



Universidad  
**Mariana**

Aprovechamiento de los residuos de pulpa de café como aditivo para la elaboración de  
cerveza artesanal en el municipio de San Lorenzo- Nariño

Ortiz Navas Fernelly  
Ortiz Ortiz Leyder Orlando

Universidad Mariana  
Facultad Ingeniería  
Programa Procesos  
San Juan de Pasto  
Año 2023

*Aprovechamiento de Pulpa de café para elaborar una cerveza artesanal*

Aprovechamiento de los residuos de pulpa de café como aditivo para la elaboración de  
cerveza artesanal en el municipio de San Lorenzo- Nariño

Ortiz Navas Fernelly  
Ortiz Ortiz Leyder Orlando

Informe de investigación para optar al título de:  
Ingeniero de Procesos

Asesor: Msc. Angela Sofia Parra Paz

Universidad Mariana  
Facultad Ingeniería  
Programa Procesos  
San Juan de Pasto  
Año 2023

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s) Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007 Universidad Mariana

### **Agradecimientos**

Al concluir esta etapa de nuestra vida, en primer lugar, queremos agradecer a Dios y a la Virgen, igualmente a nuestros padres y familiares por el apoyo que nos brindan en cada etapa de la vida, y siempre estar de la mano en cada momento y adversidad presentada, siendo fortaleza e inspiración para culminar este grandioso proceso para nuestra formación como profesionales y ser mejores como personas sumando logros a nuestras vidas.

Adicional a ello agradecer a la Universidad Mariana, a la Facultad de Ingeniería, en especial a Ingeniería de Procesos, a nuestros profesores que fueron un apoyo esencial para nuestra formación profesional y a la asesora del proyecto Ángela Sofía Parra, por su colaboración, siendo guías para terminar el proyecto de la mejor manera.

Infinitas gracias a todas las personas que hicieron parte de este maravilloso proyecto.

### **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios por estar conmigo en cada paso de mi carrera. A mis padres María Eugenia Navas y Fernelly Ortiz por haberme apoyado en todo momento, por sus valores, por sus consejos, por confiar en mí y siempre motivarme a seguir adelante, gracias a ustedes estoy aquí dando este gran paso para culminar mis estudios.

A mi familia Remotos por su apoyo, ayuda y comprensión brindada en el transcurso de mi formación académica, Una dedicatoria especial para mi abuelita Mery que está en el cielo cuidándome. A mi hijo Thiago Ortiz por ser fuente de motivación e inspiración ser mejor cada día y también para todos mi familiares y seres queridos

Ortiz Navas Fernelly

### **Dedicatoria**

A mis padres, Fabio y Olivia Ortiz Con todo mi amor y gratitud, les dedico esta tesis que representa el fruto de su apoyo incondicional, su ejemplo de sacrificio y su constante inspiración. Su amor y guía han sido el faro que ha iluminado mi camino hacia este logro. Gracias por creer en mí siempre.

Ortiz Ortiz Leyder Orlando

## **Contenido**

Introducción.....	13
1. Resumen del proyecto.....	14
1.1. Descripción del problema.....	15
1.1.1. Formulación del problema.....	18
1.2. Justificación.....	18
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.3.3. Hipótesis.....	20
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos.....	20
1.4.1. Antecedentes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.2. Marco teórico.....	24
1.4.2.1. Generalidades del café.....	24
1.4.2.2. Fermentación.....	26
1.4.2.3. Cerveza.....	29
1.4.2.4. Tipos de cerveza.....	31
1.4.2.5. Microorganismos.....	32
1.5. Metodología.....	30
1.5.1. Caracterización físicoquímica de la pulpa de café.....	32
1.5.1.1. Recolección materia prima.....	32
1.5.1.2. Recepción de materia prima.....	32
1.5.1.3. Clasificación de materia prima.....	33
1.5.1.4. Limpieza y desinfección.....	33

*Aprovechamiento de Pulpa de café para elaborar una cerveza artesanal*

1.5.1.5. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café. ....	33
1.5.1.6. Secado.....	34
1.5.1.7. Tostado. ....	34
1.5.1.8. Molienda.....	35
1.5.2. Determinar las condiciones de la elaboración de la cerveza artesanal a partir de la pulpa de café utilizando la levadura Safale S-04 como agregado fermentativo.....	35
1.5.2.1. Mezcla. ....	35
1.5.2.2. Activación de las levaduras. ....	36
1.5.2.3. Maceración. ....	36
1.5.2.4. Filtración.....	37
1.5.2.5. Cocción.....	37
1.5.2.6. Enfriamiento. ....	37
1.5.2.7. Fermentación. ....	37
1.5.2.8. Cinética de consumo celular.....	38
1.5.2.9. Filtración.....	38
1.5.2.10. Maduración de la bebida alcohólica. ....	38
1.5.2.11. Carbonatado.....	38
1.5.2.12. Embotellado.....	38
1.5.3. Analizar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la cerveza artesanal obtenida .....	39
1.5.3.1. Evaluar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas. ....	39
1.5.3.2. Descripción del método de análisis de las variables organolépticas de la de cerveza artesanal.....	41
2. Presentación de resultados .....	42
2.1. Análisis e interpretación de resultados .....	42
2.1.1. Pruebas preliminares.....	42

*Aprovechamiento de Pulpa de café para elaborar una cerveza artesanal*

2.1.1.1. Cinética de secado. ....	43
2.1.1.2. Caracterización pulpa de café.....	44
2.1.2. Establecer las condiciones para la formulación y operación de cerveza artesanal adicionando pulpa de café como fuente de azúcares fermentables .....	46
2.1.3. Análisis y resultados de las variables organolépticas de la mezcla de cerveza artesanal con pulpa de café. ....	50
2.1.4. Caracterización fisicoquímica de cerveza artesanal obtenida en biofermentador .....	52
2.1.4.1. Medición pH. ....	52
2.1.4.2. Medición Brix.....	53
2.1.4.3. Color. ....	53
2.1.5. Caracterización organoléptica (olor sabor y apariencia) de cerveza artesanal obtenida en biofermentador.....	54
3. Conclusiones.....	56
4. Recomendaciones .....	58
Referencias bibliográficas .....	59
Anexos.....	65

## **Índice de Tablas**

Tabla 1. Diseñode mezclas con variación de pulpa malta y levadura (%p/p) .....	36
Tabla 2. Ingredientes y cantidades del ensayo preliminar con pulpa tostada.....	42
Tabla 3. Ingredientes y cantidades del ensayo preliminar con pulpa fresca.....	43
Tabla 4. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café .....	44
Tabla 5. Densidades y volúmenes de alcohol de las muestras de cerveza con pulpa en maceración.....	48
Tabla 6. Densidades y volúmenes de alcohol de las muestras de cerveza con pulpa en fermentación .....	48
Tabla 7. Color de las muestras de cervezas con pulpa de café en maceración y fermentación .....	50
Tabla 8. Análisis de las variables organolépticas de la mezcla de cerveza artesanal.....	51
Tabla 9. Análisis de las variables organolépticas de cerveza artesanal con 1% de pulpa de café en maceración .....	54

## **Índice de Figuras**

Figura 1. Diagrama de flujo de proceso del pretratamiento de la pulpa de café .....	30
Figura 2. Diagrama de flujo de proceso de la elaboración de cerveza artesanal con pulpa de café como aditivo.....	31
Figura 3. Curva de secado de la pulpa de café .....	44
Figura 4. Medición de propiedades fisicoquímicas de la pulpa de café fresca, tostada y molida. A) Brix, B) pH, C) Acidez titulable, D) humedad % .....	45
Figura 5. Consumo de sustrato de cerveza artesanal con pulpa de café.....	46
Figura 6. Gráfico de pareto de consumo de sustrato de cerveza artesanal con pulpa de café.....	47
Figura 7. Porcentaje de volumen de alcohol en la cerveza con pulpa de café en maceración y fermentación .....	49
Figura 8. Conversión de coordenadas a un color aproximado .....	53
Figura 9. Análisis sensorial y ponderación.....	55

**Índice de Anexos**

Anexo A. Análisis de varianza formulación con 3% de pulpa de café .....	65
Anexo B. Análisis de varianza formulación con 1% de pulpa de café.....	65
Anexo C. Análisis de varianza formulación con 5% de pulpa de café.....	66
Anexo D. Análisis de varianza del volumen de alcohol con pulpa de café en maceración.	66
Anexo E. Análisis de varianza del volumen de alcohol con pulpa de café en fermentación	67
Anexo F. Panel sensorial .....	67
Anexo G. Presupuesto y cronograma .....	68

## **Introducción**

El café en Colombia, tiene alrededor de 300 años de historia desde que los jesuitas lo trajeron en el siglo XVIII. En el año 1835 se exportarán los primeros sacos producidos en la zona oriental, desde la aduana de Cúcuta. Para finales del siglo XIX la producción había pasado de 60.000 sacos a más de 600.000, aclarando que la mayor parte de esta producción hacia parte de las fincas de grandes hacendados y para finales del siglo XIX el café ya era el principal producto de exportación por el que Colombia recibía divisas (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2021).

Al transcurso del tiempo Colombia ha logrado posicionarse en el tercer lugar a nivel mundial como uno de los mayores productores de café, con una producción de 13,9 millones de sacos de 60 kg para el año 2020 (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2021).

Por otra parte, en Colombia se genera por cada millón de sacos de 60.000.000 ton de café almendra, alrededor de 162.900 Ton de desechos de pulpa de café, esto debido a que la agroindustria cafetera solamente utiliza el 9,5 % del peso total del fruto en la preparación de distintos tipos de café y el 90.5% son subproductos resultantes del proceso del beneficio de café, los cuales son dispuestos o almacenados inadecuadamente, contaminando los cuerpos de aguas y los suelos, generando afectación de los ecosistemas (Arango Acevedo & Zapata Vélez, 2014).

Por lo expuesto anteriormente en el presente proyecto se pretende mitigar algunos de los impactos ambientales generados por este tipo de residuos sólidos como lo es la pulpa de café. El objetivo principal es elaborar cerveza artesanal con aditivo de pulpa de café para mejorar sus propiedades organolépticas y, de esta manera otorgar al consumidor un nuevo tipo de cerveza con sabor y olor propios del café.

## **1. Resumen del proyecto**

En Colombia por cada millón de sacos de 60.000.000 ton de café almendra, se genera alrededor de 162.900 Ton de desechos de pulpa de café, es por ello que en el presente proyecto se quiere mitigar los impactos ambientales que estos causan.

El objetivo de la investigación fue Evaluar el uso de pulpa de café como aditivo en el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Golden Ale. La elaboración de la cerveza se realizó mediante la metodología de molienda, maceración, lavado de granos, fermentación, maduración y acondicionamiento de la cerveza; cabe resaltar que se realizó un pretratamiento a la pulpa de café que es un secado y tostado para un mayor aprovechamiento de los azúcares fermentables y aromas que este grano tiene. Se trabajaron dos procesos de fermentación preliminares en reactor casero y un proceso tecnificado en biofermentador a escala laboratorio.

Los resultados obtenidos fueron; en el proceso preliminar, brix, (7,8 a 5,5); alcohol (5,30°GL). Mientras que, en la cerveza obtenida en biofermentador se obtuvo °Brix (5,27) y volumen de alcohol (5,25 °GL); en el análisis sensorial del proceso tecnificado se obtuvo como resultado la calificación total de la cerveza (4,54) dando una ponderación a cada uno de los parámetros a evaluar que son para la cerveza, olor (30%), sabor (40%) y apariencia (30%), que se encuentra en el rango de calificación entre “Agradable” y “Muy agradable”.

Con base a los resultados se puede concluir que la mejor formulación para la cerveza artesanal con agregado de pulpa de café es la que tiene 1% de pulpa de café en maceración, dado que con la comparación entre las formulaciones realizadas se puede observar que la de mejor rendimiento y mejor calificación obtuvo la cerveza que se realizó de manera tecnificada.

## **1.1. Descripción del problema**

La popularidad del café se debe en gran parte a la variedad de opciones que ofrece para su consumo, tanto bebidas frías como calientes, lo que lo hace apto para cualquier situación. La cafeína contenida en el café es un factor que muchas personas consideran al elegirlo para obtener una dosis extra de energía.

Debido al alto consumo de café, se registró un aumento de aproximadamente 6.600.000 millones de sacos de 60 kilogramos de café a nivel mundial durante 2022-2023 con respecto a la anterior (2020-2021), lo que supone un total de 172.800.000 millones de sacos representando un significativo aumento (Abigail Orús, 2023).

A nivel mundial, Colombia es uno de los principales productores de café (*Coffea arabica*); con una producción 3,9 millones de sacos de 60 kilos de café verde, cifras reportadas para el año 2020 (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2021); además, Colombia es el tercer mayor exportador de café después de Brasil y Vietnam (Organización Internacional de Café - ICO, 2021). En el 2020, Colombia exportó la suma de 12,5 millones de sacos de café verde de 60 Kg, correspondientes a un valor de 2.655 millones de dólares (Equipo de Redactores Legis, 2022).

La producción de café en Colombia durante 2016 fue de aproximadamente 14,2 millones de sacos de 60 kg entre el mes de enero y diciembre (Federación Nacional de Cafeteros, 2016), siendo el departamento del Huila (Colombia) el primer productor de café nacional aportando el 18,07 %; en el año 2018 se presentó una disminución del 4,5 % con 13,5 millones de sacos de 60 kg. Para el año 2019 la producción aumentó en un 9 % con un total de 14,8 millones de sacos de 60 kg y para el año 2020 la producción de café disminuyó un 6,7 % para un total de 13,9 millones de sacos de 60 kg (Federación Nacional de Cafeteros, 2019).

Por su parte, en Nariño, el café se cultiva principalmente en 41 municipios de los 60 existentes, siendo los de mayor producción los municipios de; La Unión, San Lorenzo,

Buesaco, Colón – Génova, Arboleda, La Florida, Sandoná, Consacá, Samaniego, San José de Alban y El Tablón de Gómez.(Federación Nacional de Cafeteros, 2020) Algunos de estos municipios son reconocidos por producir el café más suave del mundo, los cuales albergan más de 54.000 familias que trabajan 36.067 hectáreas de café arábico de las variedades Castillo, Colombia, Caturra, Típica, Borbón y Ta.

La producción de café en Nariño se estima entre 200 y 500 kilos por hectárea. En cuanto a las características organolépticas y sensoriales, el café distinguido en la solicitud de denominación CAFÉ DE NARIÑO, se caracteriza por ser un café de alta acidez, cuerpo medio, notas dulces, limpio, suave y aroma (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2021).

La gran producción de café que se obtiene tanto a nivel mundial, nacional y regional, hace que se genere un alto volumen de residuos, entre los que se encuentra la pulpa de café, la cual es poco aprovechada y puede constituir un problema ambiental, teniendo en cuenta que en muchos casos se vierten a fuentes hídricas más cercanas tales como: ríos, quebradas, lagos etc.,

En otros casos, los residuos se dejan descomponer sobre el suelo de manera no controlada, y pueden producir problemas fitosanitarios y contaminación cruzada. En los biomas acuáticos, provoca un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno, disminución del pH, así como la presencia de sólidos en suspensión que limitan la penetración de la luz solar y afectan la calidad del agua. Para el caso de los suelos, la afectación no es menor. Así mismo, un alto contenido de pulpa de café en los suelos puede afectar las poblaciones de la micro flora edáfica, donde los hongos acidófilos son los principales microorganismos que metabolizan todo ese volumen de materia orgánica, también se presenta la repercusión en las fuentes hídricas con mucha frecuencia; ya que, la gran mayoría de residuos son desechados por los productores a las quebradas y ríos más cercanos (Cervantes Beyra et al., 2015).

Por otro lado, en Colombia la cerveza es una de las bebidas alcohólicas más consumidas. Siendo las últimas cifras presentadas por el colombiano (2023) el consumo por año puede

llegar a los 47,8 litros. El único gran productor de cerveza es la empresa Bavaria, la cual ocupa el 98% del mercado nacional. (Villa Diego, Garces Laura, et al., 2016) Sin embargo, En el mercado nacional no se ha dado a conocer muy bien la cerveza artesanal, y aunque el país es gran productor y consumidor de cerveza, los consumidores no saben de la gran variedad de cervezas que existen a nivel mundial. En los últimos 6 años ha empezado a crecer un nuevo mercado con consumidores diferentes, son personas jóvenes de estratos medio alto y alto, que disfrutan y saben reconocer las características de una buena cerveza artesanal.

Ahora bien, en cuanto a la problemática de la cerveza se puede evidenciar que en el país solo hay unos pocos y pequeños productores de cerveza artesanal. En este contexto, existen alrededor de 5 microempresas ubicadas en el departamento de Cundinamarca las cuales comercializan sus productos solo en el mercado local ya que su capacidad de producción no es suficiente para comercializarla a nivel nacional.

En Antioquia, existen actualmente solo 2 empresas dedicadas a la fabricación de este tipo de cerveza, las cuales son Tres Cordilleras y Apóstol, pero su capacidad de producción no es suficiente para suplir la demanda actual de la ciudad y el departamento. Esta falta de oferta ha creado una demanda insatisfecha del producto que es reemplazado en parte por la cerveza importada, esta situación permite que nuevas empresas productoras de este tipo de cerveza puedan llegar y llenar este vacío que existe en el mercado local (Villa Vasquez Diego Alejandro, Garces Henao Laura Maria, et al., 2016).

Por lo expuesto anteriormente, se hace necesario, por un lado, emplear procesos para favorecer la economía circular en la fabricación de cerveza con el uso de residuos como la pulpa de café; y promover e innovar en producción de cerveza artesanal para resolver el problema ya evidenciado y de esta manera elevar el consumo desde el 2011 ha crecido la producción de cerveza en un promedio de 4.3% cada año, (Rodriguez Maria, 2017) por el momento la cerveza artesanal sigue siendo una industria pequeña, alcanzando el 1% de los 105 millones de hectolitros producidos en el país; por tal motivo la producción de la cerveza con pulpa de café como aditivo, por su alto contenido de proteínas, carbohidratos y azúcares, facilita la producción de alcohol mediante el proceso de fermentación, además proporciona

propiedades organolépticas diferenciadas, las cuales pueden proporcionar un buen sabor a la bebida.

### **1.1.1. Formulación del problema**

¿En cuánto se modifican los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de una cerveza artesanal elaborada con la adición de pulpa de café con respecto a otras cervezas artesanales?

## **1.2. Justificación**

La pulpa de café y el mucílago en su composición están estructurados básicamente por compuestos como: agua, azúcares y sustancias pépticas. Estos compuestos permiten principalmente a levaduras de los géneros *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Candida* y *Rhodotorula* realizar el proceso fermentativo (Puerta-Quintero & Ríos-Arias, 2011). Además, debido a estas propiedades y composición química se puede realizar un aprovechamiento general de la pulpa de café, implementando la utilización de los desechos producidos por todo el sector cafetero a nivel regional y nacional, dado que es alta la cantidad de residuos de este tipo que se generan año tras año, y su baja industrialización genera grandes impactos ambientales tanto como en la erosión del suelo como en las fuentes hídricas.

En el aspecto normativo, para esta investigación se ha tomado como base de referencia la constitución política de 1991 artículos 8, 79, 80 en los cuales se promueve el desarrollo sostenible mediante el aprovechamiento de recursos naturales y residuos como un deber del estado y los particulares para la conservación de un ambiente sano.

Este proyecto se perfila para impulsar la creación de microempresas proporcionando una adecuada tecnología para la elaboración de cerveza con el uso de los de los residuos del café, contribuyendo a su vez con el aumento de fuentes de trabajo y reducción de los contaminantes para los caficultores del municipio de Lorenzo - Nariño. Con la elaboración de la cerveza, se pretende generar una entrada económica adicional mediante la producción y

comercialización de la misma tanto para los caficultores reconociendo que sin ellos esto no es posible, como de las personas inmersas en esta investigación, promoviendo la labor del ingeniero de procesos como el promotor del desarrollo industrial en departamento de Nariño.

Se toma como un referente adicional la economía circular la cual es un modelo para la producción y el consumo más sostenible teniendo en cuenta que las materias primas se deben mantener más tiempo dentro de los ciclos productivos sacándole el mayor provecho para procurar no generar residuos. En este sentido, el proyecto de ley de 2022 se crea y regula el régimen del mercado de valorización de residuos, para fomentar la valorización de los mismos en el marco de la promoción de la economía circular y se dictan otras disposiciones”.

De esta manera se aprueban proyectos como una propuesta de mejora para el país y la región. Bajo esta estrategia nacional existen muchos proyectos que han tenido éxito en su desarrollo ya que se plantean iniciativas circulares que son innovadoras para el país. Estos proyectos son una muestra del aporte que pueden realizar las diferentes organizaciones para lograr la transición hacia la circularidad. Es aquí donde dentro de la investigación se realiza el adecuado aprovechamiento de los residuos que quedan de la pulpa del café y que sirve como aditivo para la elaboración de la cerveza artesanal de esta manera estos residuos generados no afecten al medio ambiente.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Evaluar el uso de pulpa de café como aditivo en el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Golden Ale

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Caracterizar fisicoquímicamente la pulpa de café obtenida del proceso de beneficio en la finca Los Balsos en el municipio de San Lorenzo.
- Establecer las condiciones para la formulación y operación de cerveza artesanal adicionando pulpa de café como fuente de azúcares fermentables.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la cerveza artesanal obtenida.

#### ***1.3.3. Hipótesis***

La adición de pulpa de café en la bebida alcohólica influye significativamente en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la cerveza artesanal elaborada con respecto a la cerveza artesanal Rubia Golden Ale

### **1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos**

#### ***1.4.1. Antecedentes***

Silveira et al. (2020) evaluaron los principales efectos de la pulpa de café mediante el proceso de fermentación alcohólica utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Este proceso de fermentación permitió la desintoxicación de la pulpa de la cafeína en un 50 %, al tiempo que redujo significativamente las cantidades de residuos en un 64 %, además generando productos fermentados que se podría valorizar.

Castillo et al. (2018), evaluaron el proceso de deslignificación de la pulpa de café generado por en el beneficio o despulpado de café utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* L. para un pretratamiento biológico de esta materia. El proceso se realizó en tiempos de 30, 40 y 50 días, para posteriormente realizar un proceso de fermentación alcohólica utilizando el microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*.

Oktaviani et al. (2020) evaluaron el proceso de fermentación de tres formas diferentes: la primera, de forma natural; la segunda, con aireación simultánea y la tercera con aireación simultánea y adicionando una bacteria autóctona del ácido láctico. Esto con el fin de evaluar el porcentaje antioxidante que presentaba la pulpa de café natural. En condiciones de 4, 2 horas y una temperatura de 31,8 °C. El porcentaje antioxidante para la primera muestra fue de 27.6%, mientras que para la segunda aumentó en un 15% y la tercera en un 30% las propiedades antioxidantes de la fermentación de la pulpa de café.

Peña-Lucio et al. (2020) estudiaron las mezclas fermentativas de la pulpa de café y sorgo en cantidades diferentes como sustrato fermentativo. También evaluaron los efectos sinérgicos y antagónicos de las dos mezclas. Los resultados obtenidos fueron favorables, lográndose una actividad cafeína desmetilasa de 18,762 U/g, y reduciendo el contenido de cafeína en la pulpa de café.

Santos da Silveira et al. (2019) estudiaron métodos de fermentación para el tratamiento de la pulpa de café para generar productos ricos en extractos fenólicos para aplicaciones en las industrias. El medio de fermentación se preparó desde las aguas miel del café disolviendo glucosa hasta llegar a 18 °Brix, se añadió levadura a una concentración de 4% p/v en relación a los azúcares fermentables de la muestra, adicionalmente se agregó nutrientes al medio que mejoró el desarrollo de levadura y la transformación de glucosa.

La temperatura de fermentación fue de 30°C, un pH de 5, agitación constante de 350 rpm y las condiciones del medio de cultivo se mantuvieron constantes a lo largo de todos los experimentos. Se construyó una curva de calibración de biomasa por medio del

procedimiento del peso seco vinculado con espectrofotometría UV-VIS para implantar la concentración de biomasa, a lo largo de la fermentación se midió la concentración de sustrato consumido por medio de un refractómetro y la concentración de etanol conformado a lo largo del proceso de fermentación por medio de estudio HPLC (Geovanny et al, 2021).

Villa Montoya et al. (2019) estudiaron los factores que afectan la producción de H2 ácidos orgánicos y alcoholes a partir de residuos de café, mediante un proceso de pretratamiento utilizando microorganismos autóctonos de los residuos de café. El proceso fermentativo se llevó a cabo en condiciones de pH (4,0 a 7,0), temperatura (30 a 50 °C), agitación (0 a 180 rpm), pulpa y cascarilla de café (2 a 6 g/L), y empleando en este proceso de fermentación microorganismos como *Lactobacillus* sp., *Clostridium* sp., *Saccharomyces* sp. y *Kazachstania* sp.

Yadav et al. (2021) analizaron la composición química de la pulpa de café. El contenido de proteínas de la pulpa de café fue similar a los hallazgos de Braham y Bressani (1979), pero ligeramente diferente en el contenido de cafeína y azúcares reductores. en el contenido de cafeína y azúcares reductores. Y lograron observar que el contenido de cafeína era inferior, lo que podría deberse a la variación del disolvente extractor de cafeína. Del mismo modo, el azúcar reductor ligeramente diferente, lo que podría deberse a la diferencia en el tiempo de cosecha y la geografía.

Silva et al. (2013) examinaron de la producción de pectinasas de las bacterias y levaduras aisladas. Se comprobó la capacidad de las bacterias y levaduras aisladas del procesamiento del café seco y semiseco para secretar PG y PL en pruebas semicuantitativas. Tras la secuenciación, los aislados se identificaron como *Bacillus cereus*.

Manasa et al. (2021) investigaron un proceso circular y un método ecológico, que puede adoptarse fácilmente en las explotaciones agrícolas para gestionar los grandes volúmenes de pulpa de café. Los resultados ayudarían a resolver el problema creado por los residuos de pulpa de café, ya que se está convirtiendo efectivamente un contaminante ambiental en un producto beneficioso para el ser humano.

Oktaviani et al. (2020) llevaron a cabo un estudio sistemático utilizando una metodología de superficie de respuesta con un diseño compuesto central para determinar los efectos del tiempo y la temperatura de fermentación sobre el número de bacterias en la pulpa de café tras la fermentación natural con aireación simultánea (un caudal de aire de 4 m/s), así como el contenido fenólico y la actividad antioxidante de la cáscara. Entre el modelo y los datos experimentales. En las condiciones óptimas (4,2 h, 31,8 °C), el contenido fenólico es del 6,72%, mientras que la actividad antioxidante es del 27,6%.

Castillo et al. (2018b) estudiaron el contenido de lignina, de cada muestra antes y después del tratamiento aplicado, indico como resultado que el pre-tratamiento biológico, alcanza mayor porcentaje de remoción, pues, los hongos de la pudrición blanca gracias a su actividad enzimática sobre la pulpa de café, actúan ejerciendo una alta despolimerización de la lignina, favoreciendo el proceso fermentación alcohólica. En el pre-tratamiento biológico, se reconocieron diferencias significativas en el grado de des lignificación, en función del tiempo de cosecha. De esta forma, el pre-tratamiento realizado a 30 días presentó mayor eficiencia en el proceso de deslignificación (57,84%) con respecto a los demás.

Amorocho Cruz & Muñoz Cortés, (2021) concluyeron que durante la fermentación se producen cambios en las propiedades fisicoquímicas por la presencia de *S. cerevisiae* var Bayanus. La reducción de los sólidos solubles se debe a que las levaduras presentes en el mosto consumieron los azúcares para transformarlos en alcohol. Se puede deducir que *S. cerevisiae* var. Bayanus presentó un corto periodo de latencia y una alta velocidad en la transformación de los azúcares en alcohol. Los rangos de pH de los tratamientos se sitúan entre 4-4,5, considerándose ligeramente ácidos. La tendencia de la acidez en los tratamientos es a aumentar con respecto al tiempo de fermentación.

#### **1.4.2. Marco teórico**

**1.4.2.1. Generalidades del café.** El café es una planta perenne tropical perteneciente al género *Coffea* de la familia Rubiaceae. Aunque hoy en día se reconocen más de 103 especies son solo 2 las responsables del comercio mundial (*arábica* y *canephora*) (Serna et al., n.d.).

El café llega a la Nueva España cerca de 1790 y su cultura se difunde en la primera mitad del siglo XIX, primordialmente en Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Michoacán. A lo largo del porfiriato creció la cafecultura inducida por organizaciones transnacionales en enormes fincas especializadas. Desde la reforma agrarista de Cárdenas en México (1934-1940), paso a ser una actividad de enormes plantaciones a pequeñas parcelas de campesinos y población indígena. Los monumentales productores de café lograron mantener los terrenos más fértiles y conservar de esta forma una postura ventajosa hasta la fecha (Pérez, et al, 2019.).

#### **Pulpa de Café**

Es la cáscara del grano de café formada por el exocarpio (epidermis) y parte del mesocarpio. En el beneficio del café, la pulpa es uno de los subproductos y se deposita en fosas para su descomposición y posterior utilización en el cultivo” (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2020).

El promedio del peso obtenido en 10 tandas de café cereza beneficiado (1.500 kg) para la pulpa proveniente del despulpado sin agua, es del 40% del peso del fruto fresco con un promedio de 2,90 °Brix de la mezcla pulpa-agua 1,01 de gravedad específica aproximadamente (CV= 0,10%) y un valor promedio de pH de 4,60, se reporta un valor de pulpa fresca del 43,58%, con respecto al peso del fruto de café . Cenicafe, (2010)

La pulpa de café es el primer producto que se consigue en el procesamiento del grano de café, y representa, el 40,58% (base seca) del peso del fruto completo. En realidad, el grado de agua de este material representa una de las más grandes desventajas en su implementación,

a partir de la perspectiva de transporte, desempeño, procesamiento y uso directo en la ingesta de alimentos animal. Los valores presentes en la pulpa en cuanto a la composición que esta tiene son carbohidratos (50%), fibra(20%), proteínas(7-10%), grasas(1,4-2,5%) y cafeína(0,68-1,3%).(Duangjai et al., 2016)

### **Caracterización química de la pulpa de café**

La pulpa constituye cerca del 40% del peso de la cereza del café y es separada del grano durante la primera etapa del beneficio a través de las despulpadoras. Es rica en nutrientes como azúcares, proteínas, fibra, nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, la composición química de la pulpa de café ensilada reveló valores de materia seca (92%), extracto etéreo (2,6%), fibra cruda (20,8%), proteína cruda (10,7%), ceniza (8,8%), extracto libre de nitrógeno (49,2%) y taninos (1,8%) (Noriega, et al., 2009).

### **Mucílago**

Es la capa gelatinosa que recubre la semilla del café, el cual es comúnmente desechado en el proceso de beneficio, pero que es rico en antioxidantes y puede aportar múltiples beneficios al cuerpo (Natucafé, 2020). El mucílago fresco presenta entre 85% a 91% de agua y entre 6,2% y 7,4% de azúcares, constituidos por 63% de azúcares reductores (Puerta & Ríos, 2011).

### **Pretratamiento biológico**

En este tratamiento el material lignocelulósico es sometido a la acción de determinadas enzimas o microorganismos, como los hongos de la podredumbre blanca, marrón o blanda. El objetivo es degradar la lignina y la hemicelulosa, eliminando las barreras que por lo general se recomienda hacer un pretratamiento con hongos y luego con enzimas (Laura Castro ,2017).

**1.4.2.2. Fermentación.** La fermentación es un proceso que genera energía, tanto los electrones cedidos como los recibidos los proporcionan compuestos orgánicos además este proceso es catabólico de oxidación de los compuestos orgánicos para producir nuevos compuestos y energías, este proceso se realiza utilizando diferentes microorganismos en la ausencia de oxígeno (René & Juez, 2017).

Un elemento que influye poderosamente en el proceso fermentativo es el tipo de levadura: por dicha razón se hacen cultivos en el laboratorio, anterior a inocularlo al mosto, para obtener cepas de una misma especie que cumplan fielmente su cometido. Se muestran una pluralidad de la especie *Saccharomyces* (Francisco Cabrera Diaz, 2012).

Pasteur, que fue el primero en reconocer la funcionalidad fisiológica de la fermentación, la nombró "el efecto de la vida sin viento". Esta aseveración todavía es adecuada, ya que cada una de las fermentaciones tienen la posibilidad de tener sitio bajo condiciones anaerobias rigurosas.

Varios de los organismos que obtienen energía por fermentación son anaerobios rigurosos. Otros, sin embargo, son anaerobios facultativos, capaces de crecer en presencia o ausencia de oxígeno; en general, los organismos anaerobios facultativos modifican su tipo de metabolismo energético al ser expuestos al viento: la existencia de oxígeno molecular induce el cambio metabólico de fermentación a respiración. Sin embargo, un conjunto bacteriano anaeróbico facultativo, las bacterias del ácido láctico, constituye una distinción a esta regla; el tipo de metabolismo energético no es modificado en aerobiosis y la fermentación continua inclusive en presencia de oxígeno. (Carbonero Pilar, 1975)

### **Tipos de fermentación**

Existen cuatro tipos de fermentación que se describirán a continuación:

- **Acética:** su característica principal es la de transformar el agua en ácido acético, que como bien es conocido se lo puede observar dentro de la composición del vinagre. La

formación de dicho ácido surge de la oxidación que produce una bacteria sobre el elemento alcohólico cuando existe oxígeno en el ambiente. Considerablemente distintas de otras, las bacterias que la causan necesitan de la presencia de mucha cantidad de oxígeno para poder llevarla a cabo. (Ulla Rothschuh Osori, 2021)

- **Butírica:** al igual que la anterior se produce únicamente en ausencia de oxígeno. En particular se trata del proceso por el cual se transforman los glúcidos, específicamente la lactosa, en el llamado ácido butírico. A su vez, puede encontrarse también como resultado de este proceso la formación de gas. Los organismos encargados de esta transformación son bacterias pertenecientes al grupo Clostridium, y dentro de este la variedad *Clostridium butyricum*. El desarrollo de este proceso es fácilmente detectable dada la aparición inmediata de olores característicos fuertes y repulsivos. (Ulla Rothschuh Osori, 2021).

- **Láctica:** es la vía por la cual se da lugar a la elaboración de ácido láctico. El proceso consiste en la oxidación de una parte de la glucosa contenida en el citosol de la célula para lograr la producción de energía. Diferente de la butírica, esta puede ser llevada a cabo por más de un tipo de bacteria, siempre y cuando cumplan con la condición fundamental de pertenecer al grupo de las llamadas bacterias lácticas. Pero, además, puede producirse por otros microorganismos como ser hongos y protozoos; como también a través de tejidos humanos y animales, como ser por ejemplo los músculos. (Ulla Rothschuh Osori, 2021).

### **Fermentación alcohólica**

Se trata del proceso realizado por microorganismos que trabajan sobre los hidratos de carbono, observables en gran cantidad de frutas y cereales. Su producto resultante es un etanol (una forma específica de alcohol) o un gas (forma de dióxido de carbono). El etanol es utilizado industrialmente para la producción de la mayoría de las bebidas alcohólicas como cerveza o vino. Por otra parte, también dan lugar a algunas moléculas de ATP pero son consumidas en simultáneo mediante el metabolismo celular energético de los microorganismos. En este caso el proceso en su totalidad se dará sin presencia alguna de oxígeno en el ambiente (René & Juez, 2017).

## **Bebidas fermentadas**

Como un preámbulo a la explicación de los procesos tecnológicos sobre preparación de las bebidas fermentadas más frecuentes, se muestra una reseña de los hechos científicos involucrados con los microorganismos que dinamizaron los adelantos de la fermentación alcohólica. El cual es manejado teniendo en cuenta los puntos biológicos relacionadas con la clase de organismos microscópicos, diseminados por el globo terrestre y probablemente ligados a las primeras maneras de vida, sobre los cuales al hombre le han bastado unos pocos años para tener un pleno entendimiento de su realidad, composición, ocupaciones y maneras de reproducción. Y su aprovechamiento industrial, en beneficio de la sociedad (Francisco Cabrera Diaz, 2012).

### **Bebida alcohólica fermentada pulpa de café**

Se utiliza la pulpa de café como materia prima teniendo en cuenta el alto impacto que este subproducto genera en los ecosistemas cafeteros, se conoce que durante el proceso de beneficio del café se obtiene un 43,58% del peso del grano que corresponde a la pulpa del café, para el desarrollo se parte de la caracterización de la materia prima tanto físico-química para obtener como resultado una cerveza que sensorialmente conserve las características del café y que de acuerdo a su procesamiento productivo sea de fácil implementación y producción.

**1.4.2.3. Cerveza.** Es uno de los productos con las industrias más grandes del mundo y en Colombia, pero desde el 2013 la cerveza industrial como lo es el grupo Bavaria y Central Cervecera de Colombia, han estado perdiendo participación en el mercado, dando lugar a nuevas opciones de cervezas artesanales, las cuales les dan a los consumidores de este producto algo nuevo, diferente y atractivo.

Teniendo presente este panorama, los pequeños productores de cerveza artesanal se han logrado distinguir de la cerveza industrial con la integración de materias primas locales, partiendo de lo cual son los componentes clásicos como cereales, lúpulo y agua hasta utilizar nuevos aditivos que no tienen las cerveceras industriales, como lo son las frutas de diferentes zonas de la nación, el café y cacao, especias y otros cereales, construyendo productos que se distingan e innoven en un mercado que vino siendo el mismo durante un largo tiempo. (Roldán et al., 2021).

La cerveza es una bebida alcohólica, que pasa por un proceso de fermentación. Esa bebida, es realizada con la utilización de diversos cereales, como por ejemplo el trigo, cebada, maíz, sorgo, entre otros. El propósito de este análisis ha sido evaluar las propiedades fisicoquímicas del uso de la pulpa de café (*Coffea arábica*) y granos de cacao (*Theobroma cacao*) en la preparación de una cerveza artesanal en disminución de cebada (*Hordeum vulgare*) (Ivette G. et al, 2022).

El nivel alcohólico obtenido de la fermentación del mosto realizado con pulpa de café y granos de cacao ha sido aproximadamente 1,90%, una porción baja comparativamente a las otras cervezas del mercado. Se hizo una caracterización del producto culminado, obteniendo una cerveza artesanal tipo Porter Ale a base de pulpa de café y granos de cacao. El precio promedio de preparación de cerveza artesanal, sustituyendo cebada por pulpa de café y granos de cacao, se redujo en un 15%, pudiendo otorgarles un costo añadido a los coproductos del café. (Ivette G. et al, 2021).

En 2022, el volumen de cerveza producida a nivel mundial se situó en torno a los 1.900 millones de hectolitros. Esta cantidad supuso un crecimiento de aproximadamente 25 millones de hectolitros con respecto a la producción de este tipo de bebida alcohólica registrada durante el año anterior.(Orus Abigail, 2023) Según estimaciones llevadas a cabo a partir de la Encuesta Anual Manufacturera y la Muestra Mensual Manufacturera del Dane (Departamento administrativo nacional de estadística), para 2003 estas participaciones se disminuyeron levemente, indicando que la tasa de aumento del sector fue inferior a la del grupo de la industria.

Los inconvenientes microbiológicos asociados a la producción de cerveza son, esas prácticas involucrados con la existencia de malos olores y alteraciones visibles causadas por el incremento de microorganismos ajenos a los que participan en la fermentación, bien a lo largo de la preparación de la cerveza o bien en la cerveza como producto culminado. Los contaminantes microbianos que pudimos encontrar tienen la posibilidad de integrar a partir de las llamadas levaduras y mohos salvajes hasta una secuencia de géneros bacterianos como *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Pectinatus*. (Pardo Ripoll & Blanco Fidalgo, 2017)

- **Agua:** El agua es un factor sustancial en la preparación de la cerveza (90% al 95% de su composición) por lo cual debe ser pura, potable, e independiente de sabores y olores extraños. El agua tiene una serie de sales que influyen de manera definitiva en la calidad de la cerveza. Los minerales de más grande interés en la bebida son: calcio, sulfatos y cloruros. (BAVARIA, n.d).

- **Malta:** La malta es el cereal de la cerveza por excelencia, sometida a un proceso particular conocido como malteo. El malteo se basa en hacer germinar controladamente granos de cereales, de forma que hagan enzimas con pérdida mínima de almidones. Las maltas son prácticamente fuente de almidón (azúcares), proteínas, vitaminas y minerales. La malta tiene predominación en las propiedades del sabor y aromas en las cervezas, así como el buen desarrollo de las levaduras en el proceso de fermentación. El vino es a la uva lo cual la cerveza es a la cebada. La cebada es un cereal rico en almidones que facilitan la obtención de azúcares (BAVARIA, n.d).

- **Lúpulo:** El sabor agrio, tan característico de la cerveza, se lo debemos al lúpulo, una planta trepadora de cuya flor femenil obtenemos la magia de la cerveza. Plinio en su “Historia Natural” nos previene que: “El lúpulo crece salvaje entre los sauces como el lobo en medio de las ovejas” de esta bella comparación nace el nombre de esta planta de la familia de las ortigas popular como “*Humulus Lupulus*” (Recordemos que Lupus es lobo en latín). El lúpulo empieza a utilizarse durante el siglo XI, la primera alusión definitiva nos la da la monja benedictina Hildegarde Von Bigen (1098-1179). Previo a su hallazgo las cervezas eran dulzonas, espesas y un poco sosas. Varias variedades de lúpulo se emplean para conceder aromas, otras para conceder sequedad y amargor, otras son usadas para las dos funcionalidades a la vez (BAVARIA, n.d).

**1.4.2.4. Tipos de cerveza.** Cerveza tipo “ALE” Son cada una de las cervezas que emplean en su construcción levaduras de fermentación alta, En la manera más elemental de preparación, a lo largo de la fermentación en caliente, que rígida unos 3 o 4 días, se llega a una temperatura de unos veinticinco grados, sin embargo, varios productores dejan fermentando la cerveza a lo largo de, por lo menos, catorce días. Luego, cada una de las cervezas poseen cualquier tipo de proceso de maduración, que puede consistir en una maduración en gélido, en unos días de acondicionamiento en caliente entre trece y dieciséis grados o en un segundo proceso de fermentación (Yesid & Vera, n.d).

Cerveza LAGER son aquellas que involucran en su proceso de preparación levaduras de fermentación baja. Dichos son los tipos de cerveza más frecuentes internacionalmente. El estilo de cervezas lager más reconocido es el conocido como pilsen, aunque hay varios otros, ejemplificando el estilo bock, el doppelbock, el estilo vienés, el estilo Munich o el estilo dortmunder, entre otros (Yesid & Vera, n.d).

**1.4.2.5. Microorganismos.** Entienden las bacterias, los hongos, las levaduras, los virus y varias algas, y como su nombre lo sugiere son seres microscópicos, con diferentes maneras y requerimientos para su aumento. Las bacterias, hongos y levaduras descomponen diferentes compuestos y contribuyen al equilibrio ambiental; ciertos patógenos, otros deterioran los alimentos, varios son servibles para la salud y diversos son aprovechados en diferentes industrias.

Los microbios necesitan para su desarrollo de agua, proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, y condiciones del medio ambiente y características específicas como temperatura, actividad del agua, pH, potencial de oxido-reducción y presencia o ausencia de oxígeno. Estas características tienen la posibilidad de cambiar por medio de tratamientos térmicos, procesos de acidificación y fermentaciones y con los empaques (Puerta Quintero Gloria Ines, n.d).

### 1.5. Metodología

Este trabajo de investigación tiene por objetivo realizar la metodología por diferentes etapas como se lo puede observar en la figura 1:

**Figura 1**

*Diagrama de flujo de proceso del pretratamiento de la pulpa de café como aditivo.*

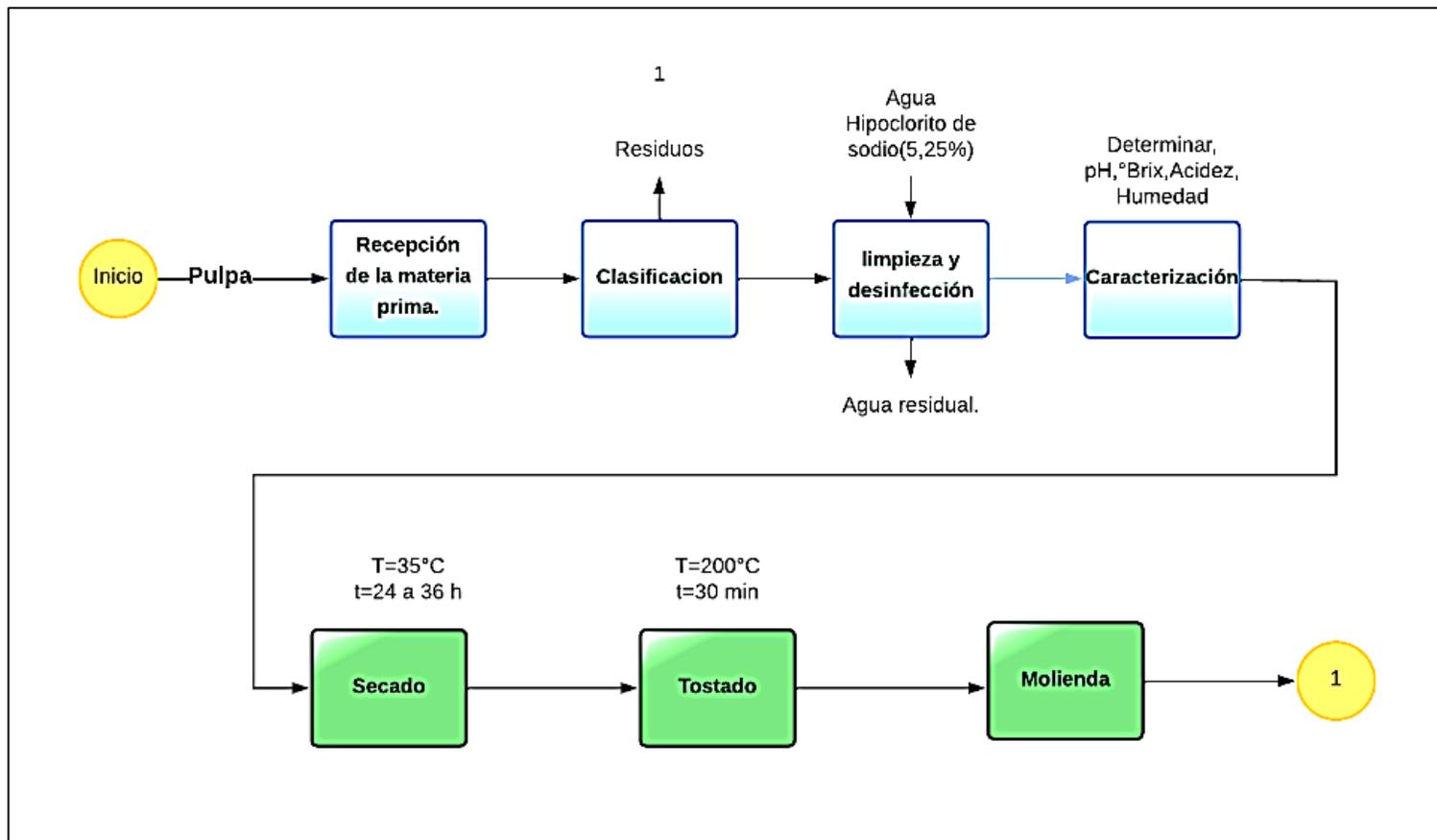
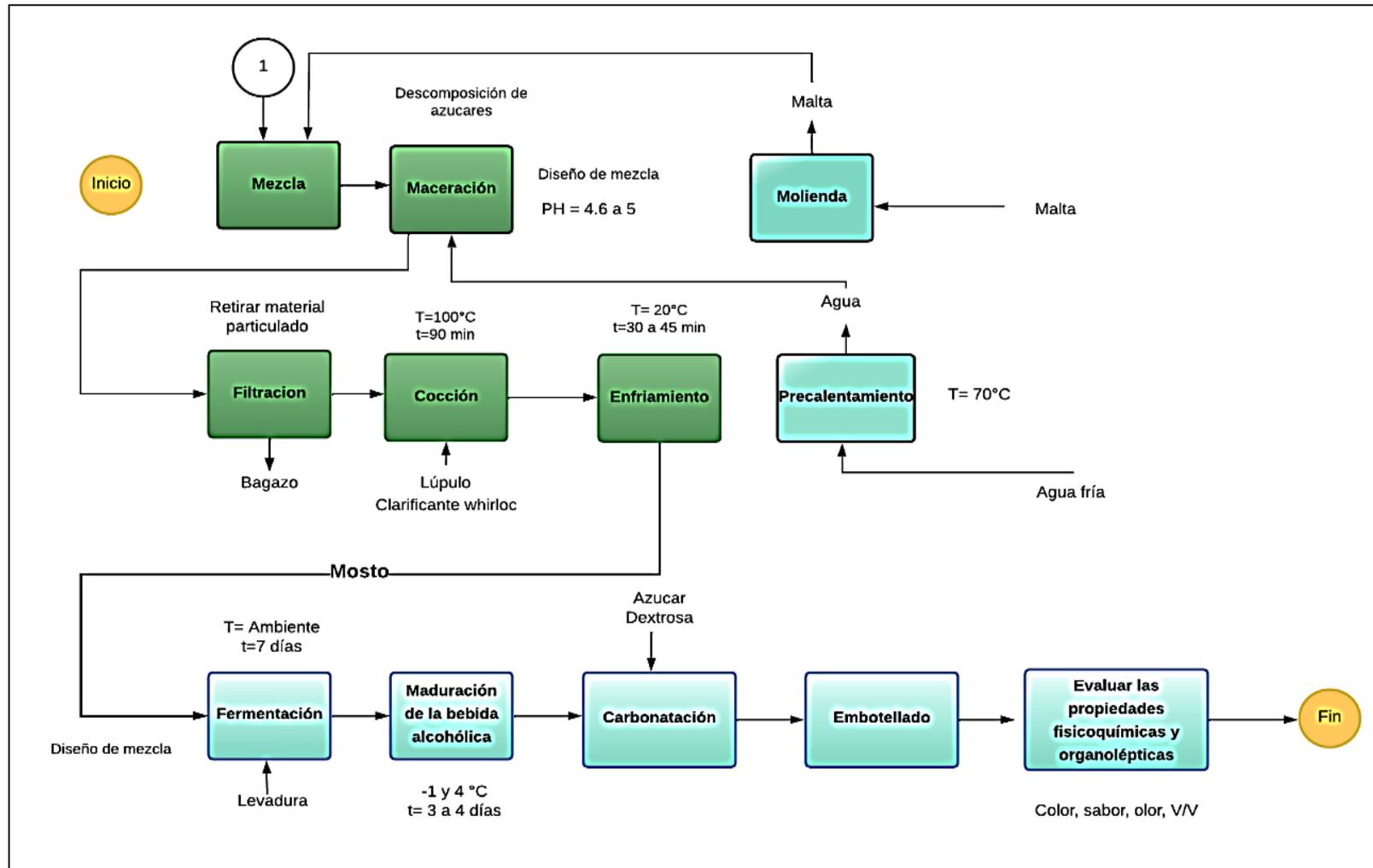


Figura 2

Diagrama de flujo de proceso de la elaboración de cerveza artesanal con pulpa de café como aditivo



A continuación, se describe cada uno de los procesos de los diagramas de flujo.

### **1.5.1. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café**

En la caracterización fisicoquímica de la pulpa de café se recolectó la pulpa de café fresca y con pretratamiento, se verificó su calidad (que no esté en estado de putrefacción) y se clasificó para eliminar componentes no deseados (hojas y ramas). Luego, se llevó a cabo un proceso de limpieza y desinfección para eliminar microorganismos no deseados. Finalmente, se midieron propiedades fisicoquímicas; grados brix, determinación de humedad, pH y acidez titulable para caracterizar la pulpa de café.

**1.5.1.1. Recolección materia prima.** Se realizó la recolección de la pulpa de café proveniente de la finca los Balsos, ubicada en el corregimiento de Santa Martha en el municipio de San Lorenzo-Nariño. En una nevera de Polietileno expandido (icopor) debidamente desinfectado se recolectaron 4 kg de pulpa de café fresca en un recipiente tipo balde y 4kg de pulpa de café con pretratamiento (lavado y desinfección con hipoclorito de sodio 2.5%), se refrigeraron de 2 a 4 °C y fueron trasladados a la ciudad de Pasto, a los laboratorios Alvernia de la Universidad Mariana.

**1.5.1.2. Recepción de materia prima.** Se obtuvo 4kg de pulpa de café fresca y con pretratamiento, se verificó visualmente que esté en buenas condiciones, las cual no presentaba ni mal olor, ni oxidación, para que el proceso se realizara en buenas condiciones y de esta forma se pueda obtener la mayor cantidad de producto con el agregado de la pulpa de café.

Además de la pulpa de café se realizó recepción de: la Malta pilsen, lúpulo Cascade, levadura *Safale S-04*, Pastilla clarificante, los cuales se adquirieron a través de la empresa Distrines Ltda. de la ciudad de Bogotá.

**1.5.1.3. Clasificación de materia prima.** Fue seleccionada únicamente la pulpa de café de calidad para la elaboración de cerveza artesanal se verificó que la pulpa de café se encuentre en excelentes condiciones asépticas, es decir que no se encuentre en estado de descomposición ni tenga olores a putrefacción. Además, se verificó que no hubiera presencia de otros componentes que en este proceso no son necesarios, tales como: restos de ramas, palos, hojas, entre otros.

**1.5.1.4. Limpieza y desinfección.** Esta etapa es de suma importancia para el proceso ya que aquí se podrá eliminar los microorganismos que la materia prima obtiene antes de entrar al proceso de la elaboración de cerveza para no alterar las propiedades organolépticas de la cerveza y no haya microorganismos ajenos al proceso. Para ello, se adicionó agua con hipoclorito de sodio al 5.25% y se lleva a una concentración a 70 ppm para hacer la limpieza a la pulpa recolectada, luego se lavó muy bien con agua destilada.

$$\frac{\% \text{ de hipoclorito de sodio concentrado}}{\% \text{ de hipoclorito de sodio deseado}} - 1$$

**1.5.1.5. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café.** Para caracterizar fisicoquímicamente la pulpa de café se realizaron las pruebas de medición de grados brix, determinación de humedad, determinación de pH y acidez titulable, siguiendo las metodologías descritas a continuación:

- **Medición de solidos solubles:** Inicialmente se tomó el refractómetro previamente calibrado con agua destilada, se tomó la muestra homogenizada sin diluirla, posterior a ello se colocó en el lente del refractómetro a una temperatura ambiente y se realizó la correspondiente medición (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1999a). Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se reportan como la media, la desviación estándar y coeficiente de variación.

- **Determinación de pH:** Principalmente se inicia calibrando el pH-metro (pH-Meter 700 Oakton) el cual se encuentra en el laboratorio de Química en la universidad Mariana en el campus Alvernia con agua destilada, a continuación, se tomó 1 gramo de la muestra homogenizada a

utilizar y se mezcló con 10 ml de agua destilada y se agitó constantemente. Inmediatamente después se sumergieron los electrodos en la misma y se realiza la lectura del pH (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1999b). Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se reportan como la media y la desviación estándar.

- **Determinación de humedad:** se tomó una cantidad aproximada de 2,5 g de muestra a analizar, y se introdujo en una balanza de humedad (Randwag-PMR 210) en el laboratorio de Química en la universidad Mariana en el campus Alvernia. A una temperatura de 94° C, donde se determinó la cantidad de agua y/o el porcentaje de humedad que estaba presente en la muestra colocada en el interior de ésta. Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se reportan con la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1999b).

- **Acidez titulable:** se pesó 1 g de la muestra homogenizada y se mezcló con 10 ml de agua destilada, hasta que se logró obtener una disolución uniforme, se determinó el pH de esta solución y posteriormente se tituló con hidróxido 0,1 N hasta que se consiguió llegar a pH de 7, para luego poder alcanzar un de pH 8,1 titulado lentamente (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1999)

**1.5.1.6. Secado.** La pulpa de café, una vez lavada y desinfectada, se sometió a un proceso de secado mediante un secador de bandejas en la Universidad Mariana sede Alvernia, a una temperatura de 60°C por un tiempo de 4 horas para retirar la humedad que se encuentra en la pulpa; el tiempo y la temperatura se las elige para reducir tiempo de secado con respecto a otra temperatura (25 °C, secado al ambiente ) y se realiza una cinética de secado, se realiza con el fin de poder obtener la mayoría de azúcares encontrado en la pulpa al momento de realizar la maceración.

**1.5.1.7. Tostado.** Se realizó mediante un horno tostador en la finca los balsos, a una temperatura de 200°C por un tiempo establecido de 30 minutos.

**1.5.1.8. Molienda.** Se realizó mediante un molino de discos en la planta piloto ubicada en Alvernia de la Universidad Mariana, con el fin de reducir el tamaño. No se tuvo en cuenta tamaño de partícula ya que tras el proceso de molienda del grano se aprovecha el contenido de azúcares, aromas y sabores que tiene la pulpa de café independientemente del tamaño de su partícula.

***1.5.2. Determinar las condiciones de la elaboración de la cerveza artesanal a partir de la pulpa de café utilizando la levadura Safale S-04 como agregado fermentativo***

**1.5.2.1. Mezcla.** Para permitir dar paso a la elaboración del diseño de mezclas (Tabla 1) fue necesario realizar unas pruebas preliminares (Tabla 2 y 3). Se mezcló la pulpa de café con la malta en el proceso de maceración para así poder descomponer los azúcares fermentables de los dos componentes, la cantidad de cada componente fue establecido mediante un diseño de mezclas ya establecido.

**Diseño de mezcla**

Para el diseño de mezcla se establecieron mínimos y máximos de componentes de se van a variar y por ende obtener las variables de respuesta, el mínimo de formulación se realizó por bibliografía, identificando el porcentaje mínimo de aditivo en una cerveza y el máximo porcentaje se determinó por medio de bibliografía y con un ensayo preliminar realizado a escala laboratorio.

Para el diseño de mezcla se presentan tres módulos de prueba, se hizo utilizando el programa Excel (ANOVA), variando principalmente el porcentaje de pulpa de café, malta y levadura. Y fase en la cual se adiciono la pulpa durante el proceso; 1) macerado y 2) fase de fermentación. Teniendo como base las pruebas preliminares se estableció un máximo y un mínimo para poder verificar las diferentes formulaciones que se realizaron y elegir la que mejor composición obtenga en sabor, color, y amargor, con el fin de realizar la mejor formulación para la elaboración de cerveza artesanal (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Diseño de mezclas con variación de pulpa malta y levadura (%p/p)*

<b>Mezclas</b>	<b>pulpa</b>	<b>malta</b>	<b>levadura</b>	<b>Lúpulo Cascade</b>	<b>agua</b>	<b>Clarificante Whirfloc</b>	<b>Dextrosa</b>	<b>azúcar</b>
<b>Formulación1</b>	1,000%	15,000%	0,040%	0,106%	82,954%	0,008%	0,085%	0,957%
<b>Formulación2</b>	3,000%	13,000%	0,800%	0,106%	82,954%	0,008%	0,085%	0,957%
<b>Formulación3</b>	5,000%	11,00%	0,100%	0,106%	82,954%	0,008%	0,085%	0,957%

**1.5.2.2. Activación de las levaduras.** Se hidrató la levadura seca, en 200 ml de agua, a 25°C de temperatura, se utilizó un Erlenmeyer, previamente desinfectado. Se realizaron movimientos oscilantes, hasta que se disolvió toda la levadura y se dejó en un sitio aislado para ser utilizada posteriormente, se mantuvo el Erlenmeyer en las mejores condiciones posible.

**1.5.2.3. Maceración.** En la maceración, la pulpa y la malta, se introducen en un recipiente, a los cuales se les añade agua previamente acidificada hasta un pH de 5.5. La cantidad de agua se basa en una relación de tres litros de agua por kilo de Malta y pulpa de café. Esta mezcla remueve hasta que se forma una pasta consistente. El agua se precalentó hasta los 70 °C temperatura que descenderá hasta los 65 °C (temperatura de trabajo óptimo de los enzimas alfa y beta amilasa) al introducir el grano, el cual se deja durante una hora y media o dos horas según si quedase o no almidón en el mosto.

**1.5.2.4. Filtración.** Se realizó utilizando dos tanques (recipientes), Para esto fue necesario colocar el filtro en el tanque vacío y se vertió la cerveza de un tanque a otro, la cerveza quedó libre de agentes sólidos y al momento de ser consumida se encuentre completamente limpia de otros agentes ajenos a la bebida alcohólica fermentada.

**1.5.2.5. Cocción.** Luego del filtrado se obtuvo el mosto, un líquido dulce, se procedió a realizar un proceso de cocción, donde se hizo que la mezcla hierva 90 minutos, durante los cuales se añadirá el lúpulo. En la cocción se adicionó el lúpulo directamente sobre el mosto y luego filtró nuevamente en recipientes.

**1.5.2.6. Enfriamiento.** Es importante realizar el enfriamiento del mosto antes de la fermentación, este enfriamiento se realizó durante 45 minutos hasta llegar a una temperatura de 20 °C.

**1.5.2.7. Fermentación.** La fermentación se realizó en fermentadores plásticos con airlock en las tapas, que permitió una salida de CO<sub>2</sub> y sin dejar entrar oxígeno, para que el proceso fuese más efectivo y sin contaminación. Se agregaron las levaduras previamente activadas a este proceso como lo es la Safale-S04 para, se dejó fermentar por 7 días y llegó a un consumo de 8 °brix y obtener un pH de 4.8 en el mosto.

En consecuente a ello se realizó la fermentación en el biofermentador (Pingloblal cia. Ltda. Modelo 2015) que se encuentra en la universidad Mariana en el campus Alvernia, laboratorio de microbiología, de la muestra seleccionada (mosto con 1% de pulpa de café) y se realizó el proceso de fermentación a temperatura controlada (25°C), pH controlado (5,5) por un tiempo determinado (7 días) y con una agitación de 50 rpm durante la adición de levaduras por un tiempo de 30 minutos y fue suspendida.

**1.5.2.8. Cinética de consumo celular.** Se realizó el seguimiento y medición durante 8 días de los grados brix, luego se procedió a calcular la velocidad específica de consumo de sustrato utilizando la fórmula  $(\frac{\Delta S}{\Delta t})$ , donde S es sustrato y t es tiempo, cabe resaltar que las muestras se realizaron por duplicado. Por otra parte, se realizó el análisis estadístico a las pruebas obtenidas con el fin de obtener la información que permitió observar si existió diferencias significativas entre las diferentes muestras.

**1.5.2.9. Filtración.** Para esto fue necesario la utilización de dos recipientes y seguido de esto colocar el filtro en el tanque vacío y se vertió la cerveza de un tanque a otro se vertió la cerveza de un tanque a otro y la cerveza quedó libre de agentes sólidos y al momento de ser consumida se encuentre completamente limpia de otros agentes ajenos a la bebida alcohólica fermentada.

**1.5.2.10. Maduración de la bebida alcohólica.** Después de que la levadura hizo el proceso de producción de etanol durante la fermentación, el mosto fue colocado a un proceso de maduración. Durante esta fase se afianzaron sabores, aromas. En la etapa de maduración o guarda, la cerveza se enfría a una temperatura entre  $-1$  y  $4$  °C durante un período de tiempo que puede oscilar entre 3 y 30 días como máximo. Las levaduras y otros compuestos causantes de la turbidez van sedimentando lentamente, con lo que la cerveza va clarificando.

**1.5.2.11. Carbonatado.** Se adicionó azúcar y dextrosa 0,085% y 0.957% respectivamente para todas las muestras. El carbonatado de la cerveza y que esta obtenga unas propiedades organolépticas de una buena calidad y sea de gusto para el consumidor.

**1.5.2.12. Embotellado.** El embotellado es esencial hacerlo en botellas de vidrio y que este quede bien sellado, para ello se va a utilizar la tapadora manual y que no quede escapando líquido y tampoco se vea afectada la carbonatación de la cerveza.

### **1.5.3. Analizar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la cerveza artesanal obtenida**

**1.5.3.1. Evaluar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas.** Después del proceso de maduración de la bebida alcohólica se procedió a realizar pruebas para medir los grados brix, el volumen de alcohol obtenido, además se realizaron otro tipo de pruebas para evaluar las propiedades organolépticas como el sabor, olor, entre otros, teniendo en cuenta la ayuda de terceros que den su opinión acerca de la mezcla obtenida.

#### **Sabor y Olor**

El procedimiento se realizó siguiendo la Norma INEN NTE 2262 de la cerveza, con el objetivo de evaluar la aceptabilidad de las diferentes mezclas de la cerveza artesanal a base de pulpa de café en la ciudad de Pasto. Se utilizó un grupo de enfoque de 30 personas entre 20 y 35 años de edad. Los evaluadores valoraron la aceptabilidad del olor, sabor y color catalogados como propiedades organolépticas. La evaluación se realizó con una escala hedónica de 1 a 5, siendo 1 muy desagradable y 5 muy agradable. Se realizó un promedio a los resultados obtenidos para determinar la muestra que mejor se ajusta a las características deseadas.

#### **Medición del color de la cerveza escala EBC (European Brewing Covention)**

En cuanto al color de las cervezas obtenidas se utilizó la percepción visual usando una escala de colorimetría EBC (European Brewing Covention) donde su escala se basa de 2 a 20 EBC, con color tenue, de 22 a 40 EBC se considera color medio y de 42 a 80 EBC colores fuerte.

#### **Medición de color coordenadas CIE-L\*a\*b.**

Se utilizó un espectrocolorímetro (benchttop spectrophotometer ys6010) equipo que se encuentra en la Universidad Mariana, Campus Alvernia. A partir de los espectros de la reflexión de las muestras se determinaron las coordenadas de color CIE-L\*a\*b, donde L\* es la luminosidad, a\* indica la cromaticidad en el eje verde (-) a rojo (+); y b\* la cromaticidad en el eje azul (-) a amarillo

(+), y las coordenadas psicométricas tono, (Ecuación 1) y croma, (Ecuación 2). Además, se determinó el cambio de color total (Ecuación 3):

$$\text{hab}^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad [\text{Ecuación 1}]$$

$$\text{Cab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

$$\Delta E = \sqrt{L0^* - L1^* + a0^* - a1^* + b0^* - b1^*} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

## **Volumen de alcohol**

Para el volumen de alcohol de la cerveza se utiliza un software llamado “Calculadora de Alcohol en la Cerveza” en la cual se debe ingresar la densidad inicial de la cerveza y la densidad final, proporcionándonos así el volumen de alcohol presente en la cerveza, cabe resaltar que se realizó por triplicado.

Por otro lado, la determinación del volumen de alcohol en la cerveza selecciona (1% de pulpa de café en maceración) se llevó a cabo mediante el empleo de un Rota-evaporador localizado en las instalaciones de la Universidad Mariana, específicamente en el campus Alvernia. Este sofisticado equipo de laboratorio desempeña una función esencial al propiciar la eliminación de solventes orgánicos de soluciones, valiéndose de un proceso de destilación a presión reducida. Este enfoque permite separar las distintas sustancias presentes en la mezcla líquida sin recurrir a niveles elevados de calor, salvaguardando así la integridad de los componentes.

La operación del Rota-evaporador consistió en someter la solución al proceso de destilación, una técnica que facilita la separación de los componentes líquidos de una mezcla. Esta separación se logra mediante la evaporación selectiva, basada en los puntos de ebullición específicos de cada componente, seguida por la condensación. Este procedimiento detallado fue llevado a cabo siguiendo las directrices establecidas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2020).

Para analizar y obtener resultados del porcentaje de pureza del alcohol destilado se realizó el procedimiento conocido como MÉTODO 2 (Método por destilación y estimación del contenido

alcohólico por determinación de la gravedad específica), siguiendo la NTC 5113, 2022 (Bebidas alcohólicas. Métodos para determinar el contenido de alcohol)

**1.5.3.2. Descripción del método de análisis de las variables organolépticas de la de cerveza artesanal.** El procedimiento se realizó siguiendo la Norma INEN NTE 2262 de la cerveza, con el objetivo de evaluar la aceptabilidad de las diferentes mezclas de la cerveza artesanal a base de pulpa de café en la ciudad de Pasto. Se utilizó un grupo de enfoque de 35 personas entre 20 y 60 años de edad. Los evaluadores valoraron la aceptabilidad del olor y sabor catalogados como propiedades organolépticas. La evaluación se realizó con una escala hedónica de 1 a 5, siendo 1 muy desagradable y 5 muy agradable. Se realizó un ponderado y promedio a los resultados obtenidos para determinar la muestra que mejor se ajusta a las características deseadas.

## **2. Presentación de resultados**

### **2.1. Análisis e interpretación de resultados**

#### **2.1.1. Pruebas preliminares**

Inicialmente se realizaron dos pruebas preliminares a escala semi-piloto, para verificar la mejor metodología que se adapte a los requerimientos necesarios para la elaboración de la cerveza; así mismo para poder obtener la cerveza y tener un buen procedimiento al momento de realizarla a escala laboratorio; la primera consistió en realizar el proceso de elaboración de cerveza artesanal con aditivo de pulpa fresca. Se realizó un pretratamiento de la pulpa fresca con el hongo *Pleurotus Ostreatus* con el fin de liberar de mejor manera los azúcares fermentativos, luego se pasó a la maceración de la pulpa malta y la pulpa pretratada, posteriormente se realizó la fermentación y adición de levaduras para realizar un proceso más rápido de producción de etanol, se dejó fermentar por 7 días a temperatura ambiente y en un lugar aislado de la luz.

La segunda prueba preliminar se realizó con pulpa seca por 36 horas a una temperatura entre 35 °C, posteriormente se realizó un tratamiento diferente a la pulpa el cual consistió en realizar un proceso de tostado a una temperatura de 200°C por un tiempo determinado de 30min, posteriormente se realizó la misma metodología que la primera prueba. Las cantidades utilizadas se muestran en las siguientes tablas 2 y 3.

**Tabla 2**

*Ingredientes y cantidades del ensayo preliminar con pulpa tostada*

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad g</b>	<b>Cantidad %</b>
<b>Malta Pilsen Bestmalz</b>	1000	6,093
<b>Pulpa tostada</b>	390	2,376
<b>Lúpulo Cascade</b>	10,000	0,06
<b>Levadura</b>	3,000	0,018

<b>Agua</b>	15000,000	91,401
<b>Clarificante Whirfloc</b>	0,750	0,004
<b>Dextrosa</b>	7,300	0,044

**Tabla 3**

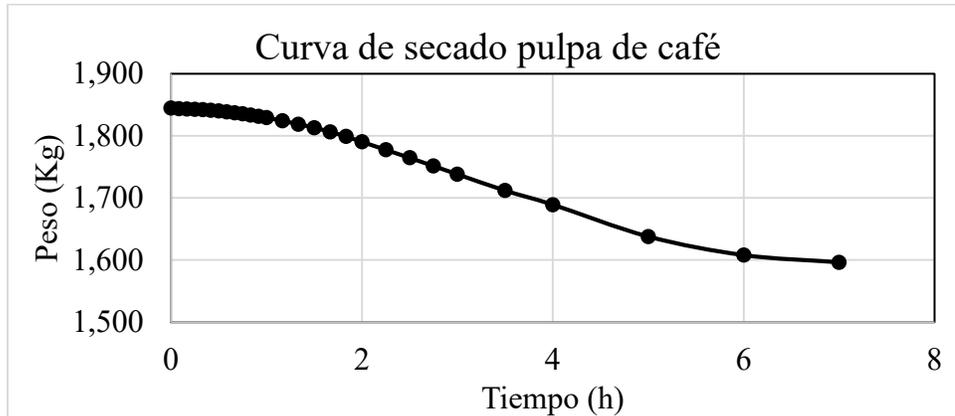
*Ingredientes y cantidades del ensayo preliminar con pulpa fresca*

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad g</b>	<b>Cantidad %</b>
<b>Malta Pilsen Bestmalz</b>	100,000	6,093
<b>Pulpa fresca</b>	390,000	2,376
<b>Lúpulo Cascade</b>	10,000	0,060
<b>Levadura</b>	3,000	0,018
<b>Agua</b>	15000,000	91,401
<b>Clarificante Whirfloc</b>	0,750	0,004
<b>Dextrosa</b>	7,300	0,044

**2.1.1.1. Cinética de Secado.** En la figura 3 se encuentra la cinética de secado de la pulpa de café, el secado se realizó hasta que la cinética de peso de humedad de la pulpa de café se encontró constante, y las temperaturas de entrada y salida eran similares y también constantes, esto quiere decir que el proceso ya se encuentra en el punto que se puede terminar esta etapa de secado. Al realizar esta prueba se puede determinar que la pulpa se encuentra seca y sin humedad después de 4 horas a una temperatura de 60 °C.

**Figura 3**

*Curva de secado de la pulpa de café*



Los resultados obtenidos por Torres Valenzuela et al., 2019 y los resultados presentados en esta investigación ofrece varias observaciones valiosas sobre el proceso de secado de la pulpa de café.

En el documento se sugiere que las condiciones óptimas locales para el secado de la cáscara de café son a 60°C durante siete horas, lo que resulta en el menor contenido de humedad. Sin embargo, los resultados muestran que la reducción significativa en el contenido de humedad de la pulpa de café se observa a temperaturas de 59 y 62°C, en el secado realizado se puede observar que los datos obtenidos son similares a los reportados por Torres Valenzuela et al., 2019. por ende, la temperatura óptima para realizar el secado para la pulpa de café es de 60°C durante 7 horas para obtener la pulpa lo más deshidratado posible.

**2.1.1.2. Caracterización pulpa de café.** De acuerdo a los resultados obtenidos (tabla 4), es posible decir que los parámetros evaluados se asemejan a los reportados por literatura, siendo el que presenta mayor diferencia la propiedad de °Brix (Fierro et al., 2018), esto debido a que este parámetro está muy ligado al índice de madurez de la fruta, en este caso la pulpa de café. En cuanto mayor sea el grado de madurez mayor brix se encontrarán presentes.

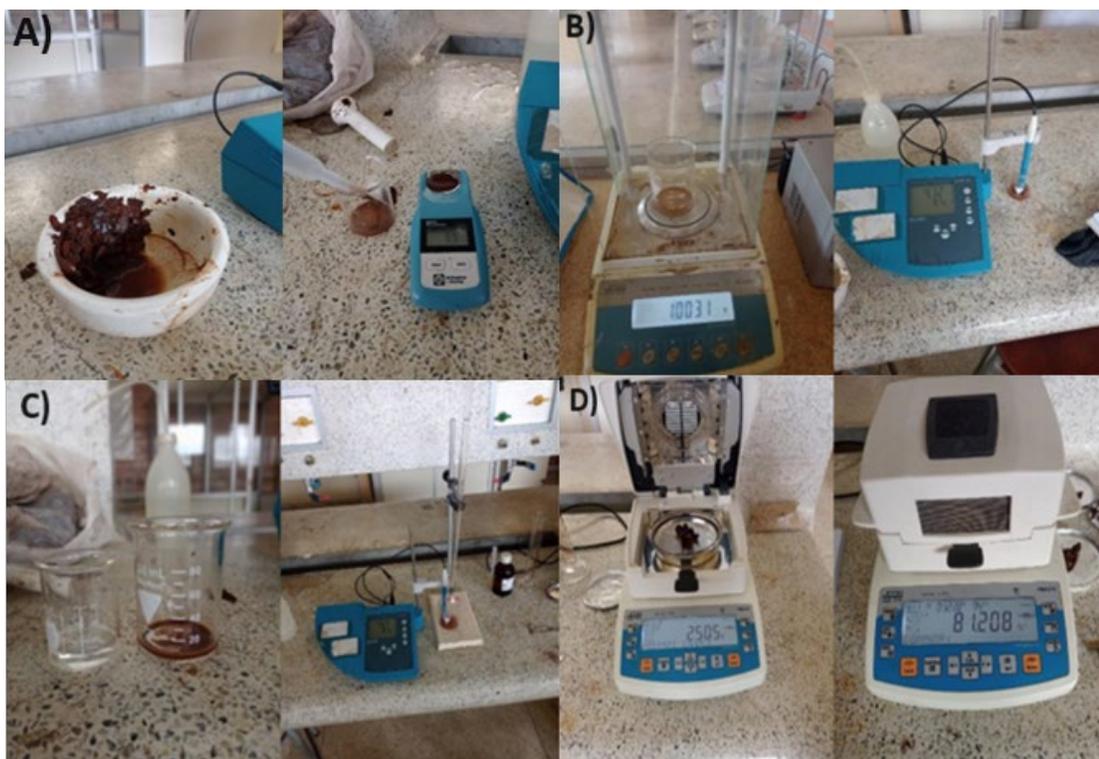
**Tabla 4**

*Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café*

	<b>Resultados obtenidos Pulpa fresca</b>	<b>C.V</b>	<b>Resultados obtenidos pulpa tostada y molida</b>	<b>C.V</b>	<b>R Bibliográficos pulpa fresca (Fierro et al., 2018). (Pardo et al., 2022)</b>
<b>Brix</b>	9,730±0,150	2%	10,233±0,0,30	1%	13,000
<b>% Humedad</b>	80,260±0,080	1%	2,860±0,227	1%	80,000
<b>% Acidez (Ácido clorogénico)</b>	0,597±0,090	11%	0,496 ±0,035	3%	0,430
<b>pH</b>	4,730±0,160	3%	5,400±0,200	3%	4,210

**Figura 4**

*Medición de propiedades fisicoquímicas de la pulpa de café fresca, tostada y molida. A) Brix, B) pH, C) Acidez titulable, D) Humedad %*



El porcentaje de humedad que se encontró presente en la pulpa de café fue de 80,2%, en comparación a los resultados obtenidos en la parte por Pardo et al. (2022), el cual presentó un valor de 80,0% de humedad presente en la pulpa de café, valores muy semejantes entre sí.

Para acidez titulable en la parte experimental, se logró obtener un valor de 0,597%, que en comparación con el valor obtenido por Fierro et al. (2018), el cual correspondió a 0,430%, permitiendo inferir que los resultados obtenidos tienden a ser ácidos. Los valores de pH obtenidos presentan una media de 4,730, valor muy cercano al encontrado en la bibliografía que fue de 4,21 presentado por Fierro et al. (2018).

Según los resultados obtenidos de la pulpa de café se puede afirmar que es un excelente aditivo para la elaboración de una cerveza artesanal. Ya que tras la caracterización de la pulpa se obtuvo

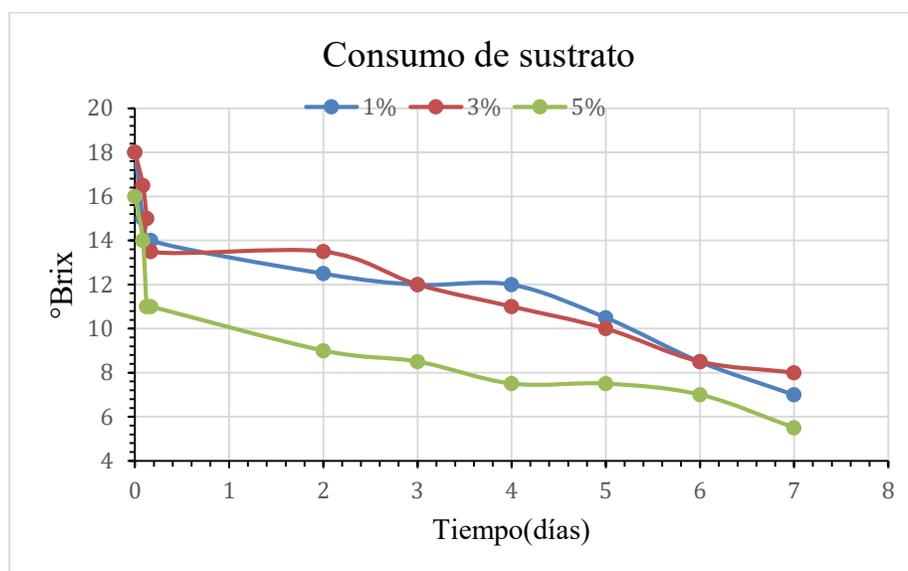
resultados como el pH ligeramente ácido (pH 4,730) el cual no genera cambios drásticos en la acidez de la cerveza. La pulpa de café cuenta con un contenido de solidos solubles (9,730°brix) que perfectamente son aprovechados como sustrato en la fermentación para la producción de alcohol y un porcentaje de acidez bajo (Acidez 0,597%).

### ***2.1.2. Establecer las condiciones para la formulación y operación de cerveza artesanal adicionando pulpa de café como fuente de azucares fermentables***

En la figura 5 se presenta el consumo de sustrato de todas las pruebas realizadas con diferente porcentaje de pulpa de café, malta y levadura. Se evidencia que los °Brix disminuyen notablemente durante las primeras horas de la fermentación, posterior a esto este parámetro empieza a disminuir en menor medida llegando a valores entre 7,8 a 5,5 al final del periodo evaluado (7 días).

**Figura 5**

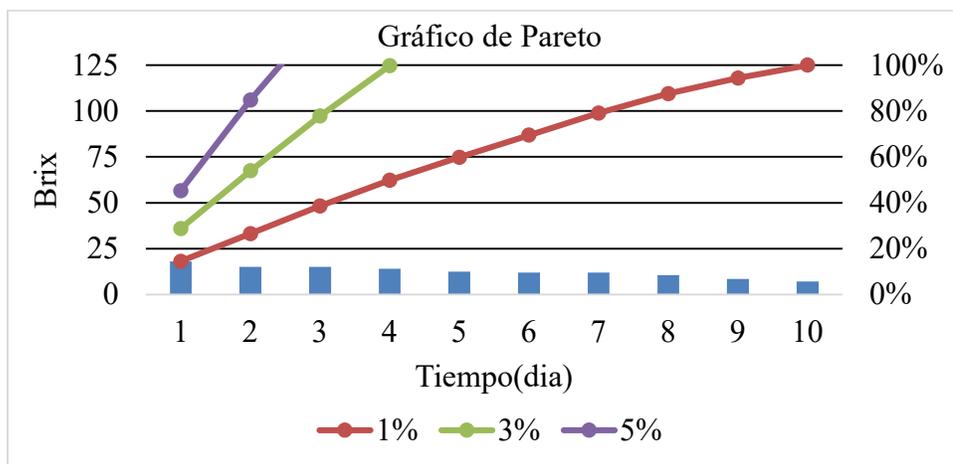
*Consumo de sustrato de cerveza artesanal con pulpa de café*



Según el análisis estadístico, se obtuvo un valor-p menor a 0,05 siendo este igual a 1,336E-06 para la muestra de 1% de pulpa; de 8,136E-09 para 3% y 8,681E-09 para 5%; lo que indica que existen diferencias significativas para el crecimiento celular con la adición de pulpa de café en las diferentes muestras. Los resultados estadísticos se presentan en los anexos A, B y C.

**Figura 6**

*Gráfico de Pareto de Consumo de sustrato de cerveza artesanal con pulpa de café*



Se observa significancia en la cinética de consumo de sustrato ya que se varia la cantidad de levadura (Safale-S04), la muestra 5% de pulpa de café se le adicono el 1% del total de la formulación, que es superior a las otras muestras (0,04% y 0,8%) respectivamente para las muestras de 1% y 3%. Los resultados se compran con los resultados presentados por Angulo & Solís (2019) quienes varían la levadura en 1 y 0,5 gramos en la producción de etanol mediante la fermentación de cacao, cabe resaltar que las cantidades varían en un porcentaje bajo.

En cuanto al volumen de alcohol, se obtuvieron valores de 5,30°GL; 4,230°GL y 5,165 °GL, para las muestras 1%, 3% y %5 de pulpa de café agregada en maceración respectivamente. Por otra parte, las muestras 1%, 3% y %5 de pulpa de café agregada en fermentación presentaron un porcentaje de volumen de alcohol de 5,370°GL; 4,320°GL y 5,375°GL respectivamente.

Los resultados se pueden observar en las tablas 5 y 6, posterior a ello se muestran las gráficas comparativas de las muestras (figura 6 y 7). Los resultados estadísticos se presentan en los anexos D y E. Estos valores se encuentran en el rango establecido según El Ministerio de Salud y Protección Social (Decreto 1686, 6-agosto-2012), el cual estipula un rango de 2,5°GL a 12°GL, para las bebidas alcohólicas consideradas cervezas.

**Tabla 5**

*Densidades y volúmenes de alcohol de las muestras de cerveza con pulpa en maceración.*

<b>Muestras maceración</b>	<b>Densidad inicial</b>	<b>Densidad final (g/ml)</b>	<b>Promedio Vol. (%)</b>
<b>1%</b>	1050±0,023	1012±0,013	5,035±0,091
<b>3%</b>	1050±0,018	1019±0,062	4,23±0,098
<b>5%</b>	1052±0,015	1013±0,033	5,165±0,091

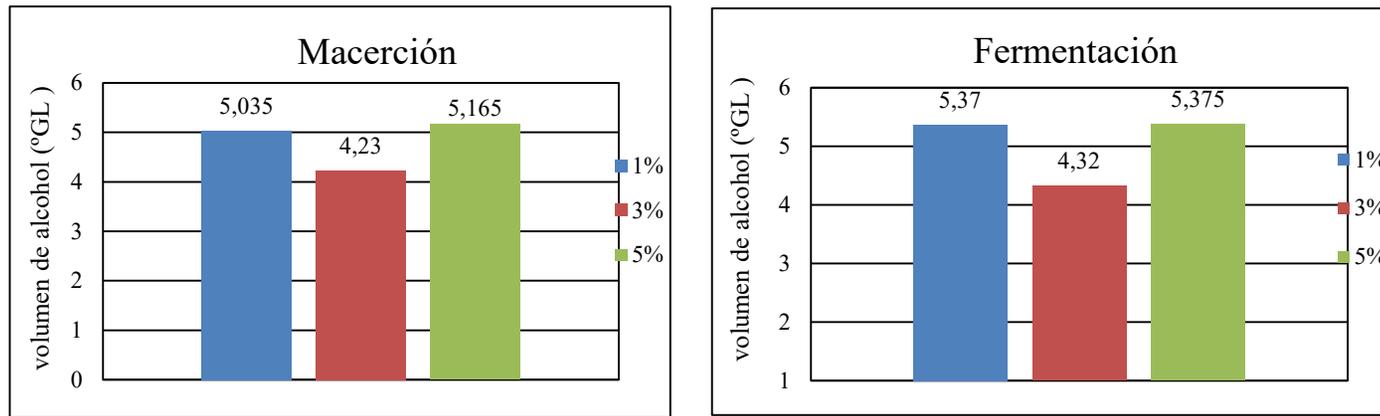
**Tabla 6**

*Densidades y volúmenes de alcohol de las muestras de cerveza con pulpa en fermentación.*

<b>Muestras Fermentación</b>	<b>Densidad inicial</b>	<b>Densidad final (g/ml)</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>Vol.</b>
<b>1%</b>	1049±0,034	1009±0,123	5,37±0,071	—
<b>3%</b>	1050±0,022	1019±0,037	4,32±0,082	—
<b>5%</b>	1052±0,056	1013±0,013	5,375±0,051	—

**Figura 7**

*Porcentaje de Volumen de Alcohol en la cerveza con pulpa de café en Maceración y fermentación*



De acuerdo al análisis estadístico es posible afirmar que el porcentaje de pulpa afecta significativamente el porcentaje de alcohol obtenido tras el proceso de fermentación ( $p < 0,05$ ). Para las muestras de pulpa de café adicionadas en la maceración presentó  $p = 0,004$  y para las muestras de pulpa de café que fueron adicionadas en la fermentación presentaron un  $p = 0,003$  (Los resultados estadísticos se pueden observar en los Anexo D y E).

En relación al color, se puede afirmar que presentan un color fuerte las cervezas con mayor porcentaje de pulpa de café con respecto a las demás, también cabe resaltar que las muestras con pulpa de café en maceración adaptaron un color más intenso que las muestras con pulpa de café en fermentación. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Color de las muestras de cervezas con pulpa de café en maceración y fermentación*

<b>Muestras</b>	<b>Unidades de color EBC maceración</b>	<b>Color representativo</b>	<b>Unidades de color EBC fermentación</b>	<b>Color representativo</b>
<b>1%</b>	10		8	
<b>3%</b>	39		12	
<b>5%</b>	47		33	

***2.1.3. Análisis y resultados de las variables organolépticas de la mezcla de cerveza artesanal con pulpa de café.***

En la tabla 8 se presentan los datos obtenidos después de realizar las respectivas pruebas organolépticas a la cerveza artesanal a base de pulpa de café. Se puede concluir que la primera mezcla denominada mezcla 1 maceración, paso lo prueba obteniendo como 3 de puntaje que su olor es aceptable, pero se puede mejorar y que su sabor puntúa como 4 como agradable.

**Tabla 8**

*Análisis de las variables organolépticas de la mezcla de cerveza artesanal.*

<b>Numero de muestra</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>Total</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Maceración (1%)</b>									
<b>Olor</b>	3	3	3	3	3	3	4	3	<b>Aceptable</b>
<b>Sabor</b>	4	2	5	3	5	5	3	4	<b>Agradable</b>
<b>Fermentación(1%)</b>									
<b>Olor</b>	2	2	1	2	2	2	2	2	<b>Desagradable</b>
<b>Sabor</b>	1	1	1	1	1	1	2	1	<b>Muy desagradable</b>
<b>Fermentación(3%)</b>									
<b>Olor</b>	3	3	2	2	2	2	1	2	<b>Desagradable</b>
<b>Sabor</b>	2	3	1	3	2	2	2	2	<b>Desagradable</b>
<b>Maceración (3%)</b>									
<b>Olor</b>	1	1	2	3	1	2	3	2	<b>Desagradable</b>
<b>Sabor</b>	1	1	1	2	2	1	1	1	<b>Muy desagradable</b>
<b>Maceración (5%)</b>									
<b>Olor</b>	2	1	1	1	1	2	1	1	<b>Muy desagradable</b>
<b>Sabor</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	<b>Muy desagradable</b>
<b>Fermentación(5%)</b>									
<b>Olor</b>	1	1	1	1	1	2	2	1	<b>Muy desagradable</b>
<b>Sabor</b>	1	1	1	2	2	2	2	2	<b>Desagradable</b>

El olor y el sabor son las características con mayor relevancia, resultante de cualquier proceso de fermentación. Las materias primas como la malta y la pulpa de café principalmente y las especies de levaduras y lúpulo que se utilizan, definen en gran parte el olor al final.

Los valores encontrados después del análisis sensorial inicial con el fin de determinar la mejor formulación para la elaboración de la cerveza artesanal, no se encuentra una aceptabilidad sensorial en cuanto a las mezclas de cerveza con pulpa de café en fermentación. Por otra parte, el

olor se consideró desagradable. Siendo así, que la cerveza que obtiene un valor aceptable en las dos variables tanto olor como sabor fue la mezcla de 1% pulpa de café en maceración.

Se comparan los valores con Gutiérrez & Monsalve, (2017) quienes elaboraron una cerveza con adición de café en el proceso de fermentación, quienes obtuvieron resultados de calificación entre valores de 3,670 y 2,530 en una escala de 1 a 5, respaldando los resultados obtenidos los en esta investigación cuales arrojan resultados similares con respecto a la cerveza con aditivo de pulpa de café agregada en fermentación las cuales son muy desagradables, es decir están por debajo de 3 de calificación

#### ***2.1.4. Caracterización fisicoquímica de cerveza artesanal obtenida en biofermentador***

##### ***Grados de alcohol, Gay-Lussac (°GL).***

Los resultados obtenidos se calcularon bajo la NTC 5113 de 2022, se destiló 1000 ml de la cerveza seleccionada (1% de pulpa de café en maceración) y se obtuvo 79 ml de destilado.

Con el uso de un picnómetro se calculó la masa del destilado la cual fue de: 8,882 g. Según la formula estipulada en la NTC 5113 para determinar el peso específico, se obtuvo: 0,888 g/ml y por medio de tablas siguiendo la misma norma se estipula un porcentaje de pureza de alcohol destilado de 68%. De este modo se calculó el porcentaje de alcohol de la cerveza en 330ml, la cual fue de 5,25 °GL. Este valor se encuentra en el rango establecido según El Ministerio de Salud y Protección Social decreto (1686, 6-agosto-2012), el cual estipula un rango de 2,5°GL a 12°GL, para las bebidas alcohólicas consideradas cervezas.

**2.1.4.1. Medición pH.** Los resultados obtenidos fueron:  $\text{pH} = 4,054 \pm 0,0367$  estos valores que se presentan con la media y la desviación estándar (triplicado), en conjunto a ello, estos se contrastan con los encontrados en bibliografías por Hernández & Muñoz. (2019) quienes reportan un pH de cerveza artesanal con aditivo de pulpa de maracuyá con un valor de  $\text{pH} = 4,0$  esto quiere decir que se obtuvo una cerveza con el pH encontrado en bibliografía y que la cerveza es ideal y que es ligeramente acida.

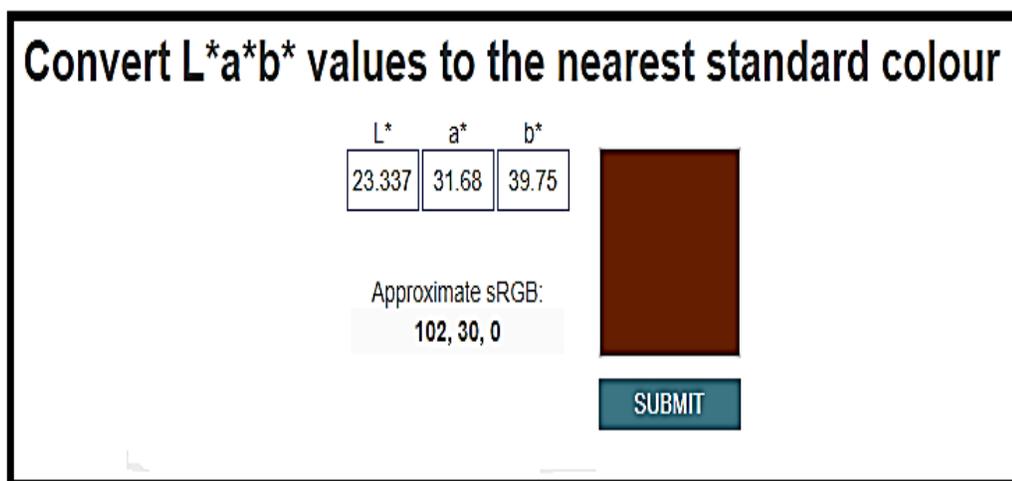
**2.1.4.2. Medición Brix.** Los grados Brix iniciales de la cerveza con 1% de pulpa de café, fueron de  $18,8 \pm 0,1$  Brix. Al transcurso de 7 días de fermentación se realizó nuevamente la medición obteniendo  $5,6 \pm 0,0323$  Brix. Este valor es similar al reportado en bibliografía por Párraga & Zapata, (2022) en la medición de grados Brix a una cerveza artesanal con mucilago de cacao, encontrando un valor de  $5,27^\circ$  Brix en el que se puede concluir que las condiciones de la cerveza fueron ideales para que los  $^\circ$ brix que se encuentran en la cerveza son ideales para la cerveza.

**2.1.4.3. Color.** La cerveza con 1% de pulpa de café en maceración presento las siguientes coordenadas  $L:23,34 \pm 0,16$   $a:31,68 \pm 0,592$   $b:39,75 \pm 0,17$ . Este método de medición de color es empleado de la misma manera por Párraga & Zapata (2022), en la elaboración de cerveza artesanal con mucilago de cacao, lo valores son diferentes debido a las materias primas empleadas en los dos procesos ya que son diferentes. Los Deltas  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  dieron resultados de 0,33 1 y 0,17 respectivamente, la suma de estos permitió encontrar  $\Delta E=0,84$ .

En el programa “*e-paint.co.uk*” se realizó la conversión de las coordenadas L, a, b, para poder obtener un color aproximado de la cerveza artesanal obtenida, como se observa en la figura 8.

**Figura 8**

*Conversión de coordenadas a un color aproximado*



**2.1.5. Caracterización organoléptica (olor sabor y apariencia) de cerveza artesanal obtenida en biofermentador.**

Para el análisis sensorial (ver anexo F) se evaluaron 3 aspectos importantes, olor, sabor y apariencia, a una comunidad universitaria en las instalaciones de la Universidad Mariana en la ciudad de Pasto, se realizó una ponderación de la calificación, para el olor 30%, sabor 40% y apariencia 30%,

**Tabla 9**

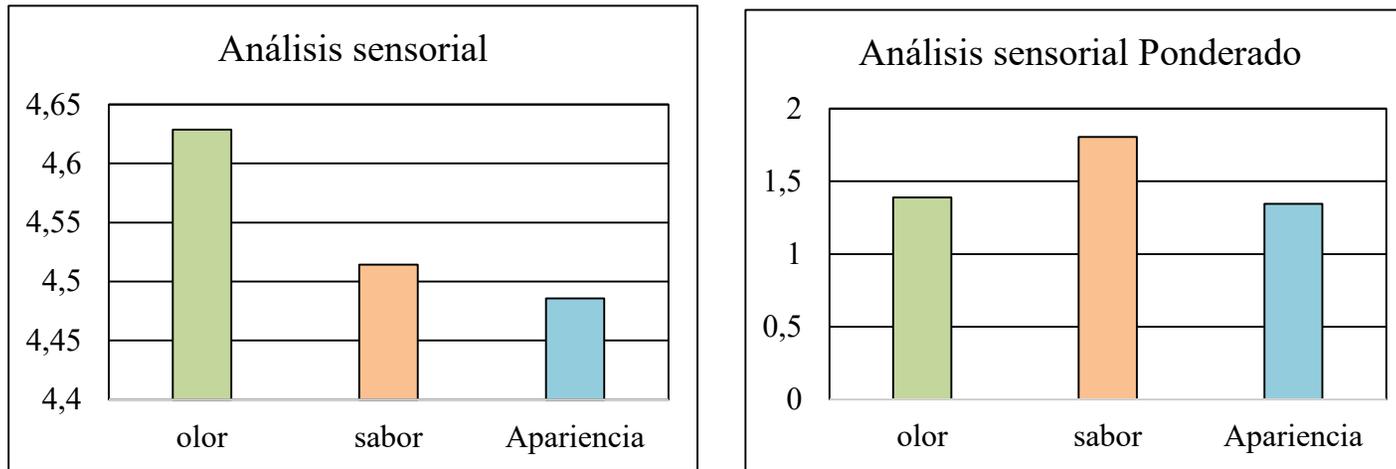
*Análisis de las variables organolépticas de cerveza artesanal con 1% de pulpa de café en maceración*

<b>Variable</b>	<b>Promedio</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Calificación Total</b>
<b>Olor</b>	4,630±0,645	1,388	4,54
<b>Sabor</b>	4,510±0,562	1,805	
<b>Apariencia</b>	4,490±0,658	1,345	

Se presentan los resultados del análisis sensorial, obteniendo una calificación total de la 4,54 que se encuentra en el rango de calificación entre “Agradable” y “Muy agradable”. Los resultados se presentan con el promedio y el ponderado de cada variable en la tabla 9. Las variables analizadas son similares a las que presenta Párraga & Zapata (2022), en la elaboración de cerveza artesanal con mucilago de cacao, con la diferencia que miden otra variable más “sensación en la boca”. La cerveza con aditivo de pulpa de café tuvo. El sabor con un ponderado del 40% fue el que mayor puntaje obtuvo en comparación con el olor y la apariencia que la cerveza tiene, esto quiere decir que fue de completo agrado para la comunidad en la cual se realizó el estudio, la mejor formulación para la realización de la cerveza es del 1% con pulpa de café en la etapa de maceración.

**Figura 9**

*Análisis sensorial y ponderación*



Nota: la ponderación de resultados corresponden a: olor 30%, sabor 40% y apariencia 30%

### **3. Conclusiones**

Los parámetros fisicoquímicos evaluados en la pulpa de café para la elaboración de la cerveza artesanal se asemejan a los datos registrados en la literatura, la humedad presente de la cerveza fue similar a la reportada en cerveza adicionada con pulpa de café según (Fierro et al., 2018) lo cual proporciona coherencia y respaldo a los resultados obtenidos en este estudio. No obstante, es importante destacar que todos los modelos son apropiados para prever el comportamiento del contenido de humedad.

La pulpa de café contiene biocomponentes de alto interés, como cafeína y ácido clorogénico, los cuales no se pierden durante el proceso de secado, y los cambios en el color son apenas perceptibles para el ojo humano. Este hecho sugiere que el secado es una alternativa viable para prolongar el tiempo de vida en el almacenamiento de este subproducto. Además, la acidez titulable y el pH se sitúan dentro de rangos aceptables. Estos resultados respaldan la idoneidad de la pulpa de café como un excelente aditivo en la elaboración de cerveza artesanal, proporcionando un pH ligeramente ácido, así como contenido de sólidos solubles aprovechables para la fermentación y un bajo nivel de acidez.

En base a las condiciones establecidas para la formulación y operación de cerveza artesanal con la adición de pulpa de café como fuente de azúcares fermentables, se puede concluir que la integración de este ingrediente no solo aporta características organolépticas únicas a la cerveza, sino también introduce un perfil de sabor distintivo. Además, el uso de pulpa de café como fuente de azúcares fermentables podría tener beneficios adicionales, como la sostenibilidad al aprovechar subproductos de la industria del café. Sin embargo, fue crucial realizar pruebas de laboratorio y ajustes precisos en las proporciones de malta y pulpa de café para garantizar la calidad del producto final y mantener la consistencia en la producción de cerveza artesanal en este contexto innovador.

Las pruebas duplicadas en las muestras de cerveza artesanal a base de pulpa de café indican que el porcentaje de pulpa de café agregada en la maceración y fermentación tiene un impacto significativo en el volumen de alcohol obtenido. No obstante, el análisis de resultados de las

propiedades fisicoquímicas y organolépticas sugiere que el porcentaje óptimo de pulpa de café para la elaboración de la cerveza es del 1%.

La elección de la muestra con un 1% de pulpa de café en la maceración, seguida por el proceso de elaboración y tecnificación mediante el uso de un biofermentador, arrojó resultados muy satisfactorios en cuanto a las propiedades fisicoquímicas (pH ligeramente ácido, contenido de alcohol de 5,25 y color agradable a la percepción). En conjunto, el análisis sensorial (sabor, olor y apariencia) reflejó una buena aceptabilidad del producto, con una calificación destacada de 4.54 en una escala de 1 a 5.

Luego de un análisis de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la cerveza artesanal con aditivo de pulpa de café, se llega a la conclusión de que la integración de este componente introduce notables variaciones en algunas características del producto especialmente en las sensoriales. Se observa una influencia en el pH y la acidez, sin embargo, están entre los rangos establecidos para una cerveza artesanal, con un perfil sensorial que destaca por su sabor distintivo y aromas enriquecidos provenientes de la pulpa de café. La apariencia de la cerveza también experimentó cambios visuales. Estos resultados sugieren que la adición de pulpa de café no solo diversifica el perfil sensorial de la cerveza, sino que también ofrece oportunidades para la innovación en el sector de la cerveza artesanal.

La incorporación de pulpa de café en la cerveza artesanal ha demostrado tener un impacto sustancial en sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas en comparación con la cerveza Rubia Golden. Los resultados respaldan la hipótesis de que la adición de pulpa de café contribuye a una variación perceptible en el perfil sensorial y las características físicas de la cerveza, proporcionando así una experiencia única y diferenciada para los consumidores. Este hallazgo sugiere que la experimentación con ingredientes como la pulpa de café puede enriquecer la diversidad de sabores y texturas en la elaboración de cervezas artesanales.

#### **4. Recomendaciones**

Se recomienda tecnificar todos los procesos de producción tanto en maceración como en fermentación para evaluar el cambio de algunas propiedades del producto final.

Es importante utilizar técnicas adecuadas de análisis para optimizar la calidad del producto final y realizar ajustes en el proceso de producción con el objetivo de mejorar el perfil de aromas y obtener una cerveza de mayor calidad.

Se recomienda realizar diseños experimentales para los procesos de pretratamiento de secado y tostado de la pulpa de café, los cuales permitan optimizar las variables de respuesta que influyen en el proceso de fermentación y por ende se reflejan en las propiedades organolépticas. Dado, que en la presente investigación se trabajaron valores de tiempos y temperaturas constantes.

### Referencias bibliográficas

Abigail Orús. (2023, February 17). *El mercado del café en el mundo - Datos estadísticos*. Statista.

Amorocho Cruz, C. M., & Muñoz Cortés, Y. (2021). Physicochemical, microbiological, and sensory characterization of fermented coffee pulp beverages. *Coffee Science*, 16. <https://doi.org/10.25186/.v16i.1889>

BAVARIA. (n.d.). *Su cata cervecera*.

Braham, J. E., & BRESSANI, R. (Ed.). (1978). *Pulpa de café composición, tecnología y utilización*. INCAP.

Carbonero Pilar. (1975). *BIOQUÍMICA DE LAS FERMENTACIONES*.

Castillo, A., Muñoz, A., Pantoja, R., & Portilla, M. (2018a). Diferentes tipos de pre-tratamiento de la pulpa del café para generar su aprovechamiento. *Agro Sur*, 46(1), 41–50. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2018.v46n1-05>

Castillo, A., Muñoz, A., Pantoja, R., & Portilla, M. (2018b). Diferentes tipos de pre-tratamiento de la pulpa del café para generar su aprovechamiento. *Agro Sur*, 46(1), 41–50. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2018.v46n1-05>

Cervantes Beyra, R., Castro-Lizazo, I., Mesa Pérez, M. A., Ocampo, A., Ii, R., Fernández Valdés, D., Dayvis Fernández, I. ;, & Ii, V. (2015). Efecto de la pulpa de *Coffea arabica* L. sobre la microflora de tres unidades de suelos. *Rev. Protección Veg*, 30(2), 115–122.

*Cerveza, malta y licores*. (n.d.). da Silveira, J. S., Mertz, C., Morel, G., Lacour, S., Belleville, M. P., Durand, N., & Dornier, M. (2020). Alcoholic fermentation as a potential tool for coffee pulp detoxification and reuse: Analysis of phenolic composition and caffeine content by HPLC-DAD-MS/MS. *Food Chemistry*, 319. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126600>

Equipo de Redactores Legis. (2022, January 19). *Cifras de exportación de café colombiano en el 2020*. Legis.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2021, January 7). *Producción de café de Colombia en 2020 fue de 13,9 millones de sacos*.

Flórez-Delgado, D. F. (2020). Effect of the fermentation time on the nutritional quality of Coffea arabica L. pulp silage. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 21(2). [https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL21\\_NUM3\\_ART:1423](https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL21_NUM3_ART:1423)

Francisco Cabrera Diaz ACREDITADOR Ing Norman Andres Serrano, I. (n.d.). *Universidad nacional abierta y a distancia unad bebidas fermentadas*.

Gisbert Verdú, M. (2022). *Diseño del proceso industrial para la elaboración de cerveza Trabajo fi n de grado*.

Inés Puerta-Quintero, G., & Ríos-Arias, S. (2011a). Composición química del mucílago de café, según el tiempo de fermentación Y REFRIGERACIÓN. In *Cenicafé* (Vol. 62, Issue 2).

Inés Puerta-Quintero, G., & Ríos-Arias, S. (2011b). Composición química del mucílago de café, según el tiempo de fermentación y refrigeración. In *Cenicafé* (Vol. 62, Issue 2).

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1999a). Productos de frutas y verduras. In *Norma técnica colombiana* (p. 6).

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1999b). Productos de frutas y verduras. In *Norma técnica colombiana* (p. 6).

Ivette Gutiérrez Chávez Luis Fernando Carías Hernández Asesores Luis Fernando Maldonado, F., & Moncada, E. (n.d.). *Escuela Agrícola Panamericana*.

- Manasa, V., Padmanabhan, A., & Anu Appaiah, K. A. (2021). Utilization of coffee pulp waste for rapid recovery of pectin and polyphenols for sustainable material recycle. *Waste Management*, 120, 762–771. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.045>
- Noemy Kelly, & Wilson, P. (2020). *Universidad politécnica salesiana sede cuenca “determinación de las condiciones óptimas de fermentación para la obtención de bioetanol a partir del hidrolizado ácido de la corteza del cacao (theobroma cacao) proveniente de la industria cacaotera del ecuador.”*
- Noriega Salazar, A., Acuña, R. S., & García De Salcedo, M. (2009). *Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal* *Chemical composition of coffee pulp at different silage times and its potential use in animal feeding* (Vol. 27, Issue 2).
- Oktaviani, L., Astuti, D. I., Rosmiati, M., & Abduh, M. Y. (2020a). Fermentation of coffee pulp using indigenous lactic acid bacteria with simultaneous aeration to produce cascara with a high antioxidant activity. *Heliyon*, 6(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04462>.
- Oktaviani, L., Astuti, D. I., Rosmiati, M., & Abduh, M. Y. (2020b). Fermentation of coffee pulp using indigenous lactic acid bacteria with simultaneous aeration to produce cascara with a high antioxidant activity. *Heliyon*, 6(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04462>
- Ortega Chango Edwin Geovanny. (2021). *Aprovechamiento de la pulpa de la cereza del café para la obtencion de una bebida alcoholica fermentada.*
- Pardo, L. M. F., Castillo, N. V., Durán, Y. M. V., Rosero, J. A. J., & Lozano Moreno, J. A. (2022). Comprehensive analysis of ethanol production from coffee mucilage under sustainability indicators. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2022.109183>

Pardo Ripoll, L., & Rioboo Blanco Pablo Fidalgo Paredes, C. (2017). *Microorganismos termorresistentes en la producción de cerveza.*

Peña-Lucio, E. M., Londoño-Hernández, L., Ascacio-Valdes, J. A., Chavéz-González, M. L., Bankole, O. E., & Aguilar, C. N. (2020). Use of coffee pulp and sorghum mixtures in the production of n-demethylases by solid-state fermentation. *Bioresource Technology*, 305. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123112>

Pérez-soto, E., Godínez-montoya, F., & Ecorfan, L. (n.d.). *La producción y el consumo del café.* [www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain)

Puera Quintero Gloria Ines. (n.d.). *Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café.*

René, L., & Juez, A. (2017). *Fermentación alcohólica cinética de las levaduras.*

Rodríguez Valencia, N. (n.d.). *Producción de alcohol a partir de la pulpa de café.*

Roldán, P. A., Nieto, G. A., Cuervo Pulido, R., Fernando, O., Pérez, R., Carlos, J., & Barragán, R. (2021.). *Caminos Cerveceros Presentado a.*

Santos da Silveira, J., Durand, N., Lacour, S., Belleville, M. P., Perez, A., Loiseau, G., & Dornier, M. (2019). Solid-state fermentation as a sustainable method for coffee pulp treatment and production of an extract rich in chlorogenic acids. *Food and Bioproducts Processing*, 115, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.04.001>

Serna-Jiménez, J. A., Laura, ;, Torres-Valenzuela, S., Martínez Cortínez, K., María, ;, Sandoval, C. H., Serna, C. ;, Ja, J., Torres, V., Ls, M., Cortínez, K., Sandoval, H., & Aprovechamiento, M. C. (n.d.). *Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos Use of coffee pulp as an alternative for the valorization of by-products Uso de polpa de café como alternativa para a valorização de subprodutos.* <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018006>

Silva, C. F., Vilela, D. M., de Souza Cordeiro, C., Duarte, W. F., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2013). Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(2), 235–247. <https://doi.org/10.1007/s11274-012-1175-2>

Suarez Maria. (2013). “*Cerveza: componentes y propiedades.*”

Villa Montoya, A. C., Cristina da Silva Mazareli, R., Delforno, T. P., Centurion, V. B.,

Sakamoto, I. K., Maia de Oliveira, V., Silva, E. L., & Amâncio Varesche, M. B. (2019). Hydrogen, alcohols and volatile fatty acids from the co-digestion of coffee waste (coffee pulp, husk, and processing wastewater) by applying autochthonous microorganisms. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(39), 21434–21450. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.06.115>

Yadav, K. C., Subba, R., Shiwakoti, L. D., Dhungana, P. K., Bajagain, R., Chaudhary, D. K., Pant, B. R., Bajgai, T. R., Lamichhane, J., Timilsina, S., Upadhyaya, J., & Dahal, R. H. (2021). Utilizing coffee pulp and mucilage for producing alcohol-based beverage. *Fermentation*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/fermentation7020053>

Yesid, L., & Vera, D. (n.d.). *Cervecería Artesanal La Cervecería Artesanal, Crecimiento de una Experiencia, o un Mercado en Expans*

Villa Vasquez Diego Alejandro, Garces Henao Laura Maria, & Calderon Hibañez Luis David. (2016). *Institución universitaria esumer*. Duangjai, A., Suphrom, N., Wungrath, J., Ontawong, A., Nuengchamngong, N., & Yosboonruang, A. (2016). Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical profiles of three coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extracts. *Integrative Medicine Research*, 5(4), 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2016.09.001>

Pardo, L. M. F., Castillo, N. V., Durán, Y. M. V., Rosero, J. A. J., & Lozano Moreno, J. A. (2022). Comprehensive analysis of ethanol production from coffee mucilage under sustainability

indicators. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 182.  
<https://doi.org/10.1016/j.cep.2022.109183>

Expocerveza (6 de octubre de 2023) Los jóvenes han aumentado el consumo de cerveza sin alcohol en Colombia <https://www.elcolombiano.com/tendencias/el-consumo-de-cerveza-sin-licor-aumenta-en-colombia-por-los-jovenes-OM22594093>

Orus Abigail (18 de septiembre de 2023) Produccion de cerveza a nivel mundial entre 2009 y 2022 <https://es.statista.com/estadisticas/600571/produccion-de-cerveza-a-nivel-mundial-1998/>

Ulla Roths Schuh Osorio (21 de diciembre de 2021) fermentación: que es, tipos y ejemplos <https://www.ecologiaverde.com/fermentacion-que-es-tipos-y-ejemplos-3692.html>

Héctor G. Arango Acevedo, Jorge A. Zapata Velez (1 de noviembre de 2014) Manejo de residuos sólidos producidos al transformar café cereza a pergamino seco. <https://residuossolidosdelcafe.blogspot.com/2014/>

Rodriguez Maria Alejandra (4 de agosto de 2017) Cerveza artesanal potencia al mercado. El economista. <https://www.economista.com.mx/empresas/Cerveza-artesanal-potencia-al-mercado-20170803-0051.html>

Torres-Valenzuela, L. S., Martínez, K. G., Serna-Jimenez, J. A., & Hernández, M. C. (2019). Drying of coffee pulp: Process parameters, mathematical model and its effect over physicochemical properties. *Informacion Tecnologica*, 30(2), 189–200.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200189>

**Anexos**

**Anexo A**

*Análisis de varianza formulación con 3% de pulpa de café*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad 3%</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	198.8	9	22.0888889	110.444444	8.14E-09	3.02038295
<b>Dentro de los grupos</b>	2	10	0.2			
<b>Total</b>	200.8	19				

**Anexo B**

*Análisis de varianza formulación con 1% de pulpa de café*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>de F</i>	<i>Probabilidad 1%</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	191.45	9	21.2722222	38.6767677	1.33678E-06	3.02038295
<b>Dentro de los grupos</b>	5.5	10	0.55			5
<b>Total</b>	196.95	19				

**Anexo C**

*Análisis de varianza formulación con 5% de pulpa de café*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad 5%</b>	<b>Valor crítico para F</b>
<b>Entre grupos</b>	196.2	9	21.8	109	8.68E-09	3.02038295
<b>Dentro de los grupos</b>	2	10	0.2			
<b>Total</b>	198.2	19				

**Anexo D**

*Análisis de varianza del volumen de alcohol con pulpa de café en maceración.*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
<b>Entre grupos</b>	1.0261	2	0.51305	57.6460674	0.00403876	9.5520945
<b>Dentro de los grupos</b>	0.0267	3	0.0089			
<b>Total</b>	1.0528	5				

**Anexo E**

*Análisis de varianza del volumen de alcohol con pulpa de café en fermentación*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1.4770333	2	0.7385166	12.457407	0.03523139	9.552094
	3		7	9		5
Dentro de los grupos	0.17785	3	0.0592833			
			3			
<b>Total</b>	1.6548833	5				
	3					

**Anexo F**

*Panel sensorial*

**Evaluación sensorial con panel no entrenado**

Saludos, el siguiente panel sensorial se realizará con el fin de contribuir a los resultados del trabajo de grado titulado *“Aprovechamiento de los residuos de pulpa de café como aditivo para la elaboración de cerveza artesanal en el municipio de San Lorenzo- Nariño”*

**Tipo de muestra:** cerveza artesanal con 1% de pulpa de café en el proceso de elaboración

**Escala.**

1. Muy desagradable
2. Desagradable
3. Aceptable
4. Agradable
5. Muy agradable

<b>Nombre</b>	
<b>Edad</b>	

<b>Variable</b>	<b>Calificación</b>
<b>Olor</b>	
<b>Sabor</b>	
<b>Apariencia</b>	

**Anexo G**

*Presupuesto y Cronograma*

<b>Presupuesto Detallado del Proyecto</b>					
<b>1. Costos Directos</b>					
	<b>Requerimiento</b>	<b>Especificación de Uso</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>	
Materiales	Resmas de papel	Impresión de documentos	100.000	100.000	
	Botas pantaneras	Dotación para el equipo de trabajo en campo	50.000	100000	
	Overol y guantes	Dotación para el equipo de trabajo en campo	100000	200000	
	materia prima	para la elaboración y producción de la cerveza artesanal	500000	500000	
	<b>Costo Directo de Materiales</b>				900.000
	<b>2. Costos Indirectos</b>				

	Requerimiento	Especificación del requerimiento	Costo Unitario	Costo Total
Equipos y Muebles	Impresora	Impresora multifuncional fotocopias, escáner, impresiones	\$ 300.000	\$ 300.000
<b>Costo Equipos y Muebles</b>				<b><u>\$ 300.000</u></b>
	Requerimiento	Especificación del requerimiento	Costo Total	
Transporte y viáticos	gasolina vehículo	Transporte de materia prima y las personas a realizar Lam producción de cerveza artesanal	120.000	
<b>Costos de transporte y viáticos</b>			<b><u>\$ 120.000</u></b>	
<b>3. Gastos</b>				
	Requerimiento	Especificación del requerimiento	Costo Total	
Gastos Administrativos	Papelería	10 carpetas, 5 resmas de papel, 10 ganchos 5 carpetas archivadoras	\$ 50.000	
	Elementos de aseo	Desinfectante para materiales y equipos	\$ 50.000	
<b>Gastos Administrativos</b>			<b><u>\$ 100.000</u></b>	

**Presupuesto**

Presupuesto Global del Proyecto (resumen)		
Tipo de Costo	Item	valor
Directo	Materiales	\$ 900.000
Indirecto	Equipos y muebles	\$ 300.000
Indirecto	Transportes y viáticos	\$ 120.000
Gastos	Gastos Administrativos	\$100.000

<b>Costo total del Proyecto</b>		<b><u>\$ 1.420.000</u></b>

**Cronograma**

	Año 2023-semanas														
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Objetivo 1</b>															
1.1 Revisión bibliográfica															
1.2 Recolección de Materia prima															
1.3 Selección de materia prima															
1.4 Determinación de pH, Brix, Acidez y Humedad															
<b>Objetivo 2</b>															
2.1 Revisión bibliográfica															
2.2 Diseño de Mezclas															
2.3 Elaboración de cerveza															
H1: Documento y evidencias de avance															
<b>Objetivo 3</b>															
3.1 Revisión bibliográfica															
3.2 Mejor formulación de cerveza															
3.3 Evaluación de propiedades															

