

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

Comparación y Evaluación de semillas de *Cassia didymobotrya* y *Moringa oleífera* frente a gelatina sin sabor, para el mejoramiento en el proceso de clarificación en la elaboración de cerveza artesanal tipo Blonde Ale


Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Químico

Autor:

Wilson Raúl Ordoñez Alvarracín

Director:

Jorge Washington Delgado Noboa

ORCID:  0000-0002-4765-8868

Cuenca, Ecuador

2023-10-20

Resumen

Este estudio busca comparar dos clarificantes naturales como son: *Cassia didimobotrya* y *Moringa Oleífera*, frente a gelatina sin sabor, hacer las pruebas Físico-Químicas y Microbiológicos, evaluando la capacidad como clarificante, cambios en su constitución y finalmente una prueba sensorial de panel no entrenado. Se empleó el método de agitado, para integrar el clarificante con la solución a clarificar, controlando tiempo y revoluciones por minuto (rpm), para las concentraciones se plantea un método experimental Box Behnken 3 factores y 2 niveles, dando un total de 15 tratamientos, las variables de respuesta Turbidez entra en el rango aceptable de cerveza artesanal, con valores de 65.5 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) para cassia y 52,9 NTU para la moringa, con concentraciones recomendadas de 1g/L de cassia y 0.5g/L de moringa esta última sin tratamiento de cloruro de sodio al 1%. Por otra parte el color también entra en rango de cerveza artesanal con 11,13 EBC (European Brewery Convention) para cassia y de 10,7 EBC para moringa, colores que se encuentran en tabla de referencia y están dentro de cervezas parecidas, como son; American Pale Ale o India Pale Ale. Los resultados del análisis sensorial donde se analizaron; aspecto, sabor, olor y amargor, con un rango de respuesta de; 1-5 siendo 1 la calificación más baja y 5 calificación más alta, finalmente, los tres clarificantes tienen buena aceptación en aspecto y olor, con calificación 3 y 4, mientras que la moringa sobresale en sabor con calificación 3, la cassia tiene bastante amargor, con calificación 4.

Palabras clave: cerveza artesanal, parámetros fisicoquímicos, análisis sensorial, clarificante natural



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

This study seeks to compare two natural fining agents such as: *Cassia didimobotrya* and *Moringa Oleifera*, versus unflavored gelatin, perform the Physical-Chemical and Microbiological tests, evaluating the capacity as a fining agent, changes in its constitution and finally a sensory test of an untrained panel. . The shaking method was used to integrate the clarifier with the solution to be clarified, controlling time and revolutions per minute (rpm). For the concentrations, a Box Behnken experimental method was proposed with 3 factors and 2 levels, giving a total of 15 treatments. The response variables Turbidity falls within the acceptable range for craft beer, with values of 65.5 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) for cassia and 52.9 NTU for moringa, with recommended concentrations of 1g/L of cassia and 0.5g/L of moringa the latter without 1% sodium chloride treatment. On the other hand, the color also falls into the range of craft beer with 11.13 EBC (European Brewery Convention) for cassia and 10.7 EBC for moringa, colors that are found in the reference table and are within similar beers, such as ; American Pale Ale or India Pale Ale. The results of the sensory analysis where they were analyzed; appearance, taste, smell and bitterness, with a response range of; 1-5, with 1 being the lowest rating and 5 being the highest rating, finally, the three fining agents have good acceptance in appearance and smell, with ratings 3 and 4, while moringa stands out in flavor with rating 3, cassia has quite a bit of bitterness. , with rating 4.

Keywords: craft beer, physicochemical parameters, sensory analysis, natural fining agent



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Índice de contenido	4
Índice de figuras.....	6
Índice de tablas.....	8
Agradecimientos.....	9
Dedicatoria.....	10
Introducción	11
Objetivos	13
1 Marco Teórico	14
1.1 Historia de la Cerveza.....	14
1.1.2 Definición de cerveza.....	15
1.2 Historia de la cerveza Artesanal	16
1.2.1 Definición de Cerveza Artesanal	18
1.2.3 Clasificación de la Cerveza	22
1.2.4 Cerveza tipo Blonde Ale.....	24
1.2.5 Estilos de cerveza Ale.....	24
1.2.4 Componentes de una cerveza Amber Ale.....	31
1.3 Clarificado.....	32
1.3.1 Técnicas Clásicas.....	32
1.3.2 Técnicas de Clarificación Modernas.....	34
1.3.3 Clarificado de cerveza.....	35
1.3.4 Coagulación y Floculación	36
1.3.5 Clasificación de clarificantes	37
1.3.6 Moringa Oleífera.....	38
1.3.7 Cassia Didymobotrya.....	40
1.4 Diseño experimental.....	42
1.4.1 Clasificación de experimentos.....	43
1.4.2 Tipo de diseños Experimentales	43
1.4.3 Diseño Box-Behnken.....	45
2 Metodología	47
2.1 Localización de la investigación.....	47
2.2 Descripción del trabajo.....	47
2.3 Recolección clarificantes.....	47
2.4 Tratamiento de clarificantes.....	48
2.5 Extracción del Coagulante.....	50
2.6 Elaboración de la cerveza:	52

2.6.1 Diagrama de proceso cerveza.....	53
2.6.2 Descripción del proceso de elaboración de cerveza artesanal	53
2.7 Evaluación experimental	54
2.8 Diseño Experimental Box-Behnken.....	55
2.9 Análisis Físico-Químico.....	57
2.9.1 Determinación de Turbidez	57
2.9.2 Determinación de pH.....	57
2.9.3 Determinación de Color	58
2.10 Análisis organoléptico.....	58
2.10.1 Análisis estadístico	58
2.10.2 Evaluación Sensorial.....	59
2.11 Análisis Microbiológico.....	59
2.12 Optimización de clarificantes	60
3 Resultados y discusión	61
3.1 Resultados de Turbidez.....	61
3.2 Resultados de Color.....	65
3.3 Resultados de pH.....	66
3.4 Resultados de Encuestas.....	67
3.4.1 Tamaño de muestra.....	67
3.4.2 Edad y Género	67
3.4.3 Consumo y frecuencia de cerveza artesanal	68
3.4.4 Análisis Sensorial	69
3.5 Resultados Microbiológico.....	73
3.6 Optimización de Resultados	74
4 Conclusión	77
5 Recomendación.....	78
Referencias.....	79
Anexos	85
Anexo A Encuesta para el análisis Sensorial	85
Anexo B Resultado de análisis microbiológico	87
Anexo C Evidencia fotográfica de Elaboración Análisis Laboratorio.....	88
Anexo D Realización de diseño Box Behnken	91
Anexo E Resultado de eficiencia de turbidez	95

Índice de figuras

Figura 1. Variedad de cervezas artesanales tipo Ale. Fuente: (ARTESANA, 2019)	25
Figura 2. Estilo Pale Ale Fuente: https://hacercervezaartesanal.com/pale-ale-receta-de-una-cerveza-clasica-y-artesana/	26
Figura 3. Estilo Lambic Fuente: Asociación española de técnicos de cerveza y malta	26
Figura 4. Estilo Barley (Edelstoff, 2020)	27
Figura 5. Estilo Porter. (Gordon & England, 2015)	28
Figura 6. Estilo Stout. Fuente: (Zainasheff & Palmer, 2008)	29
Figura 7. Estilo American Amber Ale. Fuente: (American Amber Ale - El Paraíso de la Cerveza, 2023)	30
Figura 8. Estilo Belgium Amber Ale. (American Amber Ale - El Paraíso de La Cerveza, 2023)	30
Figura 9. Clarificado de cerveza artesanal. Fuente: (Artesanal, 2015)	35
Figura 10. Formación de coágulos a partir de coagulante y solidos suspendidos. Fuente: (Bravo, 2017)	37
Figura 11. Planta, hojas, vaina y semilla de la moringa oleífera. Fuente: (UNAM, 2023)	39
Figura 12. Diferentes partes y usos de la moringa oleífera. Fuente: (Mora & Gacharná, 2015)	40
Figura 13. Planta Cassia Didymobotrya. Fuente: (https://www.painetworks.com/)	41
Figura 14. Semillas de cassia didymobotrya. Fuente: (JardineriaOn, 2023)	42
Figura 15. Representación gráfica diseño Box-Behnken para tres factores. Fuente: (Gutiérrez & Vara, 2008)	46
Figura 16. Laboratorio de operaciones unitarias “Tecnológico” Universidad de Cuenca. Fuente: (Autor)	47
Figura 17. Cassia Didimobotrya. Fuente: (Autor)	48
Figura 18. Moringa Oleífera. Fuente: (Autor)	48
Figura 19. Diagrama de proceso operacional (DPO) de proceso de cerveza artesanal Fuente: (Autor)	53
Figura 20. Agitación de las muestras en varias dosificaciones. Fuente: (Autor)	55
Figura 21. 15 muestras con diferentes concentraciones y diferentes clarificantes. Fuente: (Autor)	57
Figura 22. Medicion de turbidez en equipo turbidimetro. Fuente: (Autor)	57

Figura 23. Medición de pH.	
Fuente: (Autor)	58
Figura 24. Medición de color en equipo espectrofotómetro marca Genesys 20.	
Fuente: (Autor)	58
Figura 25. Gráfica de Superficie con valores fijos de concentración 0,65 g/L.	
Fuente: (Autor)	62
Figura 26. Resultado medición de turbidez con concentración de 0.3 g/L con tres clarificantes.	
Fuente: (Autor)	63
Figura 27. Resultado medición de turbidez con concentración de 1 g/L con tres clarificantes.	
(Autor) 64	Fuente:
Figura 28. Resultado medición de turbidez con concentración de 1 g/L con tres clarificantes.	
Fuente: (Autor)	64
Figura 29. Tabla de referencia mediante EBC.	
Fuente: (Hach, 2016).....	66
Figura 30. Resultado de valores de pH a lo largo de 5 días.	
Fuente: (Autor)	66
Figura 31. Resultado de encuestas género.	
Fuente: (Autor)	67
Figura 32. Resultado de encuestas consumo.	
Fuente: (Autor)	68
Figura 33. Resultado de encuestas frecuencia.	
Fuente: (Autor)	68
Figura 34. Resultado de encuestas análisis sensorial aspecto.	
Fuente: (Autor)	69
Figura 35. Resultado de encuestas análisis sensorial sabor.	
Fuente: (Autor)	70
Figura 36. Resultado de encuestas análisis sensorial olor.	
Fuente: (Autor)	71
Figura 37. Resultado de encuestas análisis sensorial amargor.	
Fuente: (Autor)	71
Figura 38. Valores estándar en conformidad con la MEBACK y con la ASBC	
Fuente:(Hach, 2015).....	72
Figura 39. Grafica de superficie en minitab, diseño Box-Behnken.	
Fuente: (Autor)	74
Figura 40. Resultado medición de turbidez de ganadores en concentración de 0.3, 0.5 y 1 g/L con tres clarificantes.	
Fuente: (Autor)	75

Índice de tablas

Tabla 1.	Proceso de elaboración cerveza artesanal.....	19
Tabla 2.	Diferencia entre cerveza artesanal e Industrial.....	23
Tabla 3.	Tipos de filtración según la torta	33
Tabla 4.	Tipos de filtración de acuerdo al tamaño de la partícula que se requiere filtrar	33
Tabla 5.	Técnicas modernas de clarificación.....	34
Tabla 6.	Categorización de los métodos de clarificación.....	36
Tabla 7.	Resumen diseños factoriales más utilizados	45
Tabla 8.	Diseño Box Behnken para 3 factores. Fuente: (Gutiérrez & Vara, 2008).....	46
Tabla 9.	Tratamiento de las semillas de Moringa Oleífera y Cassia Dydimobotrya	49
Tabla 10.	Extracción de coagulante de las semillas.....	51
Tabla 11.	Diseño experimental Box Behnken total 15 tratamientos	55
Tabla 12.	Matriz experimental 15 tratamientos con diferentes clarificantes, concentraciones y diferentes tiempo Experimento 1.....	56
Tabla 13.	Matriz resumen de optimización de clarificantes, Experimento 2	60
Tabla 14.	Resultado de Turbidez con diferentes concentraciones y diferentes clarificantes.....	61
Tabla 15.	Resultados de medición de Absorbancia y EBC.....	65
Tabla 16.	Resultados de Absorbancia pasados a Unidades de Amargor.....	72
Tabla 17.	Resultado de análisis microbiológico.....	73
Tabla 18.	Eficiencia de remoción por parte de los tres clarificantes a diferentes tiempos.	76

Agradecimientos

Agradezco sincero y de corazón a la Universidad de Cuenca y a la facultad de Ciencias Químicas, por su enorme gestión en brindar una educación de Calidad a cada uno de los estudiantes y donde me forme académicamente.

A mi tutor Jorge Washington Delgado Noboa por haberme brindado su conocimiento tanto como profesor y como tutor en la realización del proyecto, y lo más importante prestar su tiempo y dedicación a lo largo del trabajo de titulación, al ingeniero mis más sinceras gracias que es poco para gran esfuerzo.

A cada uno de los profesores, técnicos y demás que conforman esta apreciada institución, que de alguna u otra forma me ayudaron en el proceso de formación académica y también han dejado una huella inolvidable en mí, para seguir cumpliendo metas y propósitos en la vida.

A mis amigos y amigas por haberme apoyado cuando más los necesitaba, dar su apoyo y compartir su conocimiento y formar parte de unos maravillosos recuerdos que me llevo siempre en el corazón, amigos antiguos y nuevos amigos, amigos eternos y de pasada que siempre estarán y por los que conoceré en algún futuro como profesional.

A mis padres por apoyarme infinitamente en las buenas y en las malas, siendo un ejemplo de superación trabajo duro y responsabilidad, poco es decir gracias, pero seguiré bendecido por su apoyo incondicional, y me siento bendecido por tener tan grandes padres y poder disfrutar mis logros con ellos.

A mis familiares más cercanos que siempre me dieron su aliento para poder terminar mi formación académica, y estar pendiente de mis nuevos logros y seguir apoyando cuando haya la oportunidad les seré muy agradecido.

A mis hermanos que están en las buenas y en las malas apoyando cada día de alguna manera, también haberme aguantado mis faltas y haberme tenido mucha paciencia, formando parte de mi educación y poder ayudar también a las nuevas generaciones.

Dedicatoria

Quiero dedicar primero a dios por la vida y este hermoso mundo, por oportunidad única de cumplir nuestros sueños y anhelos, en grandeza y alegría, dedicar en gran parte a mi madre María Albarracín Peñafiel una mujer trabajadora y fuerte, por haberme apoyado todo el tiempo y tenerme paciencia darme su alegría su tristeza su coraje su dedicación sus consejos y apoyo incondicional.

Dedico a mi padre Luis Raúl Ordoñez Sanchez el cual ha sido el pilar fundamental en mi primera fase de formación, a mis hermanas Maritza Ordoñez y Ángela Gerrero y mis hermanos Diego Gerrero y Alex Gerrero por darme su apoyo y enseñarme parte de su conocimiento y consejos y estar cuando se necesita, su asistencia en la necesidad, su confianza hacia mí, y todo el apoyo que un hermano o hermana puede brindar infinitamente muchas gracias.

Dedicar a mis seres queridos mis familiares que han estado apoyándome y aconsejándome, a mis amigos más cercanos que me apoyaron y estuvieron en esos momentos más difíciles apoyándome a todos ellos dedico este trabajo.

Introducción

El panorama a nivel mundial de la cervecería artesanal, de acuerdo con información de Alltech, compañía experta en levaduras, en su informe indica que existen más de 10 mil cervecerías artesanales en todo el mundo, de ellas el 86% se encuentra en los Estados Unidos y Europa, además en; Australia, Bélgica, Alemania, Estados Unidos y Nueva Zelanda que son los principales países productores de esta bebida, entre ellos generan el 65% de la producción tanto en términos de valor como de Volumen. (Calvillo, 2017)

El tamaño del mercado de la cerveza artesanal a nivel mundial en 2015 estaba valuado en \$85 mil millones de dólares, sin embargo, de acuerdo con un reporte de Grand View Research, Inc., se estima que, para antes de 2025, tendrá un valor de \$502.9 mil millones de dólares a una tasa de crecimiento anual de 19.9% en gran medida por la creciente demanda de esta bebida, por su gran variedad de estilos y sabores y la penetración en nuevos mercados, para el año 2020, la producción de cerveza se vio afectado por la pandemia de COVID-19, disminuyendo su producción conjunta, los países como; China, USA, Brasil, México, Alemania, Rusia, Japón, Vietnam Polonia y España, se mantuvieron dentro de los 10 primeros en fabricación de cerveza (Velázquez, 2022), pero a fines del 2020 cuando se descartaron las restricciones, las ventas volvieron a dispararse, donde se proyecta que el mercado de la cerveza artesanal registre una CAGR (tasa de crecimiento anual compuesta) del 14,1% durante el periodo de pronóstico (2022-2027). (Mordorintelligence, 2022)

En América latina la producción de cerveza artesanal crece cada día más, teniendo como novedad la variedad de los ingredientes, notas y texturas diferenciadas, actualmente Brasil, México, Argentina, Chile y Colombia lideran la elaboración de esa clase de productos, pero en cada uno de los países de la región se busca darle un toque propio. Prueba de ello es el caso ecuatoriano, en donde para incursionar en este segmento han empleado “productos locales como la chicha de jora, vainilla, banano, cacao, la planta amazónica guayusa y colada morada”, asegura Efe Katherine Gárate, administradora de la Asociación de Cervecerías Artesanales del Ecuador. (Asocerv, 2022)

En Ecuador actualmente cuenta con 280 cervecerías artesanales en todo el País, y una participación en el mercado de 0,67% (Asocerv, 2022), la situación económica del país amerita la creación de nuevos emprendimientos que puedan generar activos y empleos (Vera, 2018), con la evidente creciente de cervecerías artesanales, también hay una necesidad de mejora en el proceso de producción de la misma, donde la clarificación es fundamental en la elaboración de cerveza artesanal, ya que influye en el aspecto, tanto en

el sabor y color, por tanto el presente trabajo tiene como finalidad hacer una evaluación y comparación de clarificantes naturales, estos clarificantes naturales que en la mayoría de trabajos se utiliza en tratamiento de aguas residuales, (Zeas & Cárdenas, 2018), donde la más utilizada es la moringa oleífera, se pretende evaluar y comparar en la clarificación de cerveza, son recursos naturales y de bastante potencial en cuanto a clarificación se trata, ayudando en el mejoramiento en el clarificado de cerveza artesanal y al artesano que lo elabora.

Este estudio busca comparar dos clarificantes naturales como son: *Cassia didimobotrya* y *Moringa Oleífera*, frente a gelatina sin sabor, adicionalmente hacer las pruebas Físico-Químicas y Microbiológicos, evaluando la capacidad como clarificante mediante turbidez, color y pH adicional una prueba sensorial panel no entrenado, controlar parámetros como concentración, tipo de clarificante y tiempo, mediante pruebas de Jarras, se plantea un método experimental Box Behnken 3 factores y 2 niveles, donde los factores a controlar son: tipos de reactivo (gelatina sin sabor, moringa oleífera y cassia didimobotrya), concentraciones y tiempo de clarificación, nivel alto y bajo (-1, +1), un total de 12 tratamientos y 3 réplicas centrales, dando un total de 15 tratamientos, con el fin de elegir el que mejor cumple los requerimientos para la optimización de un proceso.

Objetivos

Objetivo general:

Comparar y evaluar clarificantes a partir de semillas de *Cassia didymobotrya* y *Moringa oleífera*, con respecto a gelatina sin sabor, aplicado en la elaboración de cerveza artesanal tipo Blonde Ale.

Objetivos específicos:

1. Preparar y estandarizar clarificantes naturales que son; *Cassia didymobotrya* y *Moringa oleífera*.
2. Desarrollar método experimental Box Behnken, de 3 factores a controlar, en dos niveles, nivel alto y nivel bajo (-1, +1), dando un total de 12 tratamientos y 3 centrales quedando un total de 15 tratamientos.
3. Hacer prueba en removedor digital y pruebas Físico-Químicas, que me ayuden a controlar parámetros como tiempo, rapidez de agitado y concentraciones, y resultados de turbidez, color y pH.
4. Realizar análisis sensorial de panel no entrenado y análisis microbiológico, con los mejores resultados de gelatina sin sabor, *Cassia didymobotrya* y *Moringa oleífera*.
5. Comparar y evaluar los resultados de los 15 tratamientos, optimizando los ganadores, para gelatina sin sabor, *cassia didymobotrya* y *moringa oleífera*

1 Marco Teórico

1.1 Historia de la Cerveza

Sus principios básicos y la base de lo que surgió, data de siglos atrás, las primeras referencias históricas que datan de 6000 años, demuestran que la cerveza es una bebida milenaria de la cultura mediterránea, fue consumida por la civilización sumeria, ligada desde la antigüedad con fines terapéuticos, con el objetivo de evitar enfermedades infecciosas que se adquirieron por beber agua no higienizada, (Cavillo, 2017). Aunque de otras investigaciones, que datan de siglos atrás, por ejemplo, se puede inferir la estructura de los cultivos sembrados por los habitantes de Mesopotamia, que quizás ya se elaboraba un tipo de cerveza hacia el 9.000 a.C., también existe una antigua mención a la cerveza en un guion, data del año 2800 a.C. en la antigua Mesopotamia, donde se presenta un reparto de raciones diarias de cerveza y pan a los trabajadores, (Alburquerque, 2018) aunque la evidencia directa más antigua proviene de restos cerámicos encontrados en la provincia de Hunan, en China, fechados 2000 años después. Se han encontrado evidencias históricas de la cerveza en las antiguas civilizaciones de los elamitas, los egipcios y los sumerios. (Verdú, 2016)

Los egipcios influenciaron en la técnica para producir cerveza, ya que fue un elemento significativo en la dieta de los faraones, esta fue durante el auge del imperio romano en la temprana edad media, aunque no fue muy apreciada por los romanos que preferían vino. (Velásquez, 2022) En cuanto a la receta más antigua encontrada en el papiro de Zosimo Panopolis (s. III A.C.), donde los egipcios elaboraban la cerveza a partir de panes de cebada poco cocidos, que dejaban fermentar en agua, cuya mezcla obtenían el Zityum, paralelamente, en Oriente se usaba arroz o bambú en procesos fermentativos similares. (Verdú, 2016) En la antigüedad era común que existieran pueblos que traspasaban sus fronteras e invadían a otros pueblos y los conquistaban, llevando consigo su cultura, sus costumbres, religión y gastronomía, dentro de la cual se encontraban las bebidas, ocasionando de esta manera la difusión de la fabricación y consumo de cerveza de un país o de una región a otra. (Carvajal, 2010) Años más tarde la cerveza expandió sus fronteras y adquirió mayor relevancia, en el siglo XVI el duque de Baviera Guillermo IV promulgó una ley de pureza de la cerveza, lo que refleja la importancia de la bebida para la época, esta ley prescribía el uso exclusivo de la malta de cebada, agua y lúpulo en el proceso de elaboración, las levaduras no se adicionaban ex profeso, ya que los microorganismos, y por ende los procesos que ellos desencadenan, eran desconocidos. (Quishpe & Guadalupe, 2012) En el siglo IX se empezó a añadir lúpulo en la elaboración de la cerveza. Una vez que los alemanes descubrieron que la cerveza con lúpulo duraba más tiempo, introdujeron

tamaños de barril estándar y comenzaron el comercio de exportación de cerveza. (Pierre & Bergeron, 2018).

A lo largo de los años, la producción de cerveza continuó expandiéndose por toda Europa. A finales del siglo XVIII, con la Revolución Industrial, aparecieron las grandes cervecerías, consiguiendo un gran incremento de la producción. Los descubrimientos del químico francés Louis Pasteur a mediados del siglo XVIII sobre la microbiología y el famoso tratamiento térmico de "pasteurización" fueron avances muy importantes para la industria cervecera, desde entonces se entiende que la cerveza es la bebida resultante de la fermentación alcohólica de los azúcares, a partir de cereales malteados o no, previamente sometidos a un proceso de cocción y lúpulo añadido. (Quishpe & Guadalupe, 2012)

En la actualidad la producción cervecera mundial, se encuentra en manos de compañías multinacionales y miles de pequeños productores que van desde los denominados brewpubs hasta cerveceras regionales y se consume en variedades como en: hoteles, restaurantes, bares, tabernas, pubs, biertgartens y festivales especiales, así como festivales diversas a lo largo del mundo. (Ramos & Caira, 2017)

1.1.2 Definición de cerveza

Según la normativa (NTE INEN 2262, 2013), es una bebida alcohólica de bajo grado alcohólico procedente de fermentación natural en condiciones físico-químicas que garantizan su calidad, así como sus parámetros microbiológicos. Otra definición, la *cerveza* es una bebida de bajo grado alcohólico (3-12° GL), no destilada, se obtiene principalmente de la fermentación por levaduras del almidón de los granos de cebada y otros cereales (Villegas, 2013). Existen muchas variedades de cervezas, según su grado alcohólico, y sus ingredientes, entre otros. Existen numerosos estudios que han investigado los efectos del consumo de cerveza sobre el peso corporal, sugiriendo una relación inversa y positiva en relación al peso y la grasa. (Romeo, 2007), según la evidencia científica, parece aceptado que el consumo moderado de cerveza puede contribuir a mantener una adecuada calidad de la dieta, ya que aporta vitaminas del grupo B (vitamina B6, B12 y folatos) y minerales (magnesio), entre otros nutrientes, así como polifenoles y carbohidratos complejos. En referencia a la salud, a la cerveza se le ha atribuido un papel protector a nivel cardiovascular, asociado a un mejor perfil lipídico. Todo ello podría indicar un papel protector a nivel cardiovascular. (Nueva, 2022)

La cerveza surge luego de una fermentación de la malta, mediante la utilización de ciertas levaduras dependiendo las características que se requieran, elaborada con diferentes

adjuntos que podrán ser transformadas en azúcares mediante una digestión enzimática, llevada previamente a un proceso de cocción y aromatización con agregados de lúpulos; que como resultado final su grado alcohólico no será inferior al 3% m/m. (Loja, 2020)

El proceso de Elaboración de Cerveza consta de tres etapas claramente definidas, que son Cocimiento, Fermentación y Reposo las cuales dependen exclusivamente del tipo de cerveza que se piensa elaborar, debido a que según la clase de cerveza varía la cantidad y tipo de Materia Prima, (Maltegroup, 2008) esta es una de las causas principales por las cuales existen tantas variedades de cerveza también por su:

- Tipo y naturaleza de Agua cervecera
- Tipo y naturaleza de levadura cervecera
- Tiempos y Temperaturas en Cocimiento
- Tiempos y Temperaturas en Fermentación

1.2 Historia de la cerveza Artesanal

A finales de los años 70, la cerveza artesanal tiene su origen en el Reino Unido, y el término fue utilizado para describir una generación de pequeños cervecerías que se dedicaban en la producción de cerveza ale (cerveza de fermentación alta), las mismas que por estas características sería renombradas como microcervecerías. (Calvillo, 2017)

La Cerveza Artesanal se puede producir con insumos naturales y de forma tradicional o semiautomática, los tres ingredientes básicos del producto según la Ley de Pureza alemana decretada el 23 de abril de 1516 por Guillermo IV de Baviera, son: malta de cebada, lúpulo y Agua; la levadura se agregó en el siglo XIX, lo que la convierte en una de las leyes alimentarias más antiguas del mundo (Colino, 2017) (Reinheitsgebot, 2018). Algunos productores incluyen otros cereales según la zona; por ejemplo, el trigo también se usa en Alemania, el maíz en Estados Unidos y el arroz en países asiáticos como Japón y China (Kenning & Jackson, 2011).

Gracias a la demanda de consumir cerveza artesanal, el número de cerveceros en el mercado global está creciendo significativamente, debido a esto, los gobiernos como Australia, Nueva Zelanda, Bélgica, México, China y Reino Unido, gracias a la contribución al desarrollo económico y generación de empleos que estas impulsan, comienzan a promover la producción de cerveza artesanal y la apertura de nuevas cervecerías. De acuerdo con información de Alltech, existen más de 10 mil cervecerías artesanales en todo el mundo, de ellas el 86% se encuentra en los Estados Unidos y Europa, y como resultado,

la demanda de granos como cebada, trigo, levadura, azúcar y lúpulo está aumentando sustancialmente. (Calvillo, 2017)

En Latinoamérica las cervecerías artesanales comenzaron a surgir con fuerza a principios del año 2000, teniendo como novedad la variedad de ingredientes, notas y texturas diferenciadas, actualmente Brasil, México, Argentina, Chile y Colombia lideran la elaboración de esta clase de productos, pero cada uno de los países de la región busca darle su toque. Además, en varias regiones promueven y organizan festivales de cerveza artesanal que reúnen a seguidores y turistas de todo el mundo, generando un incremento en la economía. (Monta, 2019) Prueba de ello es el caso ecuatoriano, donde para incursionar en este segmento han utilizado “productos locales como la chicha de jora, la vainilla, el banano, el cacao, la guayusa amazónica y la colada morada”, aseguró a Efe Katherine Gárate, administrador de la Asociación de Cervecerías Artesanales del Ecuador. (Asociación, 2022)

La industria cervecera en el Ecuador se remonta al año 1566, fecha en la cual Fray Franciscano Jodoco Rique, produjo según los historiadores la primera cerveza en Latinoamérica en el convento de San Francisco, el religioso llegó de Flandes, actual Bélgica, dichas instalaciones funcionaron hasta 50 años atrás. Desde esta fecha, la cerveza se convirtió en una de las bebidas preferidas de los quiteños, ya que en dicha época, junto con el vino eran las bebidas más seguras de tomar por su proceso de preparación, incluso era más seguro que tomar el agua de aquellos tiempos. (Martínez, 2015)

Sin embargo, en la región costa se acostumbraba consumir cerveza importada, hasta que, en 1886, varios inversionistas instalaron la primera cervecería de la ciudad de Guayaquil. Los promotores de esta causa fueron Enrique Stagg y Martín Reimberg, los que compraron una fábrica de hielo y un terreno ubicado en el barrio Las Peñas, en donde ampliaron las instalaciones y las equiparon con maquinarias importadas desde el exterior. (Martínez, 2015)

El 19 de octubre de 1887 comenzó la producción de cerveza en Guayaquil, la cerveza producida era del tipo Pilsen y Baverisch, pero no fue hasta finales de 1913 que su cerveza tipo Pilsen de alta calidad fue patentada bajo el nombre de Pilsener, dicha empresa se convertiría en la Compañía de Cervezas Nacionales, que constituye el productor hegemónico de cerveza en el país. (Martínez, 2015)

Latitud Cero es la marca artesanal de Cervecería La Paz, desde la ciudad de Cuenca surge la cerveza artesanal más reconocida del país, priorizando los ingredientes tradicionales de la producción de cerveza de calidad. Su lanzamiento se da el 17 de julio de 2015, esta




cerveza actualmente se distribuye en tiendas, supermercados, gasolineras, discotecas y bares de la ciudad, no es muy difícil encontrarla. (Chiquito, 2018)




La cerveza artesanal en la ciudad de Cuenca desde el año 2012 ha tenido una propuesta por algo diferente como es la cerveza artesanal, pero desde el año 2021 a finales de la pandemia empezó a resurgir con fuerza y por el centro histórico de Cuenca se encuentran diversas propuestas, lo mejor es que cada uno tiene su propia identidad, debido a que el público quiere otra variedad además de querer experimentar variedad de sabores y propias de la ciudad, al día de hoy en el 2023 según el SRI rentas internas hay 1332 marcas de cervezas artesanales a nivel nacional, en la ciudad de Cuenca hay 20 locales de cerveza artesanal que aparecen en el Google Maps, además de contar con las cervecerías informales.



1.2.1 Definición de Cerveza Artesanal



La cerveza artesanal es una bebida alcohólica producida al fermentar cereales malteados esencialmente cebada y sin destilar, está elaborada a base de los granos de cereales sin conservadores ni aditivos químicos, se produce en pocas cantidades y se consume fresca, entre 3.5 y 13 grados centígrados, hacen referencia al concepto que (Acitelli, 2013) utiliza para caracterizar a las empresas de la cerveza artesanal, mencionando que este tipo de cervecería incluye a las pequeñas cervecerías independientes; es decir que no pertenecen a ningún corporativo productor de cerveza industrial, y producen cerveza a través de procesos e ingredientes tradicionales. Artesanal es un término que los micro cerveceros se refieren para describir el proceso de elaboración de la cerveza bajo unos determinados parámetros, mientras que artesana es el adjetivo que se aplica al producto final. (Freixes & Punsola, 2011) Las cervecerías artesanales se diferencian de las grandes cervecerías regionales y nacionales que utilizan ingredientes no tradicionales y producen la cerveza en grandes cantidades (Tremblay, 2015).

Tabla 1. Proceso de elaboración cerveza artesanal.

Etapas	Proceso	Descripción	Gráfico
Molienda	En la primera etapa se regula el molido, donde el mismo se tritura sin pulverizar.	Se libera almidón, se libera enzimas, convirtiéndolas en azúcares simples o fermentables (alimento de la levadura)	
Maceración	Se pone a calentar la cantidad necesaria de agua dependiendo del volumen que se vaya a preparar, se adiciona 2 cucharadas de zumo de limón, el pH se debe encontrar entre 5,2-5,5 el tiempo de macerado es de 60 minutos, se remueve cada 10 minutos y un recirculado de 20 minutos.	Agua Caliente y Malta aquí es donde la malta aporta de Cuerpo sabor y dulzor, las enzimas consumen el almidón y se obtiene azúcares fermentables. Menos de 60 °C las enzimas son menos activas y más de 74 °C las enzimas se mueren. (Grados de Amilasa), la temperatura ideal es de 65 a 68 °C y el máximo y mínimo son de 60 y 74 °C.	
Hervido	Se verifica que no quede restos de cereal o de harina, el tiempo de hervido es de 60min. Colocación de lúpulo al empezar hervor y 10 minutos antes de terminar. Retirar cachaza antes	La finalidad principal es la adición de lúpulo que da amargor (60min) sabor (5-20min) y aroma (5min). Causaría astringencia y sabores no deseados, otra ventaja es la volatilización de sustancias, aromas o	

	durante y después del hervido.	sabores no deseados, como el DMS	
Enfriado	Llevar rápidamente el mosto a temperatura ambiente (20°C), se prepara una cama de hielo o se hace pasar por un enfriador y finalmente se calcula la densidad inicial	Esto se hace para favorecer la formación de (cold break), pequeñas sedimentos de proteína-taninos y para limitar la formación de DMS (típico sabor a maíz)	
Whirlpool	Remover en forma de remolino para que los sedimentos queden agrupadas en el fondo.	De esta forma extraerías por el grifo un mosto mucho más limpio, recuerda que debes esterilizar el fermentador.	
Fermentación	Añadir la levadura, se prepara la activación con 200ml de mosto a temperatura de 20°C se adiciona 20g de azúcar, se remueve y se espera unos 10 minutos.	En general, la fermentación dura entre 5 y 15 días. Para cervezas de tipo ale, la temperatura adecuada es de 16 y 22°C. En cambio, para las lager es de entre 7 y 13°C. En cualquier caso, deberías colocar el fermentador en un lugar oscuro y fresco, con una temperatura estable.	

<p>Maduración y Clarificación</p>	<p>Se transvasa de los fermentadores a unos envases nuevos y sin sedimentos, se agrega 0.3g de clarificante por litro de cerveza en 100ml de agua caliente, tiempo de clarificado: 1 semana</p>	<p>El líquido resultante requiere de un período de maduración, donde la cerveza es sometida a bajas temperaturas para que el sabor y los aromas logrados durante el proceso se estabilicen y se consiga el justo balance entre los diferentes matices. (Solórzano, 2020)</p>	
<p>Envase y embotellado</p>	<p>Para la adición de la dextrosa o el azúcar, tienes que disolver los 6gr/l en agua hervida. Deberás dejar enfriar el compuesto, añadirlo al lote total y remover.</p> <p>Luego se procede a llenar las botellas taparlos bien, mantener 1 a 2 semanas a temperatura ambiente para que se produzca una segunda fermentación, dando una gasificación natural.</p>	<p>Después del envasado, para garantizar la calidad microbiológica de la cerveza y su duración en el mercado en óptimas condiciones, se realiza la pasteurización. (Torrente, 2019)</p>	

<p>Etiquetad o</p>	<p>Para que tenga lugar, de nuevo tendremos que encontrar un sitio oscuro y fresco, con temperatura estable entre aprox. 15-18°C, en función de la receta.</p>	<p>De acuerdo a la norma: nombre del alimento, Lista de ingredientes, contenido neto, ciudad y país de origen, identificación del lote, fecha e instrucciones para la conservación, etc. (NTE INEN, 2016)</p>	 <p>Fuente: (Rojas, 2023)</p>
<p>Prueba de Calidad</p>	<p>En esta etapa se enfría una botella luego se procede a ver el estado de gasificación luego una prueba de cata de sabor y olor.</p>	<p>Las burbujas liberadas del líquido quedan atrapadas en la superficie formando una pequeña capa de glóbulos poliédricos, que al irse uniendo forman esferas más grandes lo cual varía con el estilo. (Rojas, 2023)</p>	

Fuente: (Calvillo, 2017)

Según (Posada, 1995), la calidad de la cerveza presupone la ausencia de aspectos indeseables, los que depende de varios factores que poseen íntima relación con las materias primas utilizadas y con los procesos de elaboración. Dentro de los parámetros más importantes de evaluación de calidad, se encuentra el sabor, espuma, color, grado alcohólico y la turbidez. (Ferreyra, 2014), en adición en el proceso se tiene la parte del filtrado antes de la cocción y al finalizar el proceso de maceración, donde la mezcla se somete a filtración, el objetivo de la filtración es conseguir un mosto con el máximo extracto posible y la mínima turbidez. (González, 2019)

1.2.3 Clasificación de la Cerveza

Existen dos clasificaciones generales de cervezas, existen cervezas tipo Ale que se elaboran con levaduras de alta fermentación, es decir a altas temperaturas, caracterizadas por un proceso de maduración que se realiza en frío y previo acondicionamiento entre trece y

dieciséis grados o denominadas también de segunda fermentación, (Yesid, 2018) mientras que las Lagers son más largas y tienen una fermentación más baja, es decir, a baja temperatura y suelen tener un grado alcohólico más bajo. (Suárez, 2013) Las Blonde Ales se utilizan principalmente maltas pálidas, tienen un color que va del amarillo suave al dorado profundo, claro a brillante, con un grado de amargor IBU (International Bitterness Unit) de 15-28, alcohol por volumen o grado alcohólico (ABV) 3.8%-5.5%, rango de color de la cerveza SRM (Standard Reference Method) 3.0-6.0, gravedad inicial OG (Gravedad Original) de 1.038-1054, gravedad final FG (Gravedad Final) de 1008-1013.(Artesana,2015)

Existen ingredientes base en la elaboración de cervezas, tanto para el sector industrial como artesanal, ya que se utiliza los mismos ingredientes que pueden ser la malta, lúpulo, levadura y agua; pero se conoce que existe una diferencia significativa entre estas dos. Así mientras en la cerveza tipo “lager” se utiliza fundamentalmente la levadura del género *Saccharomyces carlsbergensis* que se deposita en el fondo del fermentador tras la fermentación, en la cerveza “Ale” se utiliza *Saccharomyces cerevisiae* que flota en la superficie del líquido.(Agroalimentario, 2012)

A nivel industrial que son los que se comercializan a gran escala, se busca tener un tiempo de vida de anaquel mayor, ya que sus volúmenes de producción son altos, para lo cual se empleando ciertos mecanismos como la pasteurización o utilización de aditivos y conservantes que ayudan a cumplir este objetivo. Mientras que, si se habla en el sector artesanal, en la actualidad que se encuentra en crecimiento, la elaboración de los mismos resulta ser más manual o como resultado del uso de equipos semiautomáticos y de menor volumen, que pretenden obtener productos únicos, con el cuidado meticuloso de sus aspectos físicos y sensoriales. (Loja, 2020)

Tabla 2. Diferencia entre cerveza artesanal e Industrial.

Cerveza Artesanal	Cerveza Industrial
Utiliza solo materia prima de Calidad	Mezcla con otros cereales
Dosificación del lúpulo en porciones específicas	Poco contenido de Lúpulo
Fermentación Tardía	Fermentación Rápida
Filtrado Propio (natural)	Filtrado con sustancias químicas

No utiliza agentes químicos	Uso de conservantes para mayor tiempo e vida
Su carbonatación es natural	Se realiza una carbonatación artificial con CO2
Tiene un campo abierto a mejora continua y desarrollo de nuevas formulaciones	Tratamientos físicos como la pasteurización que genera una pérdida de propiedades organolépticas

Fuente: (Vera, 2017)

1.2.4 Cerveza tipo Blonde Ale

La generalidad de estas cervezas artesanales es que además de estar elaboradas con malta de cebada, lúpulo y agua, ya existen cervezas internacionales que incluyen otros ingredientes como: cereales, hierbas aromáticas y frutas que le dan un toque diferente y novedoso. La cerveza artesana constituye un imán para los consumidores, su atractivo radica en los ingredientes y método de elaboración, pero también en la botella, el packaging, el diseño de la etiqueta y, por supuesto, nombres tan peculiares como Lágrimas Negras (Cervecería Rámuri), Diosa Blanca (Cervecería Minerva). (Uribe, 2018)

En el Ecuador se han registrado decenas de especies alimentarias nativas y con gran potencial económico (Navarrete y Muriel, 2008), que son usadas en un sinnúmero de actividades industriales y domésticas, mas no se ha explotado en la fabricación de bebidas alcohólicas. Al poseer frutas que no se encuentran en todo el mundo (De la torre, 2008), se le puede dar un toque único a la fabricación de la cerveza e incursionar así en un campo prometedor. Además, la situación económica del país amerita la creación de nuevos emprendimientos que puedan generar activos y empleos; incluso el gobierno actual desea incentivar la producción y consumo nacional (Artesana, 2017).

1.2.5 Estilos de cerveza Ale

En esta categoría hay una gran diversidad de estilos provenientes de países con historia cervecera como Bélgica y el Reino Unido, a pesar de que existen igualmente las alemanas weizen, las blancas, así como las americanas que no tienen tanta tradición, pero se han incorporado en los últimos años. Esta es una clasificación de acuerdo al origen, lo estilos más representativos son; trigo, Pale Ale, Barley, Satout y Porter.



Figura 1. Variedad de cervezas artesanales tipo Ale.
Fuente: (ARTESANA, 2019)

1.2.5.1 Pale Ale

En su obtención se usan principalmente maltas pálidas, dentro de esta categoría destacan las English Pale Ale (cervezas amargas, con mayor carbonatación, espuma persistente), la IPA (alto grado de amargor y graduación alcohólica; de color dorado claro a ámbar rojizo) y American Pale Ale (son la versión americana de las IPA al poseer ingredientes americanos y son más claras con menos sabor a caramelo).



Figura 2. *Estilo Pale Ale*

Fuente: <https://hacercervezaartesanal.com/pale-ale-receta-de-una-cerveza-clasica-y-artesana/>

(Ibarzabal, 2020) En su trabajo menciona que la cerveza Ale es de origen inglés, con aroma a lúpulo, ligera, además con contenido de alcohol bastante fuerte, de esta existen variedades como Mild Ale de sabor suave o Blonde Ale con un sabor amargo más fuerte.

1.2.5.2 Lambic

Es un estilo propio de Bélgica, que son elaboradas mediante fermentación espontánea, es decir que su fermentación es en abierto en contacto con el ambiente pudiendo adherirse al mosto bacterias y levaduras salvajes, su elaboración dura varios años en esta etapa se da el envejecido de la cerveza, se usan frutas para aromatizar en lugar de lúpulos y además se usan lúpulos, teniendo múltiples estilos, las más representativas son: Gueze, Faro y Kiek.



Figura 3. *Estilo Lambic*

Fuente: Asociación española de técnicos de cerveza y malta

Las cervezas Lambic, tienen una tradición que se remonta 400 años atrás, ya que se producen únicamente en el valle de Senne en Bélgica, y esto se debe a que las levaduras y bacterias son de este valle a la vez que la hacen únicas en el mundo a estas cervezas Lambic, tanto que la UNESCO considera las cervezas belgas Patrimonio Inmaterial de la Humanidad. (Lúpulo, 2021)

1.2.5.3 Barley

Son de alta graduación alcohólica, de complejidad maltosa y sabores intensos, rica en cuerpo y una sensación afrutada o lupulizada, con ciertas notas a nueces, el color varía entre dorado y marrón oscuro, al ser conservadas en barriles por muchos meses incluso años se las llama también vino de cerveza.



Figura 4. *Estilo Barley*
Fuente: (Edelstoff, 2020)

Son de origen inglés, en concreto desde 1800, pero recibió el nombre correspondiente hasta 1903, es la más rica y fuerte de todas la English Ales, el carácter de estas cervezas puede cambiar significativamente con el tiempo, de modo que tanto las versiones jóvenes como las envejecidas deben ser apreciadas por igual. (Edelstoff, 2020)

1.2.5.4 Porter

Se caracteriza por ser un estilo de cerveza fuerte en sabor aroma y alcohol, los tres estilos más conocidos son; Brown con un color rojizo-cobrizo oscuro a marrón oscuro y opaco, espuma gruesa, persistente y color canela, con moderada cantidad de alcohol, Robust similar a la anterior, pero con notas ligeras a chocolate tostado y Baltic que se identifica por

tener una fermentación lager con olor a malta y chocolate, café nueces, profundo tostado y licor. (Gordon & England, 2015)

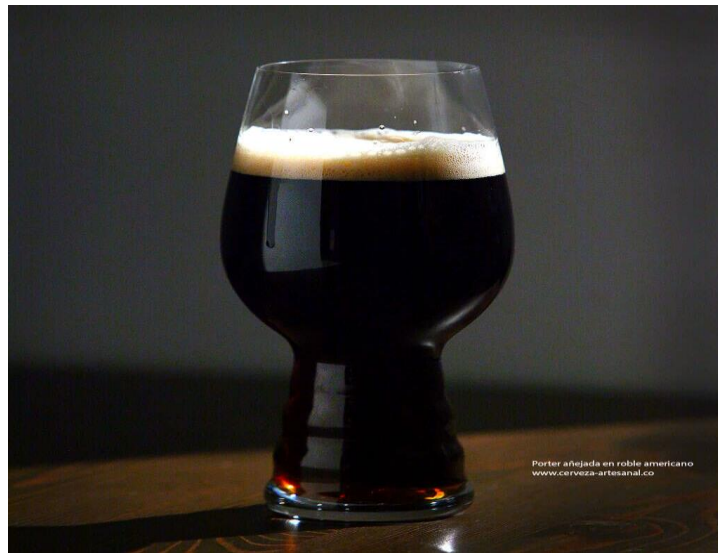


Figura 5. *Estilo Porter.*
Fuente: (Gordon & England, 2015)

1.2.5.5 Stout

La mayoría de las cervezas de este tipo tienen una coloración negra con espuma cremosa y densa. Una cerveza oscura con un pronunciado sabor tostado, a menudo similar al café. El equilibrio puede variar de bastante uniforme a bastante amargo, con las versiones más equilibradas que tienen un poco de dulzura de malta y las versiones amargas son bastante secas. (Gordon, 2015) Tienen olores intensos a chocolate. La clasificación es muy amplia, aunque las más aceptadas son: Dry Stout, Sweet Stout, Oatmeal, Foreign Extra, American Stout e Imperial Stout (González, 2017).



Figura 6. *Estilo Stout.*
Fuente: (Zainasheff & Palmer, 2008)

Se pueden clasificar también las cervezas por su aspecto en: rubias, rojas, ámbar y negras. Sus sabores y aromas dependerán del estilo, aunque dependiendo de su tonalidad serán gradualmente más complejas. Las claras con sabores refrescantes, y las oscuras con sabores tostados, en esa escala.

Las Amber son similares a las cervezas pale ale, pero con un mejor balance entre malta y lúpulo. Normalmente tienen una densidad inicial (antes de la fermentación) de 1,045 a 1,060 y densidad final (después de la fermentación) entre 1,010 y 1,015, mientras que la coloración va entre 10 a 17 de acuerdo a la escala Standard Reference Method o SRM (escala de medición de color en cervezas); y un amargor entre 20 a 40 International Bittering Units o IBUs (Zainasheff & Palmer, 2008). Aunque existen muchas cervezas Amber, debidas al incremento de interés en crear nuevas recetas, existen dos tipos representativos.

1.2.5.6 American Amber Ale

Se trata de la versión americana de la Belgium Amber Ale. Se trata de cervezas con un sabor maltosa con dulzores iniciales, incluyendo sabores afrutados y cítricos, suelen tener un color entre la gamma del ámbar y el cobrizo, generalmente presenta turbidez (Gómez, 2014).



Figura 7. *Estilo American Amber Ale.*

Fuente: (American Amber Ale - El Paraíso de la Cerveza, 2023)

Popularizado en el norte de California, un estilo americano que se caracteriza por un apreciable sabor a malta, con sabor dulce-acaramelado, el amargor es moderado y suficiente para equilibrar, los lúpulos aromáticos utilizados imparten ligeras notas cítricas y tropicales. (Cerveceros, 2022)

1.2.5.7 Belgium Amber Ale.

Aproximadamente tiene un 6,5% de alcohol, cuenta con una acidez moderada proporcionada por las maltas ámbar, más la dulzura de la malta caramelo; su espuma es cremosa pero no con un espeso excesivo (Hampson, 2008).



Figura 8. *Estilo Belgium Amber Ale.*

Fuente: (American Amber Ale - El Paraíso de La Cerveza, 2023)

De origen Belga de alta fermentación y color ambarino o rojizo oscuro, son cervezas con bastante cuerpo, dulces, buenas notas de caramelo y tonos frutales, más en sabor que en aroma, poco amargor y muy suaves y agradables en el paladar. (Cerveceros, 2022)

1.2.4 Componentes de una cerveza Amber Ale

Como las demás cervezas tienen los mismos componentes que otro estilo, que son: el agua, la malta, el lúpulo y las levaduras, además se pueden incluir adjuntos que logren aportarle algo adicional que realce el sabor de esta bebida a esta bebida, para elaborar este tipo de cervezas es necesaria una condición fundamental: llevar en su receta levaduras de alta graduación tipo Ale. (Díaz, 2018)

Agua. El agua corresponde a la mayor parte de nuestro producto por lo que es necesario que sea potable y sea bebible, asimismo debe tener un sabor agradable. La calidad del agua repercutirá en las características finales de una cerveza.

Malta. La malta es un ingrediente relevante al igual que el agua en la elaboración de la cerveza. Se le llama malta, al grano de cebada después de ser sometido a un proceso de germinación y posterior secado. La germinación se realiza remojando los granos hasta obtener un 45% de la humedad para activar las enzimas que transformarán el almidón del grano en azúcares fermentables (Pilla & Vinci, 2012). El proceso de germinación culmina una vez que aparecen las radículas en el grano. Posteriormente se seca la semilla, la temperatura de secado dará como resultado el color de la cerveza y por lo general el proceso dura 24 h (Pilla & Vinci, 2012).

La diversidad de maltas existentes es casi tan grande como la variedad de cervezas, pero generalmente todas las cervezas usan una malta base, la cual es secada después de la germinación a bajas temperaturas por periodos largos de tiempo; esta no es la excepción con las amber ale, las cuales tienen hasta un 90% de su composición en peso y son las que aportarán la mayor parte de los almidones hidrolizables (Mallet, 2014).

Este tipo de cerveza a su vez se caracteriza por integrar en el macerado maltas caramelo, las cuales se hacen elevando la temperatura de la malta verde para convertir almidones y proteínas en azúcares y aminoácidos necesarios para las reacciones Maillard. Estas maltas le confieren el sabor y color característico a la cerveza (Mallet, 2014).

Lúpulo: El lúpulo es el componente de la cerveza que aporta el aroma y el sabor amargo. Se utilizan los conos femeninos de las flores de esta planta, que son poseedores de resinas amargas y aceites esenciales, que además de modificar el sabor y aroma de la cerveza, inhiben el crecimiento de microorganismos no deseados, ayudando a evitar la contaminación del producto. Actualmente se utilizan extractos líquidos o polvos comprimidos (pellets), los cuales tienen un mejor rendimiento y pueden almacenarse por más tiempo (Hernández & Arieta, 2003).

Levaduras: Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen por gemación, con formas redondeadas-ovales y una longitud de 8 a 10 μm . Son las entidades que producen la fermentación del mosto de cebada a través de su metabolismo (Hernández, 2003).

Estos microorganismos, como cualquier otro ser vivo, necesitan nutrientes para obtener su energía y realizar su metabolismo. Durante el proceso de respiración del microorganismo, descompone la glucosa en dióxido de carbono y agua; pero en ausencia de oxígeno convierte la glucosa en etanol y dióxido de carbono. En este proceso actúan una serie de enzimas asociadas a la levadura (Sancho, 2015).

Las levaduras utilizadas para producir cervezas ale son *Saccharomyces cerevisiae*, sin embargo, se han desarrollado diferentes cepas de este microorganismo y han sido modificadas genéticamente para darle ciertas particularidades a la cerveza, facilitando una amplia variedad de ellas con las que los cerveceros pueden lograr diferentes objetivos (Cortez y García, 2013). Incluso se ha mezclado su ADN con el de algunos hongos para producir en el mosto la enzima β -glucanasa, capaz de romper los enlaces de los polímeros lineales de glucosa de la cebada, optimizando el proceso de clarificación (Morcillo, 2013).

Si bien los ingredientes antes mencionados son los más característicos de este tipo de bebidas, debido a que a los consumidores y proveedores les gusta innovar, se agregan algunos otros insumos para generar distintos sabores entre ellos: especias, frutas, otros cereales, incluso aceites esenciales.

1.3 Clarificado

El agua cruda contiene sólidos disueltos, sólidos suspendidos (sólidos sedimentables, sólidos coloidales y color) y oxígeno, las partículas varían considerablemente en origen, composición, carga, tamaño y densidad. La clarificación del agua cruda, potable e industrial se utiliza para eliminar los contaminantes insolubles como son: óxidos metálicos, materia microbiológica, color y turbidez. (Dosal, 2019)

1.3.1 Técnicas Clásicas

1.3.1.1 Sedimentación

Es una operación de separación sólido fluido, en la cual las partículas más pesadas que el fluido, presentes en la suspensión se depositan en el fondo por la acción de la gravedad, siendo esta la fuerza impulsora, las variables que influyen en la sedimentación son el tamaño de la partícula, densidad de la partícula, forma de la partícula y propiedades superficiales.

1.3.1.2 Filtración

Operación que consiste en separar sólidos en suspensión de un líquido mediante un medio filtrante que retiene las partículas, la característica principal es que el producto valioso puede ser la torta o el filtrado, y la fuerza impulsora es la diferencia de presión, la diferencia de presión puede darse por gravedad, el vacío, aplicando una presión o una fuerza centrífuga.

La operación de filtración se puede clasificar según:

- Tipo de torta formada
- El movimiento del fluido al ingresar al filtro
- De acuerdo al tamaño de la partícula que se requiere filtrar
- Según la fuerza impulsora que se aplique
- De acuerdo al ciclo de operación

Tabla 3. Tipos de filtración según la torta

Nombre	Descripción
Filtración de Torta	La torta formada va creciendo y hay que ir retirándola cada cierto tiempo
Filtración de Lecho profundo	También de medio filtrante se eliminan sólidos muy finos, habitualmente el lecho es de arena o carbón activado
Filtración por membrana	Es una operación tangencial, filtración de fuera a adentro
Filtración centrífuga	Separa sólido del líquido, así como dos líquidos inmiscibles.

Fuente: Autor Desconocido

Tabla 4. Tipos de filtración de acuerdo al tamaño de la partícula a filtrar

Nombre	Rango de separación	Aplicación
Filtración	100µm-10µm	Nieblas, fibras, fermentos, bacterias, almidón, polen, leche etc.
Micro filtración	1µm-0.1µm	Pigmentos, látex, bacterias, índigo, emulsiones, asbestos, etc.
Ultrafiltración	0.1µm-0.01µm	Endotoxinas, pirógenos, virus, proteínas, sílice coloidal, etc.

Nano filtración	0.01µm-000.1µm	Azúcares, pesticidas, herbicidas.
Ósmosis Inversa	000.1µm-0000.1µm	iones Na, Ca, Cl, etc.

Fuente: Autor Desconocido

1.3.2 Técnicas de Clarificación Modernas

Tabla 5. Técnicas modernas de clarificación.

Nombre	Descripción	Gráfico
Filtros a presión y vacío	Filtro hiperbárico El equipo consiste en un filtro a vacío, ya sea de disco, tambor o banda, inmerso en una cámara de presión.	
Filtros de acción continua	Son filtros rotatorios de vacío, gran capacidad para el espacio que ocupa y flexibilidad en el espesor de la torta.	
Floculador hidráulico helicoidal	Estructura de forma circular dotada de tabiques de tipo caracol conectados e interpuestos de manera tal que obligan al agua a realizar un movimiento de helicoidal provocando que las partículas formen grumos llamados flocs.	
Ósmosis inversa	En los procesos de ósmosis inversa lo que se busca es obligar que partículas de hasta 0.001 micras pasen a través de una serie de mallas o membranas concéntricas de diferentes tamaños.	

Fuente: (Arley & Chavarría, 2023)

Generalmente, el agua o los líquidos se pueden tratar mediante tecnologías de membranas de gel, ultrafiltración, ósmosis inversa, nano filtración, vaporización, coagulación, floculación y sedimentación para la eliminación de material en suspensión o coloidal, así como filtración trampa, que es diferente de la filtración normal, ya que separa partículas finas que han pasado la filtración de clarificación (Discher, 2023), sin embargo, esto lleva a que se agreguen más sustancias químicas al efluente, para lograr la remoción de la turbidez, la turbidez es un indicador de la presencia de sólidos en el agua, donde es necesaria la coagulación y floculación, que es fundamental en el proceso de clarificación, que se verá en el siguiente apartado, además de las diferentes sustancias utilizadas en ella. (Barreto & Vargas & Martínez, 2019)

1.3.3 Clarificado de cerveza

En el proceso de terminación hay una sub etapa de clarificado, la cerveza contiene una gran cantidad de residuos de levadura, lúpulo o incluso de malta, por lo que es necesario reducir la cantidad de residuos, para evitar cualquier problema sanitario o de aspecto final, en esta etapa se utiliza coagulantes de diferentes tipos y mediante la formación de floculo y la sedimentación se completa este proceso. (Verdú, 2016).



Figura 9. *Clarificado de cerveza artesanal.*
Fuente: (Artesanal, 2015)

Hay una etapa de filtración donde se quedan la mayoría de sólidos suspendidos en la parte donde al mosto se lleva a ebullición, se le añade el lúpulo y se filtra para separar el mosto líquido de los restos sólidos del grano, luego para pasar a la etapa de clarificado, mediante

la adición de clarificante o coagulante formando flocules, depositándose en el asiento del envase por la acción de sedimentación mediante la gravedad, como se observa en la Figura 9. (ALONSO, 2020)

Tabla 6. Categorización de los métodos de clarificación

Método	Clasificación	Descripción	Función
Floculación	Físico	Consiste en la aglomeración de partículas que se desestabilizaron durante la coagulación (Peña & García, 2015)	Formación de un floculo con mayor tamaño y pesos específico que mediante la agitación del sistema, presenta facilidad para ser sedimentado o filtrado (Enrique & Verbel, 2020)
Filtración	Físico	Es el proceso en la cual se separa partículas sólidas de un líquido mediante un material poroso conocido como filtro (Chulluncuy, 2011)	Separación de materia sólida con un tamaño de partícula deseado, para obtener un líquido más translucido y de mejor apariencia organoléptica (Vanegas, 2020)
Enzimático	Químico	Aplicaciones de enzimas específicas, en una solución líquido-sólido, bajo condiciones controladas de pH y temperatura (TUPUNA, 2022)	Hidroliza la materia orgánica con la acción específica de las enzimas.

Fuente: (GALLARDO, 2021)

1.3.4 Coagulación y Floculación

La coagulación consiste en una serie de reacciones físicas y químicas originadas por la adición de un coagulante que desestabiliza las partículas suspendidas mediante la reducción de las fuerzas de separación entre ellas, el coagulante se adhiere a las paredes de las

partículas, neutralizando las cargas eléctricas y originando a la que las fuerzas de Van Der Walls y de lugar a la formación de flóculos, la floculación es un proceso de agitación suave y continua del agua coagulada, con el propósito de aglutinar las partículas más pequeñas en flóculos de mayor tamaño y mayor peso, capaces de ser removidos fácilmente mediante sedimentación o filtración. (Nieto & Orellana, 2011)

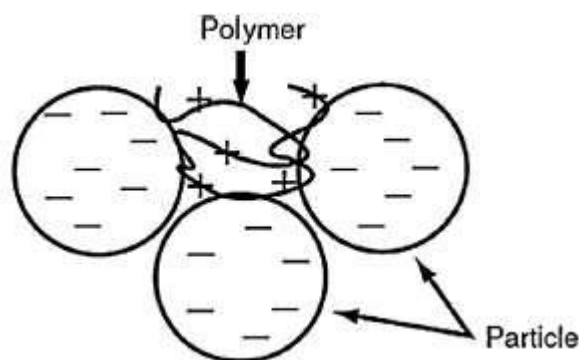


Figura 10. *Formación de coágulos a partir de coagulante y sólidos suspendidos.*
Fuente: (Bravo, 2017)

Las interacciones de diferentes tipos de agentes coagulantes con las partículas coloidales presentes en el agua, se lleva a cabo mediante los principales mecanismos de coagulación y floculación, como la neutralización de carga, la formación de puentes, parche electrostático y de barrido (Dobias, 2005). A partir de dosis óptimas de coagulante y floculante en muestras de aguas residuales, el agente coagulante hace contacto con los coloides suspendidos por adsorción a través de interacciones electrostáticas, enlaces de hidrógeno, fuerzas de van der Waals, etc.

Esto conduce a la desestabilización de coloides y suspensiones y posteriormente a un reordenamiento de la conformación del polímero adsorbido de tal manera que las partículas en suspensión adsorbidas se agregan para formar grandes flóculos que a continuación se establecen de manera efectiva (Bolto & Gregory, 2007), (Chang, 2009), a esto se agrega el proceso de decantación los sólidos más gruesos se depositan en la parte baja mediante la acción de la gravedad.

1.3.5 Clasificación de clarificantes

1.3.5.1 Coagulantes a base de polímeros sintéticos

Sus características son de elevado peso molecular y pueden ser aniónicos, catiónicos o iónicos, la intensidad de su carga iónica depende del grado de ionización del polímero que

a la vez depende de co-polimerización y la cantidad de grupos funcionales que han sido sustituidos.

La eficacia de su aplicación depende de parámetros como:

- Concentración del polímero
- Peso molecular del polímero
- Densidad del polímero
- Carga eléctrica del polímero
- Características del efluente a tratar
- Parámetros físicos durante el tratamiento del efluente (pH, dosificación, etc.)

Este tipo de coagulantes aumentan la viscosidad de la solución sobre la que se aplica y tiene una tasa muy baja de difusión, por lo tanto es necesario inducir su difusión para una mejor dispersión de estos polímeros, los coagulantes son utilizados para la neutralización, emulsión o creación de puentes de enlace entre los coloides, y se pueden utilizar de manera individual o complementarse con los coagulantes a base de sales metálicas. (Nieto & Orellana, 2011)

1.3.5.2 Coagulantes de origen natural

Este tipo de coagulante incluso ha mostrado rendimientos de coagulación similares a los de origen sintético, las principales características que lo diferencian de los sintéticos son su biodegradabilidad, compatibilidad ambiental, seguridad, diversidad, eficiencia, entre otras, dentro de este grupo podemos mencionar: semillas de plantas, floculantes minerales, almidones, aligatos, polisacáridos naturales (celulosa, gomas, quitosano, etc.) (Nieto & Orellana, 2011), la mayoría de ellos son de origen vegetal, con presencia de coagulantes activos como carbohidratos, taninos y proteínas. (Suárez, 2013)

1.3.6 Moringa Oleífera

Moringa oleífera conocida comúnmente como (moringa, árbol de baqueta), pertenece a la familia Moringácea, es una planta tropical presente en la India, Asia, África y América Latina, la moringa oleífera conocido en otros países como Marango, reseda, árbol de rábano, Ángela, árbol de los espárragos, árbol de las perlas y por varios otros nombres, más conocida por el género moringa es originario del sur del Himalaya, (Gómez & Angulo, 2014)

el nordeste de la India, también llamado el árbol milagroso, esta planta es eficiente en todos los aspectos nutricional, medicinal y medioambiental.

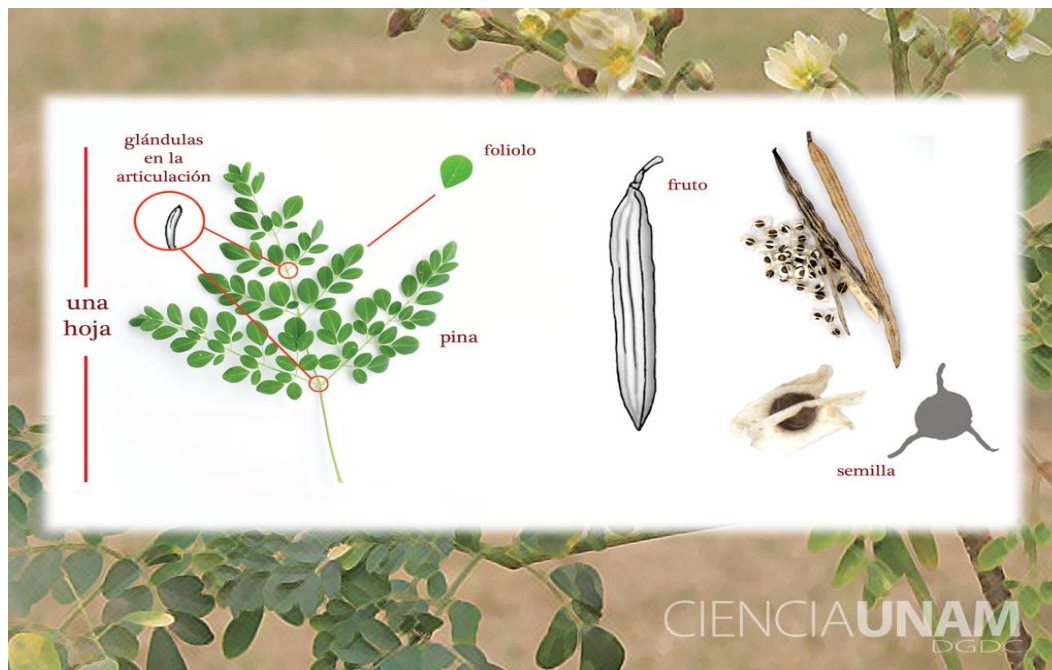


Figura 11. *Planta, hojas, vaina y semilla de la moringa oleífera.*
Fuente: (UNAM, 2023)

Sus semillas han sido utilizadas como coagulantes naturales para el co-tratamiento primario en aguas con arcilla tipo caolín, en la eliminación de turbidez, sólidos totales suspendidos, colorantes y Demanda Química de Oxígeno (DQO). Otros estudios, han utilizado el extracto acuoso de las hojas de Moringa, como agente antimicrobiano para la inhibición del crecimiento de bacterias Gram positivas y Gram negativas, como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Bacillus thuringensis*, las partes utilizadas de la Moringa oleífera, son principalmente semillas secas pulverizadas para extraer los componentes activos que generan actividad coagulante, entre estas, se utilizan semillas con cascarilla sin cascarilla. (Bravo, 2017)

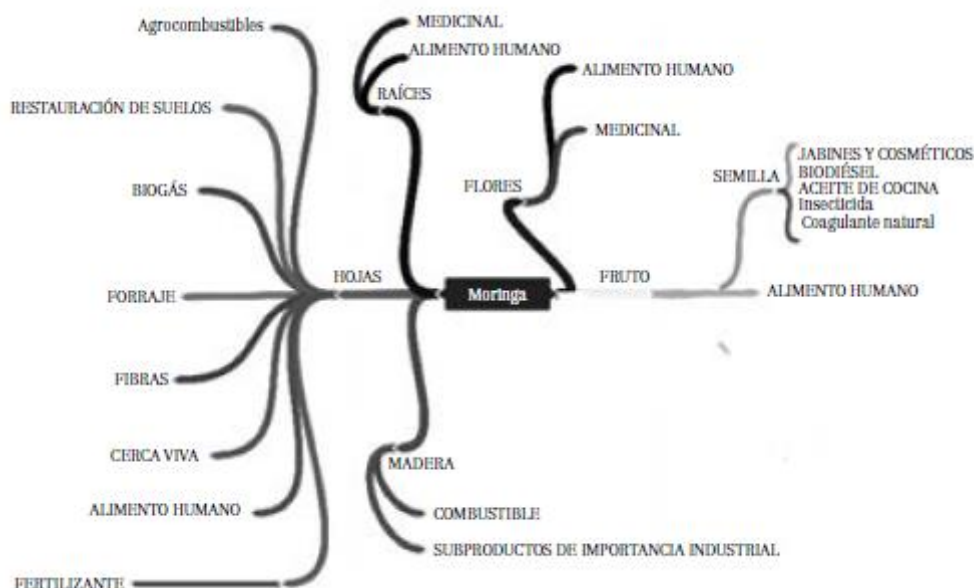


Figura 12. *Diferentes partes y usos de la moringa oleífera.*
Fuente: (Mora & Gacharná, 2015)

Primero están las hojas. Estas son las que tienen más usos, y sirven tanto como fuente de alimento humano como animal, pues los contenidos nutricionales de la planta y el bajo costo de la producción de biomasa son ideales para la alimentación de ovinos, aves, peces y cerdos, (Mora & Gacharná, 2015), las semillas son comestibles aunque amargas, son oleaginosas y contienen entre 33 y 42% de un aceite de calidad, también tienen polielectrolitos, que le confieren una capacidad floculante natural. (Cajamar, 2016)

Los aminoácidos polares hidrófilos presentes en la semilla (ácido glutámico, ácido aspártico, arginina, histidina y lisina) actúan como agente coagulante activo, en forma de cadenas polipeptídicas solubles, que permiten el contacto con las partículas coloidales presentes en agua turbias, además presenta sustancias antibióticas debido a la presencia de tres compuestos de alta actividad bactericida y fungicidas, afectando especialmente a *E. coli*, *Shigella*, *Bacillus cereus* y *Salmonella typhi*, habituales patógenos de las aguas turbias. (Garrido, 2018)

1.3.7 *Cassia Didymobotrya*

Nuestra protagonista es un arbusto perennifolio nativo del continente africano cuyo nombre científico es *Cassia didymobotrya*, aunque popularmente se la conoce como senna africana, palomitas de maíz, candelabros o casia de mantequilla de maní. (Musau & Wanjiru, 2020) El

nombre del género *cassia* proviene de los antiguos griegos, quienes lo aplicaban a una serie de plantas con propiedades terapéuticas. (Guzmán, 2015) Normalmente crece hasta alcanzar una altura de hasta 4 metros, pero puede llegar a los nueve, tiene porte redondeado, con hojas alternas, paripinnadas, con folíolos elípticos. (Jardineriaon, 2023)

Las flores, que son hermafroditas, se disponen en espigas y son amarillas. Florece durante buena parte del año. El fruto es una legumbre de unos 5-6cm de largo, la *Cassia didymobotrya* florece dos veces al año en los trópicos, por semilla y por esquejes, las semillas germinan con facilidad, pero exhiben éxito debido a su cubierta dura. (Wendemagegn, 2016)



Figura 13. *Planta Cassia Didymobotrya*.
Fuente: (<https://www.painetworks.com/>)

Según lo informado por la familia *cassia obtusifolia* de la *cassia didymobotrya*, los tejidos utilizados son generalmente semillas previamente secadas (Figura 14), las cuales han sido estudiadas para el tratamiento de aguas residuales, altamente contaminadas por sólidos suspendidos totales (TSS). y la demanda química de oxígeno (DQO), obteniendo hasta 86,9% y 36,2%, respectivamente (Subramonian, 2014), teniendo en cuenta que en la región de la ciudad de Cuenca, Ecuador, prospera *cassia didymobotrya*, se ha decidido realizar pruebas con las semillas de esta planta, las cuales fueron probadas inicialmente, descartando malos sabores y olores. (Bravo, 2017)



Figura 14. Semillas de *cassia didymobotrya*.
Fuente: (JardineríaOn, 2023)

Un pequeño arbusto de bordes de bosques, matorrales de tierras bajas, bosques, matorrales de hoja perenne, a menudo ribereños o en lugares perturbados en Uganda, se cultiva con fines medicinales, leña, medicina (hojas, tallos, raíces), mantillo, conservación del suelo. Las hojas, las vainas y las raíces son venenosas, por lo que se debe tener cuidado con la dosificación. (Luganda, 2016), La otra parte del nombre común proviene del olor del follaje cuando se frota, a menudo descrito como el de las palomitas de maíz con mantequilla, pero otras interpretaciones del olor incluyen el menos atractivo "ratones" o "perro mojado". (Mahr, 2014)

1.4 Diseño experimental

Puede definirse como un proceso que consiste en plantear los pasos necesarios que se deben seguir, así como el orden de estos, para una recolección y posterior análisis de la información que requiere estudiar un problema de investigación. El Diseño de experimentos (DOE) es una parte fundamental en todos los campos de la investigación y desarrollo para poder conocer el comportamiento de datos recolectados a partir de una serie de ensayos diseñados para probar una relación definida bajo alguna circunstancia específica (Cruz, 2007), la importancia de su aplicación en la ingeniería química es obtener información de calidad, comprender mejor un sistema y toma de decisiones sobre como optimizarlo, además esta experimentación dentro del proceso científico debe ser asistida por técnicas estadísticas, ya que la estadística bien aplicada a la experimentación conduce a realizar los experimentos de una forma más eficiente, ahorrando tiempo y recursos a la vez que se gana información. (Bao, 2020)

1.4.1 Clasificación de experimentos

-Absolutos: el objetivo de estos es determinar propiedades absolutas de un conjunto de objetos, como la determinación del n° de especies de un determinado animal en una determinada región.

-Comparativos: el objetivo de estos es establecer comparaciones entre muestras que reciben diferentes tratamientos. Estos pueden ser experimentales; u observacionales.

- **Experimentales:** Es posible controlar las variables, mantener constante o variar los factores que tienen una mayor influencia en el resultado; el control de las condiciones permite al investigador establecer relaciones causa-efecto, entre los factores controlados y los resultados, a esto se le llama experimentos diseñados y son reconocidos como los métodos más potentes en la ciencia.
- **Observacionales:** el investigador no tiene control sobre los factores que causan cambios en los resultados, se limita a observar la forma en la que se manifiestan para establecer relaciones asociativas entre los factores y las respuestas. La metodología estadística aplicada a los experimentos diseñados puede aplicarse también a los experimentos observacionales, aunque las conclusiones generalmente son menos convincentes y débiles.

1.4.2 Tipo de diseños Experimentales

Dentro del diseño experimental existen fases empezando con el reconocimiento y formulación del problema, segundo selección de los factores y niveles, factores o variables independientes que serán analizadas, estos factores se pueden controlar y pueden influir en el proceso, tercero la selección de la variable de respuesta, esta es la que proporciona información útil, con la solución al problema definido, cuarto selección del diseño experimental algunas de las preguntas que ayudan en la selección del diseño experimental so ¿Cuál es el tamaño apropiado para la muestra? Y ¿Qué tipo de diseño conduce al resultado óptimo en cuanto a información válida, precisa y económica?, finalmente realización del experimento y análisis de Datos. Los objetivos de un diseño experimental son; establecer tendencias entre variables y verificar si la diferencia entre los tratamientos es una diferencia verdadera. (Badii, et al., 2017) Para que un experimento pueda catalogarse como un buen experimento, las conclusiones de este deben tener validez, precisión y amplio cubrimiento. Para cumplir con estas condiciones el experimento debe llevarse a cabo

teniendo en cuenta los tres principios básicos: repetición, aleatorización y control del error experimental. (Bao, 2020)

1.4.2.1 Experimentos con un solo factor

Es utilizado para verificar si existen diferencias estadísticas significativas entre la media de más de dos muestras o grupos de muestras en un mismo planteamiento. La diferencia principal de un solo factor a la vez es que no puede analizar posibles interacciones entre los factores. (Mandeville, 2012) El procedimiento que utiliza este método es comparar estos valores basados en la varianza global de las muestras a comparar. El objetivo del análisis se basa en la descomposición de variabilidad total en dos partes, una debida a la variabilidad entre las distintas poblaciones y otra parte a la variabilidad intrínseca de las observaciones.

1.4.2.2 Diseños Anidados

Este diseño se aplica a experimentos con dos o más factores, en los que alguno de ellos tiene niveles idénticos a otro, o cuando no es posible combinar todos los niveles de un factor con todos los niveles de otros. Un factor está anidado a otro cuando cada nivel de este último aparece asociado a un único nivel del otro.

1.4.2.3 Superficie de Respuesta

Este método se utiliza cuando en un problema la respuesta de interés recibe una influencia de diversas variables, donde el objetivo es optimizar la respuesta y determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos.

1.4.2.4 Diseños Factoriales

Este tipo de diseño se utiliza para experimentos con dos o más factores, dado que en general son los más eficientes para ello. En este diseño se investiga todas las combinaciones posibles entre los niveles de los factores. A continuación, se muestra un resumen de los diferentes tipos de diseños factorial.

Tabla 7. Resumen diseños factoriales más utilizados

Nombre	Descripción
Diseño Factorial Completo	Se puede hacer todas las combinaciones entre niveles y variables también llamadas factores.
Diseño Factorial Completo 2^k	Los factores cuentan con dos niveles, es decir un experimento con un número de factores, limitado a dos niveles.
Diseño Factorial Completo 3^k	Cuentan con un número de factores k, los cuales tienen 3 niveles cada uno.
Diseño Factorial Fraccionado 2^{k-1}	Estos diseños tienen un número de factores k con dos niveles cada uno y para una réplica de estos se requiere un número de experimentos igual a 2^{k-1} es decir, la mitad de experimentos que para una réplica.
Diseño Factorial Fraccionado 2^{k-p}	Al igual que se ha explicado anteriormente, pero podrá ser cualquier fracción, es decir, p puede ser cualquier valor.
Diseño Factorial Fraccionado 3^{k-p}	Este diseño contendrá k de factores, con tres niveles cada uno y un número de experimentos que será fracción del diseño factorial 3^k .

Fuente: (BAO, 2020)

1.4.3 Diseño Box-Behnken

El diseño de Box-Behnken; método utilizado al tener tres o más factores, siendo eficiente en cuanto al número de corridas, este diseño no incluye como tratamiento los vértices de la región experimental; aquí, al menos uno de los factores se establece en la mitad de su rango de prueba. Compuesto por la combinación de diseños factoriales de dos niveles con diseños de bloques incompletos, se puede aplicar para k igual o mayor a 3. (Cámara, 2016) La Tabla 3 a continuación muestra 15 tratamientos de diseño Box-Behnken para tres factores., donde los puntos de este diseño se ubican en la mitad de las aristas del cubo con centro en el origen, sin incluir los tratamientos que recaen sobre los vértices, como (1, 1, 1) y (-1, -1, -1) ya que en determinadas situaciones experimentales son extremas y no se pueden ejecutar. (Gutiérrez & Vara, 2008).

Tabla 8. Diseño Box Behnken para 3 factores. Fuente: (Gutiérrez & Vara, 2008).

Tratamiento	x_1	x_2	x_3	Tratamiento	x_1	x_2	x_3
1	-1	-1	0	9	-1	0	-1
2	1	-1	0	10	1	0	-1
3	-1	1	0	11	-1	0	1
4	1	1	0	12	1	0	1
5	0	-1	-1	13	0	0	0
6	0	1	-1	14	0	0	0
7	0	-1	1	15	0	0	0
8	0	1	1				

Fuente: (Gutiérrez & Vara, 2008).

En estadística, los diseños de Box–Behnken (DBB) son diseños experimentales para la RSM, diseñados por George E. P. Box y Donald Behnken en 1960. Los DBB se utilizan con frecuencia para refinar los modelos después de haber determinado los factores importantes utilizando diseños de cribado o diseños factoriales, especialmente si se sospecha que existe curvatura en la superficie de respuesta. (Ramón, 2019)

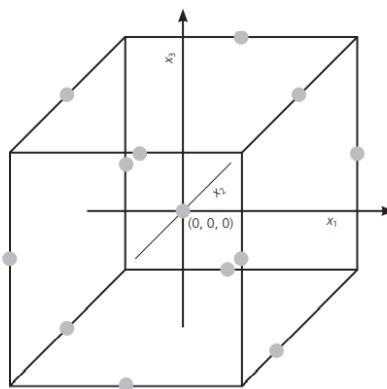


Figura 15. Representación gráfica diseño Box-Behnken para tres factores. Fuente: (Gutiérrez & Vara, 2008).

El diseño de Box-Behnken es una superficie de respuesta, que incluye un punto central y puntos medios entre las esquinas, circunscritos sobre una esfera. Este diseño puede ser aplicado para la optimización de varios procesos químicos y físicos, donde el número de experimentos es determinado de acuerdo a los requerimientos del proceso. (Jaramillo, 2013)

2 Metodología

2.1 Localización de la investigación

El diseño, preparación de materia prima, análisis microbiológico de cerveza artesanal Pale Ale, los análisis físicos químicos para la evaluación de clarificantes naturales, fueron realizados en los laboratorios de cromatografía y de operaciones unitarias, en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.



Figura 16. Laboratorio de operaciones unitarias “Tecnológico” Universidad de Cuenca.
Fuente: (Autor)

2.2 Descripción del trabajo

El trabajo consistió en comparar y evaluar clarificantes naturales *cassia didimobotrya* y *moringa oleífera* utilizando como referencia la gelatina sin sabor, en la elaboración de cerveza tipo Pale Ale, en concentraciones iniciales de 0,3g como mínimo y 1g como máximo, a partir de esto se eligió a los mejores clarificantes, con la mejores concentraciones por litro de cerveza, para finalmente optimizar variando parámetros, se realizaron los respectivos análisis físico-químicos, microbiológicos y organolépticos en la cerveza y en la evaluación de los diferentes clarificantes.

2.3 Recolección clarificantes

La *moringa oleífera* se obtuvo en el Cantón Salinas, se trasladó a la ciudad de Cuenca, al laboratorio de la Universidad de Cuenca para su respectivo tratamiento.



Figura 17. *Cassia Didymobotrya*.
Fuente: (Autor)

La *cassia didymobotrya* se obtuvo en la ciudad de Cuenca, se trasladó al laboratorio de la Universidad de Cuenca para su respectivo tratamiento, se hizo un muestreo por atributos es decir una inspección para evaluar la calidad del producto, se selecciona las mejores semillas para su uso posterior. (Fao, 2017)



Figura 18. *Moringa Oleífera*.
Fuente: (Autor)

2.4 Tratamiento de clarificantes

- **Materiales y equipos**
 - Espátula
 - Mallas (#35,#60,#120)

- Equipo tamizador HUMBOLDT
- Balanza Analítica

- **Procedimiento**

Tabla 9. Tratamiento de las semillas de *Moringa Oleífera* y *Cassia Didymobotrya*

Procedimiento	Imagen
<p>Se realizó una clasificación de las vainas, separando de forma manual las semillas verdes de las secas, se distinguió con su apariencia y es fácil identificar.</p>	
<p>Se secó en una estufa a una temperatura de 105,5°C durante 2 horas, esto para la eliminación de humedad.</p>	
<p>Se molió las semillas en un molino marca "Corona", obteniendo un fino polvo, una vez molida se pasó mediante tamiz de 250um, se realizó el mismo tratamiento para las semillas de <i>Cassia didymobotrya</i>. (Gutierrez, 2022)</p>	

Se pasó mediante tamiz de 250 μ m, se realizó el mismo tratamiento para las semillas de *Cassia didymobotrya*.(Gutierrez, 2022), se obtuvo 250g de un polvo fino para posterior proceso.



Fuente: (Autor)

2.5 Extracción del Coagulante

- **Materiales y equipos**
 - Espátula
 - Balanza Analítica
- **Procedimiento**

Tabla 10. Extracción de coagulante de las semillas.

Procedimiento	Imagen
<p>Se tomó como referencia el siguiente proceso de obtención del clarificante; disolver 10 gramos clarificante en 100 ml de solución salina (NaCl), al 10%, para obtener una concentración de 10.000 mg/L , el líquido sobrenadante se filtró a presión reducida en un equipo de vacío obteniendo el coagulante.(GUTIERREZ, 2022), además de referencia los 0,3 gramos de gelatina por litro de cerveza utilizada habitualmente para la clarificación, donde se finalmente se preparó 1, 0.6 y 0.3 gramos de clarificante por litro de cerveza.</p>	
<p>El filtrado se preservó y se utilizó como coagulante natural en los ensayos de turbidez, color, pH, en concentraciones de 1, 0,6 y 0.3 g/L, los resultados de las concentraciones se basaron en pruebas preliminares realizadas en laboratorio de operaciones unitarias de la facultad de ciencias químicas</p>	
<p>Normalmente los agentes coagulantes activos son carbohidratos, taninos y proteínas, para la <i>moringa oleífera</i> la proteína, y para <i>cassia didymobotrya</i> proteínas y ácidos grasos, siguiendo el método de (Barreto, 2019),</p>	

Fuente: (Autor)

El filtrado se preservó y se utilizó como coagulante natural en los ensayos de turbidez, color, pH, en concentraciones de 1, 0,65 y 0.3 g/L, los resultados de las concentraciones se basaron en pruebas preliminares realizadas en laboratorio de operaciones unitarias de la facultad de ciencias químicas.

2.6 Elaboración de la cerveza:

Para la elaboración de la cerveza artesanal se utilizó DPO (Diagrama de Proceso Operacional), como se observa en la (Figura 19) manejándose la siguiente simbología:



Proceso



Operación



Operación y proceso



Demora y Almacenado

2.6.1 Diagrama de proceso cerveza

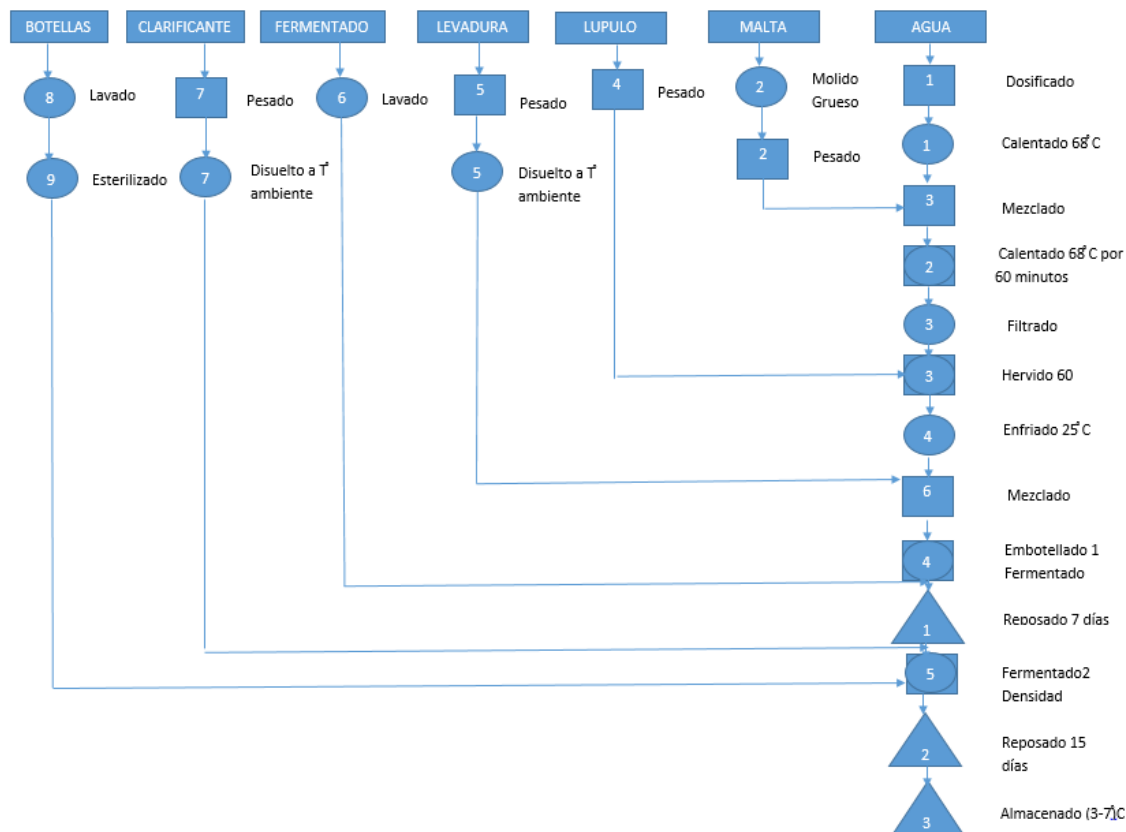


Figura 19. Diagrama de proceso operacional (DPO) de proceso de cerveza artesanal
Fuente: (Autor)

2.6.2 Descripción del proceso de elaboración de cerveza artesanal

Molido: Se molió regulado no pulverizado, esto se hace para liberar enzimas convirtiéndolas en azúcares simples fermentables.

Macerado: Se calentó 24 litros de agua para macerado a 73°C, se adiciono 15ml de zumo de limón para que el pH se encuentre entre 5,2 y 5,5, se agregó la malta molida, se procedió a mover cada 15 minutos por una hora manteniendo una temperatura no menor a 65°C, se hizo una recirculación por 20 minutos más, se completó con 20 litros de agua para lavado a temperatura de 73 °C, el macerado se realizó para la obtención del azúcar fermentables. (Artesana, 2015)

Hervido: Se realizó durante 60 minutos aquí se colocó el lúpulo, donde la finalidad es dar amargor sabor y aroma, la adición se realizó al inicio del hervido, 10g de lúpulo Nuggets, luego de 25 minutos, 15g de lúpulo Columbus, y faltando 10 minutos se adiciono 10g de

lúpulo Cascade, otras de las finalidades del hervido es la volatilización de sustancias no deseadas.

Enfriado: Se llevó rápidamente el mosto a temperatura ambiente (20°C), aquí se calculó la densidad inicial del mosto.

Fermentación: Se preparó la levadura, se activó mediante 15g de azúcar y con 100 ml de mosto, en un fermentador se colocó el mosto y la levadura, generalmente la fermentación dura entre 5 y 15 días, en temperatura adecuada de 16 y 22°C en un lugar oscuro y fresco. Luego de terminado este proceso se determinó la densidad final.

Maduración: Se transvaso de los fermentadores a unos envases nuevos y sin sedimentos, luego se los llevó a refrigeración a 4°C, esto para detener por completo la fermentación y adquieran sabores y olores característicos de la receta

Clarificado: En la etapa de clarificado se hizo la distribución de cada lote para la etapa de evaluación, cada lote se realizó en diferentes días de la semana tomando en cuenta factores como temperatura, condiciones ambientales y tiempo de realización.

2.7 Evaluación experimental

Se realizó 15 pruebas mediante agitador digital ya que me permite determinar de la mejor manera la eficiencia de los coagulantes, para esto se tomó en cuenta protocolo propuesto por (Shamnesjati, 2015), quienes establecen el test mediante las etapas de dosificación, agitación rápida, agitación lenta y sedimentación, con replicas, por tanto la velocidad de agitación es de 100 rpm para mezcla rápida durante 3 min, 40 rpm para mezcla lenta o floculación durante 15 min, y la sedimentación duró 1 h. (Barreto, 2019)

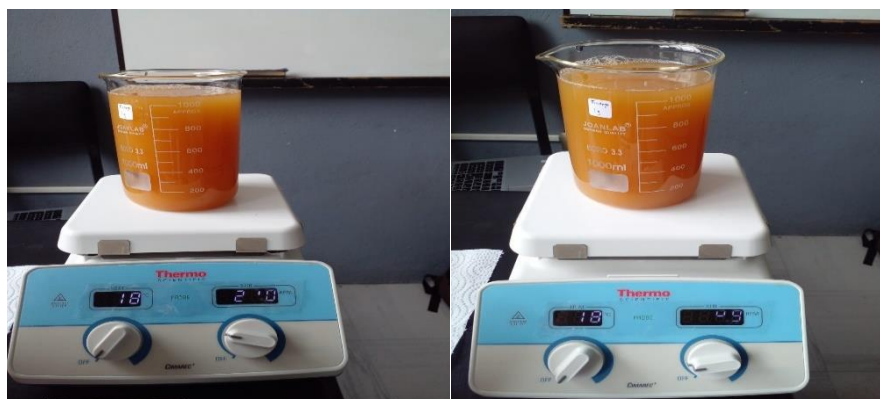


Figura 20. *Agitación de las muestras en varias dosificaciones.*

Fuente: (Autor)

2.8 Diseño Experimental Box-Behnken

Se utilizó el diseño de metodología de Superficie Box-Behnken para la elección de los diferentes tratamientos, donde los factores son los tipos de clarificantes (gelatina sin sabor, moringa oleífera y cassia didymobotrya), concentraciones y tiempo de clarificación, en 2 niveles, un total de 12 tratamientos y 3 réplicas centrales, dando un total de 15 tratamientos. (Bao, 2020)

Tabla 11. Diseño experimental Box-Behnken total 15 tratamientos

Factor	Nombre	Unidades	Nivel Bajo	Nivel Alto
A(X1)	Tipo clarificante	-	A1	A3
B(X2)	Concentración	g/L	1	0.3
C(X3)	Tiempo de clarificación	horas	2	48

Fuente: (Autor)

En la corrida se ayudó con el programa Minitab, para obtener las combinaciones en los 15 tratamientos en el Experimento 1, se puede observar en la (Tabla 7) las diferentes combinaciones, donde las variables son: clarificantes, tiempo y concentración, los clarificantes se distinguen por su código: A1 Cassia código 1, A2 Moringa código 2, A3 gelatina código 3.

Tabla 12. Matriz experimental 15 tratamientos con diferentes clarificantes, concentraciones y diferentes tiempos Experimento 1.

Orden Corrida	Concentraciones (g/L)	Clarificantes	Tiempo (h)
1	0,3	1	25
2	0,65	2	25
3	1	2	2
4	0,3	3	25
5	1	3	25
6	0,65	1	48
7	0,65	3	2
8	1	1	25
9	0,65	2	25
10	0,65	1	2
11	0,3	2	48
12	0,3	2	2
13	0,65	2	25
14	0,65	3	48
15	1	2	48

Fuente: (Autor).

El diseño experimental de Box-Behnken ayudó en la aleatoriedad y repetitividad, también en la reducción de número de tratamientos, en cuanto a la variable de respuesta se eligió principalmente la turbidez en tiempos de 2 horas 24 horas y 48 horas, posteriormente se optimizo los mejores resultados de los 15 tratamientos variando parámetros como tiempo de clarificado y concentración.



Figura 21. 15 muestras con diferentes concentraciones y diferentes clarificantes.

Fuente: (Autor)

2.9 Análisis Físico-Químico

2.9.1 Determinación de Turbidez

La prueba se realizó mediante un turbidímetro marca Hach 2100P, el equipo cuenta con dos lentes móviles una para color y otra para turbidez, en el caso de la turbidez se cambia el lente sin requerimiento de calibración, se colocaron las muestras de cervezas en los cilindros limpios y secos, se determinó el contenido de sólidos en suspensión, las unidades referenciales son NTU (Unidades de patrón nefelometría). (Loja, 2020)



Figura 22. Medicion de turbidez en equipo turbidimetro.

Fuente: (Autor)

2.9.2 Determinación de pH

Se realizó la determinación por el método según la norma NTE INEN 2325:2002, que consistió en una determinación con pH metro marca edge con electrodo marca HI11310, donde la muestra de la cerveza debe estar previamente des gasificada, filtrada y temperatura debe estar entre 20 y 25 °C.



Figura 23. Medición de pH.
Fuente: (Autor)

2.9.3 Determinación de Color

La medición se realizó en equipo espectrofotómetro de marca Genesys 20, se homogenizo y se colocó en un cilindro que debe estar limpio y seco, para la determinación del valor en un rango de (455nm). Posterior a ello se tomó el dato medido de absorbancia y se calculó el valor multiplicando 12,7 dando unidades de respuesta en EBC (European Brewery Convention), este método está diseñado para eliminar los efectos subjetivos atribuibles al ojo humano, así como a las diferencias en la impresión del color cuando se comparan muestras de cerveza con el disco comparador del color. (Spectroquant, 2020)



Figura 24. Medición de color en equipo espectrofotómetro marca Genesys 20.
Fuente: (Autor)

2.10 Análisis organoléptico

2.10.1 Análisis estadístico

Se realizó mediante un análisis sensorial de panel no entrenado la cual es una técnica cualitativa basada en la percepción de los productos a través de los sentidos. De esta

manera se recolecto datos numéricos que establecen relaciones entre las características de producto para un posterior análisis estadístico y finalmente concluir con los resultados.(Flores, 2015)

Se realizó una evaluación sensorial mediante encuestas, para lo cual el tamaño de la muestra se calcula con la Ecuación 2.5

$$n = \frac{Z_0^2 * p * q}{d^2}$$

En donde:

- Z_0 : nivel de confianza
- P: probabilidad de éxito
- Q: probabilidad de fracaso
- D: Precisión (error máximo admisible)

2.10.2 Evaluación Sensorial

Se planteó un nivel de confianza del 95% y una precisión del 5% para determinar el número de encuestas. Dichas encuestas ayudaron a determinar los panelistas adecuados para el análisis organoléptico. En las encuestas (Anexo 1) se realizaron preguntas basadas en el consumo de cerveza artesanal y su frecuencia de ser así pasaron a la evaluación organoléptica, que cuentan con la evaluación que tiene criterios de: sabor, aspecto, amargor y olor. Las pruebas se realizó con los mejores resultados de cerveza clarificado con; *Moringa oleífera*, *Cassia didymobotrya* y gelatina sin sabor.(Loja, 2020)

2.11 Análisis Microbiológico

Se procedió hacer la prueba de análisis microbiológico al ganador de los 2 clarificantes naturales a prueba es decir un análisis microbiológico, con la determinación de la normativa NTE INEN 1529, el cual sigue el requerimiento de la norma NTE INEN 2262:2013, este se hace para evaluar el comportamiento de mohos y levaduras. La microbiología cervecera es la rama de la microbiología de los alimentos, que se en carga del análisis de la composición microbiana de cervezas y mostos, mediante técnicas que permiten la detección de diferentes agentes microbianos, e incluye las técnicas de recuento y viabilidad de levaduras para su posterior reutilización.(Dalmaso, 2018)

2.12 Optimización de clarificantes

Después de los 15 tratamientos se eligió a los clarificantes con los mejores resultados donde se hizo una prueba final con mayor tiempo de respuesta y variaciones en la concentración de clarificantes. Las restricciones serían que no pasara de 1 gramo de clarificante, ya que superaría al lúpulo ingrediente esencial para el amargor, y en cuanto a los días que no fuera más de 5 días ya es el tiempo de maduración de la cerveza, por ende, este tiempo se utilizaría para la clarificación, en el siguiente gráfico se muestra el resumen de optimización de clarificantes.

Tabla 13. Matriz resumen de optimización de clarificantes, Experimento 2

Optimización de Clarificantes					
Clarificantes/Tiempo	2h	24h	36h	48h	60h
Gelatina	0,3g	0,3g	0,3g	0,3g	0,3g
Cassia	1g	1g	1g	1g	1g
Moringa	0,5g	0,5g	0,5g	0,5g	0,5g

Fuente: (Autor)

En el experimento 2 se aplicó la evaluación de la eficiencia de cada clarificante, donde está determinada por turbidez inicial y la turbidez final como se puede observar en la siguiente ecuación. (GUTIÉRREZ, 2010)

$$\text{Eficiencia de Reduccion (\%)} = \frac{\text{Turbidez inicial (NTU)} - \text{Turbidez final (NTU)}}{\text{Turbidez inicial (NTU)}}$$

3 Resultados y discusión

3.1 Resultados de Turbidez

En variables de resultado, es decir las mediciones que me ayuden a ver cuánto se ha clarificado, son principalmente el color y turbidez, donde se eligió la turbidez como parámetro de respuesta principal, ya que se da seguimiento de inicio a fin la evaluación y comparación de los clarificantes.

Tabla 14. Resultado de Turbidez con diferentes concentraciones y diferentes clarificantes.

Clarificantes	Turbidez (NTU) 2h	Turbidez (NTU) 25h	Turbidez (NTU) 48h
Cassia 0,3	665	257	154
Moringa 0,65	769	261	176
Moringa 1	679	291	191
Gelatina 0,3	338	53,2	33,4
Gelatina 1	796	358	237
Cassia 0,65	612	282	158
Gelatina 0,65	709	385	245
Cassia 1	898	226	133
Moringa 0,65	932	291	185
Cassia 0,65	810	294	165
Moringa 0,3	814	319	182
Moringa 0,3	766	286	185
Moringa 0,65	862	284	188
Gelatina 0,65	614	209	149
Moringa 1	662	275	196

Fuente: (Autor).

Los resultados obtenidos por parte de la medición de la turbidez (Tabla 14), fueron en tiempos de 2h, 24h, y 48h respectivamente, las concentraciones en los tratamientos son de 0.3g la mínima concentración, de 0.65g como concentración media y de 1g como la máxima concentración, la aleatoriedad y la repetitividad se dio por parte del diseño experimental de Box-Behnken, en cuanto a la variable de respuesta es decir la turbidez se midió en las horas dichas anteriormente, el diseño de Box-Behnken es útil dependiendo de las variables y factores a controlar así lo demuestra (Rodríguez, 2022), que utiliza este modelo de diseño experimental no solo por su tema de trabajo, sino además de bajar el número de tratamientos al mínimo.

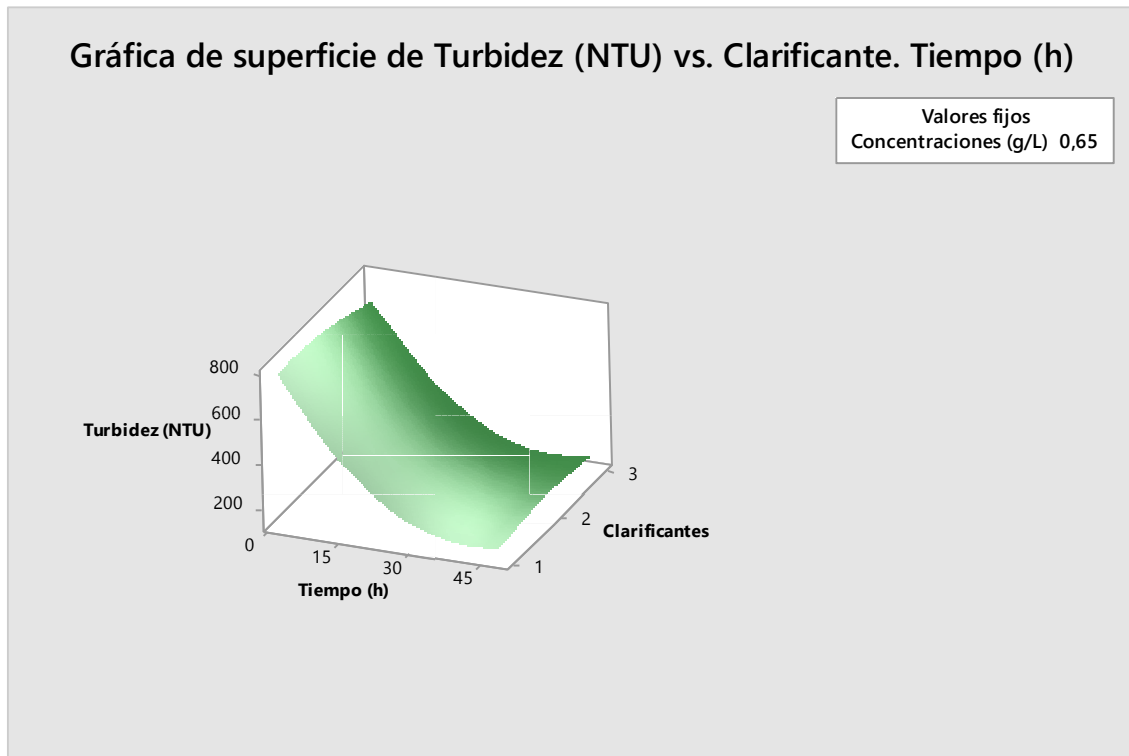


Figura 25. Gráfica de Superficie con valores fijos de concentración 0,65 g/L.
Fuente: (Autor)

En la gráfica de Superficie de diseño Box-Behnken (Figura 25), realizada con el programa minitab, se puede apreciar una disminución notable de la turbidez, los códigos asignados son 3 para gelatina, 2 moringa y 1 cassia, inicialmente la concentración inicial de la muestra general es mayor a 800 NTU, (Albán & Caiza, 2020) en su trabajo de cerveza artesanal con agave, tiene valores iniciales de muestras que varían de 862 a 961 NTU que son similares a la del presente trabajo, cabe recalcar que el equipo de turbidímetro se calibro hasta 800 NTU, y el valor inicial de la muestra al ser mayor, no se tiene el dato exacto, hasta pero se sabe que es mayor que 800 NTU, y disminuye a menos de 200 NTU, donde los valores óptimos en la primera parte experimental, se encuentran en esta parte, en un tiempo de 48 horas, los valores exactos se encuentran en la Tabla 14 presentada anteriormente.

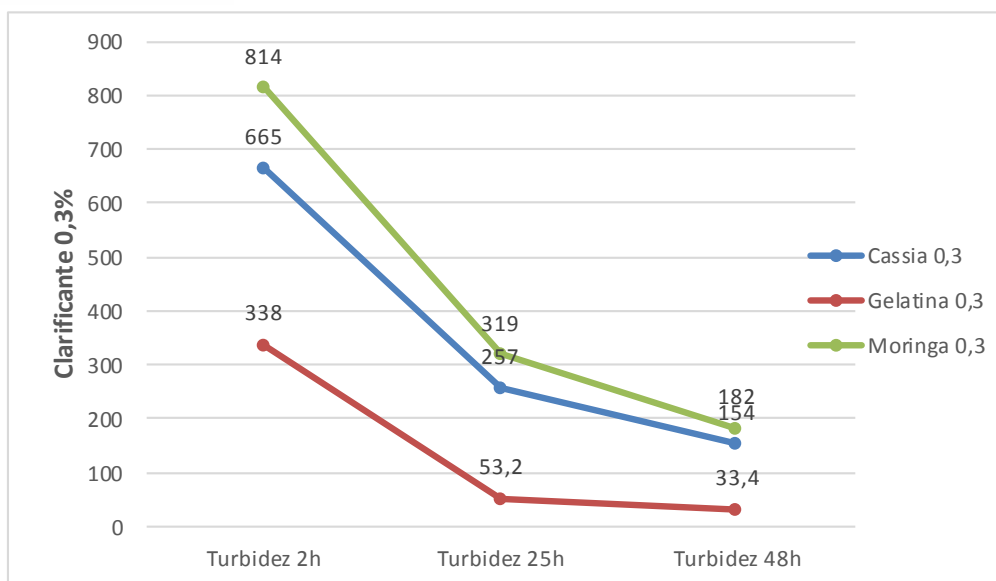


Figura 26. Resultado medición de turbidez con concentración de 0.3 g/L con tres clarificantes.

Fuente: (Autor)

Como se observa en la Figura 26 se ve una tendencia general de reducción de la turbidez, siendo la gelatina sin sabor la que mayor efectividad tiene en cuanto a clarificación, llegando a la turbidez de 33,4 NTU en 48 horas, esto se debe a que la gelatina es el clarificante de referencia además que la concentración de 0,3g/L es la cantidad sugerida ideal para este clarificante, en valores muy cercanos se tiene a la cassia y a la moringa con valores e 182 y 154 NTU respectivamente a concentración de 0,3g/L, por el momento la gelatina sin sabor es la mejor en concentración de 0,3g/L, en un trabajo de cerveza artesanal variando su estilo, se observa resultados de turbidez muy alta, es el ejemplo de (Escobar, 2020), que la respuesta de turbidez recae entre 500 y 600 NTU, donde claramente se nota una altísima respuesta de turbiedad en comparación a la presente.

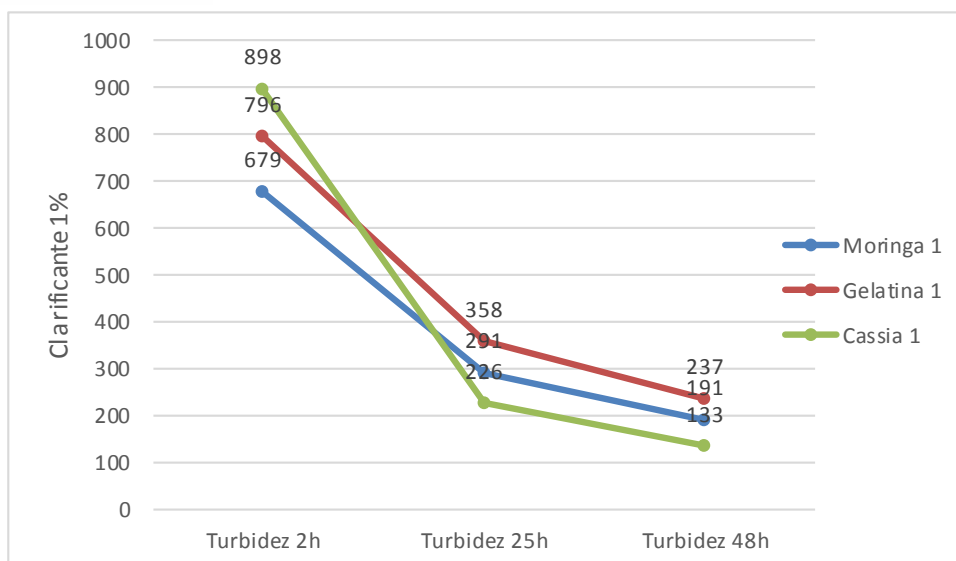


Figura 27. Resultado medición de turbidez con concentración de 1 g/L con tres clarificantes.
Fuente: (Autor)

Como se observa en la Figura 27, la cassia es la que mayor efectividad tiene en cuanto a clarificación, llegando a la turbidez de 133 NTU en 48 horas, la concentración de 1g/L es la cantidad ideal para este clarificante, (Bravo, 2017) sugiere que la dosis optima es de 0,75g/L con porcentajes de coagulación de hasta 86%, aunque esta se haya hecho en aguas residuales, los porcentajes de coagulación no difieren mucho, en el presente trabajo se obtuvo eficiencias de 77% en corto tiempo (2horas) y del 94% a largo tiempo(5h).

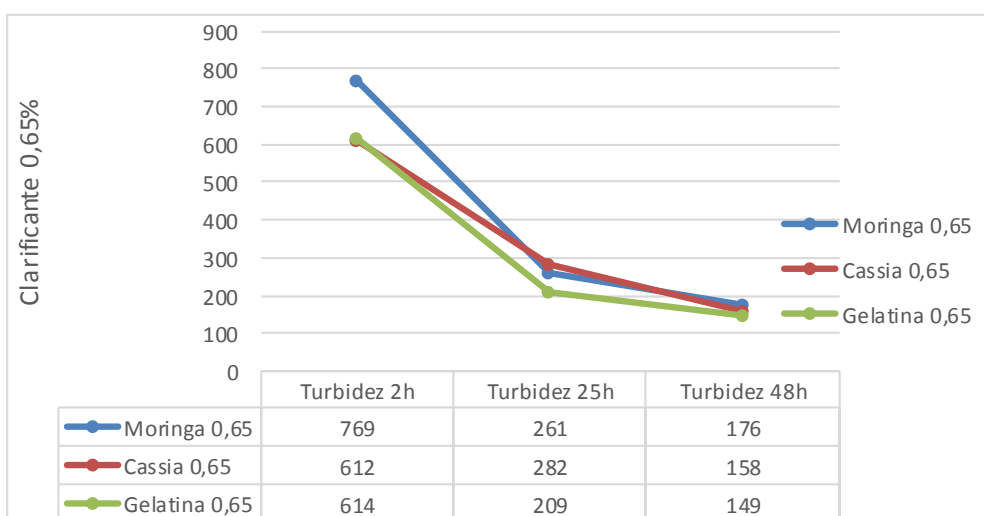


Figura 28. Resultado medición de turbidez con concentración de 1 g/L con tres clarificantes.
Fuente: (Autor)

Como se observa en la (Figura 28), la gelatina con concentración de 0.65g/L, tiene el mejor resultado con registro de 149 NTU en 48 horas, pero no es la más efectiva, siendo en este apartado la moringa con valor de 176 NTU, el más efectivo en cuanto a concentración a comparación con las otras concentraciones, por ejemplo a 1g/L da 191 NTU (Figura 27) y 0,3g/L da 182 NTU (Figura 26), en esta primera parte experimental se descarta 1g/L y 0,3g/L ya que dan valores altos, además tomaremos referencia donde (Gutiérrez, 2022) obtuvo valores de 5NTU en promedio, con concentraciones que iban desde 0.22g/L hasta 1,9g/L de moringa pero con la diferencia que era en agua de río y su turbiedad inicial era de 227NTU, en otro trabajo por parte de (Pico, 2017) determinó que la mejor concentración fue de 0.25g/L, que en concentraciones más bajas hay mejores resultados, además que sirvió de referencia para la parte experimental 2 que se trata de optimizar los clarificantes.

Además se toma en cuenta que no hay mucha diferencia entre moringa desengrasada y sin desengrasa, en el trabajo de (Gutiérrez, 2022), la moringa desengrasada al final del trabajo reporto 5,58 NTU mientras la moringa sin desengrasar reporto 5,032 NTU respectivamente, teniendo como resultado una diferencia no muy significativa, por ende se trabajó con moringa sin desengrasar, cabe mencionar que dependiendo de la carga inicial de turbiedad, puede tener diferente concentración de clarificante. (Mendoza & Fernandez, 2000)

3.2 Resultados de Color

Tabla 15. Resultados de medición de Absorbancia y EBC

Clarificante	Absorbancia	EBC
Gelatina 0,3	0,549	6,9723
Cassia 1	0,877	11,1379
Moringa 0,5	0,846	10,7442

Fuente: (Autor).

Los resultados a partir de la absorbancia y en términos de EBC (European Brewery Convention, por sus siglas en inglés), se usan en toda Europa y Estados Unidos para describir el color, más específicamente intensidad de color de la cerveza y del mosto de la cerveza, los resultados como se muestra en la (Tabla 15), se obtiene valores muy cercanos por parte de la cassia y la moringa, con de 11,1 y 10,7 en términos de EBC, con estos valores se puede observar en la (Figura 29) como guía que es muy útil para identificar la variación de cerveza, en este caso los resultados de color se encuentran en un rango entre Weisbier y American Pale Ale o India Pale Ale, con tono amarillo y amarillo oscuro, es decir que está en buen rango. (Jara & Cepeda, 2019) en su trabajo obtuvo el valor de 8.55 EBC que

también al ser cerveza artesanal, están un poco más bajos con respecto al presente trabajo, como se observa en la (Tabla 15), además como se observa en la (Figura 29) se encuentra en un rango de Weisbier, generalmente recaen en esta parte por su estilo de cerveza elaborada.



Figura 29. Tabla de referencia mediante EBC.
Fuente: (Hach, 2016)

3.3 Resultados de pH

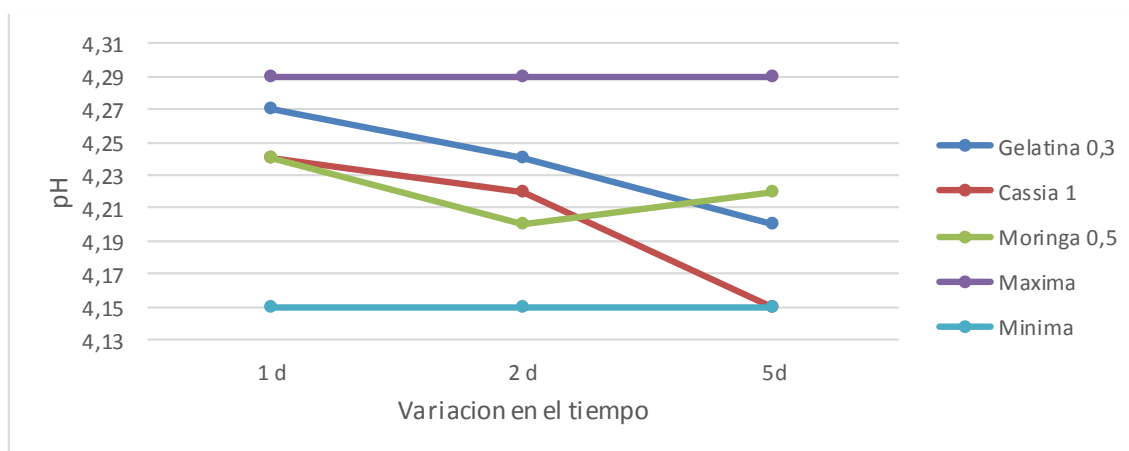


Figura 30. Resultado de valores de pH a lo largo de 5 días.
Fuente: (Autor)

Los resultados de la gráfica de líneas (Figura 29) muestran unas variaciones no muy significativas ya que las cantidades utilizadas son muy bajas, entre esas tenemos el pH máximo de 4,29 y el mínimo de 4.15, y las variaciones dentro de estas, por tanto los valores obtenidos cumplen con la norma NTE INEN 2262, que establece como rango de pH entre

3,5 y 5 para cerveza, además (Jara & Cepeda, 2019) obtuvo el valor de 4.41 en su resultado final en un solo ingrediente, por otra parte se puede comparar en su trabajo (Zeas & Cárdenas, 2018) en específico la moringa de 7,43 pH inicial a 7,37 pH final en este caso el estudio se hizo en aguas residuales, y en la (Figura 30) con variación de la moringa de 4,24 pH inicial a 4,15 pH final, se resalta las variaciones de 0,06 en aguas residuales y 0,09 en cerveza de pH ya que en esta última es la que mayor variación tiene. En resumen el pH cambia de acuerdo al ingrediente que se esté manejando, al ser estos en muy baja cantidad no afectaría mucho al nivel de pH y por ende no se sale del rango según la norma.

3.4 Resultados de Encuestas

3.4.1 Tamaño de muestra

Con la ecuación 2.5 se determinó a un nivel de confianza del 95%, Z_0 tiene un valor de 1,96, con una probabilidad de éxito del 95% y un 5% de probabilidad de fracaso, y con una precisión del 5%, se obtuvo un total de encuestas (n):

$$n = \frac{-Z_0^2 * p * q}{d^2}$$
$$n = \frac{1,96^2 * 0,95 * 0,05}{0,05^2} = 73$$

Se determinaron que 73 es la cantidad mínima de encuestas que se deben realizar para que los resultados sean considerados aceptables, pero se planteó una base de 76 encuestas para un mejor análisis.

3.4.2 Edad y Género

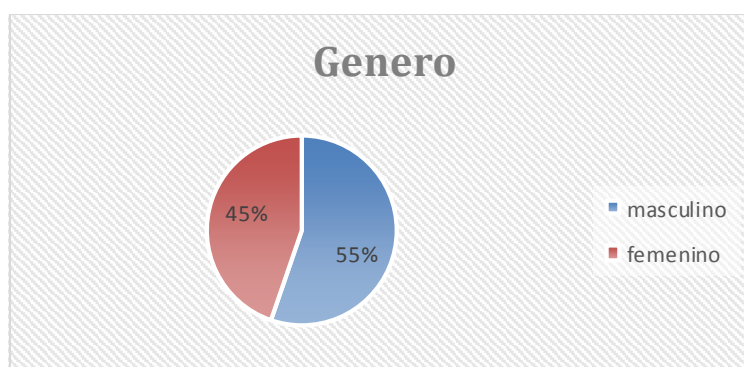


Figura 31. Resultado de encuestas género.

Fuente: (Autor)

Del total de las 76 encuestas realizadas, se obtuvo un rango de edad comprendidas entre 18 y 60 años, donde el 55% correspondió a hombres, mientras que el 45% a mujeres (Figura 31)

3.4.3 Consumo y frecuencia de cerveza artesanal

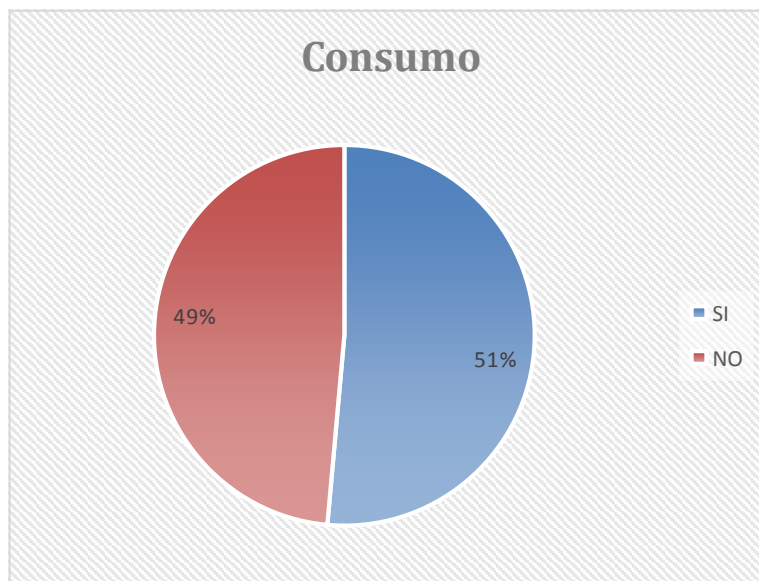


Figura 32. Resultado de encuestas consumo.
Fuente: (Autor)

El resultado de las encuestas a la pregunta de consumo de cerveza artesanal, se determinó que el 51% de los mismos si consumían esta bebida, mientras el 49% no lo hacía (Figura 32).

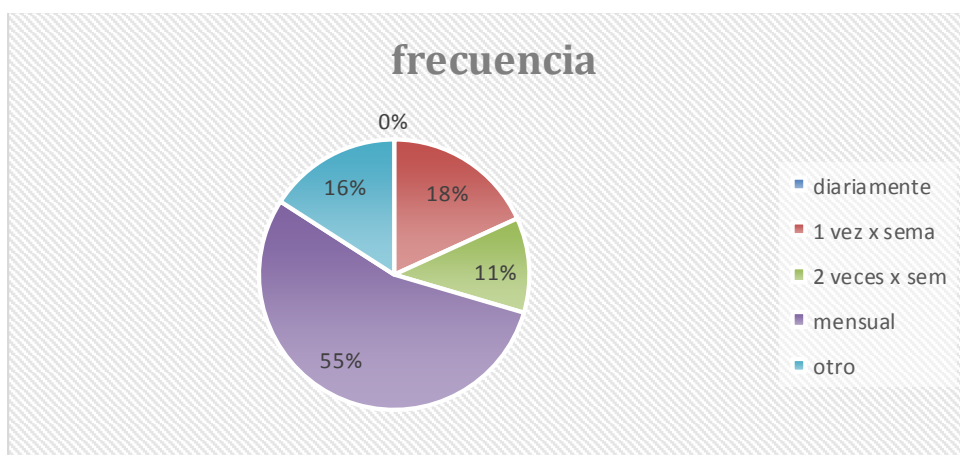


Figura 33. Resultado de encuestas frecuencia.
Fuente: (Autor)

Del total de las encuestas, el 51% se evaluó la frecuencia y por siguiente el análisis sensorial, donde se obtuvo que el mayor consumo de cerveza artesanal es “mensualmente” con el 55%, que coincide con el trabajo de (Suqui & Edwin, 2015) con el mayor porcentaje de

frecuencia mensual, seguida una “vez por semana” con el 18%, con un 16% a “otro” (cada 3, 6 meses o más) o respuestas como rara vez, finalmente con un 11% “2 veces por semana”, y diariamente no lo consumía nadie en estas encuestas (Figura 33).

3.4.4 Análisis Sensorial

Se toma referencia de (Loja, 2020), que también toma referencia diseñada por (Suarez, 2013), ya que los parámetros permiten evaluar con mayor facilidad las diferencias de las pruebas de cerveza, además este es un tipo de “Test de Calidad” las muestras se clasifican mediante una escala de calidad equilibrada que va de muy pobre a excelente calidad, el test de valoración varía de diversas maneras, incluyendo el número de participantes en el panel, la naturaleza de formación del panel, el tipo de criterios de calidad utilizados y las características del producto evaluado. (Flores, 2015)

3.4.4.1 Aspecto

De acuerdo al análisis sensorial se establecieron campos mediante una escala del 1 al 5, donde 1 era la calificación más baja y 5 la más alta, donde cada campo tiene una respuesta, que son: “Opaca” con calificación 1, “Turbia” con calificación 2, “Poco Turbia” con calificación 3, “Clara” con calificación 4, y “Clara y cristalina” con calificación de 5, ayudando al participante con una mejor calificación.

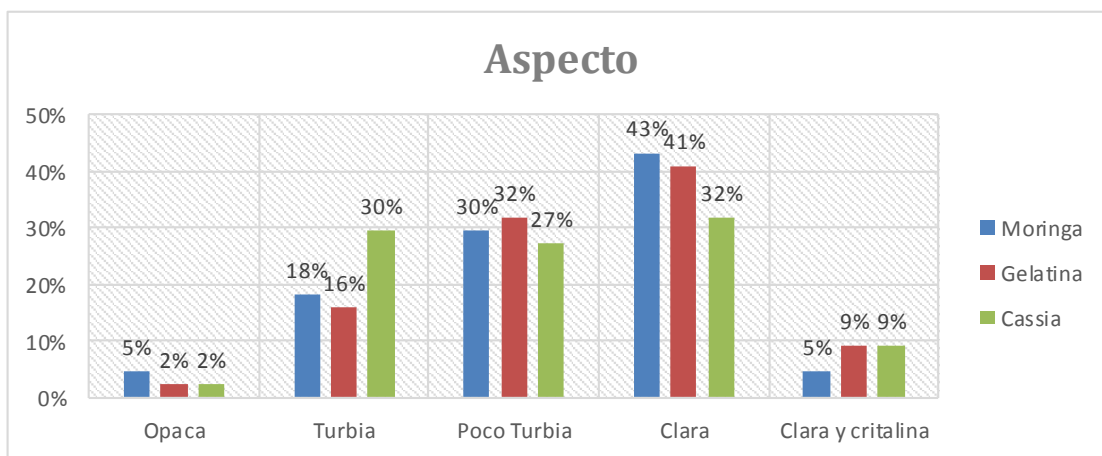


Figura 34. Resultado de encuestas análisis sensorial aspecto.
Fuente: (Autor)

Como se presenta en el gráfico de columnas agrupadas (Figura 34), se observa que la característica “Poco Turbia” y “Clara” son las más relevantes, donde la característica “Clara”

en donde los clarificantes moringa y la cassia tienen porcentaje de respuesta similar de 43% y 41% respectivamente, a diferencia de 32% de la cassia, por otra parte con una media de 30% calificaron como “Poco Turbia” a los 3 clarificantes, según (Loja, 2020) en sus resultados de aspecto la característica más relevante fue Clara con 37% y 32% lo determino como Turbia, lo cual son respuestas muy semejantes en porcentajes y característica.

3.4.4.2 Sabor

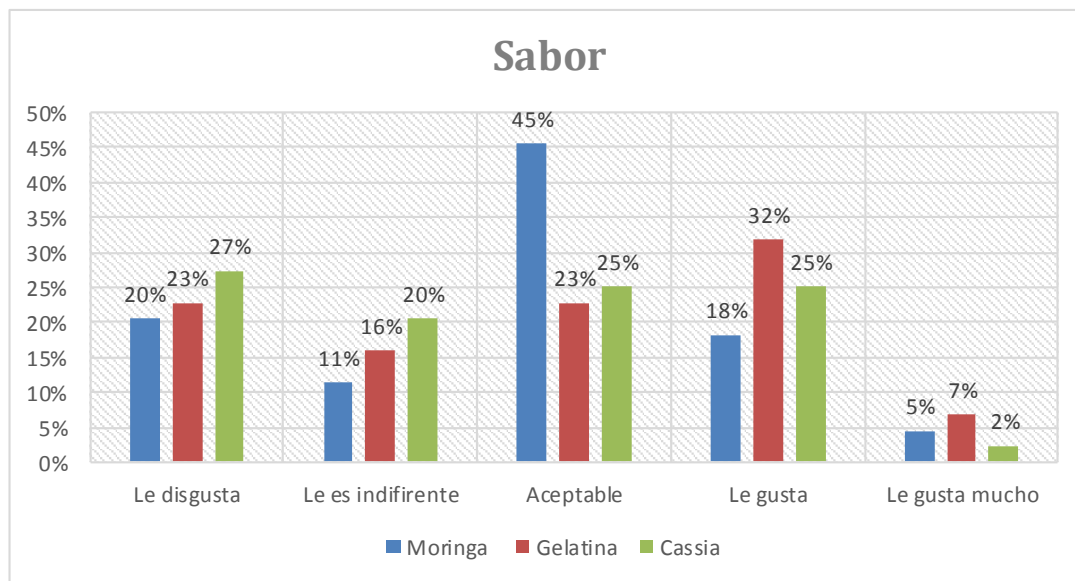


Figura 35. Resultado de encuestas análisis sensorial sabor.
Fuente: (Autor)

Siguiendo en el análisis en el gráfico de columnas agrupadas (Figura 35), se muestra un alto porcentaje que sobresale en “Aceptable” puntaje de 3, por parte de la moringa con un 45%, (Elizabeth & Abad, 2023) al adicionar plantas aromáticas obtuvo un puntaje de 3.8 a diferencia de una cerveza tradicional que su puntaje fue de 3.4 que es muy similar al presente trabajo, (Loja, 2020) además obtuvo mayor puntaje en respuesta “ácido” y “cereal”, lo que se asume es que dependiendo de la adición de ingrediente sobresale por su cantidad adicionada, ya sea por su sabor aroma o color en este caso sabor, además que cada uno tiene diferentes puntos de vista en cuanto a sabor se refiere y por ende la variabilidad de respuesta.

3.4.4.3 Olor

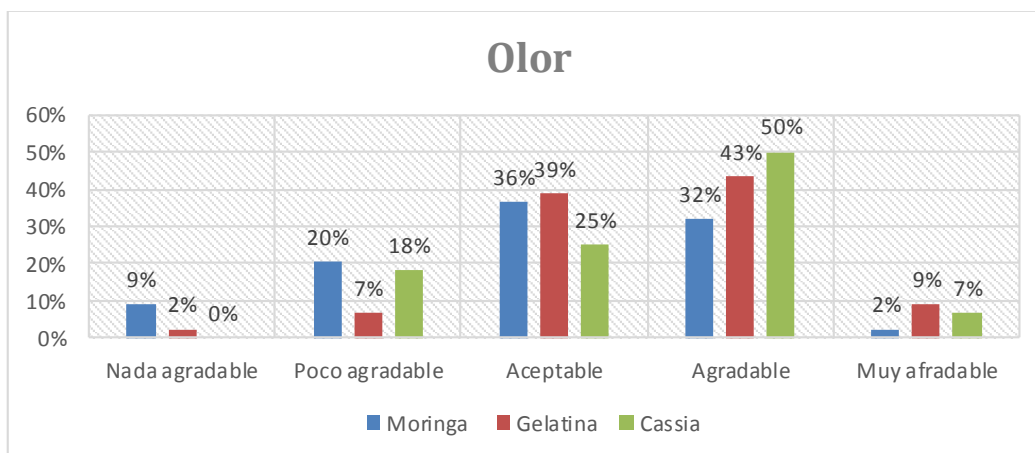


Figura 36. Resultado de encuestas análisis sensorial olor.
Fuente: (Autor)

Como se observa en el gráfico de columnas agrupadas (Figura 36), muestran en general por parte de los tres clarificantes, que el resultado con mayor porcentaje se agrupa en “Aceptable” (36,39 y 25%) y “Agradable” (32,43 y 50%), en menor porcentaje esta “Poco agradable” (18, 20 y 7%), siguiendo con menor porcentaje está en “Nada Agradable” (9,2 y 0%) y finalmente la respuesta de “Muy Agradable” con (9, 7 y 2%), (Suqui & Edwin, 2015) en su trabajo tiene un 59,25% de aceptabilidad en su mejor cerveza y porcentaje parecido al presente trabajo, con el mejor resultado “Agradable” porcentaje que es de 50 %, los mejores resultados están en el siguiente orden, la gelatina, seguido por la cassia y finalmente por la moringa.

3.4.4.4 Amargor

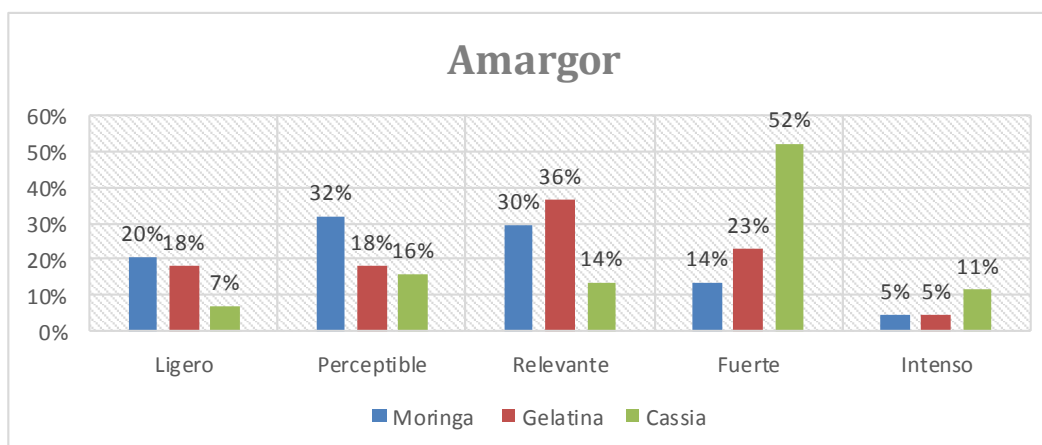


Figura 37. Resultado de encuestas análisis sensorial amargor.
Fuente: (Autor)

Finalmente como se observa en el gráfico de columnas agrupadas (Figura 37), la Cassia que sobresale en la característica “Fuerte” con un 52%, con respecto a gelatina que sobresale en “Relevante” con 36%, por otra parte la cassia sobresale en “Perceptible” con un 32%, según (Loja, 2020) su respuesta en amargor recayeron en “Perceptible” y “Relevante” considera que cada evaluador tiene su propia manera de percibir sabores olores, colores, etc. Donde se concuerda ya que las demás características son parecidas en porcentaje de calificación.

Unidades de amargor, cerveza	Programa 2001	10–40 BU
Unidades de amargor, mosto	Programa 2003	20–60 BU
Unidades de amargor según la ASBC, cerveza*	Programa 2021	10–100 IBU
Unidades de amargor según la ASBC, mosto*	Programa 2011	20–200 IBU

Figura 38. Valores estándar en conformidad con la MEBACK y con la ASBC
Fuente:(Hach, 2015)

En cuanto a valores estándar en conformidad con la MEBAK (Figura 38), son 10 – 40 BU (unidades de amargor, por su sigla en inglés) para la cerveza y 20 – 60 BU para el mosto. En conformidad con la ASBC (American Society of Brewing Chemists, por sus siglas en inglés), el rango de medición para la cerveza es de hasta 100 unidades (200 para el mosto) y se expresa en IBU (unidades internacionales de amargor, por su sigla en inglés). (HACH, 2015),

Tabla 16. Resultados de Absorbancia pasados a Unidades de Amargor.

Resultados de Color		
Clarificante	Absorbancia EBC	Unidades de Amargor BU
Gelatina 0,3	0,549	27,45
Cassia 1	0,877	43,85
Moringa 0,5	0,846	42,3

Fuente: (Autor)

Los resultados como se muestra en la (Tabla 16) en comparación con la Figura 38, el valor de 27.45 correspondiente al clarificante de gelatina entra en conformidad de MEBACK, en cuanto a la cassia y la moringa con valores similares, entre en conformidad de ASBC, en comparación con el análisis sensorial hay una concordancia en cuanto amargor, también (Jara & Cepeda, 2019) en su trabajo de cerveza artesanal variando el lúpulo, obtuvieron un resultado de 57 BU siendo su valor más alto en comparación de cassia y moringa.

En resumen de análisis sensorial, donde en primera; Aspecto, los tres clarificantes tuvieron respuesta en característica “Clara” calificación “3” siendo (43%,41% y 32%) los porcentajes más altos, por tanto con buena aceptación, en segunda Sabor, la moringa tiene mayor porcentaje con 45% en característica “Aceptable” con calificación “3” también con buena aceptación, los demás clarificantes difieren de resultados y se reparten en respuesta de porcentaje de calificación, en tercera Olor se mantuvo en característica “Aceptable” y “Agradable” calificación “3” y “4” siendo (50%,43% y 39%) los porcentajes más altos teniendo mayor calificación y nivel de aceptación, en último Amargor la cassia tuvo mayor respuesta en “Fuerte” calificación 4, los demás clarificantes difieren de resultados y se reparten en respuesta de porcentaje de calificación, En resumen los tres clarificantes tienen buena aceptación en aspecto y olor, con calificación 3 y 4, mientras que la moringa sobresale en sabor con calificación 3, la cassia tiene bastante amargor, con calificación 4.

3.5 Resultados Microbiológico

Tabla 17. Resultado de análisis microbiológico.

Muestra	Parámetro	Método	Unidad	Resultado
Moringa	Mohos y Levaduras	NTE INEN 15 29-10	UPC/ml	3×10^3
Referencia NORMA 2262 Cerveza Comercial	Mohos y Levaduras	NTE INEN 15 29-10	UPC/cm ³	50 máximo
Cerveza artesanal (RECALDE, 2017),	Mohos y Levaduras		UPC/ml	$9,2 \times 10^6$ $6,8 \times 10^5$ $2,3 \times 10^4$

Fuente: (Autor)

El resultado que se muestra en la (Tabla 17) es de la moringa en la primera parte, en segundo posición esta de referencia por parte de la NORMA 2262 para cerveza normal en esta primera comparación, pero en la tercera por parte de (Recalde, 2017), además en su trabajo menciona que la gran presencia de mohos y levaduras, se debe que existe por una mala filtración o por condiciones de que cervezas artesanales, ya que tienen grandes cantidades de microorganismos, parte de su investigación, sus resultados son mayores al

de la muestra de la moringa, por tanto se encuentra en resultado favorable en términos de cerveza artesanal.

(García,2017) en su trabajo menciona, que las bacterias ácidos lácticas (BAL), son reportadas como las responsables de más del 70% de las contaminaciones a cerveza, además que tienen la característica de resistencia a los iso-acidos del lúpulo, por estaparte en los resultados del presente trabajo no presenta presencia de estos microorganismos contaminantes, aunque si hay que tener mucho cuidado durante todo el proceso.

3.6 Optimización de Resultados

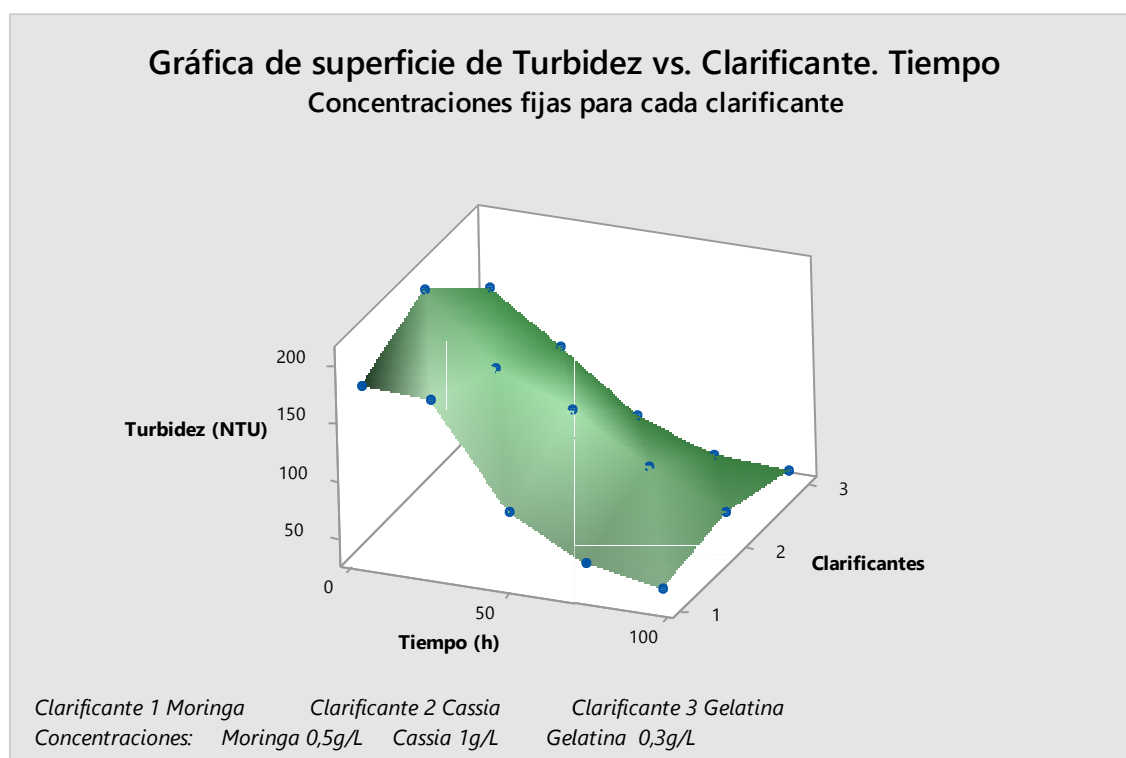


Figura 39. Grafica de superficie en minitab, diseño Box-Behnken.
Fuente: (Autor)

Como se observa en la (Figura 39), los clarificantes, se identifican con un número cada uno, además con las concentraciones definidas en experimento 1, los puntos óptimos en este caso son los mínimos, (Delzo et al., 2021) en su trabajo menciona de la variable principal que influye en su trabajo que también utiliza diseño Box-Behnken, por lo que en el presente trabajo la principal variable que influyó fue el tiempo, ya que las concentraciones óptimas fueron definidas en experimento 1, cabe decir que las concentraciones iniciales de turbidez de las muestras sobrepasaban los 800 NTU, y en resultado al cabo de 2 horas son menores

a 250 NTU y los mínimos valores obtenidos son por debajo de 100 NTU en un tiempo de 96 horas, un seguimiento más detallado se puede apreciar en el siguiente (Figura 40).

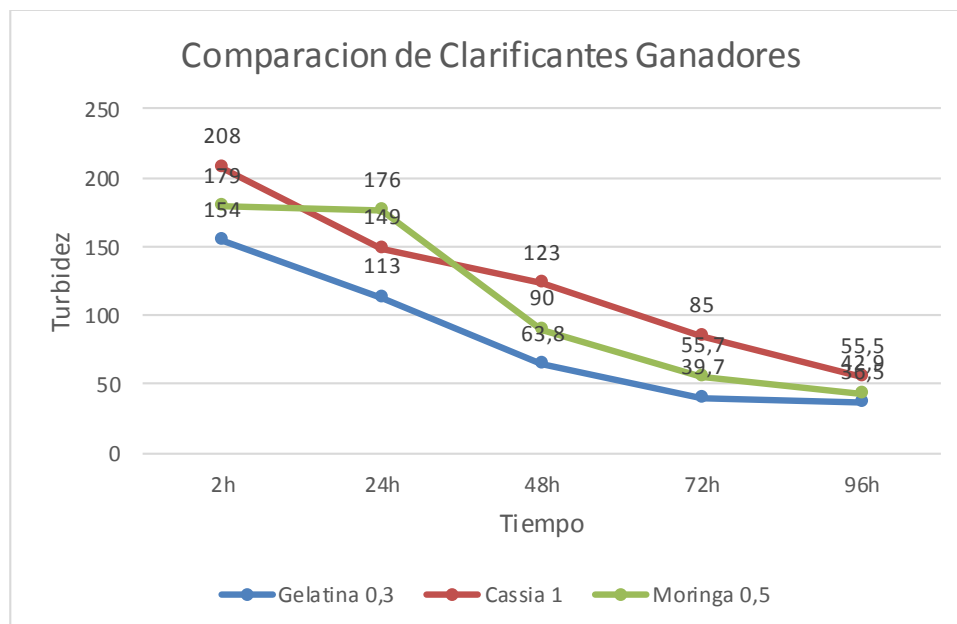


Figura 40. Resultado medición de turbidez de ganadores en concentración de 0.3, 0.5 y 1 g/L con tres clarificantes.

Fuente: (Autor)

(Cortés, 2017) en su trabajo de cervezas artesanales tipo Strong Ale y Blonde Ale, sus valores de turbidez fueron de 37,64 NTU y 24,85 NTU respectivamente, que son valores un poco más bajos comparados al presente trabajo, como se observa en la (Figura 40), los resultados de los clarificantes con su concentración ideal definidas en experimento 1, en tiempo de variación de 5 días, los resultados son de 55,5 y 42,9 NTU de Cassia y de Moringa respectivamente, cabe recalcar en la variación de tratamiento de la moringa se puso directamente como polvo fino, dando mejor resultado de clarificación, los resultados son favorables ya que entran en rango para cerveza de referencia Amber Ale que está alrededor de 59,3 NTU de turbidez total, según (Hach, 2017), compañía experta en equipos de medición de turbidez.

En comparación a otros trabajos sobre cerveza artesanal se puede observar que es menor a los resultados de (Rojas, 2023), con valores 58,4 a 86,6 NTU pero muy cercanos, y por parte de (Loja, 2020) en sus resultados van desde 6 a 32,6 NTU este último son valores parecidas cervezas tipo lager con valores muy bajos, en resumen se ha tenido una buena clarificación entrando en rango de cerveza artesanal y respecto a otros trabajos.

Tabla 18. Eficiencia de remoción por parte de los tres clarificantes a diferentes tiempos.

Clarificantes	Porcentaje remoción (5 días)	Porcentaje remoción (2 horas)
Cassia	93%	74%
Moringa	94%	77%
Gelatina	95%	80%

Fuente: (Autor)

En lo que se refiere a eficiencia la cassia tiene una eficiencia de 93%, mientras que la moringa tiene un 94% de eficiencia, estos resultados a lo largo de 5 días con dosificación ideal, a diferencia de la gelatina que tiene el 95% de eficiencia, no siendo mucho la diferencia, (Feria et al., 2014) en su trabajo en tiempo de 30 minutos alcanzo eficiencias de 70 y 85%, con *moringa oleífera*, pero en aguas de rio, en comparación al presente trabajo, hay una similitud con eficiencias del 74% para la cassia y del 77% para la moringa, a tiempo de 2 horas, en otra comparación con (Gómez, 2010), en su trabajo la mejor dosis fue de 25ml/L, con una eficiencia de 69% utilizando moringa, aunque los resultados varían ya que son diferente muestras, se puede observar que está cerca el rendimiento de remoción, con respecto a la gelatina que tiene el 80%, siendo éste el más efectivo a corto tiempo.

4 Conclusión

Se preparó y estandarizó los clarificantes naturales que son; *Cassia didymobotrya* y *Moringa oleífera*, dando mejor resultado la *Moringa* sin extraer el coagulante activo, y colocando directamente el polvo fino a la muestra a clarificar, mientras para la *Cassia* dio mejor resultado extrayendo el coagulante activo.

El uso del método experimental Box-Behnken, permitió la reducción de tratamientos un total de 15 tratamientos, también dio la repetitividad y la aleatoriedad a los diferentes experimentos, siendo efectivo en cuanto a la variable de respuesta ya que se dio un seguimiento en los tiempos acordados.

El objetivo fundamental se pone de manifiesto a lo largo de la investigación al tener la pruebas Físico-Químicas, donde se constata en primera parte los mejores resultados de concentración son; 1g/L para *cassia* y de 0,5g/L para *moringa*, por otra parte los resultados de turbidez son efectivos a lo largo de 5 días de clarificado con resultados de 55,5 NTU para *cassia* y 42,9 NTU para *moringa*, entrando en rango para cerveza artesanal de referencia Amber Ale, que está alrededor de 59,3 NTU de turbidez total, por otra parte los resultados de color obtenidos son; 11,13 EBC para *cassia* y de 10,7 EBC para *moringa*, estos colores son comparados por una tabla de referencia y están dentro de cervezas artesanales, inclusive que son con tonos más claros como son Weisbier y American Pale Ale o India Pale Ale, con tono amarillo y amarillo oscuro, y finalmente a la variable de respuesta pH, no varía mucho a lo largo del tiempo, ya que su valor máximo es de 4,29 y el mínimo de 4.15, además los valores obtenidos cumplen con la norma NTE INEN 2262.

Los resultados del análisis sensorial de panel no entrenado, son de 4 parámetros empezando con el aspecto relacionado al clarificado, en resumen teniendo alto porcentaje en respuesta de “Poco Turbia” y “Clara” corroborando que tiene buena clarificación en las muestras ganadoras, por parte de olor tiene buena calificación teniendo mayor porcentaje en “Aceptable” y “Agradable”, en cuanto a olor y aspecto tienen buena calificación, en otra parte el “Sabor” y “Amargor” difieren de resultados y se reparten en respuesta de calificación, a excepción de *moringa* que tiene el 45% en respuesta de “Aceptable” en cuanto a sabor y *cassia* que tiene un 50% en respuesta de “Fuerte” en cuanto a amargor.

Se comparó y evaluó los resultados de los 15 tratamientos, optimizando los ganadores, para gelatina sin sabor, *cassia didymobotrya* y *moringa oleífera* donde el tiempo de clarificación ideal estaría en 5 días, tiempo que se destina a la cerveza para el madurado, tanto para *cassia* y la *moringa*, las concentraciones ideales son de 0,5/L para *moringa* y de 1g/L para la

cassia en comparación de 0,3g/L de la gelatina (Referencia) , y finalmente la manera más efectiva para moringa es sin extracción del coagulante y para la cassia con extracción de coagulante activo.

Finalmente, en términos de eficiencia a tiempo mínimo de 2 horas será de 74% para la cassia y del 77% para la moringa, mientras que en tiempo de 5 días aumenta su eficiencia de clarificación, la cassia aumenta al 93%, mientras que la moringa aumenta al 94% de eficiencia.

5 Recomendación

Se recomienda potenciar el proceso de clarificado mediante otros métodos y variando parámetros, ya que se ha demostrado que cada clarificante tiene una cantidad exacta de concentración que se hace por litro de líquido.

También se recomienda dosificar el clarificante de acuerdo a la turbidez inicial, ya que se ha visto en varias revisiones bibliográficas que se varía la turbidez inicial o nivel de contaminación inicial y se ajusta una dosis para esa cantidad.

Se recomienda también no utilizar la *cassia dydymobotrya* en altas cantidades para clarificar, ya que en un trabajo se menciona que sus semillas y hojas son venenosas.

De acuerdo a la eficiencia dependerá del tiempo de remoción siendo el más efectivo la gelatina, pero los tres clarificantes superan en las primeras 2 horas el 70 %, por lo que es recomendable utilizar cualquier clarificante como una primera remoción en una primera etapa.

Referencias

- Albán, Y., & Caiza, C. (2020). Evaluación de la incorporación de Aguamiel de agave y plantas aromáticas en la elaboración de Cerveza Artesanal. *Universidad Técnica de Cotopaxi UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI*, 1, 155.
- Alonso, m. (2020). Métodos de elaboración de cerveza sin gluten. *Universidad Complutense facultad de farmacia*, 1–20.
- American Amber Ale - El Paraíso de la Cerveza*. (2023). <https://elparaisodelacerveza.com/tipos-de-cervezas/cervezas-ale/american-amber-ale/>
- Arley, E., & Chavarría, V. (2023). *Diseño de una planta de tratamiento con osmosis inversa 1*. Universidad de Antioquia.
- ARTESANA, C. (2019). tres gatos Cerveza Artesanal. *Artesanal Babarian*, 79.
- Artesanal, C. (2015). *Cómo aclarar la cerveza artesanal hecha en casa | Cómo hacer cerveza artesanal en casa*. <https://www.cerveza-artesanal.co/como-aclarar-la-cerveza-artesanal-hecha-en-casa/>
- Asocerv. (2022). *Ecuador reactiva el turismo local e internacional con la cerveza artesanal*. <https://asocerv.beer/noticia/articulo/Ecuador-reactiva-el-turismo-local-e-internacional-con-la-cerveza-artesanal>
- B. VANEGAS, N. L. (2020). Recopilación del uso de coagulantes naturales para remoción de turbiedad en aguas en América latina. In *Bogotá D.C. 2020* (Vol. 21, Issue 1). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Badii, M. H., Castillo Rodríguez, M., Wong, A., & Villalpando, P. (2017). Diseños experimentales e investigación científica. *Revista Innovaciones de Negocios*, 4(8), 283–330. <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-5>
- Barreto Pardo, J. S., Vargas Moncada, D. K., Ruiz Martínez, L. E., & Gomez Ayala, S. L. (2019). Evaluación de coagulantes naturales en la clarificación de aguas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(1), 105–116. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/3081/3662>
- Bravo, M. A. (2017). Coagulantes Y Floculantes Naturales Usados En La Reducción De Turbidez, Sólidos Suspendidos, Colorantes Y Metales Pesados En Aguas Residuales. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5609/1/BravoGallardoMonicaAlejandra2017.pdf>
- CAJAMAR. (2016). ARBOL MULTIUSO DE INTERES FORESTAL. *ADNAgro(Negocio Agroalimentario y Cooperativo)*, 25(3), 12.
- Calvillo, E. (2017). La Cerveza Artesanal Una experiencia multisensorial. *Deloitte*, 11, 32. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2017/Cerveza-Artesanal-Mexico-2017.pdf>
- Camacho Chulluncuy, C. N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería*

- Industrial*, (29), 153–170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428495008>
- Carlos, L., Dosal, O., & Clarificación, L. A. (2019). Principios de la clarificación. *Universidad Autónoma de Zacatecas*, 1–12.
- Cerveceros, M. (2022). *American Amber Ale – Mundo Cerveceros*. <https://www.mundocerveceros.com/producto/american-amber-ale/>
- Cerveza Artesana. (2015). Manual para elaborar cerveza en casa a nivel All-grain. *Private Classes Learning Center*, 16. <https://www.cervezartesana.es/>
- Cortés Montaña, D. (2017). Análisis comparativo de cervezas artesanales extremeñas. *Escuela de Ingeniería Agraria*, 61. <http://dehesa.unex.es/handle/10662/6875>
- Delzo, A., Huari, O., & Salazar, J. (2021). Un Pico Sistema Solar Fotovoltaico Box - Behnken Design To Optimize the Performance of a Peak Photovoltaic Solar System. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*, 31, 97–101.
- DÍAZ, D. (2018). ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE, A PARTIR DE MALTA PREPARADA CON AMARANTO Y OTROS CEREALES. *UDLA ESCUELA DE GASTRONOMÍA*, 6(1), 76. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1120700020921110%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ruma.2018.06.001%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.arth.2018.03.044%0Ahttps://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1063458420300078?token=C039B8B13922A2079230DC9AF11A333E295FCD8>
- Edelstoff. (2020). *¿Cómo es una cerveza Barley Wine? - Edelstoff*. <https://www.edelstoff.cl/como-es-una-cerveza-barley-wine/>
- Enrique, R., & Verbel, O. (2020). *Opuntia Ficus y Moringa oleifera y sus efectos como clari cantes en aguas turbias Opuntia Ficus y Moringa oleifera , y sus efectos como clarificantes en aguas turbias* (S. E. U. del A. 2020 & I. 978-958-5131-99-6 (Eds.); Sello Edit). Impreso y hecho en Barranquilla, Colombia. Ditar S.A. www.ditar.co Kilómetro 7, Vía a Juan Mina. Parque Industrial Clavería.
- FAO. (2017). ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). *Proyecto TCP/RLA/3014*, 1, 41.
- Feria, J., Bermúdez, S., & Estrada, A. (2014). Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. *Producción + Limpia*, 9(1), 9–22. <https://doi.org/10.22507/pml.v9n1a1>
- Fernández Bao, S. (2020). Diseño de Experimentos: Diseño Factorial. *Upc*, 73 Pag. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM_Fernandez_Bao_Sheila.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ferreira, L. (2014). Elaboración de cerveza : Historia y evolución , desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales. *Cátedra de Agroindustrias y Laboratorio de Investigación En Productos Agroindustriales, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales UNLP.*, 1–69. <http://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final-Leonel-Ferreira-.pdf>
- Flores, N. A. (2015). Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. *Universidad De Chile Facultad De Ciencias Químicas Y Farmacéuticas*, 1, 1–97.

- <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137798/Entrenamiento-de-un-panel-de-evaluacion-sensorial-para-el-Departamento-de-Nutricion-de-la-Facultad-de-Medicina-de-la-Universidad-de-Chile.pdf?sequence=1>
- GALLARDO, F. (2021). Estudio de los Métodos de Floculación y filtración empleados para la clarificación de distintos Hidromieles. In *Frontiers in Neuroscience* (Vol. 14, Issue 1).
- GARCÍA, J. G. (2017). *Universidad autónoma de nuevo león facultad de ciencias forestales*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN.
- Garrido, P. N. (2018). Moringa-Final-Pag-Simples. *ACF (Accion Contra El Hambre) International*, 36.
- Gisbert Verdú, M. (2016). Diseño del proceso industrial para la elaboración de cerveza. *Universidad Politécnica de Valencia. Campus de Alcoy*, 78. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73275/Diseño y puesta en marcha de una planta elaboradora de cerveza.pdf?sequence=3](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73275/Diseño_y_puesta_en_marcha_de_una_planta_elaboradora_de_cerveza.pdf?sequence=3)
- González, M. G. (2019). Diseño y dimensionamiento de una línea de elaboración de cerveza artesana acondicionada en botella con levadura no-Saccharomyces, con una capacidad de TRABAJO FIN DE GRADO Autor : María Galicia González Tutor : María Jesús Callejo González Junio de 2019. In *UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID*.
- Gordon, S., & England, K. (2015). Guía de Estilos de Cerveza. *Beer Judge Certification Program*, 108.
- GUTIERREZ, J. (2022). Moringa Oleífera como coagulante para la disminución de la turbidez en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Tundayme - cantón El Pangui, provincia de Zamora Chinchipe. *UNIVERSIDAD POLOTECNICA SALESIANA*, 1, 154. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22948>
- Guzmán C., L. E., Taron D, A. A., & Nuñez M., A. (2015). POLVO DE LA SEMILLA Cassia fistula COMO COAGULANTE NATURAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 123. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(13\)123-129](https://doi.org/10.18684/bsaa(13)123-129)
- Hach. (2015). DR6000 en la industria cervecera : Métodos importantes en conformidad con la MEBAK y la ASBC. *Nota De Aplicación: Dr6000 Conforme a Los Métodos Mebak Y Asbc*, 10 mm, 8. <https://co.hach.com/asset-get.download.jsa?id=50904526663%0A>
- Hernández Cruz, E. E. (2007). Estudio Comparativo de Diseños Experimentales de Superficie de Respuesta para la Optimización de Factores Limitantes en Procesos Industriales-Edición Única. *Tecnológico de Monterrey*, 1–108. file:///C:/Users/HP CORE I3/Downloads/DocsTec_6278.pdf
- Ibarzabal, A. (2020). Cervezas Artesanales: Estudio Comparativo De Ibus Obtenidos Por Cálculo De Tablas Y Los Cuantificados Por Espectrofotometría. *Almirante Brown 500, Chacras de Coria-Lujan de Cuyo*, 1–53. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/15568/tesis-ibarzabal.pdf
- Instituto Tecnológico Agroalimentario. (2012). Mejores técnicas disponibles en el sector cervecero. *Cerveceros de España*, 119. https://prtr-es.es/data/images/la_industria_cervecera-74f8271308c1b002.pdf
- Jaramillo, A. C., Echavarría, A. M., & Hormaza, A. (2013). Diseño Box-Behnken para la optimización de la adsorción del colorante azul ácido sobre residuos de flores. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18), 75–91. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.9.18.4>
- JardineriaOn. (2023). *Senecio barbertonicus: características principales y cuidados*.

- <https://www.jardineriaon.com/senecio-barbertonicus.html>
- L. CARVAJAL, M. I. (2010). ELABORACION DE CERVEZA UTILIZANDO CEVADA Y YUCA. *Universida Tecnica Del Norte*, 1(1), 164. <https://doi.org/10.1007/BF02095192>
- Lalinde Peña, E., & Moreno García, T. (2015). Operaciones Básicas de Laboratorio. *Manual*, 86. <https://www.unirioja.es/dptos/dq/docencia/material/obl/OBLFINAL.PDF>
- Loja, E. (2020). "Elaboración de cerveza tipo Ale utilizando almidón de achira (Canna indica), como reemplazo parcial de malta." *Universidad de Cuenca*, 1, 1–93.
- Luganda, M., Lugishu, M., & Sebei, M. (2016). Senna didymobotrya (Cassia didymobotrya) Caesalpiniaceae Senna didymobotrya (Cassia didymobotrya) Caesalpiniaceae. *Caesalpiniaceae*, 564–565.
- Lúpulo. (2021). ► *Cervezas LAMBIC, cervezas de fermentación espontánea* ↗ □ *Loopulo*. <https://loopulo.com/conocer/cervezas-lambic-unicas-en-el-mundo/>
- M. DALMASSO, L. G. (2018). Laboratorio microbiológico en cervecerías. *Trabajo, Normas D E Laboratorios, E N Microorganismos, Manejo D E El, E N Cultivo, Medios D E*, 23.
- MAHR, S. (2014). Popcorn Cassia , Senna (= Cassia) didymobotrya. *Information, Horticulture Gardener, Wisconsin Master*, L, 2.
- Maltegroup. (2008). Elaboración De Cerveza. *Maltegroup*, 7. <https://es.malteurop.com/nuestra-actividad/maltas/malteado>
- Mandeville, P. B. (2012). *Redalyc. Tema 28: Diseños experimentales*. 5(57), 151–155. <https://www.redalyc.org/pdf/402/40223164022.pdf>
- Martínez, C. (2015). *Análisis prospectivo al 2020 de la industria de la cerveza artesanal en el Ecuador como generadora de crecimiento económico*. 101.
- Mendoza, I., Fernández, N., & Ettiene, G. (2000). Uso de la Moringa oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas Use of Moringa oleifera as coagulant in the water treatment. *Ciencia* 8, 8(August), 235–242.
- Mora, J. S., & Gacharná, N. (2015). El árbol milagroso: la moringa oleifera. *Biodiversidad Colombia*, 0(5), 49–58.
- MordorIntelligence. (2022). *Mercado de la cerveza artesanal | 2022 - 27 | Participación, tamaño y crecimiento de la industria - Mordor Intelligence*. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/craft-beer-market>
- Musau, J., & Wanjiru, I. (2020). Phytochemical Screening and in vitro Antibacterial Activity of Cassia didymobotrya Fres. *Website: Wwww.Ijrrjournal.Com Original Research Article International Journal of Research and Review (Ijrrjournal.Com)*, 7(10), 33. www.ijrrjournal.com
- Nieto, C.; Orellana, V. (2011). Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante. *UNIVERSIDAD POLOTECNICA SALESIANA*, 132. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1510/16/UPS-CT002068.pdf>
- NTE INEN. (2016). Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 1, 18. <http://www.normalizacion.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2014/03/1334-1-4.pdf

- P. SPECTROQUANT. (2020). Métodos de análisis para la industria cervecera. *Supelco Analytical Products*, 130. https://www.merckmillipore.com/INTERSHOP/web/WFS/Merck-ES-Site/es_ES/-/EUR/ShowDocument-File?ProductSKU=MDA_CHEM-173017&DocumentId=201611.034.ProNet&DocumentUID=39334433&DocumentType=PI&Language=ES&Country=NF&Origin=PDP
- PICO, M. (2017). Marlon Mauricio Pico Vargas Universidad San Francisco de Quito USFQ Colegio de Ciencias e Ingenierías Marlon Mauricio Pico Vargas. *Universidad San Francisco de Quito USFQ*, 1, 40.
- Pierre-Oliver Bergeron. (2018). The Brewers of the Europe. *BeerWisdom.Eu*, 69.
- QUISHPE, K., & Guadalupe, A. (2012). Introducción a la elaboración de cerveza artesanal. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA*, 12–15.
- RAMON, A. D. (2019). Aplicación de técnicas de modelado para la optimización de la energía generada en pilas de combustible microbianas. *UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA*, 101.
- Ramos, I. P., & Caira, J. (2017). Elaboración, caracterización y aceptabilidad de cerveza artesanal utilizando la coca (*Erythroxylum coca*) como sustituto del lúpulo. *Universidad Nacional Del Altiplano*, 88. <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/8702>
- Rivera Jara, M. A., & Naula Cepeda, I. X. (2019). Elaboración De Cerveza Artesanal Con Sustitución De Lúpulo Con Plantas Endémicas Del Ecuador. *Universidad de Guayaquil*, 85. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/42163/1/BINGQ-GS-19P44.pdf>
- RODRIGEZ, N. (2022). Facultad de Ciencias Químicas Ingeniería Química Trabajo de titulación previo a la obtención del título de : Ingeniero Químico Autor : Nelson Geovanny Rodríguez Gómez CI : 1900482520 Correo electrónico : nelson.rodriguezg@ucuenca.edu.ec Directora : Ing . *Universidad de Cuenca*, 1, 137.
- Rogelia, K., & Gutiérrez, G. (2010). Eficiencia del coagulante de la semilla de Moringa oleifera en el tratamiento de agua con baja turbidez Eficiencia del coagulante de la semilla de Moringa oleifera en el tratamiento de agua con baja turbidez. *Zamorano, -Honduras*, 20.
- ROJAS, S. (2023). Facultad de Ciencias Químicas Carrera de Ingeniería Química Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Química Tutora : Cuenca , Ecuador. *Universidad de Cuenca*, 1, 91.
- S.FREIXES, & PUNSOLA, A. (2011). El mundo de la CERVEZA ARTESANAL. *Geotermia*, 24(1), 24.
- Solórzano, p. (2020). *Influencia de la adición de pulpa de piña y esencia de coco en la obtención de cerveza artesanal a partir de cebada y maíz, en la empresa cervecera artesanal madero* (issue 593). Universidad técnica estatal de quevedo.
- Suqui, H., & Edwin, P. (2015). Implementación de un Sistema de fermentación para la elaboración de cerveza artesanal con la utilización de tres variedades de cebada. *UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE CUENCA*, 6(August), 104.
- Torrente, S. (2019). Aprovechamiento de los subproductos generados en la industria cervecera. *Facultad de Farmacia, Universidad Computense*, 1–20.

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/SANDRA ESTEBAN TORRENTE.pdf>

- TUPUNA, D. (2022). *Santiago, D., & Yerovi, T. (2012). OBTENCIÓN DE JUGO CLARIFICADO CONCENTRADO DE MORTIÑO (Vaccinium floribundum Kunth) MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS.* Santiago, D., & Yerovi, T. (2012). OBTENCIÓN DE JUGO CLARIFICADO CONCENTRADO DE MORTIÑO (Vaccinium floribundum Kunth) MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS.
- UNAM. (2023). *Beneficios nutritivos y medicinales de la moringa - Ciencia UNAM.* Direccion General de Divulgacion de La Ciencia.
https://ciencia.unam.mx/leer/261/Beneficios_nutritivos_y_medicinales_de_la_moringa
- Velázquez, G. S. (2022). EFICIENCIA DE LAS ESTRATEGIAS DE MERCADOTE CNIA EN LA INDUSTRIA DE CERVEZA ARTESANAL DE TIJUANA , BAJA CALIFORNIA. *Universidad Autonoma de Baja California*, 268.
- Vera, A. E. G. (2018). ELABORACIÓN DE CERVEZA AMBER ALE DE ALTA FERMENTACIÓN SABORIZADA Y AROMATIZADA CON FRUTAS Y PLANTAS AROMÁTICAS ECUATORIANAS. *Analytical Biochemistry*, 11(1), 126. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-59379-1%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-420070-8.00002-7%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.ab.2015.03.024%0Ahttps://doi.org/10.1080/07352689.2018.1441103%0Ahttp://www.chile.bmw-motorrad.cl/sync/showroom/lam/es/>
- Villarreal Gómez, A., & Ortega Angulo, K. J. (2014). Review of characteristics and uses of the plant *Moringa oleifer*. *Investigación & Desarrollo*, 22(2), 309–330.
<https://doi.org/10.14482/indes.22.2.6272>
- Wendemagegn, S. M. (2016). *Formulation of Cassia Didymobotrya Leaf Laxative.* November.
- Zeas, B., & Cárdenas, J. (2018). Estudio técnico económico del uso de la moringa como coagulante-floculante en aguas superficiales. *Universidad de Guayaquil*, 59–74.
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33224/1/401-1329-uso-de-la-moringa-como-coagulante-floculante.pdf>

Anexos**Anexo A Encuesta para el análisis Sensorial**

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

Encuesta de aceptación de cerveza artesanal tipo Pale Ale, y posterior evaluación sensorial con criterios de; sabor, color, aroma y amargor.

EDAD _____

GÉNERO: MASCULINO _____ FEMENINO _____

La siguiente encuesta tiene fines de investigación, con lo cual se pide contestar con criterio y la mayor sinceridad.

1 ¿Consume usted cerveza artesanal?

Sí _____ No _____

Si su respuesta es **No**, dé por terminado la encuesta.

Si su respuesta es **Sí**, continúe respondiendo las siguientes preguntas

2 ¿Con que frecuencia lo consume?

- Diariamente _____
- Una vez a la semana _____
- Dos veces por semana _____
- Mensualmente _____
- Otro (especifique) _____

Marque con una X los casilleros vacíos, de acuerdo a su criterio y al número de muestra que sea evaluado.

3 Aspecto Se realiza pruebas de aspecto, mediante un rango de ponderación en el siguiente orden: opaca, turbia, poco turbia, clara, clara y cristalina. Siendo 1 la calificación más baja correspondiente a “opaca” y 5 la calificación más alta correspondiente a “clara y cristalino”.

1(opaca)**2(turbia)****3(poco
turbia)****4(clara)****5 (clara y
cristalina)****Aspecto**

4 Sabor Se realiza pruebas de sabor y color, mediante un rango de ponderación en el siguiente orden: le disgusta, le es indiferente, aceptable, le gusta, le gusta mucho. Siendo 1 la calificación más baja correspondiente a “le disgusta” y 5 la calificación más alta correspondiente a “le gusta mucho”.

1(Le disgusta)	2(le es indiferente)	3(aceptable)	4(le gusta)	5 (le gusta mucho)
---------------------------	---------------------------------	---------------------	--------------------	-------------------------------

Sabor

5 Olor Se realiza pruebas de olor, mediante un rango de ponderación en el siguiente orden: muy agradable, agradable, poco agradable y nada agradable. Siendo 1 la calificación más baja correspondiente a “nada agradable” y 5 la calificación más alta para “muy agradable”.

1(nada agradable)	2(Poco agradable)	3(Aceptable)	4(Agradable)	5 (Muy agradable)
------------------------------	------------------------------	---------------------	---------------------	------------------------------

Anexo B Resultado de análisis microbiológico



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS


DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:

Solicitado por: Wilson Ordoñez
 Número de muestras: 1
 Tipo de muestras: Cerveza artesanal Blonde Ale
 Fecha de análisis: 24 al 28 de abril de 2023
 Fecha de informe: 02 de mayo de 2023
 Muestras entregadas en este laboratorio

Inspección de la muestra: Muestras en envase de vidrio cantidad aproximada 330 ml.

INFORME DEL RESULTADOS

PARÁMETRO	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
	MUESTRA	
Mohos y levaduras (UPC/ml)	3×10^5	NTE INEN 1 529-10


ANALISTA RESPONSABLE DEL
MARIA MAGDALENA
MONTALBANA AQUILLA
Bioquímico Analista

Anexo C Evidencia fotográfica de Elaboración Análisis Laboratorio







Anexo D Realización de diseño Box Behnken

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Sesión

Resultados para: Hoja de trabajo 2

Diseño de Box-Behnken

Factores: 3 Réplicas: 1
 Corridas base: 15 Total de corridas: 15
 Bloques base: 1 Total de bloques: 1

Puntos centrales: 3

Crear diseño de superficie de respuesta: Factores

Factor	Nombre	Bajo	Alto
A	Tipo Clarificante	1	3
B	Concentracion	0,3	1
C	Tiempo	2	48

Ayuda Aceptar Cancelar

+	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Tipo Clarificante	Conc	Tiempo	Turbidez										
1	15	1	0	1	2													
2	4	2	2	1	3													
3	10	3	2	1	2	1,00	2											
4	3	4	2	1	1	1,00	25											
5	11	5	2	1	2	0,30	48											
6	13	6	0	1	2	0,65	25											
7	14	7	0	1	2	0,65	25											
8	12	8	2	1	2	1,00	48											
9	7	9	2	1	1	0,65	48											
10	1	10	2	1	1	0,30	25											

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Sesión

Coefficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante		278,7	35,0	7,97	0,001	
Tipo Clarificante	-45,4	-22,7	21,4	-1,06	0,337	1,00
Concentracion	50,2	25,1	21,4	1,17	0,294	1,00
Tiempo	-569,7	-284,9	21,4	-13,31	0,000	1,00
Tipo Clarificante*Tipo Clarificante	-54,4	-27,2	31,5	-0,86	0,428	1,01
Concentracion*Concentracion	-55,9	-27,9	31,5	-0,89	0,416	1,01
Tiempo*Tiempo	410,0	205,0	31,5	6,51	0,001	1,01
Tipo Clarificante*Concentracion	167,9	84,0	30,3	2,77	0,039	1,00

Hoja de trabajo 2 ***

+	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Tipo Clarificante	Concentracion	Tiempo	Turbidez										
2	4	2	2	1	3	1,00	25	358,0										
3	10	3	2	1	2	1,00	2	679,0										
4	3	4	2	1	1	1,00	25	226,0										
5	11	5	2	1	2	0,30	48	182,0										
6	13	6	0	1	2	0,65	25	284,0										
7	14	7	0	1	2	0,65	25	291,0										
8	12	8	2	1	2	1,00	48	196,0										
9	7	9	2	1	1	0,65	48	158,0										
10	1	10	2	1	1	0,30	25	257,0										

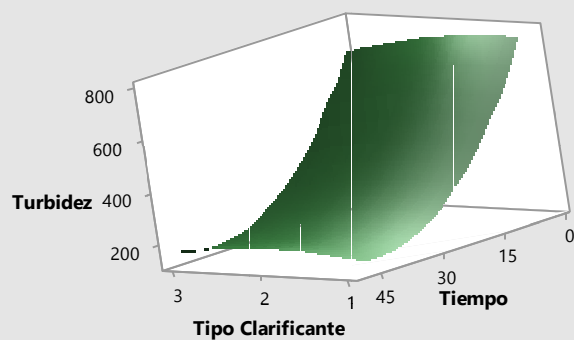
Sesión

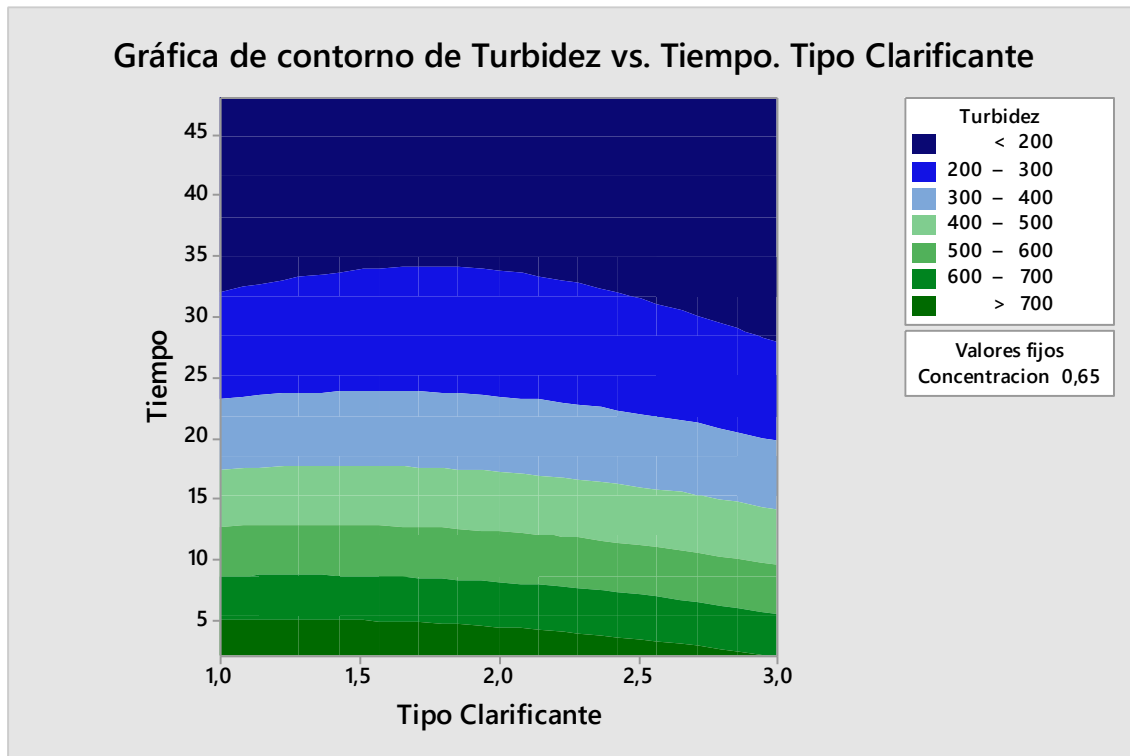
Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante		278,7	35,0	7,97	0,001	
Tipo Clarificante	-45,4	-22,7	21,4	-1,06	0,337	1,00
Concentracion	50,2	25,1	21,4	1,17	0,294	1,00
Tiempo	-569,7	-284,9	21,4	-13,31	0,000	1,00
Tipo Clarificante*Tipo Clarificante	-54,4	-27,2	31,5	-0,86	0,428	1,01
Concentracion*Concentracion	-55,9	-27,9	31,5	-0,89	0,416	1,01
Tiempo*Tiempo	410,0	205,0	31,5	6,51	0,001	1,01
Tipo Clarificante*Concentracion	167,9	84,0	30,3	2,77	0,039	1,00

Gráfica de superficie de Turbidez vs. Tiempo. Tipo Clarificante

Valores fijos
Concentracion 0,65





Experimento 2

Minitab - optimezid.MPJ

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Sesión

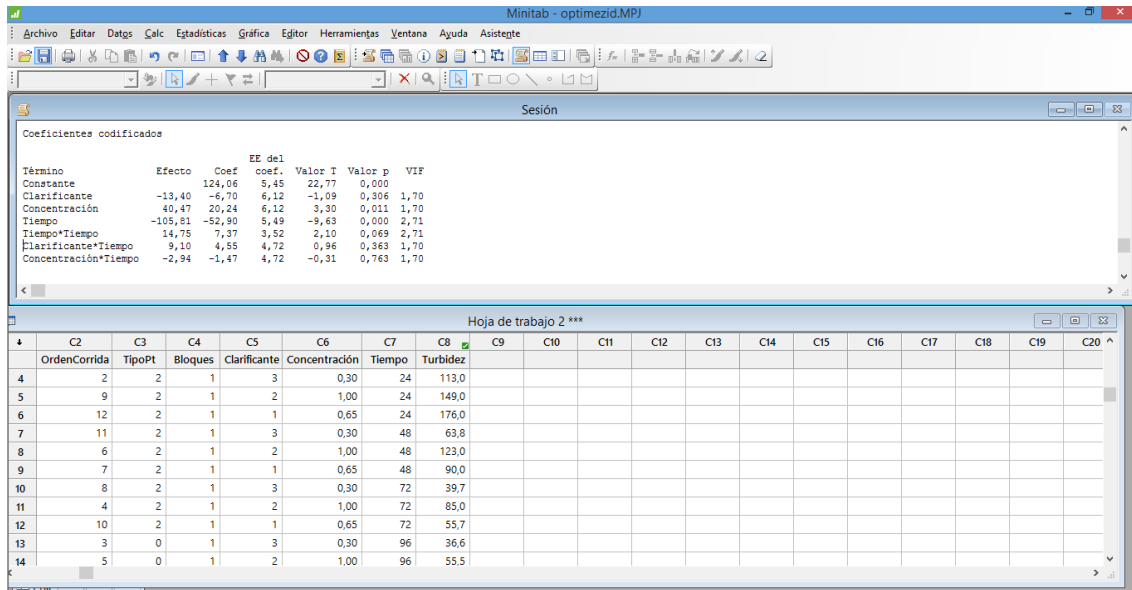
Diseño de Box-Behnken

Factores: 3 Réplicas: 1
 Corridas base: 15 Total de corridas: 15
 Bloques base: 1 Total de bloques: 1

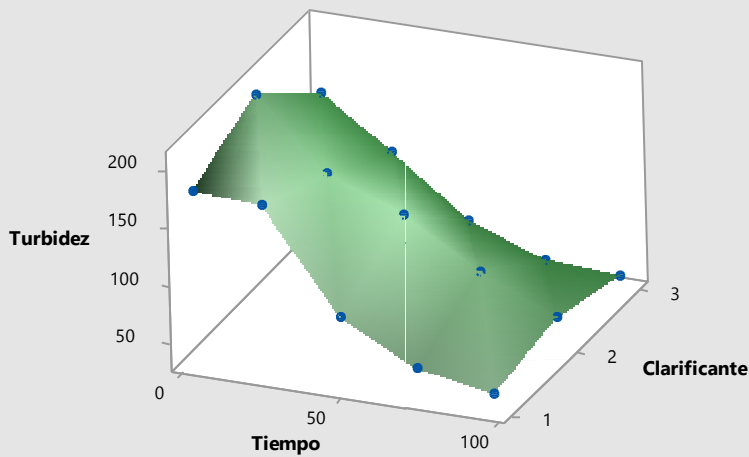
Puntos centrales: 3

Hoja de trabajo 2 ***

	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Clarificante	Concentración	Tiempo	Turbidez												
4	2	2	1	3	0,30	24	113,0												
5	9	2	1	2	1,00	24	149,0												
6	12	2	1	1	0,65	24	176,0												
7	11	2	1	3	0,30	48	63,8												
8	6	2	1	2	1,00	48	123,0												
9	7	2	1	1	0,65	48	90,0												
10	8	2	1	3	0,30	72	39,7												
11	4	2	1	2	1,00	72	85,0												
12	10	2	1	1	0,65	72	55,7												
13	3	0	1	3	0,30	96	36,6												
14	5	0	1	2	1,00	96	55,5												



Gráfica de superficie de Turbidez vs. Clarificante. Tiempo
 Concentraciones fijas para cada clarificante



Clarificante 1 Moringa Clarificante 2 Cassia Clarificante 3 Gelatina
 Concentraciones: Moringa 0,5g/L Cassia 1g/L Gelatina 0,3g/L

Anexo E Resultado de eficiencia de turbidez

Eficiencia en 5 días:

$$\text{Eficiencia de Cassia}(\%) = \frac{800(\text{NTU}) - 55(\text{NTU})}{800(\text{NTU})} = 93\%$$

$$\text{Eficiencia de Moringa}(\%) = \frac{800(\text{NTU}) - 42.9(\text{NTU})}{800(\text{NTU})} = 94\%$$

$$\text{Eficiencia de Gelatina}(\%) = \frac{800(\text{NTU}) - 36.5(\text{NTU})}{800(\text{NTU})} = 95\%$$

Eficiencia en 2 h:

$$\text{Eficiencia de Cassia}(\%) = \frac{800(\text{NTU}) - 208(\text{NTU})}{800(\text{NTU})} = 74\%$$

$$\text{Eficiencia de Moringa}(\%) = \frac{800(\text{NTU}) - 179(\text{NTU})}{800(\text{NTU})} = 77\%$$

$$\text{Eficiencia de Gelatina}(\%) = \frac{800(\text{NTU}) - 154(\text{NTU})}{800(\text{NTU})} = 80\%$$