>Temperatura de Cocción</i>	73
Figura 25. <i>Proceso de cocción</i>	73
Figura 26. <i>Pesaje de lúpulo</i>	74
Figura 27. <i>Proceso de enfriamiento</i>	74
Figura 28. <i>Proceso de fermentación</i>	75
Figura 29. <i>Temperatura en el proceso de fermentación</i>	76
Figura 30. <i>Proceso de embotellado</i>	80
Figura 31. <i>Producto embotellado</i>	80
Figura 32. <i>Producto terminado</i>	81
Figura 33. <i>Diagrama de elaboración de Cerveza tipo Pale con adición de residuos de café</i>	82
Figura 34. <i>Escala de colores EBC</i>	85
Figura 35. <i>Tabla de colores SMR</i>	86
Figura 36. <i>Cerveza con mayor cantidad de café (120ml)</i>	87
Figura 37. <i>Cerveza con menor cantidad de café (60ml)</i>	88
Figura 38. <i>Cerveza con menor cantidad de café con contenido de sobrenadante en la formulación (39ml)</i>	89

Figura 39. <i>Tabla para IBU</i>	90
Figura 40. <i>Genero de panel sensorial</i>	99
Figura 41. <i>Edades de panel sensorial</i>	100
Figura 42. <i>Apariencia cerveza con 120ml café</i>	101
Figura 43. <i>Aroma cerveza con 120ml café</i>	101
Figura 44. <i>Sabor cerveza con 120ml café</i>	102
Figura 45. <i>Apariencia cerveza con 60ml café</i>	102
Figura 46. <i>Aroma cerveza con 60ml café</i>	103
Figura 47. <i>Sabor cerveza con 60ml café</i>	103
Figura 48. <i>Apariencia cerveza con 39ml café y (0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)) / (100ml de agua)</i>	104
Figura 49. <i>Aroma cerveza con 39ml café y (0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)) / (100ml de agua)</i>	104
Figura 50. <i>Sabor cerveza con 39ml café (0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida))/(100ml de agua)</i>	105

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Composición química típica de la cebada</i>	20
Tabla 2. <i>Composición típica del lúpulo</i>	22
Tabla 3. <i>Características de una cerveza tipo Ale de calidad</i>	30
Tabla 4. <i>Índice de amargor según el tipo de cerveza Ale</i>	31
Tabla 5. <i>Parámetros fisicoquímicos para cervezas tipo Ale</i>	34
Tabla 6. <i>Caracterización de diferentes tipos de biomasa</i>	37
Tabla 7. <i>Propiedades de los residuos</i>	38
Tabla 8. <i>Composición química típica de café verde (base-seca aproximado)</i>	39
Tabla 9. <i>Nombres, fórmulas químicas y estructurales de algunos ácidos clorogénicos</i>	42
Tabla 10. <i>Clasificación de fenoles extraíbles y no extraíbles</i>	43
Tabla 11. <i>Polifenoles totales y capacidad antioxidante (Promedio \pm desviación estándar) según la procedencia de las cervezas</i>	45
Tabla 12. <i>Contenido de cafeína, polifenoles individuales y actividad antioxidante de la bebida Cascara en comparación con algunos datos de la literatura</i>	62
Tabla 13. <i>Propiedades típicas de malta Pale Ale</i>	64
Tabla 14. <i>Propiedades de malta Vienna</i>	65
Tabla 15. <i>Características de lúpulo bravo</i>	66
Tabla 16. <i>Datos para cálculos de cantidad de las maltas</i>	68
Tabla 17. <i>Datos para cálculos de cantidad de lúpulo</i>	69
Tabla 18. <i>Proporción de cold brew y contenido de sobrenadante en la formulación diluida en la cerveza</i>	79
Tabla 19. <i>Comparación de características de cerveza tipo Pale Ale con la cerveza elaborada</i>	91
Tabla 20. <i>Evaluación sensorial</i>	93
Tabla 21. <i>Evaluación sensorial</i>	94
Tabla 22. <i>Evaluación sensorial</i>	95
Tabla 23. <i>Evaluación sensorial</i>	96
Tabla 24. <i>Evaluación sensorial</i>	97
Tabla 25. <i>Evaluación sensorial</i>	98
Tabla 26. <i>Evaluación sensorial</i>	99
Tabla 27. <i>Gastos de materias primas e insumos</i>	107
Tabla 28. <i>Gastos de producción y traslado</i>	107
Tabla 29. <i>Costos totales</i>	108

RESUMEN

Colombia es el tercer país con mayor producción de café en el mundo. Durante el proceso de limpieza de la semilla de café solo se usa el 5% del fruto, dejando como desperdicio el 95% restante que este compuesto por mieles, pergamino y cascarilla. La cascarilla compone el 44% del grano, al ser desechada de manera inadecuada se convierte en un potencial contaminante de las fuentes hídricas cercanas a las zonas cafeteras. Este residuo de café tiene propiedades nutricionales, tales como grasas, fibra, proteínas, nitrógeno, potasio y polifenoles, por lo que da un buen aporte a la industria de cerveza y alimentos.

El presente trabajo de grado evaluó el uso de cascarilla de café como ingrediente adjunto para la elaboración de una cerveza artesanal tipo Pale Ale con el fin de implementar este residuo de café para agregar un aporte nutricional gracias a los componentes de la cascarilla y adicionalmente generar innovación al implementar una materia prima no convencional, ya que es un residuo poco utilizado y estudiado en los alimentos, por lo que no se conocen sus beneficios alimenticios.

De primera mano se realizó una revisión profunda del marco conceptual y del estado del arte para identificar las principales características fisicoquímicas de la cascarilla de café podrían agregar a la cerveza. Se realizó la producción de 30L de cerveza en total estos fueron divididos en tres, 10 L cada una, en las cervezas se implementó la cascarilla de café de dos formas. La primera de ellas fue por medio de extracción Soxhlet, de este proceso se obtuvo contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida) para ser diluido y agregado a una de las tres cervezas que se elaboraron en la etapa de maduración. La otra forma es el uso de la cascarilla de café molida en el cold brew (agua con café) que se le agregara a las tres cervezas elaboradas en distintas proporciones.

La cascarilla de café (residuo de café) utilizada en el presente trabaja fue obtenida a través de la compra en la hacienda Supracafe que se encuentra en el Km. 13 vía Panamericana Popayán- Cali, Colombia.

PALABRAS CLAVE: Cerveza artesanal, cascarilla, Pale Ale, Producción, Café, Lúpulo, Fermentación, polifenoles, cold brew.

INTRODUCCIÓN

En Colombia en el año 2021 se estimó que se consumen alrededor de 51,4 litros de cerveza al año, lo que posiciona a Colombia como uno de los países más cerveceros del mundo, para corroborar lo dicho anterior según un estudio elaborado por la universidad ICESI se estima que desde el 2018 al 2023, el mercado de cerveza en Colombia “se expanda en un 33,8% pasando de representar económicamente una cifra de 24,4 billones a una de 32,7 billones en ventas. [1]

La industria de cerveza artesanal ha ido creciendo en el mercado colombiano un 0,5% con una producción de 8 millones de litros anualmente esto para el año 2020, dando como resultado la generación 255 micro-cervecerías en el país, donde la mayor concentración de esta es en las ciudades principales como lo es Bogotá, contando con 74 cervecerías para el 2019 [1]. El crecimiento que está teniendo la industria en Colombia es debido a que tiene otros aditivos en su fabricación tales como café, frutas, otros cereales, especias y productos locales que la hacen innovadora y llamativa para los consumidores. Sin embargo, solo ocupa el 1,2% de la producción cervecera en el país. [2]

En Colombia en los últimos años ha habido una mayor demanda de consumo de cerveza artesanal esto es gracias a los elevados impuestos implementados en otros productos alcohólicos, también esto se debe que hay una disponibilidad y fácil acceso del producto en tiendas minoristas y lugares como pubs. Además, hay una amplia diversidad de marcas en el mercado.

Uno de los desafíos que tienen los emprendedores de las micro-cervecerías es que los consumidores migren del consumo de cervezas tradicionales al de cerveza artesanal las cuales cuentan con aditivos, sabores y tipos de cerveza diferentes e innovadores. Por ello, los emprendedores de estos negocios se han venido enfocando en implementar y crear métodos que los diferencie de la industria tradicional.

Es por lo que, al agregar la cascarilla de café en la cerveza, presenta una innovación o valor agregado a la industria cervecera generando una oportunidad en el mercado. Adicionalmente al ser usado el residuo de café como aditivo el cual es desaprovechado, le da aporte a uno de los objetivos de desarrollo sostenible, el número doce, este habla de producción y consumo responsable.

El objetivo enfatiza que se debe hacer más con menos y promover estilos de vida sostenibles, al usar la cascarilla de café como una de las materias primas para la elaboración de cerveza, ya que es un recurso de acceso fácil, no genera contaminación, económico, además aporta a la salud de los consumidores gracias a las características nutricionales que posee.

Otros desafíos son las normativas que el gobierno tiene impuestas al mercado de la cerveza artesanal son un reto ya que se deben cumplir a cabalidad para obtener un producto de calidad. La mejor manera para cumplir con estas es tener una actualización con el Invima en la parte de calidad del proceso y tener en cuenta las regulaciones que aplican a la industria.

La biodiversidad en semillas que presenta Colombia es extensa, una de las más semillas más destacadas es el café. De acuerdo con cifras de 2019, la Confederación Nacional de Cafeteros afirma que Colombia produce y exporta aproximadamente más de 14 millones de sacos de café durante el año, un resultado que lo convierte en una industria que es reconocida mundialmente. [3]

Los suelos y climas que tiene Colombia generan que se puedan aprovechar estos para el cultivo de café. En Colombia se cultiva en 23 de los 33 departamentos que hay, trayendo una cosecha que dura prácticamente todo el año. De mayo a octubre el café colombiano tiene la característica de su frescura y sus sabores y aromas tan variados. Antioquia, Tolima, Cauca, Huila son algunos de los departamentos con mayor producción de café. [3]

Este trabajo de grado ha sido estructurado en un marco teórico y 4 capítulos en los cuales se abordan para realizar una evaluación sobre la adición de cascarilla de café a la cerveza artesanal, por medio de una caracterización fisicoquímica, determinaron las condiciones para la elaboración de la cerveza y condiciones para la adición de la cascarilla de café a la cerveza. Para finalmente hacer un análisis de costos asociados, con la finalidad de determinar la viabilidad económica del proyecto.

OBJETIVOS

Objetivo general

Producir cerveza artesanal Ale implementando como aditivo residuos de café en su elaboración.

Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de los residuos de café adicionados en la cerveza artesanal tipo Ale.
- Determinar las condiciones de proceso para la elaboración de la cerveza artesanal tipo Ale con el aditivo de residuos de café.
- Establecer las pruebas pertinentes asegurando el control de calidad de la cerveza artesanal tipo Ale con adición de residuos de café.
- Realizar un análisis de costos de la materia prima y el proceso de elaboración de cerveza tipo Ale con adición de residuos de café.

1. MARCO TEORICO

En presente marco teórico se abordarán la historia de la cerveza, las principales materias primas utilizadas en su elaboración, sus propiedades físicas y químicas. Adicionalmente, se hace una descripción del proceso productivo a la hora de elaborar una cerveza y sus estilos, entre ellos la cerveza tipo Ale la cual es la que se implementara para la elaboración de la cerveza de este trabajo de grado.

1.1 Historia de la cerveza

La cerveza es la bebida alcohólica más antigua y común, y a través de su historia ha constituido un importante consumo social y una excelente fuente de calorías que, desde sus orígenes, complementaba muchas dietas generalmente pobres. Además, no contenía agentes infecciosos, como el agua o la leche, debido a su fermentación. En Europa, América y Australia, se elabora tradicionalmente con cebada, en África con mijo, en Japón con arroz, en la América precolombina se hacía de maíz (chicha), mandioca y patata. [4]

En cuanto a los orígenes de la cerveza, se ha llegado a postular que nació con la agricultura. Se conservan numerosas evidencias arqueológicas de que era consumida 4.000 o 3.500 a.C. Los babilonios nos han dejado las primeras recetas de elaboración de cerveza de cebada, de trigo almidonado o de mezcla de ambos.; era una cerveza turbia, y, además, espesada con harina, convirtiéndose en la conocida “cerveza-pan bebible”. Fue muy importante para las primeras culturas, particularmente para los sumerios y los egipcios. Estos últimos racionalizaron su fabricación y obtuvieron un producto de alta calidad que era exportada en grandes cantidades a Atenas, especialmente la fabricada en Pelusa. Posteriormente, los griegos perfeccionaron aún más la técnica cervecera y la exportaron a la Galia, a España y a la costa del Adriático. Durante la Edad Media, los europeos, especialmente los monasterios católicos, no sólo mantuvieron el conocimiento de la fabricación de la cerveza, sino que también le aplicaron los refinamientos de la ciencia moderna [4]

Un problema de la cerveza, que solía ser más dulce en el pasado, es que enmohecía con facilidad, dada la inexistencia de conservantes. Para evitarlo había que aromatizarla, no sólo con mejorana, laurel, mirto o salvia, sino también con rábano blanco, trébol, poleo, altramuz, corteza de roble, menta, absenta o miel. Sin embargo, el empleo de sustancias excitantes o tóxicas era castigado,

tanto por las instituciones laicas como por las religiosas. Botánicos destacados, los religiosos fueron posiblemente los que introdujeron el lúpulo, que, con su aroma característico y su poder de clarificación, marcó el paso de la cerveza antigua a la moderna, asegurando su conservación por mucho más tiempo y acabando con su localismo. No se sabe con certeza dónde comenzó a utilizarse el lúpulo, en cualquier caso, la encontramos en la Alemania del siglo IX, aunque en algunos lugares tarda mucho en imponerse, no encontrándose en Inglaterra hasta el siglo XV. [4]

En el siglo XVIII se produjo una importante innovación en la industria cervecera al introducirse la botella de cristal, que no sólo significó el fácil transporte y almacenamiento, sino también facilitaba en gran medida el consumo privado en los domicilios. [4]

Aromas

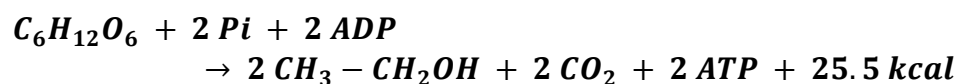
Los aceites esenciales (0,2 - 0,5%), son el componente aromático que proporciona a la cerveza aroma y sabor. Contienen muchos compuestos que incluyen ésteres, mezclas de alcoholes (fúseles), aldehídos, cetonas y ácidos, aunque el grupo más importante son los llamados terpenos. Los principales terpenos son el humuleno, cariofileno, mirceno y farneseno. El más abundante es el humuleno. El mirceno suele dar un sabor áspero y por ello lúpulos con alto contenido de este compuesto no se utilizan mucho para el aroma. El aroma es un tema muy complejo porque todos los compuestos aromáticos actúan en sinergia. Además, son sustancias muy volátiles y pocas moléculas sobreviven al proceso de elaboración siendo difícil que el 10% (una poca ppm) acabe en la cerveza acabada. [4]

Fermentación

Los microorganismos utilizan como sustrato los hidratos de carbono (principalmente azúcares como la glucosa) presentes en el medio para transformarlos en etanol, dióxido de carbono y energía en forma de ATP. La producción de etanol se lleva a cabo a través de la vía glucolítica, que, en su forma más simple. [4]

Ecuación 1.

Reacción de producción de etanol



Nota. Ecuación de reacción de producción de etanol. Tomada de: M. Suárez Díaz, "Cerveza: componentes y propiedades", Master universitario, Universidad de Oviedo, España, 2013. Accedido el 14 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_?jsessionid=5BBCB4375B99AF3B3534F205EDFAE00A?sequence=8

Las levaduras también pueden crecer al mismo tiempo que producir otros metabolitos, como por ejemplo ácido láctico, glicerol y ácido succínico, aunque en cantidades relativamente pequeñas. Durante el metabolismo de las levaduras se producen principalmente aldehídos, ésteres y alcoholes secundarios o superiores, de gran importancia en las propiedades organolépticas de la cerveza. [4]

Alta fermentación: los mostos se maceran por infusión con malta muy modificada, con niveles bajos de proteínas. Si la temperatura inicial del medio es de 15 - 16°C, se va elevando la misma hasta que aproximadamente a las treinta y seis horas alcance valores de 20 - 25°C. [4]

Baja fermentación: los mostos para baja fermentación tradicionalmente se han macerado por infusión escalonada o decocción con malta menos modificada, con niveles altos de proteínas. La fermentación comienza con un leve aumento de la temperatura del mosto, hasta un máximo de 10 - 15°C. [4]

El 95% del peso de la cerveza es agua. Las factorías de las cervezas se construyeron en aquellos lugares en los que se disponía de agua adecuada para el tipo de cerveza a producir. Así, el alto contenido en sulfato cálcico de Burton-on-Trent resultaba ideal para la fabricación de cervezas Pale Ale, fuertes y muy aromáticas que se producían en la cervecería del monasterio. En contraste con esto, las aguas blandas de Pilsen, en Checoslovaquia, resultaban ideales para la elaboración de cervezas Lager, y de hecho a este tipo de cervezas se les conoce habitualmente como Pilsner o Pils, cuando se elaboraban en Europa. El agua rica en bicarbonato cálcico (dureza temporal) resultaba excelente para la producción de las cervezas más oscuras, por lo que las de Munich, Londres y Dublín alcanzaron fama y renombre. [4]

1.2 Materias primas

El conocimiento que tipo de materias primas se implementaran durante el proceso de producción de la cerveza y su aporte en el producto terminado; Esto es importante al momento de tener un criterio cuando se haga la selección de estas y las cantidades a usar en el proceso ya que estas le añaden al producto cuerpo, olor, sabor y textura.

1.2.1 Agua

El 95% del peso de la cerveza es agua. Las factorías de las cervezas se construyeron en aquellos lugares en los que se disponía de agua adecuada para el tipo de cerveza a producir. Así, el alto contenido en sulfato cálcico de Burton-on-Trent resultaba ideal para la fabricación de cervezas Pale Ale, fuertes y muy aromáticas que se producían en la cervecería del monasterio. En contraste con esto, las aguas blandas de Pilsen, en Checoslovaquia, resultaban ideales para la elaboración de cervezas Lager, y de hecho a este tipo de cervezas se les conoce habitualmente como Pilsner o Pils, cuando se elaboraban en Europa. El agua rica en bicarbonato cálcico (dureza temporal) resultaba excelente para la producción de las cervezas más oscuras, por lo que las de Munich, Londres y Dublín alcanzaron fama y renombre. [4]

1.2.2 Cebada

Hordeum vulgare es una planta gramínea anual, originaria de Asia occidental. Hay dos variedades de cebada: cebada cervecera o de dos carreras (*Hordeum distichum*) que presenta dos hileras de semillas, y la cebada de seis carreras (*Hordeum hexastichum*) con seis hileras de semillas. La variedad de dos carreras es más apta para la elaboración de la cerveza porque produce más azúcares fermentables y tiene menos proteína. La ventaja de la variedad de seis carreras para grandes fabricantes cerveceros es que convierte más que su propio peso de grano sin maltar, como el maíz o el arroz, pero requiere maquinaria de filtración, ya que presenta problemas de clarificación por su contenido en proteínas. [4]

El grano de cebada consiste en tres partes, cáscara, embrión o germen y endospermo. Éste último, la reserva de la planta consiste en almidón duro e insoluble. Después de la cosecha, los granos se limpian y se secan hasta alcanzar un nivel de humedad del 12%. [4] En la siguiente tabla se puede observar, cual es la composición química con la que cuenta 100g de cebada.

Tabla 1.*Composición química típica de la cebada*

Principios inmediatos	%
Agua	13
Hidratos de carbono	76
Celulosa	1,2
Grasas	1,1
Proteínas	7,5
Cenizas	1,2
Sales minerales	%
Potasio	0,364
Sodio	0,028
Calcio	0,040
Fosforo	0,395
Magnesio	0,12
Hierro	0,047
Azufre	0,094
Cloro	0,123
Manganeso	0,0016
Cobre	0,0007
Cinc	0,0024
Yodo	0,000001
Vitaminas	Cantidad
Vitamina a	70 U. I
Vitamina b1	0,2mg
Vitamina b2	0,1mg
Vitamina b3	3,5mg

Nota. La tabla representa la composición típica de la cebada. Tomado de: S. Castillo Larrarte, N. Lozano Escorcia "Evaluación de la adición de gulupa como ingrediente adjunto, para la producción de una cerveza artesanal tipo ale", Trabajo de grado, Fundación universidad de América, Bogotá, 2020. Accedido el 18 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible:

<https://hdl.handle.net/20.500.11839/8106>

A partir de la tabla 1, se observa que el principio presente en mayor cantidad de la cebada es el agua (13%). La cebada aporta sales minerales, tales como potasio, calcio, fosforo, etc. Adicionalmente cuenta con vitaminas como vitamina, b1, b2 y pp.

1.2.3 Levadura

La levadura es un organismo eucariótico. Se trata de un hongo microscópico unicelular que transforma los glúcidos y los aminoácidos en alcohol y dióxido de carbono. Hay muchas especies y se las clasifica de acuerdo con las características de su forma celular, de la reproducción, de su fisiología y de su hábitat. Sus hábitats naturales son variados (en simbiosis o como parásitos): frutas, hojas, flores y hasta la piel y el interior de los mamíferos. La característica interesante, es su habilidad para metabolizar azúcares. Además, contienen diecisiete vitaminas, todas del grupo B, catorce minerales y 46% de proteínas. [4]

1.2.4 Lúpulo

El uso generalizado del lúpulo en la elaboración de la cerveza no se produjo en Europa hasta principios del siglo XV, y en Inglaterra aún más tarde. Se había utilizado desde los tiempos de los romanos, pero era sólo una más entre una miríada de hierbas, especias, etc. que se añadían a la cerveza. Su utilización empezó a difundirse por Europa continental en el siglo VIII, pero no fue aceptada en Inglaterra e incluso llegó a ser prohibida por Enrique VIII. Finalmente, hasta los obstinados ingleses se dieron cuenta de que el lúpulo no sólo era el condimento por excelencia, sino que también conservaba la cerveza. En 1524 se permitió su cultivo. [4]

Húmulus lupulus, es la planta que en latín quiere decir “lobo silvestre”. De la familia de las cannabáceas, cuyos frutos, desecados, se emplean para aromatizar y dar sabor amargo a la cerveza. El lúpulo es una planta perenne, trepadora que normalmente llega a tener cinco metros o más de altura. Sólo se utilizan los conos (o flores) de las plantas femeninas antes de que sean fecundadas. En países como Inglaterra y Bélgica también utilizan, a veces, lúpulos femeninos fecundados que son más fuertes y amargos. Habitualmente, estas flores son desecadas antes de ser usadas. Los conos contienen en su interior unas glándulas de color amarillo, llenas de una resina llamada lupulina, que es el principio activo que los cerveceros buscan en el lúpulo. [4]

Los lúpulos tienen una serie de propiedades: proporcionan el amargor que compensa el dulzor de la malta, propiedades antibacterianas conservando la cerveza, contribuyen a la formación y la

retención de la espuma, los polifenoles que contienen reaccionan con las proteínas indeseadas de la malta y las hacen insolubles (*hot trub* o *cold trub*, sedimento caliente o frío) lo que permite su filtrado o sedimentación. Según las clases de lúpulo y el momento del proceso en que se añadan, pueden contribuir en el sabor y aroma de forma muy variada y tienen propiedades beneficiosas para la salud. [4] Mediante la tabla 2 se puede visualizar la composición de lúpulo en relación con su composición seca.

Tabla 2.

Composición típica del lúpulo

Ítem	Porcentaje
Compuestos amargos	18,5%
Aceite de lúpulo	0,5%
taninos	3,5%
proteínas	20,0%
sustancias minerales	8,0%
celulosa y otras sustancias de poca relevancia para el proceso de producción de cerveza	49,5%

Nota. La tabla anterior expone la composición típica del lúpulo. Tomada: S. Castillo Larrarte, N. Lozano Escorcía "Evaluación de la adición de gulupa como ingrediente adjunto, para la producción de una cerveza artesanal tipo ale", Trabajo de grado, Fundación universidad de América, Bogotá, 2020. Accedido el 18 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8106>.

En la tabla anterior se puede observar que el lúpulo presenta en su composición un porcentaje de 20% de proteína, el cual es el segundo compuesto con mayor cantidad en el lúpulo. Sin embargo, el mayor porcentaje de la composición es la celulosa y otras sustancias que no aportan a la elaboración de la cerveza.

1.3. Producción de cerveza tipo Ale

1.3.1 Molturación de la malta

Consiste en la trituration de la malta con la finalidad de aumentar el área superficial y así consecuentemente facilitar la acción de las enzimas de la malta en el proceso de maceración. La

trituration se debe llevar a cabo de tal manera que las cascarras sean destruidas lo menos posible, ya que estas serán fundamentales para la formación de un lecho filtrante en etapas posteriores. Comúnmente se desarrolla este proceso en un molino de rodillos el cual debe estar calibrado al tamaño de partícula deseado para la ejecución de la receta. [5]

1.3.2 Maceración

Es la etapa fundamental para la generación del mosto. En ella la malta molida y el agua son mezclados entre sí, con la finalidad de solubilizar sustancias no solubles procedentes de la trituration. Entre los componentes en mención se presentan el almidón, la celulosa y sustancias albuminoideas. En esta etapa se presenta la degradación completa del almidón para la generación de azúcares y dextrinas solubles. En dicho fenómeno es de vital importancia la acción enzimática de las β y α amilasas las cuales actúan sobre el almidón de la malta rompiendo sus enlaces glucosídicos, generando así azúcares fermentables los cuales serán aprovechados en la etapa de fermentación. La temperatura y el pH del proceso está limitado por el intervalo de temperaturas a la par que pH óptimo que poseen las enzimas que allí se hacen presentes. En este orden de ideas, la α amilasa actúa entre 72 °C a 75 °C (con una desnaturalización a los 80°C) y a un pH entre 5.6 a 5.8 rompiendo las ramas de amilopectina de los almidones. Por otra parte, la β amilasa actúa de forma óptima a temperaturas de 60°C a 65°C (a los 70°C es inactivada) y cuenta con valores de pH óptimos entre 5.4 y 5.5 degradando el almidón a cadenas carbonadas más pequeñas las cuales servirán de azúcares fermentables en la etapa de fermentación. En concordancia con lo anterior, en el proceso de maceración se deben variar las temperaturas de operación de tal manera que se alternen los rangos de temperatura eficiente para cada enzima; dicha variación dependerá del estilo de cerveza a la cual se quiera llegar. [5]

1.3.3 filtración

En la culminación del proceso de maceración se presentará una corriente saliente compuesta por una fase líquida, conformada por extractos o azúcares fermentables (denominado mosto), y una parte sólida conformada mayoritariamente por cascarras, embriones y sustancias no disueltas (denominada afrecho). Su separación se desempeña por una filtración, en donde el afrecho cumple el papel de material filtrante. Adicionalmente, los equipos de filtración poseen un material filtrante el cual posee un tamaño de partícula que no permite el paso del afrecho hacia el fondo del equipo.

En algunas ocasiones se recircula el mosto con el objetivo de realizar una filtración más efectiva. [5]

1.3.4 cocción

El objetivo de esta etapa consiste en esterilizar el mosto a la par que la inserción del lúpulo. La cocción del mosto en este proceso tiene un periodo comprendido entre 50 y 60 min. Durante el periodo previamente mencionado, los componentes amargos y aromáticos del lúpulo son trasferidos al mosto y paralelamente se lleva a cabo una precipitación progresiva de sustancias albuminoideas. Otros fenómenos se presentan simultáneamente en esta etapa tales como la destrucción de todas las enzimas restantes presentes en el mosto, la reducción del pH de este, la formación de sustancias reductoras y evaporación de sustancias aromáticas indeseadas. [5]

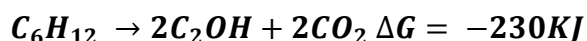
1.3.5 fermentación y maduración

Consisten en procesos cuyo objetivo principal se basa en la transformación de los azúcares presentes en el mosto, en etanol y dióxido de carbono debido a la acción enzimática y metabólica de la levadura. Las reacciones químicas desarrolladas allí se pueden dividir en reacciones de fermentación principal y reacciones de maduración las cuales se solapan entre sí. [5]

Es de vital importancia el estricto control de estas etapas del proceso puesto que en el transcurso de estas se da la generación y parcial asimilación de productos secundarios a la fermentación (reacción principal de fermentación ecuación 2), los cuales determinarán de forma decisiva el sabor y aroma de la cerveza. [5]

Ecuación 2.

Fermentación alcohólica



Nota. Ecuación tomada de evaluación de la adición de gulupa como ingrediente adjunto, para la producción de una cerveza artesanal tipo Ale. Tomada de: S. Castillo Larrarte, N. Lozano Escorcia "Evaluación de la adición de gulupa como ingrediente adjunto, para la producción de una cerveza artesanal tipo ale", Trabajo de grado, Fundación universidad de América, Bogotá, 2020. Accedido el 18 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8106>

Dentro de los mencionados subproductos de fermentación se destacan el diacetilo, alcoholes superiores, esterres, aldehídos y compuestos de azufre. De acuerdo con el beneficio o perjuicio que estas sustancias otorguen al producto final pueden ser catalogadas como sustancias de bouquet cerveza verde y sustancias de bouquet. La presencia de las sustancias de bouquet cerveza verde (diacetilo, aldehídos y compuestos de azufre) le otorgan un sabor indeseable, inmaduro e inarmónico afectando negativamente el producto final, su degradación se presenta principalmente en la etapa de maduración. En contraparte las sustancias de bouquet (alcoholes superiores y esterres), en determinados rangos de concentración, permiten obtener una cerveza de calidad, no obstante, estas no pueden ser extraídas por medios tecnológicos. [5]

Cabe resaltar que un factor determinante en la producción de cervezas tipo Ale es la temperatura en la que se desarrolla la etapa de fermentación. Esto debido a que las levaduras utilizadas en este proceso (Tipo Ale) poseen un rango de temperatura comprendido entre 14 y 25°C en el cual desarrollan su actividad metabólica de forma eficiente. [5]

El periodo de fermentación puede comprenderse entre 3 y 12 días dependiendo de la receta. Una vez se culmina el periodo de fermentación se procede a retirar la levadura del fermentador con el objetivo de pasar a la siguiente etapa que es la maduración. En esta etapa, la cerveza se encuentra entre -1 y 2°C por un periodo comprendido entre 7 días en adelante (Depende de la receta). El

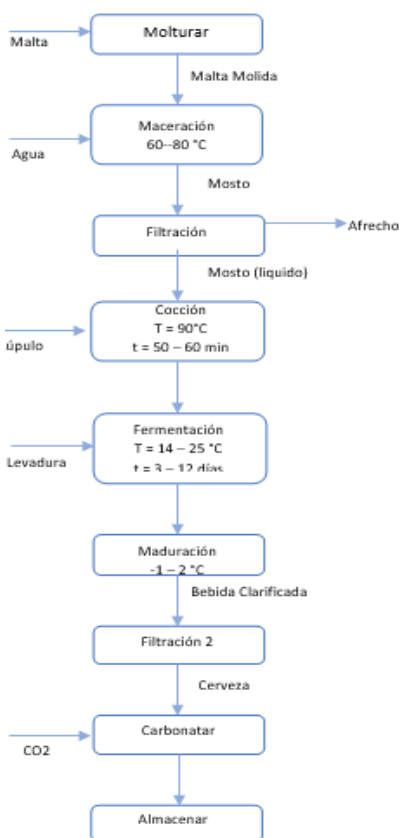
objetivo de esta etapa es la sedimentación de partículas de levadura restantes en la cerveza, para así mismo generar una bebida más clarificada y de mayor calidad. [5]

1.3.6 segunda filtración

Al finalizar la maduración y con el objetivo de obtener una cerveza sin turbidez, se realiza una segunda filtración ya que, según la bibliografía, en esta etapa del proceso la cerveza puede tener hasta un millón de células de levadura y otras partículas en suspensión por cada mililitro de bebida. El objetivo de retirar sustancias en suspensión (las cuales conllevan a la generación de turbidez) y la levadura aun presente en la cerveza, es la conservación de la bebida. Finalmente, una vez la cerveza es filtrada se procede a carbonatarla y posteriormente a almacenarla en el recipiente indicado para la venta (Barriles, latas o botellas). [5]

Figura 1.

Diagrama de elaboración de cerveza



Nota. La figura plasma el diagrama de bloques del proceso de elaboración de cerveza. Tomada de: S. Castillo Larrarte, N. Lozano Escorcía "Evaluación de la adición de gulupa como ingrediente adjunto, para la producción de una cerveza artesanal tipo ale", Trabajo de grado, Fundación universidad de América, Bogotá, 2020. Accedido el 18 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8106>

1.4 Estilos y tipos de cerveza

La cerveza tiene una gran diversidad por lo que para poderla clasificar se tienen en cuenta algunos de los siguientes aspectos:

Según su aspecto: Esta es una categorización basada en los rasgos visuales que presenta una cerveza, como son el color y la turbidez. Para el consumidor tradicional constituye la clasificación más fácil de distinguir. Por ejemplo, puede hablarse de cervezas rubias, ámbar o negras, así como de turbias o claras Según método de elaboración. Basado en las técnicas específicas que han sido aplicadas durante el proceso de fabricación. Un ejemplo típico lo constituyen las cervezas ahumadas, en las cuales se permite que el humo de leña impregne de aroma al grano. También están las cervezas doble malta, que rinden un mayor porcentaje de alcohol. Debido a los escasos tipos que incluye este sistema de clasificación, resulta de poco uso en la actualidad. Según los ingredientes empleados. Establece categorías de cervezas considerando los componentes que son utilizados en la fabricación. La malta y el grano de cebada son los ingredientes básicos empleados en la elaboración de cerveza [6]

Según su procedencia: Corresponde a una clasificación que toma en consideración la región geográfica donde es fabricada. En ella se agrupan las cervezas alemanas, las belgas, las británicas, las americanas y las escocesas, entre otras. En cada una de estas regiones es habitual que las diferentes comarcas elaboren su propia cerveza con características únicas, lo cual hace a este sistema de tipificación bastante profuso. [6]

Según el tipo de fermentación: Este sistema utiliza un criterio básicamente técnico para categorizar las cervezas y establece dos grandes grupos definidos de acuerdo con la forma como se realiza la fermentación: cervezas Ale y cervezas Lager. Las primeras se elaboran a relativamente alta temperatura (15 a 25 °C). Las segundas, al contrario, requieren ambientes fríos para su fermentación (4 a 9 °C). En apariencia simple, esta clasificación resulta de gran alcance por cuanto los dos grupos incluyen casi todos los estilos de cerveza existentes. De ahí que éste sea el criterio de clasificación más utilizado por los entendidos al momento de hablar sobre categorías o tipos de cerveza. [6]

1.4.1 cervezas tipo ale

Son elaboradas con levaduras que tienden a permanecer cerca de la superficie del mosto al final del proceso fermentativo, de ahí que a estas cervezas se las denomina «de fermentación alta. [6]

La levadura empleada para este tipo de cerveza es generalmente *Saccharomyces cerevisiae*, la cual se utiliza también en fabricación del pan y del vino. Su temperatura óptima para el desarrollo está comprendida entre los 15 y los 25 °C, por lo que se dice con frecuencia que realiza una fermentación «caliente». Esto permite que puedan ser producidas a temperatura ambiente y no requieran un ambiente frío. El tiempo de fermentación es relativamente corto, pudiendo ser culminado en una o dos semanas. Debido a estas características, las cervezas tipo ale son las preferidas por los fabricantes artesanales. Algunos de los estilos más representativos del grupo de las ales son las cervezas de trigo, pale ale, lambic, barley, stout y porter, de las cuales se hará seguidamente una breve descripción. [6]

la calidad de todo tipo de cerveza depende de varios factores que tienen relación con las materias primas utilizadas, con el proceso de elaboración y principalmente con el mercado consumidor que evalúa la calidad. Los factores más importantes en la evaluación de la calidad de la cerveza son el sabor, la presencia, la permanencia de la espuma, el color, el grado alcohólico y la presencia de residuos o precipitados. En la siguiente tabla se presentan las características más importantes que debe de presentar una cerveza tipo Ale. [7] A continuación, se presenta la tabla 3 con las características de la cerveza tipo Ale.

Tabla 3.

Características de una cerveza tipo Ale de calidad

<i>Característica</i>	<i>Parámetro</i>
<i>Alcohol (%v/v)</i>	2.5 – 9.0
<i>pH final</i>	3.0-4.8
<i>Densidad (g/ml) a 20 °c</i>	0.998-1.018
<i>Sabor a lúpulo</i>	Media-Alta
<i>Aroma a lúpulo</i>	Bajo- Medio
<i>Color</i>	Muy pálido – Pálido
<i>Vida útil (meses)</i>	6

Nota. La tabla trata de las características de calidad de la cerveza tipo Ale. Tomada de: R. C. Wilmer Erasmo, "Efecto de la sustitución de cebada (*hordeum vulgare*) por quinua (*chenopodium quinoa*) y del PH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale", Trabajo de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, 2015. Accedido el 21 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible:

<https://hdl.handle.net/20.500.12759/815>.

En la tabla 3, se puede identificar que, para la cerveza tipo Ale, debe tener un aroma de lúpulo bajo-medio, un color muy pálido- pálido, el pH final de la cerveza debe ser entre 3.0 – 4.8. Cabe mencionar que la vida útil de la cerveza tipo Ale es de 6 meses.

El *amargor* de la cerveza se mide a través del índice de amargor (°IBU del origen inglés, International Bitterness Units), el cual resulta de calcular la proporción de ácidos alfa y beta por unidad de peso de lúpulo contenido en un mosto. Rodríguez (2003) indica que según el tipo de cerveza y el lugar de fabricación los rangos de °IBU varían de 10 a 60. [7]

La Asociación Internacional de Cerveceros (2014) menciona los índices de amargor (°IBU) característicos de los principales estilos de cervezas Ale comercializadas en el Mundo. En la tabla 2 se muestra los °IBU de los tipos de cervezas Ale. [7] En la tabla 4 se plasma los índices de amargor que debe tener cada tipo de cerveza Ale

Tabla 4.

Índice de amargor según el tipo de cerveza Ale

Índice de amargor (°ibu)	Tipo de cerveza
15-20 °IBU	Cream Ale
15-28 °IBU	Blonde Ale
17-28 °IBU	Irish Red Ale
20-35 °IBU	American Pale Ale
20-40 °IBU	American Brown Ale
20-30 °IBU	Belgian Pale Ale
20-35 °IBU	Belgian Golden Strong Ale
30-60 °IBU	Old Ale

Nota. La tabla muestra los índices de amargor en algunas cervezas tipo Ale. Tomado de: R. C. Wilmer Erasmo, "Efecto de la sustitución de cebada (*hordeum vulgare*) por quinua (*chenopodium quinoa*) y del PH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale", Trabajo de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, 2015. Accedido el 21 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/815>

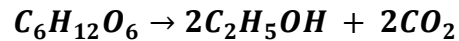
La tabla 4, muestra que las cervezas tipo Ale con mayor índice de amargos son Old Ale su IBU es de 30 – 60, American Brown Ale con un IBU entre 20 -40 y la que cuenta con un menor índice de amargor es Cream Ale tiene entre 15 -20 IBU.

El grado o graduación alcohólica es el porcentaje en volumen de alcohol etílico contenido en una bebida alcohólica a una temperatura determinada, la cual suele ser ajustada y referida a 20 °C durante su medición experimental. [7]

El grado alcohólico determina el contenido de alcohol etílico formado durante la etapa de fermentación del mosto, la cual se lleva a cabo de forma anaeróbica. [7]

Ecuación 3.

Reacción de fermentación del mosto



Nota. La ecuación muestra la reacción de fermentación del mosto Tomado de: R. C. Wilmer Erasmo, "Efecto de la sustitución de cebada (*hordeum vulgare*) por quinua (*chenopodium quinoa*) y del PH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale", Trabajo de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, 2015. Accedido el 21 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/815>.

El *grado alcohólico* varía, depende del tipo de cerveza, su lugar de elaboración, los ingredientes que aportan los azúcares fermentables y el tipo de microorganismo. El grado alcohólico de una cerveza tipo Ale oscila en el rango de 4 – 5 %. [7]

Capacidad y estabilidad espumante; La espuma se puede definir como una dispersión de burbujas de gas suspendidas en el seno de un líquido viscoso o de un semisólido, y se forman por una adsorción de moléculas reactivas en la interfaz gas líquido. [7]

La formación de espuma es uno de los factores más importantes en la evaluación de calidad que realizan los consumidores de cerveza, ya que transmite la primera impresión del producto tan pronto es servido en el vaso. La espuma se forma por gases que se encuentran repartidos en el líquido y materias sólidas, principalmente el CO₂. [7]

Capacidad espumante (E) a la habilidad para la incorporación en solución de CO₂ en forma de una distribución fina de burbujas, las cuales persisten en la superficie del líquido sin coalescencia de

una con la otra y sin ruptura en el espacio de vapor; es decir, este parámetro indica la capacidad de formación y expansión de la espuma. [7]

La *estabilidad espumante* tiene que ver directamente con la capacidad de retención de espuma que posee una cerveza desde el momento en que es servida. [7]

El rango de *densidades* finales en cervecería oscila entre 0.997 – 1.040 g/ml dependiendo del tipo de material amiláceo utilizado. Además, la densidad está estrictamente vinculada con la cantidad de alcohol producida en la cerveza (mientras se va transformando los azúcares en alcohol se hace más ligera) e indica si la fermentación ha tenido lugar de forma satisfactoria. [7]

El *pH* final de las cervezas fluctúa entre 3.0 - 4.8. Las cervezas elaboradas con una mayor relación de malta y otros cereales adjuntos poseen un mayor pH que las cervezas elaboradas solamente con malta. El pH final también depende del pH inicial regulado generalmente en el proceso de maceración, el cual a su vez depende del tipo de agua utilizada y el tratamiento de esta con ácidos y/o sales de calcio. [7]

En la siguiente tabla se muestran los parámetros fisicoquímicos para las cervezas artesanales tipo Ale.

Tabla 5.*Parámetros fisicoquímicos para cervezas tipo Ale*

Parámetro	Tipo de cerveza		
	Pale Americana	Ale Ale Americana	Amber Ale Parda Americana
Grado de alcohol (% v/v)	4,5-6,0	4,5-6,0	4,3-6,2
pH	4,1-4,6	4,1-4,6	4,1-4,6
Densidad (kg/m³)	1040-1050	1040-1050	1038-1051
% Extracto real (g/100g)	10,1-12,3	10,1-12,3	10,3-12,6
Color (SRM)	5-14	10-17	18-35
Amargor (IBU)	30-45	25-40	20-40
Dióxido de carbono (vol. CO₂)	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0
Turbidez (NTU)	58-60	58-60	58-60

Nota. La tabla contiene información sobre los parámetros fisicoquímicos para la cerveza tipo Ale. Tomado de: G. S. Juan Felipe, R. L. Jeisson Fabian "Elaboración de propuesta para la producción de cerveza artesanal tipo ale con base en malta pale ale y almidón de papa sabanera.", Trabajo de grado, Fundación Universidad de América, Bogotá, 2022. Accedido el 1 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/10882/9916>

En la tabla 5 se presentan los parámetros para algunas cervezas tipo Ale como Pale Ale Americana y Amber Americana las cual cuenta con 4,5 – 6,0 grados de alcohol, por otro lado, la Parda Americana tiene 4,3 – 6,2 grados de alcohol. La Pale Ale Americana tiene mayor índice de amargor de 30 – 45.

1.4.2 Cervezas tipo Pale Ale

La American Pale Ale suelen ser menos amargas que las Indian Pale Ale y su contenido alcohólico tampoco es muy alto, generalmente menos de 5 o 6%. Suelen denominarse cervezas ligeras, suaves y aromáticas. [8]

En términos sensoriales este tipo de cervezas suelen caracterizarse por ser rubias, suaves, ligeras, levemente amargas o secas, y aromáticas, estas a grandes rasgos son las cualidades más representativas de las cervezas tipo American Pale ale. [8]

Las tres categorías de cervezas Pale Ale más conocidas y disfrutadas por los apasionados de este estilo son English Pale Ale (EPA), Indian Pale Ale (IPA), y American Pale Ale (APA). English Pale Ale es una categoría que incluye todas las cervezas amargas de la nación inglesa. De hecho, el término «bitter» (amargo en inglés) es empleado en ocasiones para hacer referencia a cualquier cerveza de este grupo. A pesar de ello, algunos fabricantes establecen una sutil diferencia entre las cervezas English pale ale y las bitter asegurando que las primeras poseen un mayor nivel de ésteres, así como una carbonatación superior y una espuma de alta persistencia. [8]

La categoría nació en Burton allí sus aguas ricas en calcio le otorgaron un carácter especial. En la actualidad los productores fuera de esta región añaden yeso durante la elaboración para replicar este rasgo deseable. [8]

Figura 2.

Cerveza tipo Pale Ale



Nota. La figura ilustra cómo es la apariencia de una cerveza tipo Pale Ale. Tomado de: «Hacer cerveza artesanal,» [En línea]. Available: <https://hacercervezaartesanal.com/tipos-de-cervezas/cerveza-ale/>. [Último acceso: 14 09 2022].

Con la información plasmada en el marco teórico se identificó las materias primas, como aportan a la elaboración de la cerveza, los pasos necesarios para el desarrollo de producción de cerveza, las características que tendrá la cerveza que será elaborada en este trabajo de grado. Con caracterización e información se desarrollará y describirá las materias primas y proceso productivo que se implementaran en la cerveza tipo Pale Ale con aditivo de residuo de café.

2. CARACTERIZACIÓN DEL ADJUNTO

En este primer capítulo se recopila la información y descripción del aditivo a implementar a la cerveza tipo Pale Ale, cascarilla de café. Se hace una descripción de sus características, propiedades físicas, químicas el aporte nutricional que tiene y también se hace una caracterización de uno de los compuestos que se encuentran en las cascarillas de café (polifenoles), ya que estos al encontrarse en la cerveza aportan un valor de salud al consumidor.

2.1. Caracterización de cascarilla de café

El pergamino de café o cascarilla es la parte que envuelve el grano inmediatamente después de la capa mucilaginosa y representa alrededor de 12 % del grano de café en base seca. Esta cascarilla constituye una excelente fuente de celulosa, y lignina, pentosanos, sílice y cenizas, así como otros compuestos en menor proporción. [9]

Figura 3.

Partes de un grano de café



Nota. La Figura muestra las partes que componen un grano de café. Tomado de: E. M. Manals-Cutiño, D. Salas-Tort, M. Peneo-Medida "Caracterización de la biomasa vegetal cascarilla de café", Scielo, vol. 38, n.º 1, 2018. Accedido el 5 de octubre de 2022. [En línea].

Disponible:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&id=S2224-)
[id=S2224-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&id=S2224-)

61852018000100013&lng=es&nrm=iso&am
p;tlng=es

En la siguiente tabla se muestra la caracterización de diferentes biomásas, entre ellas el adjunto para la cerveza artesanal, cascarilla de café.

Tabla 6.

Caracterización de diferentes tipos de biomasa

<i>Biomasa</i>	Humedad (%)	Volátiles (%)	Cenizas (%)	C (%)	H (%)	O (%)	N (%)
<i>Almendras</i>	6,5	93	1,7	62,5	8,8	26,6	2,1
<i>Afrecho</i>	10,5	81	3,5	59,5	5,5	42,5	2,4
<i>Cascarilla de café</i>	10,1	82	1,2	50,3	5,3	43,8	< 1
<i>Bagazo</i>	15	87	8,1	53,1	4,7	41,7	< 1

Nota. La tabla contiene información de la caracterización de diferentes tipos de biomasa. Tomado de: E. M. Manals-Cutiño, D. Salas-Tort, M. Peneo-Medida "Caracterización de la biomasa vegetal cascarilla de café", Scielo, vol. 38, n.º 1, 2018. Accedido el 5 de octubre de 2022. [En línea].

Disponible: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es

A partir de la tabla 6 se puede observar que la cascarilla de café cuenta con un porcentaje de humedad de 10,1%, su porcentaje de C, H, O, N tienen un porcentaje de 50,3%, 5,3%, 43,8%, <1% correspondientemente.

La tabla 7 muestra las propiedades térmicas de la cascarilla de café, comparada con otros residuos.

Tabla 7.*Propiedades de los residuos*

Residuos	Humedad (%)	Volátiles (%)	Carbono fijo (%)	F (%)	C (%)	H (%)	O (%)	N (%)
<i>Aserrín</i>	9,1	81,1	0,2	18,0	48,3	6,1	45,3	0,2
Cascara de arroz	11,4	65,9	17,0	17,1	35,5	5,2	42,1	0,2
Cascara de café	13,1	73,2	3,7	23,1	47,5	6,4	43,7	-

Nota. La tabla describe las propiedades de algunos residuos, como la cascarilla de café. Tomada de: E. M. Manals-Cutiño, D. Salas-Tort, M. Peneo-Medida "Caracterización de la biomasa vegetal cascarilla de café", SciELO, vol. 38, n.º 1, 2018. Accedido el 5 de octubre de 2022. [En línea].

Disponible: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es

En la tabla 7 se visualiza que las propiedades típicas con las que cuenta el residuo de la cascara de café es que tiene un porcentaje de humedad de 13,1. Por otra parte entre sus propiedades cuenta con F, C, H, O, N con 23,1, 47,5, 6,4, 43,7 de porcentaje para cada uno.

La cascarilla de café es un subproducto que se obtiene durante la producción del café. contiene cantidades considerables de compuestos fenólicos y cafeína. [10]

La cereza del café se compone de piel, pulpa, mucílago, pergamino, piel plateada y grano de café. La piel, también llamada pericarpio, se vuelve roja al madurar. Debajo de la piel está la pulpa amarillenta, fibrosa y dulce, el mesocarpio exterior. Este cubre una fina capa de mucílago, la llamada capa de pectina. [10]

Las cerezas de café frescas contienen más de 430 g de cascarilla de café por kg, la pulpa representa casi el 30% de la materia seca (MS) de la cereza de café. Con una producción anual promedio de diez millones de toneladas de granos de café, se genera una gran cantidad de cascarilla como subproducto. [10]

La cascarilla de café es una fuente potencial de antioxidantes y compuestos fenólicos que no deben desperdiciarse. Dado que la cascarilla de café y los granos de café contienen componentes similares, la cascarilla de café seca se puede utilizar para producir una bebida refrescante. [10]

En Colombia hay diferentes especies de café. Sin embargo, la más común es el *Coffea arábica* sin tostar (café verde) el cual contienen del 9 al 12,5 % de carbohidratos solubles, del 45 al 63 % de carbohidratos insolubles, del 8,5 al 12 % de proteínas, del 15 al 18 % de lípidos, del 0,8 al 1,4 % de cafeína, del 6,7 al 9,2 % de ácido clorogénico, y 3–5,4 % de minerales. [11]

Por otra parte, la cascarilla de café contiene alrededor del 50% de carbohidratos, 10% de proteínas, 20% de fibras, 2,5% de grasas y 1,3% de cafeína, también contiene compuestos fenólicos. Hay Cuatro clases principales de compuestos fenólicos identificados: flavan-3-oles (monómeros y procianidinas), ácidos hidroxicinámicos, flavonoles y antocianinas con ácido clorogénico como compuesto fenólico predominante. [11]

Los granos de café tienen una composición química compleja y se ve alterada por muchos factores como lo es el suelo, cultivo, etc. En la tabla 10 se planteará una aproximación de la composición química del café verde

Tabla 8.

Composición química típica de café verde (base-seca aproximado)

Compuesto	%	%café verde (% total)	% soluble
Carbohidratos			
Azúcares reductores (S)	1,00		
Sacarosa (S)	7,00		
Peclinas (S)	2,00		
	<u>10,00</u>		10
Almidón (FS)	10,00	60	
Pentosanos (FS)	5,00		
	<u>15,00</u>		
Hemicelulosas (H)	15,00		
Holo-celulosas (FNH)	18,00		
Lignina (FNH)	2,00		
	<u>20,00</u>		
Aceites (I)		13	

Proteína (No. 6.25) (depende del % desnaturalizado)	13	<u>4</u>
Ceniza (oxido) (depende de % hidrolizado)	4	<u>2</u>
Ácidos no volátiles	8	<u>8</u>
Clorogénico (S)	7,0	
Oxálico (S)	0,2	
Málico (S)	0,3	
Cítrico (S)	0,3	
Tartárico (S)	0,4	
	<u>8,2</u>	
Trigonelina (S)	1	<u>1</u>
Cafeína	1	<u>1</u>
	<u>100</u>	<u>26</u>
Arábica (1%)		
Robusta (2%)		

Nota. La tabla muestra la composición química típica del café. Tomado de: M. Sivetz, Chemical properties of coffee, Westport: Coffee processing technology, 1963.

Con la tabla 8 se puede observar que el café verde cuenta con un 10% de carbohidratos, 15% de almidón y peclina, 15% de hemicelulosa, 20% de Holo-celulosa y lignina. También en su composición se cuenta 13% de aceites, 13% de proteínas.

La composición del cerezo es, 40% de cascarilla en el cerezo maduro, 20% mucilago y 40% grano y pergamino. La cascarilla contiene 60% de agua, 28% de materia orgánica, de la que el 1,6% es nitrógeno (10% de proteína equivalente), y 1,3% de ceniza. Es alta es fosfato y potasio. La cascarilla seca contiene 2% de aceite, cerca de 1/3 de fibra, 60% de extracto libre de nitrógeno, 10% de proteína, y 10% azucares. [11]

2.2 Polifenoles en el café

Los polifenoles son un conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de poseer en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxilicas. La naturaleza de los polifenoles varía desde las moléculas simples como los ácidos fenólicos hasta compuestos altamente polimerizados como los taninos, la oxidación de los productos de los compuestos fenólicos, al parecer son involucrados en la defensa contra la invasión de patógenos, incluyendo bacterias, fungí y virus, así como metabolitos esénciales para el crecimiento y reproducción de estas. [12]

Los polifenoles se distinguen por cinco características generales:

- Solubilidad en agua
- Masa molecular entre 500 y 300-5000
- Estructura y carácter polifenólico (12-16 grupos fenólicos y 5-7 anillos aromáticos por cada 1000 unidades de masa molecular relativa)
- Complejación intermolecular (astringencia)
- Características estructurales (dos motivos estructurales mayores, proantocianidinas o taninos condensados y taninos hidrolizables, más un tercer grupo minoritario, los florotaninos).

El café verde existe una gran cantidad y variedad de compuestos fenólicos, ejemplificados por los ácidos clorogénico, cafeico, fenólico y cumaríco; pero al tostarse, se afecta marcadamente su composición en fenoles debido a la reacción de Maillard, lo cual le confiere un sabor y aroma agradable, y se originan pigmentos denominados melanoidinas, que le dan al café tostado su color característico. [12]

En el café los polifenoles que se encuentran principalmente son los mono y diésteres, con sustituciones del ácido quínico conformando así más de 40 isómeros de ácidos diferentes entre los cuales se pueden encontrar CQA, di-CQA y FQA. En promedio la concentración de ácidos clorogénicos en el café Arábica en Colombia se encuentra entre 5.24% a 7.61%. [13] En la próxima tabla se podrá encontrar consignados nombres y formulas químicas de algunos ácidos clorogénicos presentes en el café.

Tabla 9.

Nombres, fórmulas químicas y estructurales de algunos ácidos clorogénicos

Nombre común	Formula molecular y nombres químicos	Obtención
Quínico QA	C ₇ H ₁₂ O ₆ 1,3,4,5-Tetrahidroxi-(1 α ,3R,4 α ,5R) Ciclo hexano Carboxílico	Quina, café y sintéticamente.
Cafeico CA	C ₉ H ₈ O ₄ 3,4-Dihydroxicinámico 3-(3,4-Dihydroxifenil)-2-propenoico.	Arándano, manzana, cidra, orégano, verbena, Tomillo, cúrcuma, aceituna, café.
Clorogénico 5-caféoil-quinico 5-CQA	C ₁₆ H ₁₈ O ₉ 1,4,5-tridroxi ciclo hexano carboxílico 3-(3,4-dihydroxicinamato) 3-[[3-(3,4-Dihydroxifenil)-1-oxo-2-propenil]oxi]-1,4,5,-tri-hydroxiciclohexano-carboxilico	Café, arándanos, manzana Cidra. Es el ácido fenólico más abundante en el café.
1,5-di-caféoilquinico 1,5 di-CQA	C ₂₅ H ₂₄ O ₁₂ 3,4-Dihydroxiciclohexano carboxílico 1,5- (3,4-dihydroxicinamato)	Granos de café verde, girasoles

Nota. La tabla da información sobre algunos ácidos clorogénicos. Tomado de: M. C. MUSALAN, «evaluación de la actividad coagulante de los polifenoles,» fundación universidad de américa, Bogotá, 2019.

A partir de la tabla 9 se puede visualizar que algunos ácidos clorogénicos como quinico, cafeico, s-cafeoil-quinico y 1.5-di-cafeoilquinico se encuentran presentes en la composición del café.

No todos los polifenoles se pueden extraer, existen ciertos polifenoles considerados no extraíbles, por lo general son aquellos compuestos con alto peso molecular, aunque en algunos casos a pesar de su bajo peso molecular se encuentran unidos a otros componentes como fibra dietario o proteínas por lo que quedan retenidos en el residuo resultante de las extracciones, también hay algunos que quedan atrapados en la matriz vegetal inaccesibles a los disolventes siendo considerados no extraíbles. [13]

los polifenoles extraíbles son aquellos de bajo peso molecular que se solubilizan en los solventes de extracción, por su estructura química puede dividirse en estructuras más simples como los ácidos fenólicos que pueden encontrarse libres o esterificados como flavonoides y otras estructuras más complejas. [13] La tabla 10 presenta una clasificación de fenoles extraíbles y no extraíble en el café.

Tabla 10.

Clasificación de fenoles extraíbles y no extraíbles

Extraíbles	No extraíbles
Ácidos fenólicos (Cafeico)	Taninos
Isoflavonas	condensados
Esterificados (Clorogénicos)	Taninos hidrolizables
Flavonoides	
Flavonoles	
Isoflavonas	
Flavanonas	

Nota. La tabla plantea la clasificación de fenoles Extraíbles y no extraíbles. Tomado de: M. C. MUSALAN, «evaluación de la actividad coagulante de los polifenoles,» Fundación Universidad de América, Bogotá, 2019

Se puede observar a partir de la tabla 10 que hay una mayor cantidad de fenoles extraíbles como ácidos fenólicos, esterificados, flavonoides, etc. Mientras que solo se cuenta con dos fenoles no extraíbles, lo cuales son taninos condensados y taninos hidrolizables.

2.3 polifenoles en la cerveza

La cerveza contiene una variedad de polifenoles que pueden ser importantes por su estabilidad química, que incluyen flavonoides prenilados, ácidos fenólicos, fenoles simples, flavonoles, hidroxycumarinas, flavonas, proantocianidinas, taninos y compuestos amino fenólicos. Además de su potencial antioxidante, estos compuestos juegan un papel importante en el sabor (amargura, astringencia, dureza) y color. La mayoría de los compuestos fenólicos se derivan de la malta (70-80%) y el resto proviene del lúpulo (30%). Estos compuestos están involucrados en la estabilidad química y la vida útil de la cerveza. [14]

Los compuestos fenólicos también pueden funcionar como antioxidantes en el cuerpo humano, como agentes protectores contra la oxidación del ácido ascórbico y los ácidos grasos insaturados. [14]

los polifenoles de la cerveza además de poseer actividad antioxidante, especialmente frente a los radicales hidroxilos, involucrados en los procesos de peroxidación de lípidos, pueden desempeñar un papel activo en la prevención de la enfermedad de Alzheimer y otros trastornos relacionados. [14] En la tabla 11 se consigna información acerca de los polifenoles totales y la capacidad antioxidante de estos en la cerveza.

Tabla 11.

Polifenoles totales y capacidad antioxidante (Promedio \pm desviación estándar) según la procedencia de las cervezas

Procedencia	Marca	Tipo fermentación	Alcohol (%)	Polifenoles totales (mg EAG ml ⁻¹)	Capacidad antioxidante μ Mol DPPH ml ⁻¹
Industrial					
	A	Lager	4,8	0,47 +/- 0,05	1,18 +/- 0,06
	B	Lager	4,8	0,59 +/- 0,04	1,14 +/- 0,04
Artesanal					
	C1	Witbier	6,1	0,70 +/- 0,08	3,63 +/- 0,19
	C2	Red ale	6,1	0,99 +/- 0,09	3,66 +/- 0,45
	C3	Monche loche	6,1	0,74 +/- 0,07	3,84 +/- 0,08
	C4	Golden ale	6,1	1,33 +/- 0,09	3,63 +/- 0,28
	C5	Lager dorada	6,1	0,84 +/- 0,07	3,83 +/- 0,13
	D1	Pale ale	5,5	0,85 +/- 0,07	3,58 +/- 0,13
	D2	Lager	5,5	0,98 +/- 0,08	3,54 +/- 0,43
	E	Lager	5,2	1,14 +/- 0,05	3,23 +/- 0,17

Nota. La tabla contiene información acerca de los polifenoles totales y capacidad Antioxidante según la procedencia de las cervezas. Tomado de: J. Pachas, «Contenido de Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales,» Peruvian Agricultural Research , Peru, 2019.

Con la tabla 11 se puede divisar que en la cerveza artesanal hay un promedio de polifenoles totales entre 0,70 y 1,33+/- 0,075 a diferencia de una cerveza industrial que cuenta entre 0,47 y 0,59 +/- 0,045 de polifenoles totales. Por otra parte, el porcentaje de alcohol de las cervezas artesanales va 5,2 a 6,1 y en las cervezas industriales de 4,8.

En la determinación de los polifenoles totales, se observó que las cervezas industriales tuvieron un promedio de 0,53 mg EAG/ml, mientras que las cervezas artesanales 0,96mg EAG ml. Los resultados indicaron que las cervezas de elaboración industrial tienen un menor contenido de polifenoles totales que las cervezas de elaboración artesanal. Las cervezas artesanales mostraron un rango de polifenoles -1totales que va de 0,70 a 1,33 mg EAG ml. [14]

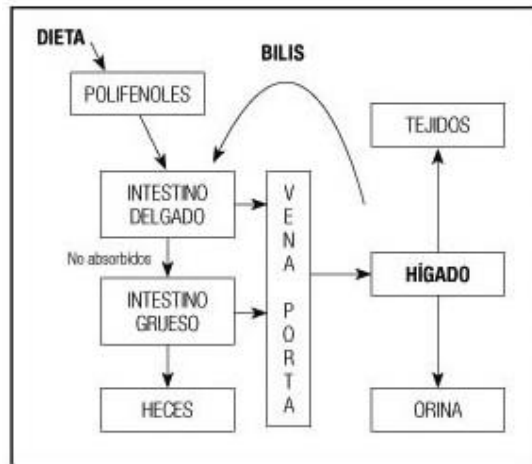
La cerveza con un mayor contenido en polifenoles es tipo Ale (52,32 mg/100 ml); mientras que la cerveza sin alcohol es la que menor contenido de polifenoles posee (12,20 mg/100 ml). Las cervezas con alcohol tipo Lager y negra tienen un contenido medio (27,83 mg/100 ml y 41,60 mg/100 ml, respectivamente). [15]

los polifenoles con la microbiota tiene una interacción será de doble sentido: primero, los polifenoles y sus derivados ejercerán un efecto sobre las bacterias estimulando o inhibiendo su crecimiento; mientras que, en el otro sentido, el microbiota colonial actuara enzimáticamente mente sobre los polifenoles, produciendo metabolitos más sencillos de una manera secuencial. [15]

los polifenoles, mejorará la permeabilidad intestinal y, por lo tanto, mejorando la endotoxemia y la inflamación. Pero estos metabolitos no solo funcionan a este nivel, sino que también ejercerán su función de manera sistémica reduciendo el colesterol, modulando el sistema inmune o protegiendo de desórdenes intestinales [15]

Figura 4.

Metabolismo de los polifenoles dietéticos



Nota. La imagen representa como actúan los Polifenoles en el metabolismo. Tomado de: A. Heeger, A. Kosińska-Cagnazzo, E. Cantergiani y W. Andlauer, "Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage", Food Chemistry, vol. 221, pp. 969–975, abril de 2017. Accedido el 16 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>

Los fenoles traen beneficios a la cerveza. Sin embargo, Si el contenido de sustancias fenólicas es demasiado alto, es fácil provocar el fenómeno de profundización del color, turbidez y precipitación, lo que afectará la estabilidad abiótica de la cerveza. Cuando el contenido es demasiado bajo, la cerveza se vuelve débil, lo que afecta la estabilidad del sabor y, por lo tanto, prolonga el período de conservación de la cerveza. [16]

Los polifenoles llegan afectar el sabor de la cerveza de distintas formas como; el aroma principal de la sustancia de sabor cambia debido al cambio en el grado de polimerización, cambiar el aroma de otras sustancias cambiando la capacidad de oxidación-reducción del sistema de cerveza; a través

de reacciones químicas y enzimáticas con otros tipos de sustratos, se producen nuevas sustancias de sabor; y las sustancias que contienen otras moléculas pequeñas dan como resultado una mezcla que es diferente de los compuestos individuales, el perfil de sabor especial del último perfil. [16]

Con la información recopilada y la descripción de la cascarilla de café y sus compuestos en este apartado se tiene en cuenta cuales son los beneficios que aporta este residuo de la industria del café a la cerveza artesanal y como al ser agregado genera un valor nutricional. Para así con la información hacer una buena implementación durante la producción de la cerveza tipo Pale Ale de la cascarilla de café.

3. PROCESO DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y PROCESOS PRODUCTIVO DE CERVEZA TIPO PALE ALE

Este segundo capítulo se hace una descripción del paso a paso de un proceso de extracción de contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida) a partir de la cascarilla de café, el cual será agregado en el proceso productivo de la cerveza tipo Pale Ale. Adicionalmente, en el capítulo se informa de la cuantificación teórica de un compuesto (polifenoles) que se encuentra presente en la cascarilla de café, ya que este hace un aporte a la salud del consumidor. Este capítulo de igual manera describe el proceso, las materias primas implementadas y las condiciones de producción de la cerveza tipo Pale con adición de residuos de café (cascarilla de café).

Para realizar la extracción acuosa de cascarilla de café por medio de extracción Soxhlet se tomó como base el artículo *Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of cascara beverage* de la revista *ELSEVIER* (A. Heeger, A. Kosinska-Cagnazzo, E. Cantergiani, W. Andlauer, 2017) [17]. Cabe aclarar que el proceso de extracción Soxhlet para la obtención de contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida); El proceso se hizo con cantidades diferentes al artículo pero la implementación de la analogía es similar con algunos cambios. Cabe aclarar que no se realizó de manera experimental la cuantificación de polifenoles, por lo cual se tomó como base teórica el artículo *Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of cascara beverage* de la revista *ELSEVIER* (A. Heeger, A. Kosinska-Cagnazzo, E. Cantergiani, W. Andlauer, 2017) [17] acerca de la cuantificación de fenoles. Debido a que la cascarilla de café en sus características contiene polifenoles, se podría decir que el contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida) que se obtuvo en la extracción Soxhlet podría contener polifenoles.

3.1 Descripción del proceso de extracción Soxhlet

EXTRACCIÓN SOXHLET: Es la acción de separar con un líquido una fracción específica de una muestra, dejando el resto lo más íntegro posible. Se pueden realizar desde los tres estados de la materia, y se llaman de la siguiente manera: 1) Extracción sólido – líquido; 2) extracción líquido – líquido y 3) extracción gas – líquido. [18]

La extracción Soxhlet se fundamenta en las siguientes etapas: 1) colocación del solvente en un balón. 2) ebullición del solvente que se evapora hasta un condensador a reflujo. 3) el condensado

cae sobre un recipiente que contiene un cartucho poroso con la muestra en su interior. 4) ascenso del nivel del solvente cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujó que vuelve el solvente con el material extraído al balón. 5) Se vuelve a producir este proceso la cantidad de veces necesaria para que la muestra quede agotada. Lo extraído se va concentrando en el balón del solvente. [18]

La primera parte del proceso que se realizó fue la trituración de 2 kilogramos de cascarilla de café, esta operación unitaria se llevó a cabo en un molino de martillos durante dos horas, buscando que la cascarilla de café se transformara en polvo.

Figura 5.

Cascarilla de café seca



Nota. La imagen muestra la Cascarilla de café que será utilizada como aditivo.

Figura 6.

Cascarilla de café en molino de martillo



Nota. La figura muestra la cascarilla de café previamente de ser molido

Figura 7.

Cascarilla de café molida por molino de martillo



Nota. La imagen muestra la cascarilla molida

Como resultado de la trituración se logró obtener la transformación de la cascarilla de café en polvo y algunas partículas que no se lograron triturar en su totalidad. Siguiendo el artículo el cual indicaba que se debía usar únicamente partículas menores a 1,4 mm para la extracción Soxhlet. Se realizó posteriormente de la trituración se hizo una separación de las partículas mediante la operación unitaria, tamizar, con un tamiz vibrante de malla de 250.

Figura 8.

Cascarilla de café molida



Nota. La imagen muestra de la cascarilla de café molida

Figura 9.

Tamiz para cascarilla molida de café



Nota. La figura representa el equipo usado para la molienda de la cascarilla de café. Tomada de: 911 Metallurgist, «Tamizador Vibratorio De Laboratorio,» <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/tamizador-vibratorio-de-laboratorio/>.

Según el artículo [17] la cantidad de muestra que se debía tomar era 1,0 g de cascarilla de café molida los cuales se extraerían con 10 ml de agua (solvente). Sin embargo, para obtener una mayor cantidad de contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida) la cantidad con la que se realizó la extracción fue diez veces más grande, se tomaron 10g de cascarilla de café, de igual manera se debe aumentar la cantidad de agua (solvente) a 100 ml. Cabe mencionar que esto se realizó por triplicado.

Figura 10.

Muestras de cascarilla molida



Nota. La figura muestra el pesaje de cascarilla molida

Se realizó el montaje de extracción Soxhlet, el cual duró 4 horas, se observó que el montaje el balón del medio fue más rápido al hacer los ciclos, realizó dos ciclos, mientras que los dos balones en las esquinas realizaron un ciclo. Se mantuvo una temperatura de 280 °C durante toda la extracción. La temperatura de solvente (agua) fue de 15°C (temperatura ambiente). En el artículo el tiempo y la temperatura planteados fueron de 15 min a una temperatura 85 °C. Sin embargo, como hubo un aumento de la cantidad a implementar, se aumentaron esas dos variables también. Cabe mencionar que extracción se puede contar por tiempo o número de ciclos realizados, esto quiere decir que cada cantidad de compuesto volátil se disuelve por el agua después de pasar por una línea con la que cuenta el montaje pasa el extracto al matraz, esto cuenta como un ciclo. en este caso se contó por número de ciclos realizados.

Figura 11.

Montaje de extracción Soxhlet



Nota. Figura muestra el montaje de extracción Soxhlet realizado con cascarilla café y agua como solvente

Figura 12.

Proceso de extracción Soxhlet



Nota. Figura muestra el procesos de montaje de la extracción Soxhlet

Figura 13.

Resultado de proceso de extracción Soxhlet



Nota. La figura muestra los extractos obtenidos mediante la extracción Soxhlet

Figura 14.

Proceso de evaporación de los extractos



Nota. La figura plasma el proceso de evaporización de los extractos

Se realizó una separación por evaporación para eliminar la fase líquida del destilado y obtener material sólido.

Para esta práctica se usó una estufa para calentar el extracto que se obtuvo, se buscó mantener un rango de temperatura entre 90 °C a 100°C por un tiempo de dos horas y media, se buscó que el extracto hirviera, debido a que es necesario que el líquido contenido pasara un estado gaseoso y se evaporara, dejando el material sólido que se deseaba. De cada recipiente con extracto se tomaron tres muestras y fueron diluidas a un volumen conocido de 100 ml. En las ecuaciones 4,5 y 6 se reporta la cantidad de disolución de cada uno de los extractos compuestos por contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida) y agua.

Figura 15.

Resultado de evaporación de los extractos



Nota. La figura muestra el contenido en fase solida obtenido a partir de la evaporación

Figura 16.

Medición de extracto



Nota. La figura plasma el pesaje realizado a cada muestra de contenido solido

Ecuación 4.

Cantidad del extracto diluido primer recipiente

Extracto diluido 1

$$= \frac{0,0427g \text{ contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100 \text{ ml agua}}$$

Extracto diluido 2

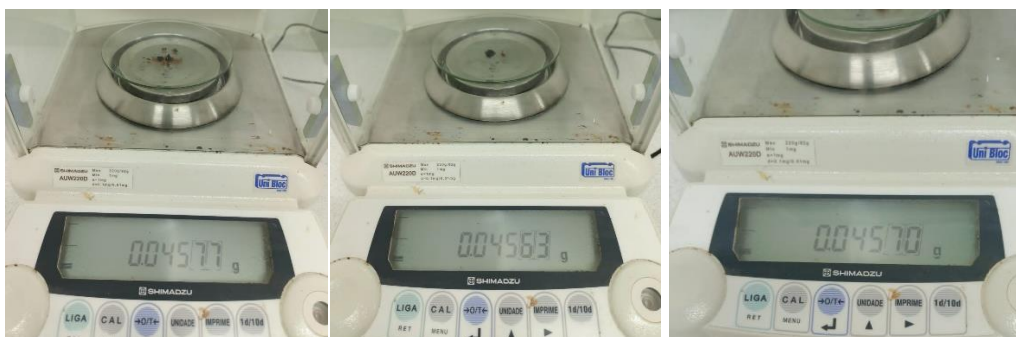
$$= \frac{0,0439g \text{ contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100 \text{ ml agua}}$$

Extracto diluido 3

$$= \frac{0,0436\text{g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100 \text{ ml agua}}$$

Figura 17.

Medición de extracto segundo recipiente



Nota. La figura muestra el pesaje de la segunda muestra solida

Ecuación 5.

Cantidad del extracto diluido segundo recipiente

Extracto diluido 4

$$= \frac{0,0458\text{g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100 \text{ ml agua}}$$

Extracto diluido 5

$$= \frac{0,0456\text{g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100 \text{ ml agua}}$$

Extracto diluido 6

$$= \frac{0,0457\text{g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100 \text{ ml agua}}$$

Figura 18.

Medición de extracto tercer recipiente



Nota. La figura muestra el pesaje del tercer recipiente con muestra solida

Ecuación 6.

Cantidad del extracto diluido tercer recipiente

Extracto diluido 7

$$= \frac{0,0632g \text{ contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100 \text{ ml agua}}$$

Extracto diluido 8

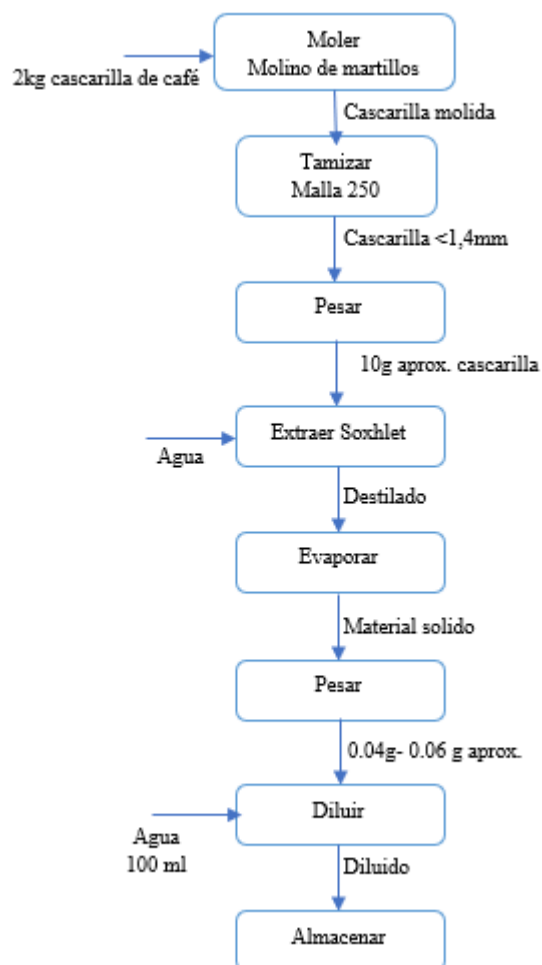
$$= \frac{0,0637g \text{ contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100 \text{ ml agua}}$$

Extracto diluido 9

$$= \frac{0,0635g \text{ contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100 \text{ ml agua}}$$

Figura 19.

Diagrama de extracción Soxhlet



Nota. La figura representa el diagrama de bloques del proceso realizado para extracción Soxhlet

3.2 cuantificación de polifenoles teorica

Partiendo del artículo, *ELSEVIER (Bioactives of coffe cherry pulp and its utilisation for production of cascara beverage)* [17] se tomaron los resultados obtenidos de cuantificación a partir de la practica con el metodo con el reactivo Folin-Ciocalteu. La parte experimental a partir del articulo se ejecuto de la siguiente manera:

Se tomaron 25µl de extracto de cascara, se pipetearon en la microplaca. En cada orificio se ponen 250µl diluido del reactivo. Después, se incubó a temperatura ambiente durante 10 minutos. Luego de este tiempo se añadieron 25µl de solución de carbonato de sodio (5% en agua) a los orificios. La placa fue incubada durante 20 minutos, transcurrido ese tiempo se midió la absorbancia a 755nm. Para la solución patrón se prepararon soluciones patrón de ácido gálico en agua en un rango de concentración de 50 mg/l a 500 mg/l. Los resultados de esta parte experimental fueron que la equivalencia de ácido gálico por g DM de la muestra de pulva de café (mg GAE/g Ms). El resultado de la cascara se da en mg de ácido gálico equivalente por litro (mg GAE/l).

En el artículo [17], se indica el uso HPLC (cromatografía líquida) para el análisis de polifenoles, la cual consistió en el uso de un cromatografía líquida, una columna. El artículo explica cómo se realizó la elución con un gradiente de agua con ácido fórmico al 1% , el cual sería el eluyente A y acetonitrilo con ácido fórmico al 1% como eluyente B. Durante 2 minutos 100% de separación de A, mientras que B entre 2 y 25 min fue aumentando 10%, de 25 a 26 minutos B se mantuvo, al transcurrir entre 26 y 30 minutos B pasó a 60% y se mantuvo así 5 minutos más. Por otra parte A desde los 35 minutos se trajo al 100%. Se usó un detector de matriz de diodos a 260nm, 280nm, 320nm y 340 nm

Por otra parte, se tomaron extractos sin diluir y cascara, tres muestras de cada una, fueron filtradas y 1µl se inyectó en la columna. Para la cuantificación de fenoles en el artículo fueron identificados por la comparación de tiempos de retención y espectro UV con unos estándares. En este experimento se utilizaron sustancia patrón como lo son, ácido caféico, ácido clorogénico, ácido cumárico, ácido ferúlico, ácido sináptico, ácido gálico, ácido protocatequico, ácido hidroxibenzoico, ácido vanílico, ácido gentísico, escopoletina, rutina, quercetina, tirosol, (+)-catequina, cafeína, ácido sirínico y (-)-epicatequina. Estándares de ácido hidroxibenzoico, tirosol y ácido sináptico se prepararon en etanol, todos los demás estándares en agua.

Los resultados teóricos reportados por literatura, fueron que los compuestos más prominentes identificados en los extractos fueron el ácido clorogénico y el ácido protocatecúico son los polifenoles dominantes en todas las muestras analizadas. En total, estos compuestos constituyeron más del 80% de los polifenoles determinados. El ácido gálico y la rutina también estaban presentes en todas las muestras de pulpa de cereza de café, pero en cantidades mucho más bajas (60,1 mg/g

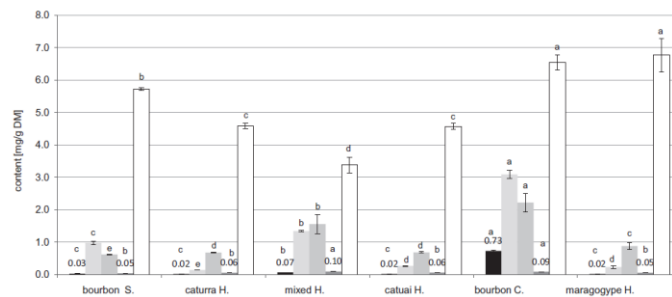
MS). Hay datos que no fueron consignados en la primer literatura, por lo cual en otra literatura [19] Se observaron datos como una presencia de ácido clorogénico (42,2%), ácido protocatecúico (1,6%) y rutina (2,1%), presencia de catequina (2,2%), epicatequina (21,6%) y ácido ferúlico (1,0%) a partir de pulpa de café fresca extraída con 80% de metanol.

En el artículo [25] se consigna una grafica con los resultados obtenidos del experimento con variedades de *Coffea arabica*, mostrando una comparación entre ellos.

En la discusión de resultados en el artículo se dice que pulpa de cereza de café variedad bourbon, ambas obtenidas por vía húmeda, pero de diferentes países de plantación difieren significativamente en el contenido de compuestos fenólicos individuales. Esto indica que hubo diferencias en la ejecución del proceso húmedo (por ejemplo, despulpado) u otros factores como las condiciones de crecimiento (altitud, clima, suelo y prácticas agrícolas) o el tiempo de cosecha influyeron en el contenido de polifenoles. [17]

Figura 20.

Contenido de polifenoles individuales



Nota. La figura representa el contenido e polifenoles individuales de manera teórica. Tomado de: A. K.-C. E. C. W. A. A. Heeger, «Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage,» *Elsiver*, pp. 1-7, 2016.

Tabla 12.

Contenido de cafeína, polifenoles individuales y actividad antioxidante de la bebida Cascara en comparación con algunos datos de la literatura

	Cáscara	Café^a	Piel plateada de café^b	Té verde listo para beber^c	Infusión de cáscara de trigo sarraceno^d
Contenido de cafeína (mg/L)	226.4 ± 1.2	174 - 540 0	5 - 190	n.r.	n.r.
Contenido de compuestos fenólicos (mg/L)					
Ácido gálico	4.3 ± 0.5	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Ácido protocatequico	85.0 ± 0.5	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Ácido clorogénico	69.6 ± 0.4	150 - 326 0	20 - 30	n.r.	0.6
Rutin	6.1 ± 0.0	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Catequinas		n.r.	n.r.	300 - 100 0	n.r.
Actividad antioxidante					
ORAC (mmol TE/L)	8.86 ± 0.18 6	n.r.	n.r.	6 - 22	n.r.

ABTS (mmol TE/L)	3.02 ± 0.00 6	6.97 – 54.1	n.r.	n.r.	n.r.
TPC (mg de GAE/L)	283 ± 12.0	250 - 180 00	159 – 354 ^e	450 - 170 0	32 ^f

Los resultados de la cáscara se expresan como la desviación estándar media del análisis por triplicado; TE - equivalentes de trolox, TPC – contenido fenólico total, GAE – equivalentes de ácido de ajo. n.r. no reportado en el estudio citado.

a Rangos para cervezas preparadas por diferentes técnicas de elaboración de cerveza

b Rangos para bebidas a base de extracto de piel de plata de Arábica y Robusta 2,5 g/L

c Rangos para cuatro bebidas verdes listas para beber bebidas de té del mercado brasileño

d Infusión preparada a partir de 2 g de cáscara de trigo sarraceno con 200 ml de agua

e Expresado como equivalentes de ácido clorogénico

f Expresado como equivalentes de catequina

Nota. La tabla representa el contenido de cafeína y polifenoles presentes en la bebida de cascara de café. Tomado de: A. K.-C. E. C. W. A. A. Heeger, «Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage,» *Elsiver*, pp. 1-7, 2016.

3.3 producción de cerveza

La producción se hizo en *la cervecería La Verónica* por lo cual se tienen en cuenta las condiciones de temperatura que se presentan en el ambiente (20 °C) y las condiciones del agua, ya que esta fue la implementada para la elaboración de la cerveza. La cervecería se suministra de la fuente hídrica de Bogotá y esta tratada posteriormente de recibirla.

Para la producción de cerveza tipo Pale Ale, son esenciales las siguientes materias primas, las cuales fueron elegidas por la asesoría recibida en la cervecería.

- Malta principal:

Malta Pale Ale, es la base de las cervezas del mismo nombre, y la precursora de la mayoría del resto de maltas británicas. Su secado se realiza a temperaturas bajas que conserven las enzimas del grano [20]

Es de color claro y tiene un índice EBC que suele oscilar entre 5 y 7, pero puede llegar a 10. Su alto poder diastático (250) hace que pueda combinarse con otras maltas que aporten poco o ningún azúcar fermentable. [20] En la tabla 12 se encuentra información de las propiedades típicas de la malta Pale Ale.

Tabla 13.

Propiedades típicas de malta Pale Ale

<i>Especificaciones</i>		Mínimo	Máximo
<i>Humedad</i>	%		4,9
<i>Extracto de molienda fina</i>	%	80,5	
<i>Diferencia de extracto EBC</i>	%		2,0
<i>Viscosidad (8,6%)</i>	m/Pa·s		1,60
<i>Friabilidad</i>	%	81,0	
<i>Vidriosidad</i>	%		2,5
<i>Proteína, base seca</i>	%	9,0	11,5
<i>Nitrógeno Soluble</i>	mg/100 g	610	780
<i>Índice Kolbach</i>	%	36,0	45,0
<i>Color del mosto</i>	EBC	5,0	7,0
	L	2,3	3,1
<i>pH del mosto</i>		5,7	6,1
<i>Granulometría > 2,5mm</i>	%	90,0	
<i>Poder diastático</i>	WK	250,0	
<i>β-Glucano</i>			350,0

Nota. La tabla muestra las propiedades que tiene la malta Ale. Tomado de: Distrines, «Distrines.com,» [En línea]. Available: <https://distrines.com/maltas/2/malta-pale-ale>. [Último acceso: 08 11 2022].

Se puede observar en la tabla 12 que la malta Pale Ale tiene un porcentaje máximo de humedad de 4,9%, tiene proteína entre 9,0 – 11,5 %. Al usar esta malta en la cerveza le aportara al mosto un pH entre 5,7 y 6,1.

- Malta secundaria:

Malta Vienna: se caracteriza por aportar un ligero dulzor a la cerveza con un sabor de fondo tostado muy agradable, aunque sutil. Se suele comparar con la malta Munich, pero en realidad las temperaturas de malteado son muy distintas y el resultado hace que ambas maltas sean distintas y que se noten sus distintas personalidades en las cervezas. [20]

Se trata de una malta base y por lo tanto se puede y suele usar en grandes proporciones. Es de color claro con EBCs bajos, cercanos al 5. [20] En la tabla 13 se encuentra información de las propiedades típicas de la malta Vienna.

Tabla 14.

Propiedades de malta Vienna

<i>Especificaciones</i>		Mínimo	Máximo
<i>Humedad</i>	%		4,9
<i>Extracto de molienda fina</i>	%	80,5	
<i>Diferencia de extracto EBC</i>	%		2,0
<i>Viscosidad (8,6%)</i>	mPa·s		1,60
<i>Friabilidad</i>	%	81,0	
<i>Vidriosidad</i>	%		2,5
<i>Proteína, base seca</i>	%	9,0	12,0
<i>Nitrógeno Soluble</i>	mg/100 g	650	800
<i>Índice Kolbach</i>	%	37,0	45,0
<i>Color del mosto</i>	EBC	8,0	10,0
	L	3,5	4,2
<i>pH del mosto</i>		5,6	6,1
<i>Granulometría > 2,5mm</i>	%	90,0	
<i>Poder diastático</i>	WK	250,0	
<i>β-Glucano</i>			350,0

Nota. La tabla muestra las propiedades que tiene la malta Vienna. Tomado de: Distrines, «Distrines.com,» [En línea]. Available: <https://distrines.com/maltas/2/malta-pale-ale>. [Último acceso: 08 11 2022].

Con la tabla 13 se visualiza que tiene un porcentaje máximo de humedad de 4,9%, tiene proteína entre 9,0 – 12,0 %. Al usar esta malta en la cerveza le aportara al mosto un pH entre 5,6 y 6,1.

- **Lúpulo:**

Lúpulo Bravo: es un lúpulo americano de alto alfa de segunda generación en el año 2006. Es resistente al moho polvoroso y un excelente lúpulo de amargor, más suave que el Chinook, con unos agradables aromas frutales y florales. [20] En la tabla 14 se muestran las características del lúpulo bravo.

Tabla 15.

Características de lúpulo bravo

<i>Características</i>	
<i>Ácidos Alfa</i>	14-17%
<i>Ácidos beta</i>	3-4%
<i>Cohumulona</i>	29-34%

Nota. La tabla muestra las características del lúpulo bravo. Tomado de: Cocinistas, «cocinistas.es,» [En línea]. Available: <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia/cocinista/maltas-y-lupulos/malta-pale-ale.html>. [Último acceso: 08 11 2022].

En la tabla 15, se observa que el lúpulo Bravo cuenta con ácidos alfa entre el 14-17% y ácidos beta entre 3-4%.

- **Levadura:**

Levadura safale S-04: seleccionada para dar lugar a una fermentación rápida y producir una sedimentación compacta lo que ayuda a producir una cerveza más clara. Perfecta para producir una gran variedad de cervezas Ale. [20]

Uso: rehidratar la levadura en agua estéril o en mosto a una temperatura de entre 24 y 30 grados (ideal de 27) y dejar reposar entre 15 y 30 minutos. Remover suavemente durante unos minutos y añadir al fermentador. Como forma alternativa, se puede espolvorear directamente en el

fermentador sobre el mosto. Dejar 30 minutos y luego remover suavemente durante unos minutos. [20]

Características técnicas: Temperatura de fermentación: entre 12 y 25 grados, (entre 15 y 20 grados para una activación óptima). [20]

Se realizan los cálculos correspondientes para las cantidades que se agregarían a la cerveza, como la proporción de cada malta, lúpulo y la levadura. Los cálculos se hicieron para 30L de cerveza total. Sin embargo, esta cantidad fue dividida en tres partes iguales después de la maduración para añadir diferentes concentraciones de cold brew y en una de ellas agregar una cantidad baja de fenoles extraídos.

Para realizar estos cálculos los datos se tomaron de manera teórica, como la gravedad original del mosto, la cual da la cantidad de azúcares iniciales para la fermentación. Este dato fue tomado del artículo *Recetas de cervezas, Cervecería Norfolk* [21], el valor tomado fue de OG: 1044. Para este cálculo se toman las últimas dos cifras de OG

Ecuación 7.

Cálculo de cantidad de malta

$$G = \frac{OG * Q}{3,785}$$
$$G = \frac{44 * 30}{3,785} = 348.745$$

Nota. La ecuación muestra el cálculo para saber que cantidad de malta se necesita.

Mediante una tabla se consignaron los valores de cada una de las variables para realizar los cálculos necesarios. Se consultó con el personal de La Verónica para determinar en qué proporcionalidad se agregarían las maltas. 80% de malta Pale Ale y 20% de malta Vienna.

Tabla 16.

Datos para cálculos de cantidad de las maltas

<i>Criterio</i>	<i>Valor</i>
<i>Malta Pale Ale</i>	80% = 0.80
<i>Malta Vienna</i>	20% = 0.20
<i>Coficiente G Pale Ale</i>	36*
<i>Coficiente G Vienna</i>	36*
<i>Rendimiento</i>	0.65

Nota. La tabla en globa todos los datos y cálculos para determinar cantidad de malta a usar

La tabla 15 muestra cuanto porcentaje de malta Pale Ale y Vienna en la cerveza y cuanto será el rendimiento de estas (0.65)

Ecuación 8.

Datos para cálculos de cantidad de las maltas

$$P = \frac{GT * 0,4536}{(G * R)}$$

$$P_{malta\ Pale\ Ale} = \frac{348,745 * 0,75 * 0,4536}{(36 * 0.65)} = 5408,230\ g = 5.408\ Kg$$

$$P_{malta\ Vienna} = \frac{348,745 * 0,20 * 0,4536}{(36 * 0.65)} = 1352,057\ g = 1.352\ Kg$$

Nota. La ecuación muestra la cantidad de malta usar

La tabla 16 consiga los datos necesarios para realizar los cálculos de cuanto cantidad de lúpulo es necesario agregar a la cerveza.

Tabla 17.

Datos para cálculos de cantidad de lúpulo

<i>Criterio</i>	<i>Valor</i>
<i>U%</i>	<i>0,27</i>
<i>Q</i>	<i>30L</i>
<i>IBU</i>	<i>15,2</i>
<i>AA</i>	<i>0,162</i>
<i>Cg</i>	<i>1</i>

Nota. La Tabla contiene la información para calcular la cantidad de lúpulo que se debe usar para la cerveza

Se observa en la tabla 17 que el lúpulo tiene un grado de IBU de 15,2 y cuenta con alfa ácidos de 0,162.

Ecuación 9.

Cálculos para cantidad de lúpulo

$$Wgr = \frac{Q * Cg * IBU}{U\% * AA * 1000}$$
$$Wgr = \frac{30 * 1 * 15,2}{0,27 * 0,162 * 1000} = 10,425g$$

Nota. La ecuación representa los cálculos para la cantidad de lúpulo

Para la cantidad de levadura se tomó en cuenta la información brindada en el sitio web, Cervezomición [22]. La dosis recomendada es de 0,5-0,8 g/L. Por lo con un sobre de 11,5g tiene para fermentar entre 25 y 30 litros. Lo que se deseaba era fermentar 30 Litros se necesitó un sobre de levadura.

Teniendo los cálculos se procedió a elaborar la cerveza tipo Pale Ale con adición de residuos de café. A continuación, se hará una descripción del paso a paso de la fabricación de la cerveza.

3.3.1 Molienda

Se tomaron 6 kilogramos de malta Pale Ale y 2 kilogramos de malta tipo Vienna se juntaron y se pasaron por un molino de rodillos (capacidad 350lb/h), la molienda se hace con el fin de aumentar el área superficial y poder facilitar la extracción máxima de azúcares y sustancias solubles.

Mediante una inspección visual se aseguró que la malta molida lo estuviera por completo, sin ningún grano entero.

3.3.2 Maceración

La siguiente operación que se realiza es la maceración, la cual se realizó en una olla. Este proceso se ejecutó a una temperatura de 60°C. La maceración se realiza en una relación de 3:1 entre agua y malta. En la maceración se eliminan los almidones y los azúcares se transforman para el mosto, los serán consumidos por la levadura durante el proceso de fermentación. El azúcar determina el contenido de alcohol en la cerveza, para definir el contenido de alcohol, se tomó la densidad en este punto la cual fue de 1055g/ml. En el proceso de maceración se hicieron rampas de temperaturas con el fin de obtener un rendimiento enzimático, la primera rampa de temperatura fue de 60 °C durante una hora y la segunda fue durante 30 minutos a una temperatura de 75 °C.

Figura 21.

Equipo de maceración



Nota. La figura muestra el equipo usado para el proceso de maceración

Figura 22.

Proceso de maceración



Nota. La figura muestra el proceso de filtración, para la separación del mosto con el afrecho

3.3.3 filtración

Se realiza la operación de filtrado, esta se hace con el fin de que el mosto quede más limpio para seguir con el proceso de fermentación y sea aún proceso limpio, este se realiza en el mismo equipo de maceración, ya que como tiene un fondo falso, se puede hacer la operación de separación entre el mosto y el afrecho. Otro proceso adicional que se ejecuta en la filtración son lavados calientes, para lograr extraer la mayor cantidad de azúcares fermentables.

Figura 23.

Proceso de filtrado



Nota. La figura muestra el afrecho obtenido de la filtración

3.3.4 Cocción

El proceso de cocción se hace con el fin de esterilizar cualquier bacteria que haya podido aparecer en el proceso, se hierva durante un tiempo de una hora y cuarenta minutos a una temperatura de 92 °C por un periodo de una hora y media. Adicionalmente en este tiempo se agrega el lúpulo bravo, se agrega en esta etapa ya que proporciona aroma característico del lúpulo y detiene los procesos enzimáticos previos.

Figura 24.

Temperatura de Cocción



Nota. La figura representa la temperatura implementada en el proceso de cocción

Figura 25.

Proceso de cocción

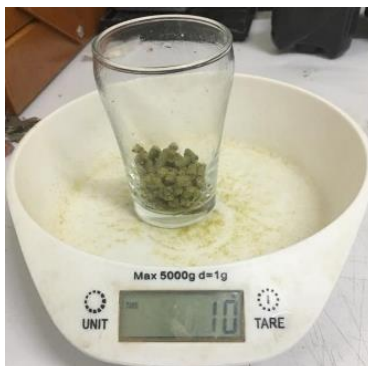


Nota. La figura muestra el proceso realizado para la cocción

Se agregaron 10g de lúpulo Bravo según los cálculos hechos previamente, al agregar el lúpulo se debe dejar un tiempo de una hora. Minutos antes de que se termine la cocción se agrega una pastilla clarificante con el objetivo de eliminar turbidez en el mosto

Figura 26.

Pesaje de lúpulo



Nota. La figura representa el pesaje realizado para el lúpulo

3.3.5 Enfriamiento

Después del proceso de cocción se usa un enfriador de mosto, para disminuir la temperatura a 20°C. Se debe bajar la temperatura del mosto para reducir el riesgo de contaminación de cerveza, darle una temperatura apropiada para las levaduras que se desee fermentar, se Evita la sedimentación en la fermentación y por último frena la isomerización de los lúpulos.

Figura 27.

Proceso de enfriamiento



Nota. La figura muestra el uso de un serpentín para enfriar el mosto

3.3.6 Fermentación

Después de que el mosto llega a la temperatura deseada de 20 °C se envía a un tanque para la fermentación, previamente se agrega levadura, cabe mencionar que se hará una respiración aerobia y anaerobia lo que ayuda al dar un ambiente propicio para la levadura. El tipo de levadura implementada se usa para que se haga una fermentación limpia durante siete días. En donde se tiene una temperatura constante entre 25-26 °C para darle un ambiente adecuado para levadura.

Figura 28.

Proceso de fermentación



Nota. La figura representa el traspaso de la cerveza a un tanque para empezar el proceso de fermentación

Figura 29.

Temperatura en el proceso de fermentación



Nota. La figura muestra la temperatura promedio en el cuarto de fermentación

3.3.7 Maduración

Después de 7 días en fermentación, se pasa al proceso de maduración, el barril el cual se ubica en un cuarto frío a 1 °C, se deja en esta etapa durante siete días.

3.3.8 Cold brew

Se hizo una mezcla entre agua embotellada y la cascarilla de café molida (residuo de café). La relación es de 2 litros de agua fría por 1kg de cascarilla de café molida, se pesó 1270 kg de cascarilla molida, por lo que se usaron 2 litros y medio de agua. Se dejó en refrigeración por 48h antes de ser incorporado a la cerveza. El cold brew le puede aportar a la cerveza antioxidantes, reduce el riesgo de diabetes y enfermedades del corazón, Adicionalmente es el método recomendado para agregar café. [23]

El cold brew se agregó en la etapa de maduración ya que en las etapas anteriores la cascarilla de café se podría fermentar y generar sabores y olores indeseados. Aquí se hizo la división de los 30L aprox. que se obtuvieron en el proceso de elaboración de cerveza hasta el paso de maduración en 10L. Se agregaron distintas cantidades de cold brew (cascarilla de café molida y agua) calculadas como lo muestra la ecuación 10, en donde se tomó como valor de la primer cerveza la cantidad máxima de cold brew que se debía agregar para la cantidad de 10L de cerveza, para la segunda cerveza se agregó la mitad de esta cantidad máxima y para la tercera se agregó un tercio de la cantidad máxima. Esto se realizó con el fin de saber cuál de la cervezas daba un mejor resultado al usar residuos de café (cascarilla de café) dando aroma o sabor a este (olor y sabor a café). En el caso de la tercera cerveza se agregó también contenido de sobrenadante en la formulación diluido ya que este le podría aportar posiblemente polifenoles a la cerveza, según lo encontrado en teoría, dándole una aporte a la salud e quien la consume, ya que estos antioxidantes generan un menor riesgo cardiovascular y una disminución de mortalidad.

Se pusieron 10L en cada uno de los tanques y se agregaron diferentes proporciones de cold brew teniendo en cuenta la relación recomendada para las cervezas que contienen café, 700ml de café por 58.7l de cerveza. La siguiente tabla la proporción de cold brew (agua fría y cascarilla molida) que se agregó en cada cerveza. En una de las cervezas se agregó contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida) obtenido en la extracción Soxhlet, el cual fue diluido en 100ml de agua para ser agregado a la una de la cervezas. Cabe mencionar que se tomó el diluido que tuviera menor cantidad contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida) de con menor cantidad.

En la tabla 18, se hizo uso de los siguientes nombres para diferenciar las cervezas ya que cada una de las cervezas tenía agregada diferentes cantidades de cold brew y FENOLES en estas. La **cerveza tapa dorada** hace referencia a la cerveza con contenido de 120 ml de cold brew. La **cerveza tapa negra**, 60 ml de cold brew. Por último, la **cerveza tapa plateada** tiene un contenido de 39ml de cold brew y $\frac{0.047\text{g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)}}{100\text{ml de agua}}$ de dilución obtenida en la extracción Soxhlet.

Ecuación 10.

Proporción cerveza tapa dorada

$$\frac{700 \text{ ml cascarilla de cafe molida} * 10l \text{ cerveza a preparar}}{58,71 \text{ l cerveza (teorica)}} = 119.23$$

= 120ml aprox. cascarilla café molida

Nota. La ecuación muestra la cantidad de cascarilla de café usada en una de las cerveza

Se tomaron los 120ml como la cantidad máxima de contenido de cold brew en la cerveza, los siguientes valores se tomaron como la mita de los 120ml, siendo 60ml y la cerveza con menor cantidad se tomó como la tercera parte de la cantidad máxima de cold brew a agregar, fue de 39 ml.

Tabla 18.

Proporción de cold brew y contenido de sobrenadante en la formulación diluida en la cerveza

Producto	Concentración de fenoles	Cantidad de cold brew
Cerveza tapa dorada	-	120 ml
Cerveza tapa Negra	-	60ml
Cerveza tapa plateada	<u>0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)</u> 100ml de agua	39ml

Nota. La tabla muestra las cantidades que se usaron de cascarilla de café para las tres cervezas

Se observa en la tabla 18 que para una de las cervezas se agregó tanto fenoles como cold brew, también se puede ver que hay cantidades diferente de cold brew entre 120 ml y 39 ml. Se deja durante dos días para que la cerveza empiece a tomar sabores de café. Para ser posterior mente embotellada y carbonatar.

3.3.7 embotellado y carbonatar

Una vez finalizada la etapa anterior se carbonata cada una de las cervezas inyectando CO₂ directamente a los barriles, Para el embotellado se hace con botellas de cerveza de color oscuro para evitar cualquier luz que atraviese la botella.

Figura 30.

Proceso de embotellado



Nota. La figura muestra el proceso de llenado de las botellas de cerveza

Figura 31.

Producto embotellado



Nota. La figura muestra la cerveza embotellada y carbonatada

Figura 32

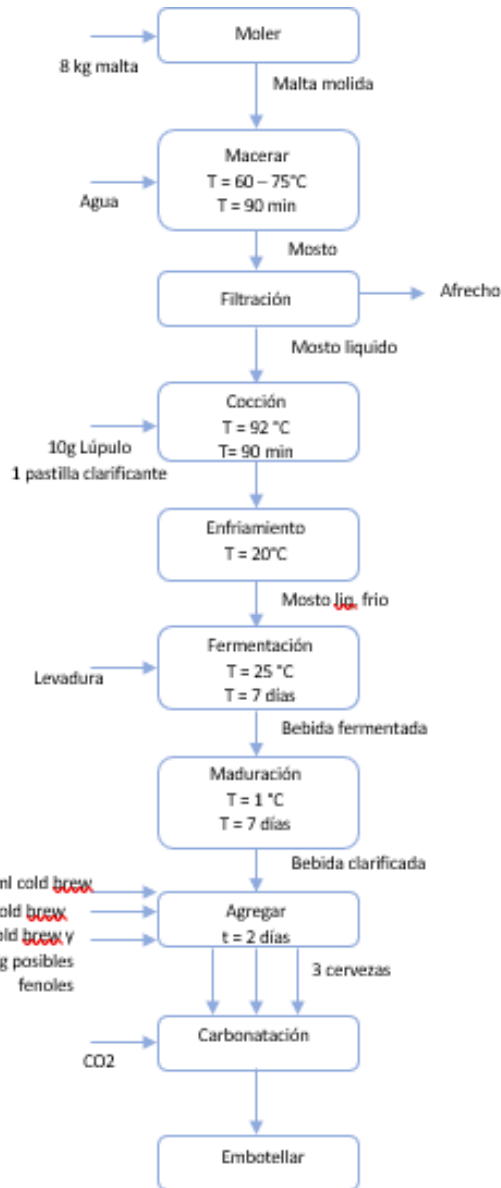
Producto terminado



Nota. La figura muestra el producto final con etiqueta

Figura 33

Diagrama de elaboración de Cerveza tipo Pale con adición de residuos de café



Nota. La figura muestra el proceso de producción de cerveza tipo Pale Ale con adición de residuos de café mediante un diagrama de bloques

Este capítulo engloba el proceso productivo de la cerveza tipo Pale Ale con un adición de un residuo de café y la descripción de cada una de las materias primas implementadas durante este proceso

que le aportan las características y la innovación que se busca para la cerveza de este trabajo de grado.

4. ANÁLISIS DEL PRODUCTO TERMINADO

Se hace un análisis de color según EBC o SBC, el grado de amargor (IBU) y el contenido en alcohol de la cerveza tipo Pale Ale con adición de residuos de café en el presente capítulo. Con esta información se comparan los resultados obtenidos con las características de una cerveza tipo Pale Ale. Adicionalmente se realizó un panel de sensorial de cómo es percibida la cerveza ante una persona experta en cervezas y personas del común comprendidas entre las edades de 22 a 55 años.

4.1. Análisis de color por EBC

La escala de colores (EBC), desarrollada por el Institute of Brewing y la European Brewing Convention, es un método reconocido de clasificación de los colores de las cervezas, las maltas y las soluciones de caramelo, así como de líquidos de colores similares. Cuenta con una gama de 2 a 27 unidades visuales: los mostos claros más amarillentos y las cervezas rubias están en el extremo inferior de la escala y el ámbar de los mostos oscuros, las cervezas oscuras y los caramelos en el extremo superior de la escala [24]

Se tomo la siguiente tabla para hacer la comparación con las tres cervezas elaboradas.

Figura 34.

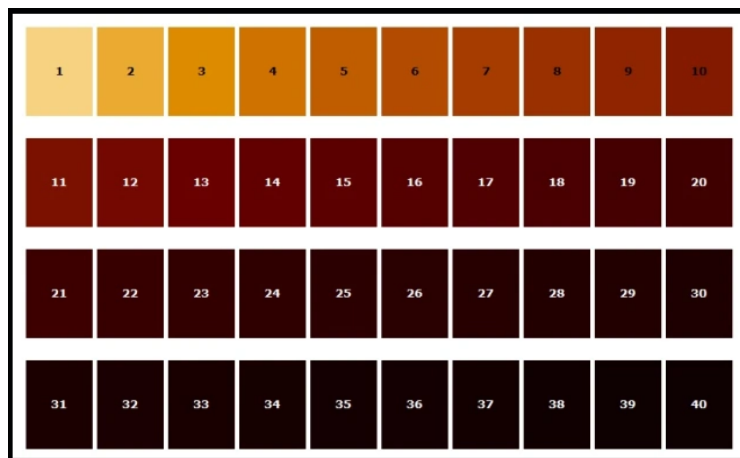
Escala de colores EBC



Nota. La figura muestra la escala EBC para hacer la comparaci3n de color con la cerveza producida. Tomada de: Hacer cerveza artesanal, «hacercervezaartesanal.com,» ¿Qué es la escala EBC en la cerveza? Te contamos c3mo se mide el color de la cerveza, [En línea]. Available: <https://hacercervezaartesanal.com/escala-ebc-cerveza/>. [Último acceso: 24 11 2022].

Figura 35.

Tabla de colores SMR



Nota. La figura muestra la escala SMR para hacer la comparación de color con la cerveza producida. Tomada de: [irrapertoriodelxino, «birrapertoriodelxino.wordpress.com,»](https://birrapertoriodelxino.wordpress.com/)¿Qué es el SRM en la cerveza?, [En línea]. Available: <https://birrapertoriodelxino.wordpress.com/2017/11/08/que-es-el-srm-en-la-cerveza/>. [Último acceso: 24 11 2022].

Figura 36

Cerveza con mayor cantidad de café (120ml)

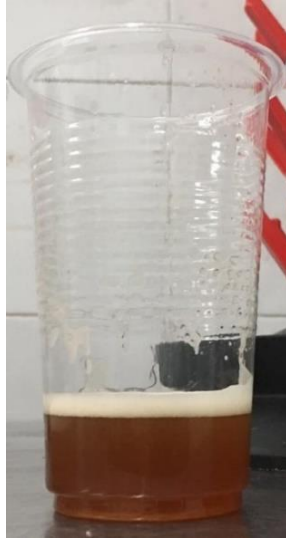


Nota. La figura muestra la apariencia de la cerveza 1

Para esta primera cerveza en la escala EBC está en el color de una cerveza tipo Pale Ale, con SMR (Standard Reference Method) entre 10 y 14 y un EBC de 19,70 a 27,58. Sin embargo, viendo la ilustración 33 se puede observar que se encuentra en el 10 de tabla.

Figura 37

Cerveza con menor cantidad de café (60ml)

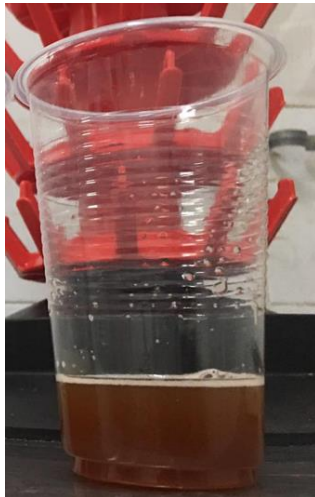


Nota. La figura muestra la apariencia de la cerveza 2

La cerveza tiene a ser más oscura por lo que no entraría en la gama de color de la pale ale. En la ilustración de colores EBM. Sería tipo Mild con SRM de 17-18, según lo que observa en la imagen de SMR es 17. Por otro lado, el EBC sería de 33,49% a 35,49.

Figura 38

Cerveza con menor cantidad de café con contenido de sobrenadante en la formulación (39ml)



Nota. La figura muestra la apariencia de la cerveza 3

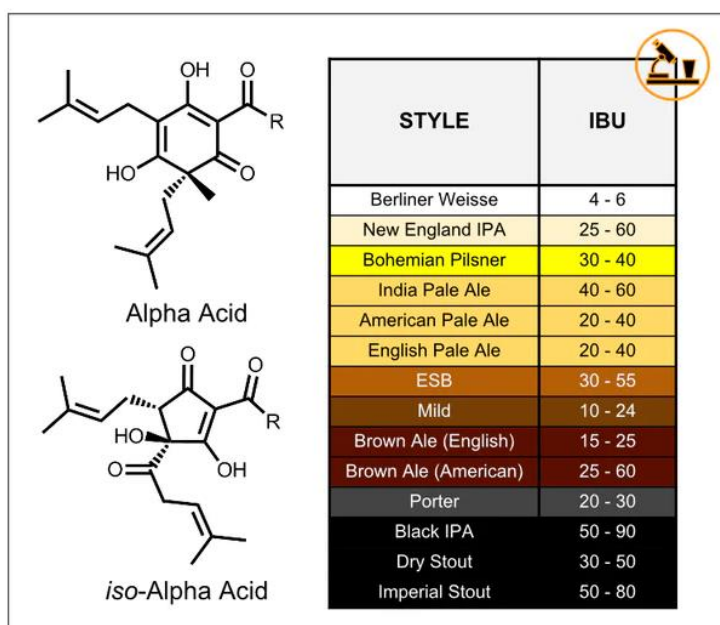
Por el color sería una Brown Ale, tendría un SMR en 19 a 22, con exactitud de la ilustración de SMR sería de 19, para EBC 37,43 a 43,34. Estas tonalidades deben ser por el color que puede llegar a cambiar las tonalidades de cerveza.

4.2. Análisis de amargor por IBU

Los IBU miden la cantidad de alfa ácidos isomerizados durante el hervido del mosto. Los isohumulones son un tipo de alfa ácidos, presentes en el lúpulo. Ellos contribuyen a la hora de proporcionar amargor a la cerveza, pero no son los únicos responsables. [25]

Figura 39.

Tabla para IBU



Nota. La figura muestra la tabla IBU para comparar con El color de la cerveza producida y saber su amargor. Tomada de: installbeer, «installbeer.com,» ¿Qué son los IBUs en la cerveza?, [En línea]. Available: <https://installbeer.com/blogs/diariocervecero/que-son-los-ibus-cerveza>. [Último acceso: 25 11 2022].

Partiendo de la ilustración anterior se observará que grados de amargor pueden presentar las cervezas elaboradas. Se hace la comparación con la ilustración 37, 38, 39. Para la ilustración 37 es Mild por lo que sus grados de amargor estarían entre 10-24. Para la ilustración 38 sería un Brown Ale (english) lo cual quiere decir que tiene 15-25 grados de amargor. Por último, en la ilustración 39, el color es más oscuro por lo cual sería una Brown Ale (América) con un grado de amargor entre 25-60.

4.3. Contenido de alcohol

El contenido de alcohol en la cerveza se calculó con la densidad inicial y densidad final, dando como resultado que las cervezas tienen 6.17% de contenido de alcohol aproximadamente. Acabe aclarar que la cerveza fue dividida después de la maceración, por ende, la densidad inicial y final es la misma.

Ecuación 11.

Cálculo de contenido de alcohol

$$\frac{1055 \frac{g}{ml} - 1008 \frac{g}{ml}}{1000} * 105 = 4.935 * 1,25\% = \mathbf{6.17\% (ABV)}$$

Nota. La ecuación representa el cálculo realizado para saber los grados de alcohol que tiene la cerveza

4.4. análisis comparativo de cerveza pale ale

Tabla 19.

Comparación de características de cerveza tipo Pale Ale con la cerveza elaborada

CARACTERISTICA	CERVEZA PALE ALE (general)	CERVEZA PALE ALE ELABORADA (TAPA DORADA)	CERVEZA PALE ALE ELABORADA (TAPA NEGRA)	CERVEZA PALE ALE ELABORADA (TAPA PLATEADA)
Aroma	lúpulo	Fermentado	Fermentado	Lúpulo
Graduación alcohólica	4.5 – 6.2	6.17	6.17	6.17
Apariencia	Dorado pálido	Café claro	Café	Café oscuro
Sabor	Toques afrutados (dulce)	Amargo	Amargo	Amargo
Densidad inicial	1.045 – 1.060	1.055	1.055	1.055
Densidad final	1.010 – 1.015	1.008	1.008	1.008
SMR	5 - 10	10-14	17-18	19-22
IBU	30-50	10-24	15-25	25-60

Nota. La tabla representa la comparación entre el tipo de cerveza producida y lo que se espera de una cerveza tipo Pale Ale. Tomado de: J. H. I. M., «Taninos o polifenoles vegetales,» *DIALNET*, vol. 1, n° 33, pp. 13-18, 2007.

En la tabla 19, se hace un cuadro comparativo entre las características que debe tener la cerveza Pale Ale, con las características que se obtuvieron de las tres cervezas producidas. Las características que más tiene relevancia serían las que cuentan con un peso numérico. La cerveza Pale Ale tiene una graduación alcohólica entre 4.5 a 6.2, en las cervezas Pale Ale con residuos de café se tuvo un grado de alcohol de 6.17 lo cual está dentro del rango y cumpliría con esta característica.

Por otro lado la cerveza Pale Ale tiene una densidad inicial entre 1.045 a 1.060 y una densidad final entre 1.010 a 1.015, en comparación con las tres cervezas tipo Pale Ale con adición de residuos de café tuvieron como resultado una densidad inicial de 1.055 la cual se encuentra dentro del rango; La densidad final para estas tres cervezas fue de 1.008 lo cual está fuera del rango, Sin embargo, se encuentra cercano al rango determinado para la densidad final de una cerveza tipo Pale Ale.

El análisis de color con SMR indica que para una cerveza Pale Ale debe estar entre 5 a 10. Sin embargo, para las tres cervezas tipo Pale Ale con adición de residuos de café los SMR son muy alejados del de referencia. Para la primera cerveza el SMR es de 10-14, para la segunda 17-18 y para la tercera 19-22, dando tonalidades de color mucho más oscuras a la esperada para este tipo de cerveza, por lo cual se puede relacionar con la característica de apariencia donde una cerveza Pale Ale tiene una apariencia dorada pálido, mientras las tres cervezas tipo Pale Ale con adición de residuo de café son más oscuras y tienen un color café.

Los grados IBU de una cerveza Pale Ale van de 30 a 50, en el caso de las tres cervezas tipo Pale Ale con adición de residuos de café, en la primera cerveza esta entre 10-24, en la segunda entre 15 a 25 y la tercera de 25-60. Las dos primeras cervezas estarían por debajo del rango de amargor (IBU). Por otro lado, la tercera cerveza estaría dentro del rango de los grados IBU esperado para una cerveza tipo Pale Ale.

Las características como aroma y sabor son evaluadas al gusto y criterio de los sentidos de quien la prueba. Sin embargo, para una cerveza tipo Pale Ale se espera que su aroma sea a lúpulo y su sabor tenga toque frutales (dulce). Para las cervezas tipo Pale Ale con adición de café su aroma para las dos primeras cervezas fue un olor fermentado, en el caso de la tercera tenía un olor ligero a lúpulo. En cuanto al sabor era todo lo contrario a un sabor frutal o dulce, para las cervezas elaboradas fue percibido como un sabor amargo.

4.5. Panel sensorial de las cervezas

Para esta evaluación se compuso un grupo de 7 personas entre los cuales, uno es experto en la elaboración de cerveza, los demás eran personas del común comprendidas entre las edades de 22 a 55 años. Se plasmará la opinión de cada uno de ellos. Las tablas desde la 18 a la 24 contienen las respuestas frente a la apariencia, aroma y sabor de las tres cervezas.

SUJETO 1. CATADOR EXPERTO

Tabla 20.

Evaluación sensorial

Cerveza alto contenido de café (120ml de café)

EDAD	32
GENERO	Hombre
Apariencia	Algo turbia
Aroma	Acida, olor a alcohol
Sabor	seca, ligera

Cerveza menos contenido de café (60ml de café)

EDAD	32
GENERO	Hombre
Apariencia	turbia, espumosa
Aroma	Poco olor a café
Sabor	Sabor fuerte

Cerveza menos contenido de café y fenoles (39ml de café)

EDAD	32
GENERO	Hombre
Apariencia	Muy oscura
Aroma	Pan, levadura, caramelo
Sabor	Lúpulo leve, amargor

Nota. La tabla muestra los atributos que el sujeto percibió de las cervezas

SUJETO 2. CATADOR INEXPERTO

Tabla 21.

Evaluación Sensorial

Cerveza alto contenido de café (120ml de café)

EDAD	36
GENERO	Hombre
Apariencia	Dorada, clara, burbujas medianas
Aroma	Fermentado, Fuerte
Sabor	Poco sabor a café, ligera, amargor suave

Cerveza menos contenido de café (60ml de café)

EDAD	36
GENERO	Hombre
Apariencia	Color miel, Burbujas dentro de la cerveza
Aroma	Olor piña
Sabor	Amarga, pero ligera en el paladar

Cerveza menos contenido de café y fenoles (39ml de café)

EDAD	36
GENERO	Hombre
Apariencia	Oscura, burbujas, turbidez
Aroma	Fermentación alcohol
Sabor	Refrescante al paladar, amargo, fácil de tragar, pesada

Nota. La tabla muestra los atributos que el sujeto percibió de las cervezas

SUJETO 3. CATADOR INEXEXPERTO

Tabla 22.

Evaluación Sensorial

Cerveza alto contenido de café (120ml de café)

EDAD	29
GENERO	Mujer
Apariencia	Dorada, poca espuma, turbia, burbujas medianas
Aroma	Fermentado, Fuerte
Sabor	Poco sabor a café, ligera, amargor suave

Cerveza menos contenido de café (60ml de café)

EDAD	29
GENERO	Mujer
Apariencia	Naranja, densa, más espumosa
Aroma	Menos intense, más suave
Sabor	Acida, ligera, más efervescente

Cerveza menos contenido de café y fenoles (39ml de café)

EDAD	29
GENERO	Mujer
Apariencia	Burbujas grandes, color café oscuro, turbia, más espuma
Aroma	Café tostado, alcohol, cebada
Sabor	Seco, poco sabor a café

Nota. La tabla muestra los atributos que el sujeto percibió de las cervezas

SUJETO 4. CATADOR INEXEXPERTO

Tabla 23.

Evaluación Sensorial

Cerveza alto contenido de café (120ml de café)

EDAD	22
GENERO	Hombre
Apariencia	Dorada, poca espuma, turbia, burbujas medianas
Aroma	Café ligero, cebada, cítrico
Sabor	Amargo, deja sabor a café leve, seco

Cerveza menos contenido de café y fenoles (39ml de café)

EDAD	22
GENERO	Hombre
Apariencia	Turbia, color café, densa, espumosa
Aroma	Fermentada, café tostado
Sabor	Seco, poco sabor a café

Nota. La tabla muestra los atributos que el sujeto percibió de las cervezas

SUJETO 5. CATADOR INEXEXPERTO

Tabla 24.

Evaluación Sensorial

Cerveza alto contenido de café (120ml de café)

EDAD	55
GENERO	Mujer
Apariencia	Café claro, poca espuma
Aroma	Acida, cebada
Sabor	Fuerte, pesada, fermentada

Cerveza menos contenido de café (60ml de café)

EDAD	55
GENERO	Mujer
Apariencia	Burbujeante, naranja, burbujas gruesas
Aroma	Café leve, fermentada
Sabor	Suave, acida

Cerveza menos contenido de café y fenoles (39ml de café)

EDAD	55
GENERO	Mujer
Apariencia	Café, turbia, espumosa
Aroma	Cebada, caramelo, café tostado
Sabor	caramelo

Nota. La tabla muestra los atributos que el sujeto percibió de las cervezas

SUJETO 6. CATADOR INEXEXPERTO

Tabla 25.

Evaluación Sensorial

Cerveza alto contenido de café (120ml de café)

EDAD	48
GENERO	Mujer
Apariencia	Dorada, poca espuma, clara
Aroma	Fermentado, café ligero, cebada
Sabor	Amargo, pesada

Cerveza menos contenido de café (60ml de café)

EDAD	48
GENERO	Mujer
Apariencia	Turbia, más espuma, naranja
Aroma	Cebada, acida, maltosa
Sabor	Mas ligera

Cerveza menos contenido de café y fenoles (39ml de café)

EDAD	48
GENERO	Mujer
Apariencia	Caramelo, espumosa, densa, burbujeante
Aroma	Suave, alcohol, cebada
Sabor	Fuerte, acida, se queda en la boca, baba de café

Nota. La tabla muestra los atributos que el sujeto percibió de las cervezas

SUJETO 7. CATADOR INEXPERTO

Tabla 26.

Evaluación Sensorial

Cerveza alto contenido de café (120ml de café)

EDAD	53
GENERO	Mujer
Apariencia	Marrón, poca espuma, turbia
Aroma	Vinagre de frutas
Sabor	Amargo, alcohol

Cerveza menos contenido de café (60ml de café)

EDAD	53
GENERO	Mujer
Apariencia	Menos densa, Naranja, más espuma
Aroma	Cebada, malta, acido
Sabor	Mas ligera, suave, menos pesada

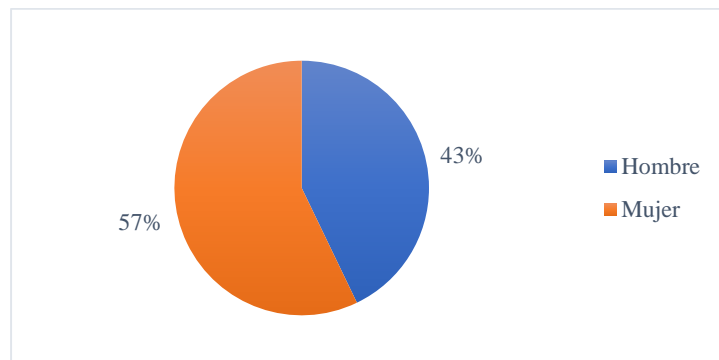
Cerveza menos contenido de café y fenoles (39ml de café)

EDAD	48
GENERO	Mujer
Apariencia	Marrón oscuro, espumosa, densa, turbia
Aroma	Café tostado, fuerte
Sabor	Vino, seco

Nota. La tabla muestra los atributos que el sujeto percibió de las cervezas

Figura 40.

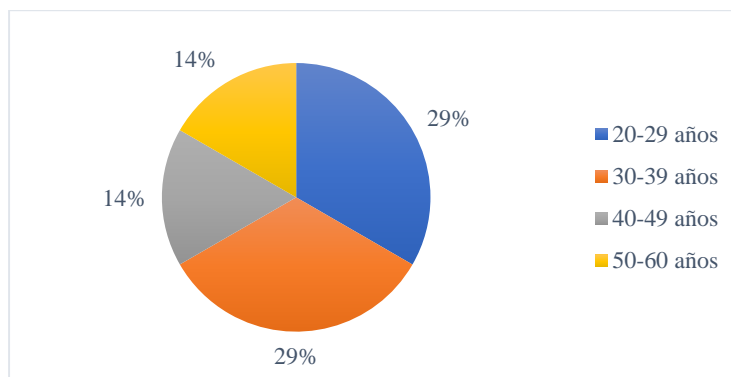
Genero de panel sensorial



Nota. La figura muestra el porcentaje de los sujetos por genero

Figura 41.

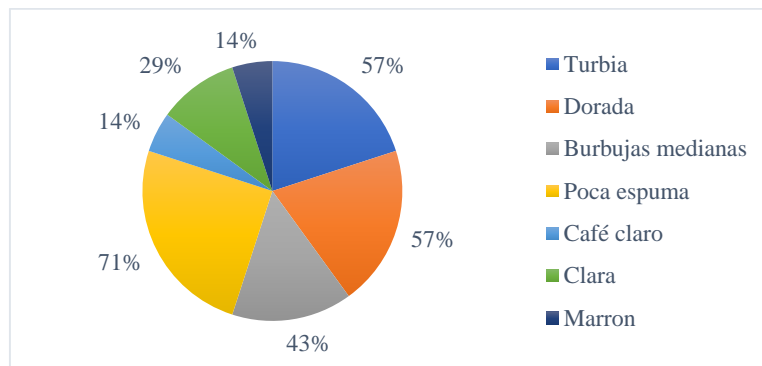
Edades de panel sensorial



Nota. La figura muestra el porcentaje de los sujetos por edad

Figura 42.

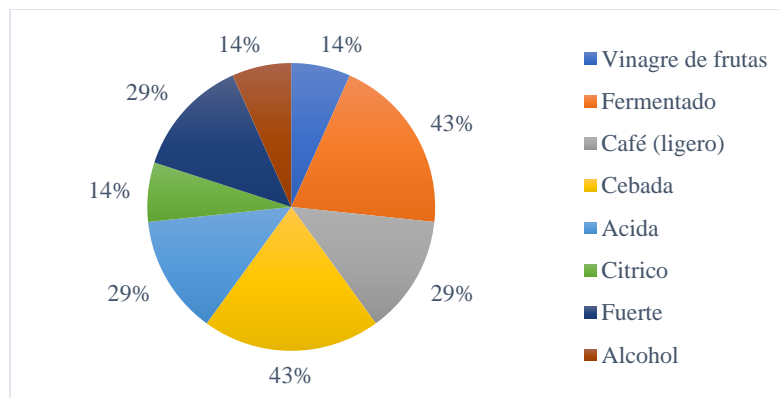
Apariencia cerveza con 120ml café



Nota. La figura muestra el porcentaje de como los sujetos perciben la apariencia de la cerveza con 120ml cold brew

Figura 43.

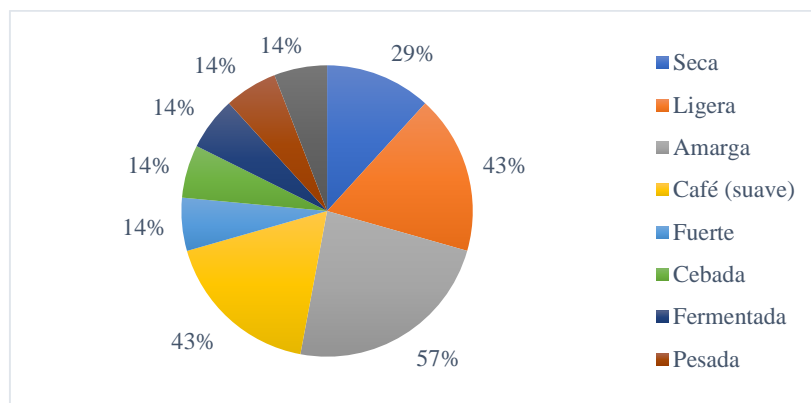
Aroma cerveza con 120ml café



Nota. La figura muestra el porcentaje de como los sujetos perciben el aroma de la cerveza con 120ml cold brew

Figura 44.

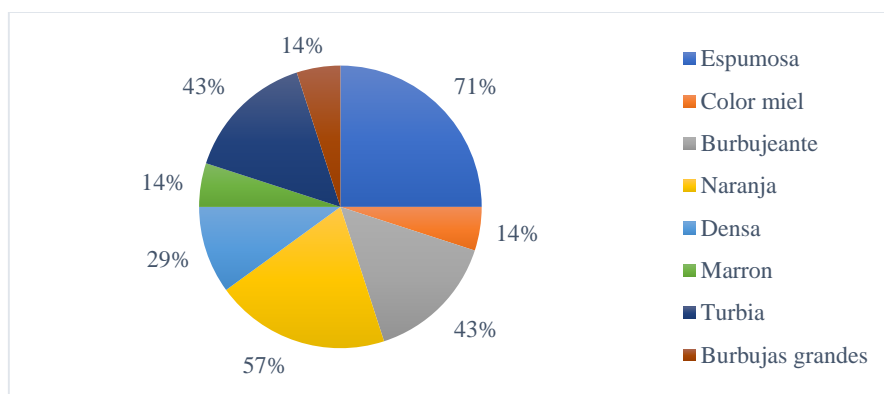
Sabor cerveza con 120ml café



Nota. La figura muestra el porcentaje de como los sujetos perciben el sabor de la cerveza con 120ml cold brew

Figura 45.

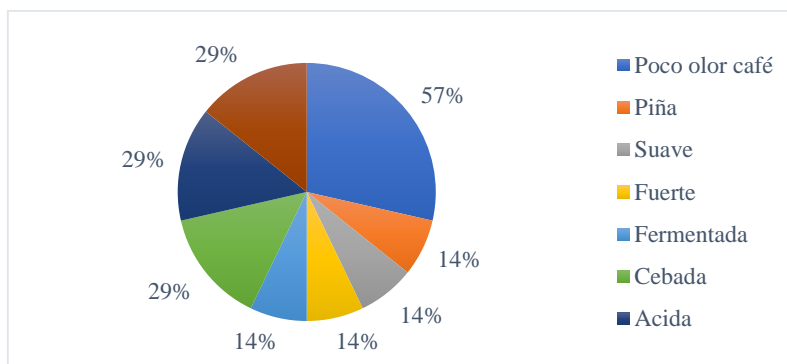
Apariencia cerveza con 60ml café



Nota. La figura muestra el porcentaje de como los sujetos perciben la apariencia de la cerveza con 60ml cold brew

Figura 46.

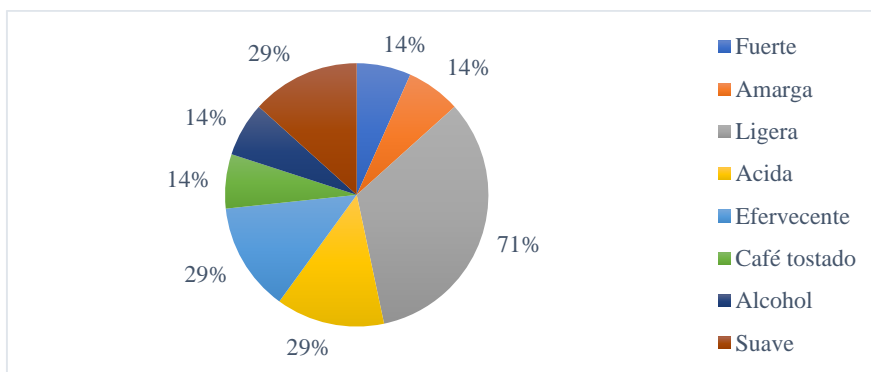
Aroma cerveza con 60ml café



Nota. La figura muestra el porcentaje de como los sujetos perciben el aroma de la cerveza con 60ml cold brew

Figura 47.

Sabor cerveza con 60ml café

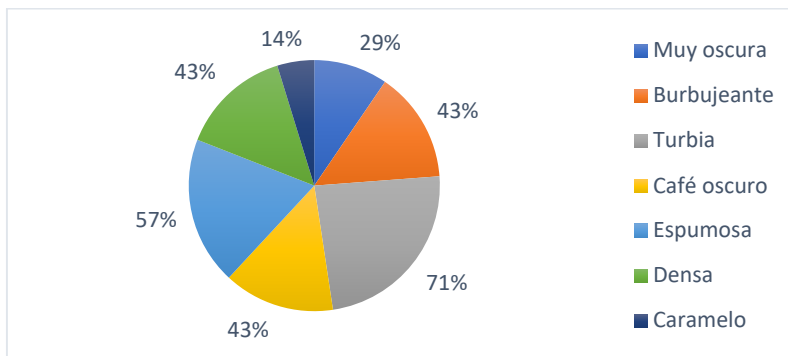


Nota. La figura muestra el porcentaje de como los sujetos perciben el sabor de a cerveza con 60ml cold brew

Figura 48.

Apariencia cerveza con 39ml café y

0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)
100ml de agua

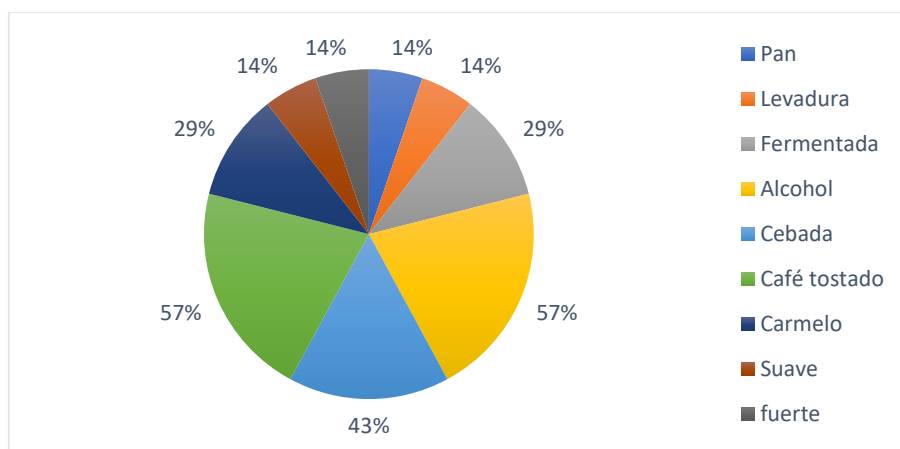


Nota. La figura muestra el porcentaje de como los sujetos perciben la apariencia de a cerveza con 39ml cold brew y 0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)
100ml de agua

Figura 49.

Aroma cerveza con 39ml café y

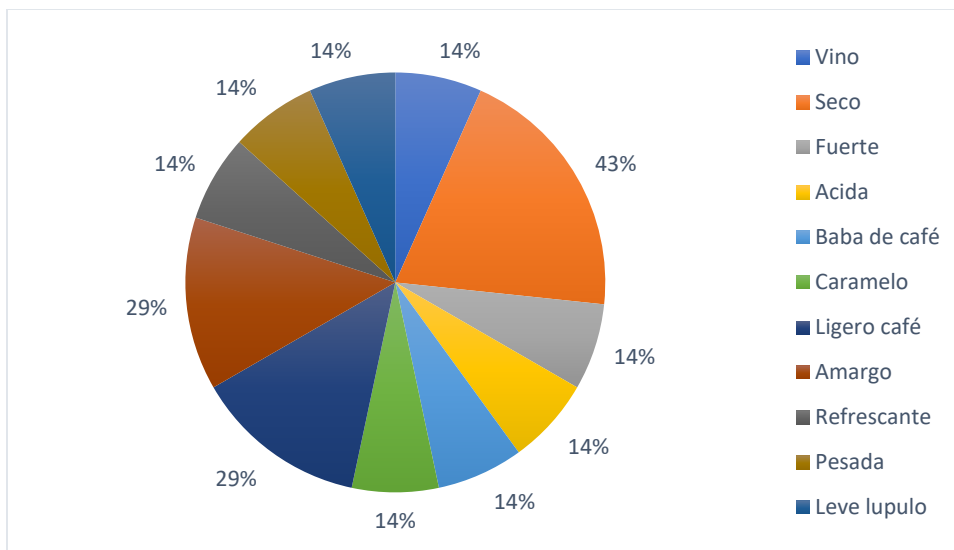
0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)
100ml de agua



Nota. La figura muestra el porcentaje de como los sujetos perciben el aroma de a cerveza con 39ml cold brew y 0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)
100ml de agua

Figura 50.

Sabor cerveza con 39ml café
0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)
100ml de agua



Nota. La figura muestra el porcentaje de como los sujetos perciben el sabor de a cerveza con 39ml cold brew y 0.047g contenido de sobrenadante en la formulación (fase sólida)
100ml de agua

Los resultados que se dieron a partir del panel de sensibilidad es que el olor a café es muy suave, las cervezas huelen a alcohol y parece ser muy fuerte, acido. El sabor de la cerveza con 39ml y 427 PPM de fenoles para un 29% de los sujetos les pareció amarga y con un ligero sabor a café. El aroma fue percibido en su mayoría alcohol y café tostado. La apariencia par esta cerveza fue turbia.

Para la cerveza de 60ml de café, su sabor fue percibido en su mayoría como ligera, respecto a su aroma como a café pero muy ligero, por último, su apariencia fue descrita en su mayoría como espumosa y de color naranja.

Por otra parte, la cerveza con 120ml de café, la mayoría de los sujetos del panel de sensibilidad la describían como amargo, su aroma a cebada y en su apariencia era dorada y poco espumosa. Ninguno de los sujetos sintió disgusto por el sabor, aroma o apariencia de las cervezas.

Al hacer un análisis de la cerveza con los distintos criterios genera observaciones de cómo fue el producto final, cerveza tipo Pale Ale, a partir del aroma, apariencia, sabor de esta. Para saber si como se hizo es la mejor forma de producción o si requiere alguna cambien en el proceso o la cantidad de materia prima.

5. COSTOS DE PRODUCCIÓN

En este último capítulo se realiza un análisis de costos de producción de 30L de cerveza tipo Pale Ale con adición de residuos de café, y hacer una comparación con las cervezas industriales y artesanales posicionadas en el mercado para hacer un análisis de la variabilidad económica que tiene este trabajo de grado.

Tabla 27.

Gastos de materias primas e insumos

MATERIA PRIMA/INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Malta Pale Ale	6	kg	\$ 8.487	\$50.924
Malta Vienna	2	Kg	\$ 8.571	\$17.173
Lúpulo Bravo	0.10	Kg	\$ 151.261	\$15.126
Levadura safale S-04	1	unidad	\$ 11.765	\$11.765
Cascarilla de café	2	Kg	\$ 15.000	\$ 30.000
TOTAL				\$124,988

Nota. La tabla contiene los gastos de las materias primas e insumos para la producción de cerveza tipo Pale Ale con adición de residuos de café

Tabla 28.

Gastos de producción y traslado

CONCEPTO	COSTO
Maquila (arrendamiento de equipo e instalaciones)	\$225.000
Transporte	\$80.000
Botellas y Tapas	\$43.000
Papelería	\$10.000
Otros	\$80.000
TOTAL	\$438.000

Nota. La tabla contiene los gastos de producción de cerveza tipo Pale Ale con adición de residuos de café

Tabla 29.

Costos totales

CONCEPTO	COSTO
Materia prima/insumos	\$124.988
Producción y traslado	\$438.000
TOTAL	\$562.998

Nota. La tabla contiene los gastos totales para la producción de cerveza tipo Pale Ale con adición de residuos de café

El costo total de elaborar 30L de cerveza con residuos de café fue de **\$562,998** pesos colombianos, en los cálculos de costos no se tuvo en cuenta la energía consumida en el proceso ya que la maquila cobra un valor estándar por el uso de instalaciones y equipos, tampoco la mano de obra ya que eran pocas horas de trabajo. De esta producción salieron 41 cervezas de 250 ml, las cuales tendrían un valor por unidad de **\$13,750** pesos colombianos.

En comparación con una cerveza industrial que cuenta con 330ml de contenido tiene un valor de \$2,500, y con una cerveza artesanal del mercado que cuenta con un contenido de 330 ml tiene un valor por unidad de \$5,880. El costo por unidad de la cerveza tipo Pale Ale con adición de residuos de café es más costosa que las cervezas del mercado, esto es debido a la escala de producción (30L) es pequeña, por lo cual al producir una cantidad baja de cerveza genera un aumento en el costo de producción esto obedece a un término denominado como “economía de escala”.

Cabe mencionar que el aditivo de residuo de café (cascarilla de café) es económico y no genera un aumento significativo en el costo de producción de cerveza, si esta materia prima no se toma en cuenta en el valor de costos totales, la cerveza por unidad tendría un costo de \$13.000, este valor seguirá siendo más alto que las cervezas del mercado.

6. CONCLUSIONES

Según la información teórica recopilada sobre las propiedades fisicoquímicas de la cascarilla de café, esta aporta valor nutricional por las propiedades que contiene, como las grasas, proteínas, polifenoles, etc, por lo que al ser implementada en la producción de la cerveza agrega este valor nutricional.

De manera experimental y teórica se determinaron las condiciones de proceso de elaboración de la cerveza tipo Pale Ale con adición de residuos de café. Se observó la importancia de realizar una escala de temperaturas en la etapa de cocción ya que al hacer esto se hace una pasteurización, la cual tiene como fin esterilizar cualquier bacteria que haya podido aparecer en el proceso.

Se establecieron pruebas de color, amargor y grados de alcohol pertinentes asegurando calidad de la cerveza artesanal tipo Ale con adición de residuos de café. Sin embargo, Durante este proceso se pudo observar que la selección de cerveza tipo Pale Ale no es la adecuada para agregar como aditivo la cascarilla de café ya que características como aroma, sabor y apariencia no son las esperadas para una cerveza tipo Pale Ale, es más oscura, poco olor a lúpulo y no cuenta con un sabor dulce.

Se realizó un análisis de costos de la materia prima y el proceso de elaboración de cerveza se concluye que esta es más costosa que las cervezas del mercado, esto se debe a que al realizarse la producción en una escala pequeña resulta más costosa. El aditivo (cascarilla de café) no es muy costosa y si se saca de los cálculos de costos de producción esta no aporta un aumento significativo al valor de producción.

BIBLIOGRAFIA

- [1] «Infobae,» 04 11 2021. [En línea]. Available: <https://www.infobae.com/america/colombia/2021/11/04/colombia-alcanzo-el-mayor-consumo-de-cerveza-por-habitante-en-25-anos/>. [Último acceso: 24 03 2022].
- [2] H. C. Triana, M. M. Herreño, Z. L. Tautiva, S. J. Turriago "*Estudio descriptivo de los factores determinantes para la permanencia de las micro cervecerías en el mercado de cerveza artesanal en Bogotá*", Trabajo de grado, Universidad EAN, Bogotá, 2020. Accedido el 14 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/10882/9916>
- [3] Nescafe, «*Nescafe*,» [En línea]. Available: <https://www.nescafe.com/co/mundo-nescafe/cafe-colombiano>. [Último acceso: 2022].
- [4] M. Suárez Díaz, "*Cerveza: componentes y propiedades*", Master universitario, Universidad de Oviedo, España, 2013. Accedido el 14 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_%7Bsession_id=5BBCB4375B99AF3B3534F205EDFAE00A?sequence=8
- [5] S. Castillo Larrarte, N. Lozano Escorcía "*Evaluación de la adición de gulupa como ingrediente adjunto, para la producción de una cerveza artesanal tipo ale*", Trabajo de grado, Fundación universidad de América, Bogotá, 2020. Accedido el 18 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8106>
- [6] M. González, "*Principios de Elaboración de las cervezas artesanales*", pp. 5–7, 2017. Accedido el 20 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: <http://www.vinodefruta.com/descargas/Libro%20Principios%20de%20Elaboracion%20de%20las%20Cervezas%20Artesanales%20-%20Cap%20Muestra.pdf>
- [7] R. C. Wilmer Erasmo, "Efecto de la sustitución de cebada (*hordeum vulgare*) por quinua (*chenopodium quinoa*) y del PH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale", Trabajo de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, 2015. Accedido el 21 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/815>
- [8] G. S. Juan Felipe, R. L. Jeisson Fabian "*Elaboración de propuesta para la producción de cerveza artesanal tipo ale con base en malta pale ale y almidón de papa sabanera*", Trabajo de grado, Fundación universidad de América, Bogotá, 2022. Accedido el 1 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/10882/9916>
- [9] E. M. Manals-Cutiño, D. Salas-Tort, M. Peneo-Medida "*Caracterización de la biomasa vegetal cascarilla de café*", SciELO, vol. 38, n.º 1, 2018. Accedido el 5 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- [10] A. Heeger, A. Kosińska-Cagnazzo, E. Cantergiani y W. Andlauer, "*Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage*", *Food Chemistry*, vol. 221, pp. 969–975, abril de 2017. Accedido el 16 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>
- [11] R. K. Kipkorir, P. Muliro y S. Muhoho, "*Effects of coffee processing technologies on physico-chemical properties and sensory qualities of coffee*", *African Journal of Food Science*, vol. 9, n.º 4, pp. 230–236, abril de 2015. Accedido el 16 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.5897/ajfs2014.1221>
- [12] T. L. Cinthia Indira, "*Determinación de la influencia de la variedad, estado de madurez y grado de torrefacción en la cuantificación de polifenoles totales en la bebida de Café (Coffea arabica L.*", Trabajo de grado, Universidad agraria de la selva, Perú, 2010. Accedido el 21 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/241>
- [13] M. E. Maria Cristina, "*Evaluación de la actividad coagulante de los polifenoles extraídos de residuos de café (coffea arabica)*", Trabajo de grado, Fundación universidad de América, Bogotá, 2019. Accedido el 1 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/7397>
- [14] J. C. Pachas, "*Contenido de Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales*", Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Perú, 2019. Accedido el 31 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.51431/par.v1i1.480>
- [15] I. Moreno Indias, "*Beneficios de los polifenoles contenidos en la cerveza sobre la microbiota intestinal*", *Nutrición Hospitalaria*, vol. 34, n.º 4, octubre de 2017. Accedido el 16 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.20960/nh.1570>
- [16] Micet, «micecraft.com,» 20 05 2022. [En línea]. Available: <https://www.micecraft.com/es/efectos-de-sustancias-fenolicas-sobre-el-sabor-de-la-cerveza-durante-la-fermentacion%EF%BC%82%EF%BC%89/>. [Último acceso: 11 10 2022].
- [17] "Funcionalidades y Ventajas del Extractor Soxhlet | TECNILAB". Tecnilab. <https://www.tecnilab.es/soxhlet-automatico/> (accedido el 17 de noviembre de 2023).
- [18] J. R. Ramirez-Martinez, "*Phenolic compounds in coffee pulp: Quantitative determination by HPLC*", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 43, n.º 2, pp. 135–144, 1988. Accedido el 27 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740430204>

- [19] Cocinistas, «cocinistas.es,» [En línea]. Available: <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/maltas-y-lupulos/malta-pale-ale.html>. [Último acceso: 08 11 2022].
- [20] "Recetas de Cerveza - Cerveceria Norfolk | PDF | Productos biotecnológicos | Fabricación de cerveza". Scribd. <https://www.scribd.com/document/98294028/Recetas-de-Cerveza-Cerveceria-Norfolk> (accedido el 31 de octubre de 2022).
- [21] Cervezomicón, «cervezomicon.com,» Starters, starters, starters, 26 05 2020. [En línea]. Available: <https://cervezomicon.com/category/jombreguin/>. [Último acceso: 12 10 2022].
- [22] L. Castañeda-Rodríguez, E. Díaz-Cervantes, M.R. Abraham-Juárez, S. López-Mendoza, C. Ozuna "Estudio de las cinéticas de extracción de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en la infusión de café mexicano tipo "Cold Brew"", vol. 5, 2020. Accedido el 19 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/11/161.pdf>
- [23] lovibond, «lovibond.com,» EBC (European Brewing Convention), [En línea]. Available: <https://www.lovibond.com/es/PC/Medici%C3%B3n-de-color/Escalas-de-color/EBC-European-Brewing-Convention#:~:text=La%20escala%20de%20colores%20de,de%201%C3%ADquidos%20de%20colores%20similares..> [Último acceso: 20 11 2022].
- [24] beersandtrips, «beersandtrips.com,» ¿Qué mide el IBU?, [En línea]. Available: <https://www.beersandtrips.com/que-es-el-ibu-en-una-cerveza-significado-y-calculo-del-amargor/>. [Último acceso: 24 11 2022].
- [25] D. T. González, «Licorera.es,» 29 05 2021. [En línea]. Available: <https://www.licorea.es/aditivos-en-la-cerveza-sabor-calidad-6-elementos/#:~:text=de%20la%20cerveza-,Entre%20los%20aditivos%20en%20la%20cerveza%20encontramos%20az%C3%BAcares%20aromas%20clarificantes,conserva%20mejor%20y%20m%C3%A1s%20tiempo.> [Último acceso: 12 08 2022].
- [26] G. Flores, «La Respuesta,» 23 09 2020. [En línea]. Available: <https://la-respuesta.com/preguntas-comunes/que-es-afrecho-de-cerveceria/>. [Último acceso: 12 09 2022].
- [27] Incapto, «Incapto,» 01 02 2021. [En línea]. Available: <https://incapto.com/cascaras-de-cafe-que-son-y-que-las-hace-tan-populares/#:~:text=Las%20c%C3%A1scaras%20de%20café%20no,que%20el%20de%20los%20granos..> [Último acceso: 15 09 2022].
- [28] Arriaca, «Arriaca.es,» 24 09 2017. [En línea]. Available: <https://arriaca.es/para-que-sirve-el->

<https://birrapertoriodelxino.wordpress.com/2017/11/08/que-es-el-srm-en-la-cerveza/>.
[Último acceso: 24 11 2022].

- [41] installbeer, «installbeer.com,» ¿Qué son los IBUs en la cerveza?, [En línea]. Available: <https://installbeer.com/blogs/diariocervecero/que-son-los-ibus-cerveza>. [Último acceso: 25 11 2022].
- [42] J. Llordes, «FOR BEER LOVERS,» [En línea]. Available: <https://www.forbeerslovers.com/es/la-cerveza-pale-ale-caracteristicas-y-tipos>. [Último acceso: 01 2023].
- [43] Checerveza.com, «Checerveza.com,» [En línea]. Available: <https://checerveza.com/estilo-pale-ale/>. [Último acceso: 01 2023].

GLOSARIO

Aditivos: ingredientes que pueden mejorar el sabor y la calidad de la cerveza, además de hacer que se conserve mejor y más tiempo. Entre los aditivos en la cerveza se encuentran los azúcares (fermentables o no), aromas de todo tipo, agentes clarificantes para obtener cervezas claras y espumantes que den más cuerpo a la espuma. [26]

Afrecho: subproducto de la industria cervecera es el resultante del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cereal (cebada, básicamente) malteado. Es un producto húmedo cuyo contenido en materia seca es de un 20-25%. [27]

Cascará de café: son la cascarilla seca que cubre la fruta del café. Se caracterizan por contener bajos niveles de cafeína, mientras que su sabor resulta ser más intenso que el de los granos. [28]

EBC: “European Brewery Convention”, “convención europea cervecera” en español. Esta unidad mide la intensidad de color, o sea, si la cerveza es clara u oscura, pero no la tonalidad. Es decir, dos cervezas con el mismo EBC. [27]

IBC: “international Bitterness Unit”, o “unidad internacional del amargor”. Señala la concentración de ácidos amargos procedentes del lúpulo que tiene la cerveza, concretamente los miligramos de iso-alfa ácidos por cada litro de cerveza. [27]

Lúpulo: es el responsable principal de proporcionar equilibrio, intensidad y madurez a cualquier cerveza, en general, y a las artesanas, en particular. Además, protege el producto de la acción de microorganismos y, dependiendo de su proporción y tipo, le transfiere a cada clase un sabor único e inigualable. [29]

Mosto: es la masa que se obtiene al mojar con agua caliente y la malta en el proceso de elaboración de la cerveza. Se somete a un rango de temperaturas y tiempos de manera que las enzimas propias de la malta degraden el almidón de la propia malta y de otros cereales en azúcares fermentables.

Polifenoles: son unos componentes químicos presentes en los alimentos de origen vegetal que destacan por su gran poder antioxidante, lo que le proporciona grandes propiedades a nivel cardiovascular, antienvjecimiento e incluso propiedades antitumorales. [30]

Trub: el sedimento en el fondo del fermentador consistente en material de “hot break” y “cold break”, pedazos de lúpulo, y levadura muerta. [31]

ANEXOS

ANEXO 1

RECOMENDACIONES

Si se quiere una cerveza menos turbia, es necesario hacer una segunda filtración antes de pasar al proceso de fermentación y tener más tiempo en el cuarto frío durante la etapa de maduración.

El cold brew es delicado debe se debe mantener una temperatura baja, preparar con agua fría y donde se vaya a almacenar debe estar esterilizado ya que le puede crecer microorganismos y dañar la producción.

Se recomienda que el estilo de cerveza sea uno que tenga menos lúpulo, ya que el estilo Pale Ale se caracteriza por aromas y sabores a lúpulo y al agregar el café se pierde esta característica.

Para conseguir ese sabor a lúpulo se debe agregar una mayor cantidad de este, a lo que conlleva que en el proceso de cocción este por menos tiempo.

El residuo de café puede ser investigado a profundidad para hacer uso de el en otro tipo de bebidas ya que es fuente de proteínas, aceites y carbohidratos. Además, es un residuo poco estudiado y aprovechado.

A la hora de hacer preguntas para el panel sensorial deben ser preguntas cerradas, sobre las características que debe tener la cerveza que se elaboró, para con ello poder analizar más acertadamente si se obtuvieron las características de la cerveza deseada.