

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

Elaboración de vino a partir del mucílago de cacao CCN-51 con tres tipos de levaduras de la familia *Saccharomyces cerevisiae*

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

Autores:

Evelyn Priscila Loja Rivera

María Gabriela Velasco Patiño

Director:

Jorge Washington Delgado Noboa

ORCID:  0000-0002-4765-8868

Cuenca, Ecuador

2023-10-30

Resumen

El cacao es un fruto muy cotizado por la sociedad, debido a su versatilidad para la fabricación de diversos productos a partir del mismo. Ecuador es uno de los principales productores de cacao, siendo el líder en exportar cacao en América Latina, y se posiciona en sexto lugar a nivel mundial, sin embargo, existe desperdicios de este producto, entre los que destaca el mucílago de cacao, se considera que no posee una aplicación útil y rentable, siendo desechado en el proceso de descascarillado, por esa razón se elaboró vino a partir del mismo, empleando tres tipos de levaduras de la familia *Saccharomyces cerevisiae* (levadura *SafLager W-34/70*, *SafAle BE-256* y *SafAle K-97*). Se diseñó y construyó un reactor tipo *batch* con agitación continua y control de temperatura. Por otra parte, para la elaboración del vino, se obtuvo el mosto del mucílago del cacao CCN-51 empleando un fluidificador; durante el proceso de fermentación se controló las condiciones de temperatura, pH, °Brix y la velocidad de agitación con el reactor tipo *batch*. Para determinar la calidad del vino elaborado, se consideró la norma INEN 374, puesto que, detalla los valores permisibles de diferentes parámetros con el objeto de que la bebida sea apta para el ser humano. Finalmente, para conocer la aceptabilidad de las propiedades organolépticas se realizó una prueba de cata, dando como resultado a la levadura *SafAle BE-256* como la responsable de brindar un sabor agradable, no obstante, la levadura que dio un mayor grado alcohólico fue *SafLager W-34/70*.

Palabras clave: bebida alcohólica, mosto, reactor tipo *batch*, *Saccharomyces cerevisiae*



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

Cocoa is a highly valued fruit by society, due to its versatility for the manufacture of various products from it. Ecuador is one of the main producers of cocoa, being the leader in exporting cocoa in Latin America, and is positioned in sixth place worldwide, however, there is waste of this product, among which stands out the cocoa mucilage, for this reason, wine was made from it, using three types of yeast from the *Saccharomyces cerevisiae* family (*SafLager W-34/70*, *SafAle BE-256* and *SafAle K-97*). A *batch* reactor with continuous agitation and temperature control was designed and built. On the other hand, for the elaboration of the wine, the must was obtained from the cocoa mucilage CCN-51 using a fluidizer; during the fermentation process, the conditions of temperature, pH, °Brix and agitation speed were controlled with the batch reactor. To determine the quality of the wine produced, INEN standard 374 was considered, since it details the permissible values of different parameters so that the beverage is suitable for humans. Finally, to determine the acceptability of the organoleptic properties, a tasting test was carried out, resulting in the *SafAle BE-256* yeast as the yeast responsible for providing a pleasant flavor; however, the yeast that gave a higher alcoholic content was *SafLager W-34/70*.

Keywords: alcoholic beverage, must, *batch* reactor, *Saccharomyces cerevisiae*



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

Resumen.....	2
Abstract	3
Índice de figuras	7
Índice de tablas	8
Índice de ecuaciones	9
Capítulo 1. Introducción	13
1.1. Objetivo general y específicos.....	14
1.1.1. Objetivo General	14
1.1.2. Objetivos Específicos.....	14
Capítulo 2. Contenido Teórico.....	15
2.1. Generalidades del Cacao	15
2.2. Composición del fruto de cacao	16
2.3. Características organolépticas del mucílago	17
2.4. Variedades de <i>Theobroma Cacao L.</i>	17
2.5. Cosecha del cacao.....	18
2.6. Levaduras.....	19
2.6.1. Tipos de levaduras más empleadas:.....	19
2.6.1.1. <i>Kluyveromyces marxianus</i>	19
2.6.1.2. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	20
2.7. Fermentación alcohólica	20
2.7.1. Factores que afectan la fermentación	22
2.8. Cinética de crecimiento celular	23
2.9. Vino.....	24
2.9.1. Variables que intervienen en la elaboración del vino	25
2.9.2. Tipos de vino:	26
2.10. Catación	26
2.10.1. Fases de la Cata	26
2.10.2. Fichas de cata	27
2.11. Clarificación.....	27
2.12. Grado alcohólico	27
2.13. Destilación Fraccionada	28
2.14. Acidez total	28

2.15.	Reactor.....	28
2.15.1.	Reactor tipo <i>batch</i>	29
2.15.2.	Reactor tipo continuo	29
2.15.3.	Reactor tipo tubular	29
2.16.	Agitación.....	29
Capítulo 3.	Metodología.....	30
3.1.	Materia Prima	30
3.1.1.	Mucílago de cacao CCN -51	30
3.1.2.	Levaduras.....	30
3.2.	Métodos.....	31
3.2.1.	Diseño del reactor tipo <i>batch</i>	31
3.2.1.1.	Diagrama de flujo de reactor tipo <i>batch</i>	31
3.2.1.2.	Dimensionamiento del tanque del reactor.....	33
3.2.1.3.	Selección y cálculos para el agitador	34
3.2.1.4.	Selección del agitador tipo turbina	36
3.2.1.5.	Cálculo del número de Reynolds	36
3.2.1.6.	Cálculo de Potencia	36
3.2.2.	Extracción de mucílago de cacao CCN-51	37
3.2.2.1.	Materiales y Equipos.....	37
3.2.2.2.	Procedimiento	37
3.2.2.3.	Diagrama de flujo para la extracción del mosto a partir del mucílago de cacao CCN-51.....	38
3.2.2.4.	Análisis de azúcares reductores.....	40
3.2.3.	Elaboración de vino a base de mucílago de cacao.....	40
3.2.3.1.	Materiales Y equipos.....	40
3.2.3.2.	Procedimiento.....	40
3.2.3.3.	Diagrama de flujo para la elaboración de vino a base de mucílago de cacao CCN-51.....	43
3.3.	Formulaciones del mosto para la fermentación	44
3.4.	Análisis bromatológico del vino a partir del mucílago de cacao CCN-51	45
3.5.	Análisis organoléptico.....	46
Capítulo 4.	Resultados y Discusión.....	47
4.1.	Resultados	47
4.1.1.	Resultados del diseño del reactor tipo <i>batch</i>	47
4.1.2.	Resultados de los ensayos para la obtención de vino a partir del mucílago de cacao CCN-51	51

4.2. Discusión	61
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones	69
5.1. Conclusiones	69
5.2. Recomendaciones	70
Referencias	71
Anexos	80
Anexo A. Tabla características técnicas de los agitadores normalizados.	80
Anexo B. Gráfica Reynolds vs Demanda Potencial.	80
Anexo C. Partes del reactor batch	81
Anexo D. Base de reactor batch	82
Anexo E. Cuba del reactor batch	83
Anexo F. Tapa móvil del reactor	84
Anexo G. Perno de sujeción	85
Anexo H. Agitador	86
Anexo I. Agitadores: Partes del agitador turbina	87
Anexo J. Soporte para topa móvil	88
Anexo K. Base y caja eléctrica	89
Anexo L. Niquelina	90
Anexo M. Tapa Fija del reactor	91
Anexo N. Vista Isométrica-Renderizado en laboratorio	92
Anexo O. Vista Frontal del reactor	92
Anexo P. Vista Isométrica- Reactor Batch	92
Anexo Q. Valor de acidez realizado en laboratorio certificado	93
Anexo R Costos para la construcción del reactor tipo batch	94

Índice de figuras

Figura 1. Transformación de la glucosa a etanol en la fermentación alcohólica.	21
Figura 2. Fases del crecimiento celular.	23
Figura 3. Diagrama de flujo del diseño del reactor tipo batch.	32
Figura 4. Diagrama de flujo de la obtención de mosto.	39
Figura 5. Diagrama de flujo para la obtención de vino.	43
Figura 6. Diseño del reactor.	50
Figura 7. Sólidos solubles (°Brix) vs Tiempo de los ensayos preliminares.	51
Figura 8. Sólidos solubles (°Brix) vs Tiempo de los ensayos 4, 5, 6.	53
Figura 9. Datos de la edad de los catadores.	57
Figura 10. Datos del género de personas encuestadas.	57
Figura 11. Resultados de aspecto de los tres vinos de mucílago de cacao CCN-51.	58
Figura 12. Resultados obtenidos del sabor de los tres vinos de mucílago de cacao CCN-51.	59
Figura 13. Resultados obtenidos del olor de los tres vinos de mucílago de cacao CCN-51.	59
Figura 14. Sólidos solubles vs tiempo (Ensayo 7- levadura SafAle BE-256).	60

Índice de tablas

Tabla 1. Composición del fruto de cacao	16
Tabla 2. Composición general del mucílago de cacao	16
Tabla 3. Clasificación del vino según el contenido de azúcar	26
Tabla 4. Materiales y equipos utilizados para la extracción de mucílago de cacao CCN-51	37
Tabla 5. Simbología del diagrama de flujo	38
Tabla 6. Materiales y equipos utilizados en la elaboración de vino.....	40
Tabla 7. Análisis fisicoquímico del mosto	41
Tabla 8. Dosificación de las levaduras y su temperatura óptima	41
Tabla 9. Formulación para los ensayos preliminares.....	44
Tabla 10. Formulación para los ensayos 4, 5, 6 y 7	45
Tabla 11. Materiales y equipos utilizados para la determinación del grado alcohólico.....	46
Tabla 12. Dimensiones para el diseño del reactor.....	48
Tabla 13. Resultados de la altura, volumen del tanque, % de espacio vacío	48
Tabla 14. Resultados obtenidos del agitador	49
Tabla 15. Respuestas relaciones D_a / D_t y b / D_a para selección de turbina	49
Tabla 16. Disminución de sólidos solubles (°Brix) de los ensayos preliminares de los tipos de levaduras	52
Tabla 17. Disminución de sólidos solubles (°Brix) de los ensayos 4, 5, 6.....	53
Tabla 18. Comparación del tiempo de fermentación de los ensayos preliminares y los ensayos 4, 5 y 6.....	54
Tabla 19. Determinación del tiempo de pasteurización	54
Tabla 20. Cantidad de NaOH consumido en la titulación para la determinación de acidez total de los ensayos 4,5 y 6.....	55
Tabla 21. Análisis fisicoquímico del vino según la INEN 374.....	56
Tabla 22. Resultados del ensayo 7	61

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Ecuación de Gay Lussac – Fermentación alcohólica	21
Ecuación 2. Volumen del líquido	33
Ecuación 3. Relación altura del líquido/ Diámetro interno del reactor	33
Ecuación 4. Volumen sobredimensionado	34
Ecuación 5. Relación altura tanque/diámetro interno de tanque.....	34
Ecuación 6. Volumen del tanque real.....	34
Ecuación 7. Porcentaje de espacio vacío en el tanque	34
Ecuación 8. Relación diámetro del agitador/ diámetro interno del reactor	35
Ecuación 9. Relación de la altura desde la turbina hasta el fondo del reactor/ diámetro interno de reactor.....	35
Ecuación 10. Relación de la altura de las palas de turbina/ Diámetro agitador	35
Ecuación 11. Relación del ancho de las palas deflectoras/ Diámetro interno reactor	35
Ecuación 12. Relación del ancho de las palas de la turbina/ Diámetro agitador	35
Ecuación 13. Relación de la separación del baffle y el tanque/ Ancho de placas deflectoras	35
Ecuación 14. Número de Reynolds	36
Ecuación 15. Potencia	36
Ecuación 16. Azúcar añadida.....	44
Ecuación 17. Acidez total.....	45
Ecuación 18. Tamaño de la muestra.....	46

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestras familias que han sido el soporte y el pilar fundamental en nuestra vida, sosteniéndonos en todo momento, teniendo su apoyo incondicional y alentándonos a ser perseverantes para alcanzar cualquier meta que nos propongamos, en particular, en la culminación de esta carrera universitaria.

Evelyn Priscila Loja Rivera

María Gabriela Velasco Patiño

Agradecimientos

Agradezco a la divinidad, siendo ese bálsamo y fuerza durante mi vida y en esta etapa que conllevó un sinnúmero de obstáculos.

A mi familia que fue el soporte y compañía en esta montaña rusa de emociones que implica el cursar una carrera universitaria. A mi mamá, quien con su amor y dulzura supo acompañarme, apoyarme y estar en cada momento complicado y alegre durante el recorrido de la carrera. A mi papá que desde niña me inculcó la importancia del esfuerzo, la perseverancia y la autoexigencia, sin duda, enseñanzas que marcaron mi vida y al mismo tiempo permitieron sostenerme y culminar la carrera. A mi hermana, quien durante toda mi vida ha sido mi mejor amiga y consejera, impulsándome a no rendirme y ver las adversidades de la vida como algo pasajero y necesario para cumplir alguna meta. A mi hermano, quien siempre ha estado presto a brindar su ayuda las veces que ha sido necesario. Les agradezco infinitamente de todo corazón, puesto que, sin su apoyo no hubiese sido posible cumplir esta meta, son una parte fundamental para mí, gracias por siempre estar presentes y alentarme en cada etapa de mi vida.

A Gabriela, mi compañera de tesis, con quien compartí diversos momentos en el curso de la carrera, convirtiéndose en mi dupla durante toda esta etapa y siendo una gran amiga.

Agradezco a la Universidad de Cuenca, a todos sus colaboradores, principalmente a los docentes que fueron partícipes de mi formación como profesional. De manera especial, al Ing. Jorge Delgado, tutor de nuestro trabajo de titulación, demostrando su excelencia como docente e investigador, estando presto para ayudar a sus estudiantes y enseñándome la importancia de la paciencia.

Evelyn Priscila Loja Rivera

Quiero agradecer a Dios por ser mi guía en todo mi camino tanto personal como profesional, por siempre darme la fuerza, perseverancia para lograr mis metas y no rendirme en cada adversidad que se presenta.

Agradezco a mis padres quienes han sido el pilar fundamental, me han brindado confianza en cada momento, su amor incondicional, paciencia, consejos y su apoyo tanto moral como económico que han sido un respaldo para culminar esta etapa de mi vida. A mis hermanos que me han acompañado durante este camino y siempre han estado prestos a ayudarme. A toda mi familia, gracias por siempre creer en mí y recordarme que el bienestar es igual de importante que el éxito académico, me siento muy agradecida por su presencia constante en mi vida y por ser siempre mi fuente de inspiración.

A mis amigos por compartir gratos momentos de la vida universitaria, ayudarme y animarme, y ser un refugio en los momentos de estrés, en especial a mi compañera de tesis, Evelyn, quien con su apoyo, paciencia y esfuerzo hicieron posible este trabajo. Gracias a todas las personas que me han acompañado en este viaje académico, en mi crecimiento personal, por siempre alentarme a seguir adelante, y tener fe en mí, siendo faro en mis momentos de tormenta.

De igual manera, agradezco a nuestro tutor, Ing. Jorge Delgado, quien con su virtud y conocimientos nos ha sabido guiar en este proceso, gracias por su infinita paciencia, enseñanza, aportación y estar dispuesto ayudarnos durante todo el trabajo de titulación.

A la Universidad de Cuenca, docentes y laboratoristas de la Facultad de Ciencias Químicas quienes han compartido sus conocimientos de manera profesional e invaluable, siendo partícipes del crecimiento profesional.

María Gabriela Velasco Patiño

Capítulo 1. Introducción

Ecuador ha logrado posicionarse en el mercado internacional gracias a su producción de cacao, principalmente de dos tipos, siendo: cacao Arriba fino de aroma y el cacao Colección Castro Naranjal tipo 51 (CCN-51), el primero posee un buen sabor y aroma y la segunda clase se distingue por una menor calidad de aroma y sabor, por lo que, en el año 2021, según Anecacao (2023) se registra que el 81% del cacao certificado pertenece a cacao fino de aroma con 266.789,23 toneladas exportadas, mientras que un 19% cacao CCN-51 con 64.239,34 toneladas. También menciona que con respecto al año 2022, en el país, la productividad de cacao por metro cuadrado se encuentra entre 0.03 kg y 0.3 kg, de acuerdo con el nivel de control tecnológico, de igual manera da a conocer que dicho valor de productividad es independiente de la clasificación de este fruto. No obstante, se estima que en la actualidad hay una productividad aproximada de 0.70 ton/ha del cacao CCN-51. Por lo tanto, el cacao es muy apetecible para otros países, entre los más importantes se encuentra Indonesia para la elaboración de diversos chocolates. Según Alcívar et al. (2021), en el año 2019 Ecuador se convirtió en el primer exportador de cacao en grano en América y a nivel mundial ocupa el sexto lugar. Entre los países destino, se encuentra en primer lugar Estados Unidos con la mayor cantidad de exportaciones con un 19.89%, seguido de Indonesia y Malasia, los cuales corresponden al 16.53% y 18.06%, respectivamente. Las exportaciones a Países Bajos, representaron el 9.25% y por último México con una participación del 6.81% (Anecacao, 2023).

Ecuador se destaca por su incremento de producción de cacao en grano cada año, por ejemplo, en el año 2014 fue de 156 216 toneladas, mientras que el año 2019 fue de 313 284 toneladas y para el año 2022 se logró exportar 414 644 toneladas, este último representó un incremento en las exportaciones del 14.95% con respecto al año 2021, según el registro más actual de la revista Anecacao (2023). Las exportaciones de cacao en el año 2019 representaron el 1.97% del Producto Interno Bruto, siendo parte fundamental en la economía del país junto con el banano (Alcívar et al., 2021).

Actualmente, las industrias del cacao se centran en el procesamiento de las almendras, siendo estas las semillas del cacao la cual representa el 20% del peso del fruto seco, utilizadas para la producción de productos como polvo, licor, manteca y cobertura de chocolate. Por otro lado, las demás partes del cacao como la mazorca (75-78%), mucílago (2-5%) y cascarilla son desperdiciadas durante la cadena productiva. De esta manera, se tiene que entre el 12-20% de las semillas fermentadas corresponde a la cascarilla, la cual es desechada, y en algunos casos se ha usado para alimentación del ganado. En cuanto al

mucílago es necesario para la producción de alcoholes y ácido acético durante la fermentación. Finalmente, se tiene la mazorca, este no se emplea en la industria, simplemente se considera como desperdicio, sin embargo, en países como Brasil, Ghana, Malasia se ha innovado en la producción de jabones y bioaceites (Lozano, 2020) (Campos-Vega et al., 2018).

Ecuador a pesar de ser un país rico en la calidad de cacao existe pocos productos a base del mismo. Según Lozano (2020) el mucílago es desperdiciado aproximadamente entre 3 165 m³/ año en los procesos de descascarillado; cabe mencionar que, generalmente el mucílago se convierte en un residuo sin ninguna utilidad ya sea por falta de conocimiento de sus propiedades fisicoquímicas o de tecnología para que se pueda tener un correcto manejo. Según un estudio realizado a los agricultores del sector cacaotero, del cantón Naranjal provincia del Guayas, Arteaga Estrella (2013) menciona que, el desperdicio del mucílago de cacao, radica principalmente en el 72% por falta de conocimiento para darle un uso eficiente, un 22% por desinterés de dichos agricultores y un 6% por falta de innovación en el sector agrícola.

Jordán & Parra (2020), cita que, el mucílago representa aproximadamente el 40% de las almendras frescas de cacao, del cual alrededor del 5 al 7 % es extraído en algunos procesos como el descascarillado. Por lo que, el mucílago se convierte en un desperdicio, no obstante, contiene un 82 y 87% de agua, es rica en azúcares (10 y 15%) del peso final de los granos contenidos en una mazorca de cacao, por lo tanto, el mucílago es una fuente rica de azúcares para la obtención de etanol (Romero et al., 2018).

A partir de lo antes descrito, este trabajo de investigación propone aprovechar las propiedades que contiene el mucílago de cacao, siendo este la materia prima para la elaboración de un vino, debido a que, este no es utilizado por las industrias.

1.1. Objetivo general y específicos

1.1.1. Objetivo General

Producción de vino a partir del mucílago de cacao tipo CCN-51 empleando tres tipos de levaduras de la familia *Saccharomyces Cerevisiae*.

1.1.2. Objetivos Específicos

1. Diseñar y construir un reactor tipo *batch* con control de agitación y temperatura.

2. Comparar el grado alcohólico, acidez total y las propiedades organolépticas del vino de cacao, empleando los tres tipos de levaduras *SafLager W-34/70*, *SafAle BE-256* y *SafAle K-97*.
3. Aplicar una encuesta a estudiantes de ingeniería química de octavo y décimo ciclo de la Universidad de Cuenca, para determinar el nivel de aceptabilidad de las propiedades organolépticas como: olor, sabor y aspecto.

Capítulo 2. Contenido Teórico

2.1. Generalidades del Cacao

El cacao tuvo su origen en América del Sur, exactamente en la cuenca del alto Amazonas y Orinoco, localizadas en las regiones entre los países de Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Brasil. En estos territorios se presenta la mayor variación de la especie. Según Piracoca (2022), en la actualidad el cacao es plantado a lo largo del área tropical de la línea ecuatorial.

El cacao pertenece al género *Theobroma*, es un árbol de 2 a 3 m de altura, su crecimiento se desarrolla en ambientes tropicales de América Central y del Sur. Sus frutos son de color pardo rojizo, amarillo, morado o café de aproximadamente 28 cm de longitud es una fruta tropical, la cual es usada principalmente para la producción de chocolate. En el fruto se distinguen tres partes: cáscara, semilla y la pulpa o mucílago (Vera et al., 2015) (Graziani de Fariñas et al., 2002).

Para una buena producción de cacao se consideran varios factores como: la precipitación anual la cual debe encontrarse entre 1150 y 2500 mm, considerando que, el suelo requiere un buen drenaje para evitar asfixia de las raíces y consecuentemente la muerte de la planta, en cuanto a la temperatura, el cacao no resiste temperaturas bajas, por esa razón, la temperatura aceptable oscila entre 21 °C y 32 °C, este factor repercute en la floración, por ejemplo, cuando se encuentra en un ambiente cuya temperatura es inferior a 21 °C, la floración será baja, mientras que a 25 °C se obtiene una floración abundante, siendo una temperatura ideal para la producción de cacao. Además, los vientos continuos pueden ocasionar que la planta se marchite, también produce una gran caída de hojas, motivo por el cual, es recomendable colocar cortavientos, para esto se emplea especies arbóreas, estas se ubican en los alrededores de los cultivos de cacao. Por último, el sombreamiento, el cacao es una especie umbrófila, la finalidad del sombreamiento consiste en disminuir la radiación y proteger la plantación de los vientos como se citó anteriormente, cuando el cultivo de cacao llega a establecerse el sombreo se reduce entre un 25 a 30% (Luzuriaga, 2012) (Ayovi, 2006).

2.2. Composición del fruto de cacao

Los porcentajes del fruto de cacao son expuestos en la Tabla 1

Tabla 1. Composición del fruto de cacao

Elemento	Porcentaje (%)
Cáscara	75-78
Semillas	20
Mucilago	2-5

Fuente: (Chóez, 2018)

El fruto de cacao también conocido como mazorca, tienen diferentes formas que varía desde ovalada hasta alargada. El tamaño de la mazorca se encuentra entre 10 a 30 cm y su grosor oscila alrededor de 4 cm. El color del fruto es variado, por lo que los frutos inmaduros son de color verde, rojo violeta, al madurar se vuelven de color amarillo o anaranjado (Prado & Mendoza, 2006) (Graziani de Fariñas et al., 2002).

Semilla: la fruta de cacao tiene entre 30 a 50 semillas o almendras que se encuentran en el interior de las mazorcas, se caracterizan por ser de forma redonda o plana, de color café, blanco o morado y están ubicadas en hileras, dichas semillas están recubiertas por una pulpa blanca, jugosa, de sabor ácido dulce conocida como mucílago (Moreira, 2019) (Rivera, 2019).

Mucílago de cacao: es una pulpa aromática. Durante el proceso de cosecha de las semillas de cacao, la pulpa es removida por fermentación e hidrolizada por microorganismos. Dicha pulpa hidrolizada se la denomina como "exudado". Teniendo en cuenta que en un principio la pulpa es estéril, pero al tener azúcar y una acidez adecuada, dan condiciones para el desarrollo de microorganismos (Ortiz & Álvarez, 2015)

Tabla 2. Composición general del mucílago de cacao

Características (g/100 g)	Valor medio \pm desviación estándar
Humedad	86.38 \pm 0.09
Cenizas	0.36 \pm 0.05
Proteína	0.62 \pm 0.17
Lípidos totales	1.45 \pm 0.20
Mono y disacáridos	18 \pm 0.05

Autor: (Nunes et al., 2020)

Parte del mucílago o pulpa es empleado para la producción de alcohol y ácido acético en la fermentación de las semillas. El mucílago se caracteriza por proporcionar el sustrato al microorganismo en la fermentación, que son utilizados para el desarrollo de los precursores del aroma del chocolate (Romero et al., 2018).

En países como Brasil y Costa Rica, el exceso de la pulpa puede ser utilizada en los siguientes productos; jalea de cacao, alcohol, vinagre, mermelada, néctar, pulpa procesada. De igual manera se puede consumir en jugos (Rodríguez Castro et al., 2021).

2.3. Características organolépticas del mucílago

Color: tiene un color rosado pálido cuando se encuentra en el interior de la mazorca, pero cuando se extrae tiende a tener un color ámbar (Rivera, 2019).

Textura: es viscosa, fibrosa, pegajosa.

Olor: tiene un ligero olor a cacao.

Sabor: tropical, dulce, ácido y astringente.

Apariencia: gelatinosa, sin embargo, algunos granos que se encuentran en las mazorcas se pueden ver como algodón (Rivera, 2019).

2.4. Variedades de *Theobroma Cacao L.*

Las variedades de cacao cultivadas son las siguientes:

Criollo: se tiene el cacao de mayor calidad. Se cultivan en América Central, México, Colombia y parte de Venezuela. Su fruta es de color rojo o amarillo cuando están maduras, por otra parte, la semilla es casi redonda, cotiledón es fresco de color blanco o violeta pálido (Ecuatoriano de Normalización, 2006).

Forastero: sus frutos son de color verde cuando se encuentra en estado inmaduro, y amarillos cuando están maduras, son de forma redonda, lisa y cáscara dura, sus semillas presentan un color morado, de forma aplanada y su sabor es amargo (Ruiz & Yunda, 2018).

Trinitarios: es una especie híbrida, entre el cacao Criollo y Forastero, es el cacao que más se cultiva en América. Dentro de esta variedad se encuentra el cacao CCN-51. Los granos de esta especie clonada son más grandes que otras clases de cacao, por lo que tiene más

aroma que el cacao forastero y más resistente que criollo, provee del 10 a 15% de la producción mundial (Navia & Pazmiño, 2012).

Colección Castro Naranjal tipo CCN-51: es una variedad del cacao ecuatoriano, sus frutos inmaduros son de color rojizo- morado, rojizo-anaranjados cuando están maduros. Presenta altas cantidades de grasa, por lo que las industrias de chocolate y procesadoras de cacao prefieren este tipo de cacao (Navia & Pazmiño, 2012) (González, 2011).

Cacao Nacional (Arriba fino de aroma): es un tipo Forastero Amazónico, las mazorcas son grandes y de forma ovalada, tiene una cáscara gruesa y verde, por otro lado, sus semillas son medianas a grandes de un color violeta a morado. Su principal característica es su agradable aroma, por ese motivo, se utiliza para la elaboración de chocolates, por lo tanto, es el más apetecido en la industria chocolatera mundialmente. También se lo conoce a este cacao ecuatoriano como “Cacao Arriba” puesto que es cultivado en la zona superior del río Guayas (Moreira, 2019) (Sosa, 2019) (Mera & Ruíz, 2014)

2.5. Cosecha del cacao

Los árboles de cacao florecen dos veces al año, siendo el principal periodo de floración en junio y julio, en los meses de septiembre y octubre tiene lugar una segunda floración, pero más pequeña. El periodo de maduración de los frutos oscila entre los cuatro y seis meses, según la altura sobre el nivel del mar y de la temperatura. Por otra parte, la cosecha inicia cuando el fruto se encuentra maduro, es decir, que se aprecia un cambio en la pigmentación, de esta manera las variedades de fruto rojo se tornan un color anaranjado-bermellón y los frutos amarillos a un color amarillo verdoso (Tenesaca, 2019) (Teneda, 2016).

La cosecha del cacao CCN-51, se inicia entre los 18 y 22 meses desde la siembra. Comúnmente, la primera cosecha se realiza en los meses de octubre, noviembre y diciembre, y la segunda se lleva a cabo en marzo y abril. Por ende, se puede cosechar máximo cada 15 días en época lluviosa y cada 30 días en época seca, en temporada de alta producción la cosecha es semanal. De esta manera se sugiere, no cosechar antes de que haya un cambio definitivo de coloración indicando madurez, tampoco mazorcas sobre maduras ya que empiezan a germinar las almendras (Guamán, 2007) (Suárez et al., 1994).

Para recoger los frutos, se debe emplear una podadera bien afilada, acoplada de palancas de caña, provistas de embudos de madera, sobre todo para mazorcas de la parte alta del árbol. Teniendo en cuenta que, no se debe arrancar los frutos con las manos, debido a que

se producen lesiones en el tronco, por lo que, un manejo correcto de esta etapa garantiza una semilla de mayor calidad (Chóez, 2018) (Luzuriaga, 2012).

2.6. Levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares, poseen una reproducción asexual por gemación comúnmente sus células presentan forma ovalada, no obstante, también pueden ser esféricas, cilíndricas o elípticas. Poseen un diámetro con un rango de 4-5 μm . Las levaduras se encuentran compuestas por: proteínas, glicoproteínas, polisacáridos, polifosfatos, lípidos y ácidos nucleicos, cabe mencionar que contiene entre un 40-50% de proteínas, por ende, siendo el principal componente de las levaduras (Teneda, 2016).

Los nutrientes de las levaduras necesarios para que puedan desarrollarse de manera correcta suelen ser: fuentes de carbono, una elevada concentración de azúcar y sustancias nitrogenadas, hidrógeno, fósforo, también se utiliza urea y fosfato de amonio, teniendo en cuenta que el primero es un suministro de nitrógeno y el segundo de fósforo (Teneda, 2016).

Gran parte de las levaduras, son mesófilas, puesto que, su temperatura de crecimiento está entre 24 y 48 °C, se estima que un 2% son psicrófilas con una temperatura de crecimiento inferior a 24°C (Teneda, 2016). Se denomina termófilas a las levaduras que toleran una temperatura superior a 45 °C, cuando la temperatura óptima de crecimiento es superior a 80 °C se conoce como hipertermófilos (Suárez et al., 2004).

El pH óptimo para el crecimiento de las levaduras va a depender de la especie, no obstante se encuentra en un rango de 4,5 a 6,5. En levaduras de panificación como la *Saccharomyces cerevisiae*, la mayor fermentación y producción se encuentra en un pH de 4 y 6. Mientras que las levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* cuyo objeto es para la elaboración de vino fermentan en un pH de 3,2 y 3,8. Es necesario mencionar que, los pH extremos no permiten el adecuado crecimiento de las levaduras, es decir, a un pH muy ácido o alcalino, con un valor de 2 y 9 respectivamente, reduce casi por completo su crecimiento (Uribe, 2007).

2.6.1. Tipos de levaduras más empleadas:

2.6.1.1. *Kluyveromyces marxianus*

Es un microorganismo con la capacidad de asimilar diversas fuentes de carbono a altas temperaturas, razón por la cual, crece por encima de los 45 °C. Esta especie tiene la capacidad de secretar enzimas. *K. marxianus*, es estudiada ampliamente en la producción de fructanasas, siendo usado en la fabricación de jarabe de fructosa. Esta levadura tiene gran

aplicabilidad industrial gracias a sus propiedades como: la rápida velocidad de crecimiento, termotolerancia, capacidad para asimilar una extensa gama de sustratos, secreción de enzimas líticas y la producción de etanol por medio de la fermentación (Núñez, 2015). Por consiguiente, se emplea principalmente en la industria láctea, por su habilidad para degradar la lactosa para la maduración de quesos, también se utiliza para la fabricación de leche fermentada como el Kéfir (M. Hernández et al., 2023). Además, es empleada para la elaboración de biomasa a partir del suero de leche, en la preparación de bebidas alcohólicas por su capacidad de producir una elevada cantidad de etanol (Mejía-Barajas et al., 2016).

2.6.1.2. *Saccharomyces cerevisiae*

Es una levadura heterótrofa, es un hongo ascomiceto que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa (Suárez et al., 2016).

Generalmente es empleada para la elaboración de pan, cervezas, vino y alcohol. También presenta otras aplicaciones como aditivo para alimentos puesto que la *Saccharomyces cerevisiae* es considerada como microorganismo GRAS (*Generally Recognized as Safe*) (Suárez et al., 2016).

Por otra parte, según las condiciones de fermentación y el tipo de cepa de levadura que se usa, se puede clasificar en dos grupos: *lager* y *ale*, las cuales se distinguen como fermentación baja y alta, respectivamente (Hernández et al., 2020).

La levadura *ale*, fermenta sobre la superficie del mosto, a una temperatura que va de los 18 a 25 °C, teniendo de esta manera una fermentación alta (Hernández et al., 2020).

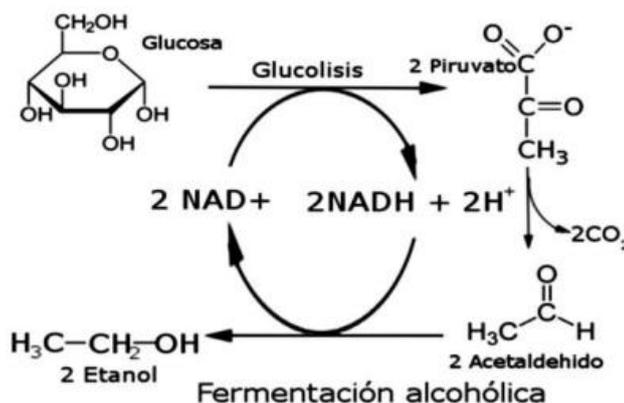
Las levaduras *lager* se caracterizan por fermentar en la parte inferior del tanque, con una temperatura que va desde los 8 y 15 °C, por lo que la actividad metabólica es de manera lenta, teniendo fermentaciones poco vigorosas (Hernández et al., 2020).

2.7. Fermentación alcohólica

Es un conjunto de reacciones bioquímicas, donde los azúcares son convertidos a alcohol y dióxido de carbono. Las responsables de esta transformación son las levaduras. La fermentación alcohólica es un proceso biológico que se da en ausencia de aire, donde el oxígeno es originado por la actividad de algunos microorganismos que procesan los carbohidratos, especialmente los azúcares: glucosa, fructosa, sacarosa, almidón entre otros. Siendo así que cuando hay oxígeno las levaduras realizan la respiración, crecen, oxidan completamente la glucosa y así obtienen el ATP, pero en condiciones de anaerobiosis, estos

microorganismos fermentan azúcares, como la glucosa y algunas la lactosa. Así, la glucosa se transforma en ácido pirúvico, siguiendo la secuencia de reacciones de la glucólisis, y luego, el ácido pirúvico se transforma en acetaldehído mediante la enzima piruvato Descarboxilasa, seguidamente el acetaldehído se convierte en etanol por medio de la enzima alcohol deshidrogenasa (Santos, 2016) (Puerta, 2010) (Vázquez & Dacosta, 2007).

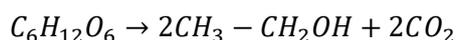
Figura 1. Transformación de la glucosa a etanol en la fermentación alcohólica.



Fuente: (Macías y Saavedra, 2017)

El químico Gay-Lussac establece la siguiente ecuación estequiométrica, donde la glucosa se transforma en alcohol etílico y dióxido de carbono mediante las reacciones de óxido reducción: (Puig i Vayreda, 2016). Por lo que, en teoría se obtiene 48.90% de CO₂ y 51.10% de etanol de 100 gramos de glucosa (Carrillo & León, 2006).

Ecuación 1. Ecuación de Gay Lussac – Fermentación alcohólica



La secuencia de transformaciones para que la glucosa se degrada hasta dos moléculas de alcohol y dos moléculas de dióxido de carbono es un procedimiento complicado, debido a que la levadura aprovecha la glucosa y nutrientes para reproducirse. Por lo que, para evaluar dicha transformación, se utiliza tanto el rendimiento biomasa/sustrato como el rendimiento producto/sustrato (Vázquez & Dacosta, 2007).

Rendimiento biomasa/sustrato (Y_{x/s}): cantidad de levadura que se obtiene por cantidad de sustrato que se consume.

Rendimiento sustrato/producto (Y_{p/s}): cantidad de producto sintetizado por cantidad de sustrato consumido

2.7.1. Factores que afectan la fermentación

- **Temperatura**

En fermentaciones alcohólicas se sugiere trabajar a temperaturas de 25 °C, al ser una reacción exotérmica, por ende, la temperatura debe ser controlada, dado que dichos aumentos en la temperatura perjudican la actividad enzimática de levaduras, ralentizando la fermentación y desarrollo de bacterias mesófilas indeseadas. La fermentación que ocurre a temperaturas elevadas es normal que terminen paralizadas, teniendo una gran cantidad de azúcares residuales y disminución del rendimiento (Tapia, 2019) (Constante, 2015).

- **pH**

Es un factor importante debido a que interviene en el crecimiento microbiano, siendo de esta manera que los microorganismos tienen un pH óptimo en donde poseen una alta velocidad tanto en el crecimiento como en el rendimiento, por lo que se debe poseer un control sobre el pH durante la fermentación (Guncay & Silva, 2018). La mayoría de levaduras son relativamente acidófilas. De tal forma que, al tener un desarrollo de bacterias lácticas al aumentar el pH, las cuales compiten con las levaduras por el sustrato, teniendo como consecuencia un descenso en la producción de etanol. De esta manera, el mosto debe mantenerse en un pH ácido para garantizar el desarrollo de las levaduras fermentativas (Constante, 2015).

- **Concentración de azúcares en el metabolismo microbiano**

Los azúcares que se encuentran en el mosto son necesarios para el metabolismo de las levaduras, puesto que, se encuentran relacionados con la velocidad de fermentación, comportamiento y desarrollo de las levaduras (Constante, 2015).

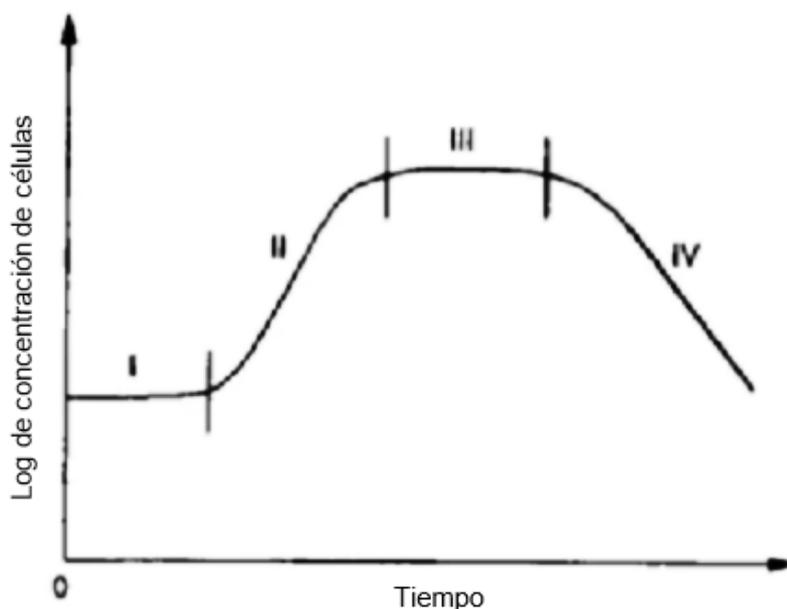
- **Acción inhibitoria del Etanol sobre el metabolismo de las levaduras**

El etanol al ser un producto de la fermentación puede intervenir en la ruta metabólica como resultado de la retroinhibición, no obstante, la acción inhibitoria que tiene el etanol es debido que al aumentar la concentración de este va a intervenir en el metabolismo de las levaduras y reduce de esta manera la actividad (Puig i Vayreda, 2016).

El etanol afecta a las tasas de crecimiento y fermentación máxima, es decir que es un inhibidor no competitivo (Constante, 2015).

2.8. Cinética de crecimiento celular

Figura 2. Fases del crecimiento celular.



Fuente: (Fogler, 2001)

Se establece 4 fases en la curva de crecimiento microbiano:

Fase de latencia (I): consiste en un periodo de adaptación de los microorganismos en el medio antes de comenzar su crecimiento. Esta fase puede tener una duración entre 12 y 24 horas, dependiendo del medio de inoculación (Solarte & Orozco, 2003).

Fase de crecimiento o exponencial (II): también conocida como fase logarítmica, se caracteriza por el crecimiento de los microorganismos, se fraccionan y se duplican de manera regular hasta el nivel máximo posible, dependiendo del medio de cultivo y sus condiciones como: la concentración de sustrato y la temperatura (Fogler, 2001).

Fase estacionaria (III): el número de células del microorganismo no incrementa ni disminuye, es decir, no se da una división celular, lo cual se efectúa cuando los nutrientes se agotan y por la acumulación de productos tóxicos del metabolismo generados durante la fase de crecimiento, provocando que la velocidad neta de crecimiento sea nula (Dos Santos, 2007) (Solarte & Orozco, 2003).

Fase de muerte (IV): existe una disminución de la población celular, debido al agotamiento del suministro de nutrientes (Fogler, 2001).

2.9. Vino

Bebida alcohólica elaborada a partir de la fermentación del jugo, fresco o concentrado de frutas. En los vinos se produce una fermentación, posterior a la alcohólica, conocida como maloláctica, la cual consiste en la degradación del ácido málico, por la acción de las bacterias lácticas, en ácido láctico y gas carbónico (Chóez, 2018).

Según la normativa INEN, denomina al vino de frutas como *“una bebida obtenida de la fermentación alcohólica completa o parcial de frutas, o del jugo concentrado de frutas”* (INEN, N. 374, 1987)

Según Jarvis (1996) cita a los vinos de frutas como *“una bebida alcohólica obtenida por la fermentación parcial o completa de jugos de frutas frescos, jugo concentrado o reconstituido; o macerado de pulpa con la adición de agua, azúcar o miel”*. Se estima una concentración alcohólica para este tipo de vino entre 8 y 14 % (gramos/100 mL) (Ferreyra et al., 2009).

Bourdon (1963) establece la diferencia entre el vino de frutas y de uva, indicando que el primero contiene una mayor cantidad de ácido málico mientras que el segundo de ácido tartárico. Además, menciona que el vino de fruta se puede obtener por dos mecanismos: mediante una fermentación pura y simple o con adición de aguardiente, con el primero se obtiene un vino, en cambio con el segundo una ratafía (licor dulce obtenido a partir de la maceración de frutas). Por otro lado, el jugo o mosto se obtiene del zumo o del mucílago de las frutas. El jugo es sometido a fermentación para producir el vino, cabe señalar que, debe contener la suficiente cantidad de azúcar para que se pueda desarrollar dicho proceso y en algunos casos es necesario adicionar levadura. El autor le denomina como licor durante la etapa de enturbiamiento, incremento de temperatura, desprendimiento de ácido carbónico y generación de espuma, y una vez que la fermentación culmina y tiene un aspecto nítido, limpidez lo reconoce como vino.

De acuerdo a las definiciones anteriormente citadas, Calero & Moreno (2016) indican que, a partir de la fermentación de azúcares que se encuentran en la pulpa o mucílago de cacao, se obtiene el alcohol, debido a que el azúcar es transformada en etanol, siendo las responsables de dicho proceso las levaduras, consecuentemente dando la formación del vino, sin embargo, para producir un alcohol con mayor grado alcohólico o conocido como licor, se realiza a través de una destilación dando como resultado una bebida espirituosa que va desde 35-55%.

2.9.1. Variables que intervienen en la elaboración del vino

Tiempo de fermentación: la fermentación termina en un tiempo aproximado de 60 horas, puede ser superior o inferior a este valor, lo cual dependerá de otros factores como la concentración de azúcar y la actividad de la levadura (Carrillo & León, 2006).

Concentración de azúcar: en mostos donde la cantidad de azúcar sea 10 g/L es un medio pobre, consecuentemente la fermentación será lenta, mientras que, con una concentración muy alta, siendo superior a 600 g/L, no se da la fermentación. A razón de que la cantidad de azúcares decrece la actividad de las levaduras disminuye hasta alcanzar el agotamiento de azúcares fermentables (Puig i Vayreda, 2016).

Oxígeno: *Saccharomyces cerevisiae* es un fermentador facultativo, es decir, que es capaz de consumir azúcar en ausencia de oxígeno. Cuando existe un exceso en la concentración de oxígeno puede inhibir la fermentación, dando de esta manera el efecto Pasteur, sin embargo, si existe una cierta cantidad de aire es beneficiosa para el crecimiento de las levaduras vínicas, teniendo la necesidad de oxígeno para poder sintetizar esteroides, ergosterol y ácidos grasos insaturados, pero teniendo en cuenta que, al tener un exceso de aire puede tener una producción indeseable de acetaldehído y sulfuro de hidrógeno (Santos, 2016).

Dióxido de Carbono: un contenido aproximado de 15 g/L de CO₂ suspende el crecimiento de la levadura siendo un efecto negativo en la fermentación (Carrillo & León, 2006).

Velocidad de agitación: al ser una fermentación en condiciones anaerobias, la agitación debe ser mínima, sin embargo, es necesaria para tener una condición homogénea dentro del reactor (Mendoza, 2006). No obstante, según Hernández et al. (2014) indican que la agitación forma parte de la transferencia de masa, esto se debe a que el oxígeno es un sustrato para el metabolismo en las fermentaciones anaeróbicas, por lo que de esta manera debe estar disponible en todo instante para el microorganismo.

Temperatura: la mayoría de las levaduras sobreviven y se proliferan a una temperatura entre los 10 y 40 °C, por esa razón, se considera que la temperatura óptima para la fermentación se encuentra entre 20 y 25 °C. Es necesario tener un sistema automatizado para controlar la temperatura, ya sea, enfriamiento o calentamiento dependiendo del clima del medio donde se encuentre el equipo, cabe mencionar que, la fermentación es un proceso exotérmico, por lo tanto, se debe controlar el aumento de temperatura para prevenir un paro fermentativo o

efectos no requeridos en el vino, por ejemplo, pérdida del aroma por volatilización (Puig i Vayreda, 2016).

2.9.2. Tipos de vino:

Clasificación según el contenido de azúcar:

Tabla 3. Clasificación del vino según el contenido de azúcar

Tipo de vinos	Características (g/L)
Secos	Menor de 5
Abocado	entre 5 y 15
Semiseco	Entre 15 y 30
Semidulce	Entre 30 y 50
Dulce	Mayor a 50

Fuente: (Pulido, 2016)

2.10. Catación

Es la valoración que se lleva a cabo a los vinos por medio de los sentidos, es decir, un análisis organoléptico (Vaquero González, 2013).

Según Fernández & García (2021) define como “*la operación de analizar y apreciar los caracteres organolépticos*”

A continuación, se describe según Gallurt (2021) y Vaquero González (2013) lo que se percibe por medio de cada sentido:

- Vista: intensidad, matiz, aspecto, efervescencia, limpidez y color del vino.
- Olfato: permite establecer el tipo de vino que va a catar, concretamente analiza los aromas.
- Gusto: determina sabores amargos, madera, dulces, etc.
- Oído: untuosidad, ligereza.

2.10.1. Fases de la Cata

La vista compone el primer contacto con el vino. Por ende, a través de la vista se percibe la limpidez, color, intensidad y los matices del vino. Mediante esta fase se puede percibir aspectos del vino antes de llegar a probarlo, dicha visualización puede llevarnos a continuar con la cata o no (Vaquero, 2013).

En la fase olfativa se establece el tipo de vino del que se trata. Mediante la aspiración profunda de los aromas del vino, se tiene una idea certera de lo que se va a degustar. Los aspectos que se determinan en esta fase son: intensidad, calidad, persistencia (Gallurt, 2021).

La fase degustativa determina a través de las papilas gustativas sabores amargos, dulces, ácidos, valorando de esta manera la intensidad, persistencia y equilibrio del vino (Pulido, 2023).

2.10.2. Fichas de cata

Las fichas de cata muestran de manera cuantitativa las impresiones que el vino provoca en los sentidos, en cada uno de los aspectos de las tres fases del análisis: visual, olfativo y gustativo se establece un valor a cada vino. Se clasifican dos tipos según su finalidad:

Fichas descriptivas: brindan una descripción detallada de los caracteres del producto.

Fichas de clasificación: son usadas en la elaboración de guías, se clasifican separadamente los caracteres y el resultado de las notas parciales es la nota final, es decir, sirven para clasificar los vinos en función de su calidad (Aleixandre, 2013) (Vaquero, 2013).

2.11. Clarificación

Consiste en el empleo de sustancias, generalmente proteínas, que tienen una carga eléctrica distinta a la de los coloides lo que le permite flocular los mismos, consecuentemente se da la eliminación de las partículas que se encuentran suspendidas en el vino, mejorando el aspecto, limpidez y la calidad del vino (Puig i Vayreda, 2016).

Las sustancias clarificantes más empleadas según Bondiac (1959) son las siguientes:

- Gelatina: obtenido por medio de la cocción de sustancias colágenas, posee poco color y olor neutro.
- Albúmina de huevo: su dosificación es de dos a cuatro claras de huevo por hectolitro, es apto para vinos tintos.
- Caseína: proteína de la leche, se encuentra en polvo. Es un clarificador ideal para vinos blancos, dado que, previene el oscurecimiento por eliminación de polifenoles.

2.12. Grado alcohólico

Expresa el volumen de etanol en 100 ml de una bebida alcohólica, por lo que se demuestra de manera porcentual, medidos a una temperatura de 20 °C (Tipiana, 2022).

El grado alcohólico se suele determinar mediante la destilación del vino a través del método areométrico, en donde, se usan alcoholímetros que se expresan en % volumen (García & Xirau, 2000).

2.13. Destilación Fraccionada

La destilación fraccionada es empleada para separar líquidos que tienen puntos de ebullición cercanos, es decir, líquidos que son completamente miscibles, a excepción de aquellos que forman mezclas de punto de ebullición constantes (Gutiérrez & Tunqui, 2017).

Este tipo de destilación consiste en una alimentación continua de la mezcla líquida, la cual es introducida en una columna de fraccionamiento entre el líquido y el condensador, lo que corresponde a realizar varias etapas de manera consecutiva de destilación simple. En dicha columna se separan los componentes de la mezcla en las distintas fracciones, por la parte superior sale la fracción más ligera, es decir, la que tiene el menor punto de ebullición (Gutiérrez & Tunqui, 2017) (Gras, Maestre & Mora, 2005).

2.14. Acidez total

Según la INEN la acidez total es la suma de los ácidos valorables al momento de neutralizar una bebida alcohólica adicionando una solución de hidróxido de sodio (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1978).

Los ácidos que se encuentran en mayor proporción en el vino son: tartárico, málico y cítrico, estos son fundamentales en las características organolépticas del vino (García & Xirau, 2000).

Ácido tartárico es el más abundante y fuerte a comparación de los demás ácidos del vino, tiene parcialmente salificados todos sus grupos carboxílicos con potasio, calcio, desarrollando sales poco solubles. Al disminuir la temperatura o el grado alcohólico es elevado, ocasiona que las sales del ácido tartárico puedan insolubilizarse provocando pérdida del mismo por precipitaciones en el vino (Robles et al., 2016) (Lucio Olga, 2014).

Ácido málico es aquel que está menos disociado, sólo en uno de sus grupos carboxílicos. Las sales que se encuentran en este ácido son solubles, por esa razón, no presenta dificultades de precipitación (Lucio Olga, 2014) (Blouin & Peynaud, 2006).

Ácido cítrico se halla en baja concentración, por lo que este ácido no influye de forma relevante en el contenido total de ácidos ni en el pH (Lucio Olga, 2014).

2.15. Reactor

Un reactor es aquel dispositivo donde en su interior ocurre las reacciones químicas, es decir, en el cual la materia se intercambia y transforma. Se encuentra diseñado para maximizar la conversión y la selectividad de las reacciones con el menor costo (Cunill et al., 2010).

Existen tres tipos de reactores los cuales se diferencian entre sí por el régimen de operación que puede ser estable o en transición, por el intercambio de masa ya sea abierto o cerrado, por la dinámica de flujo, perfiles de concentración y otras propiedades del sistema. Estos son los reactores discontinuos, tubular y continuo de tanque agitado (Ramírez García & Katime, 2005)

2.15.1. Reactor tipo *batch*

Un reactor discontinuo es aquel recipiente en el que se lleva a cabo reacciones, mezclas, disoluciones (Lombeida, 2015). Este tipo de reactor se caracteriza por no tener flujos de entrada ni de salida, sino que es un reactor que cuenta con un agitador el cual homogeniza la mezcla. Normalmente son de forma cilíndrica, con un eje vertical donde se ubica un agitador, donde un motor acciona dicho eje, la parte superior del tanque es cerrada herméticamente. La profundidad del líquido es igual al diámetro del tanque (Valencia, 2021) (McCabe et al., 2007). Son utilizados a nivel industrial para realizar operaciones que son a pequeña escala o pruebas piloto (Solís, 2017).

2.15.2. Reactor tipo continuo

Es un reactor en el cual trabaja en estado estacionario, y su contenido está perfectamente agitado, siendo así que a corriente de salida tiene la misma composición que el fluido que se encuentra contenido dentro del reactor, es decir que constantemente se alimenta al reactor con reactantes y se eliminan los productos generados en la mezcla de la reacción (Sinnott & Towler, 2012) (Levenspiel, 2004).

Es el más utilizado industrialmente debido a que la producción se puede llevar a grandes escalas de igual manera tiene costos menores que la producción en discontinuo (Solís, 2017).

2.15.3. Reactor tipo tubular

Este tipo de reactor consiste en un tubo cilíndrico, dentro del mismo surge la reacción y se opera en estado estacionario, y de forma continua, por lo que existen flujos de entrada y salida durante el proceso (Lainfiesta, 2009).

2.16. Agitación

La agitación es aquel movimiento físico el cual tiene como propósito homogeneizar un fluido, sus componentes y unificar sus propiedades. El agitador causa que los líquidos pasen por medio del tanque y que regrese el mismo. Por otro lado, los deflectores son añadidos debido a que estos disminuyen el movimiento tangencial (McCabe et al., 2007).

El tipo de agitación depende del agitador, estos se dividen en dos clases:

- **Agitadores de flujo axial:** estos provocan corrientes paralelas al eje del agitador, es decir, las aspas del agitador crean un ángulo menor de 90° con respecto al plano de rotación (McCabe et al., 2007).
- **Agitadores de flujo radial:** estos generan corrientes en dirección radial o tangencial, en otras palabras, las aspas generan un ángulo de 90° con respecto al plano de rotación (McCabe et al., 2007).

Los tres agitadores que son utilizados para líquidos de baja a media viscosidad son: hélices, turbinas e impulsores de alta eficiencia. Sin embargo, para líquidos que tienen una alta viscosidad los más convenientes son: hélices y agitadores de anclaje (Lombeida, 2015).

Capítulo 3. Metodología

En el presente trabajo se llevó a cabo un tipo de investigación aplicada y cuantitativa, dado que, se obtuvo vino a partir del mucílago de cacao CCN-51, mediante el empleo de 3 tipos de levaduras de la familia *Saccharomyces cerevisiae* (levadura *SafLager W-34/70*, *SafAle BE-256* y *SafAle K-97*), con la finalidad de determinar la más óptima para su producción, además se seleccionó a estudiantes de octavo y décimo ciclo de la carrera de ingeniería química de la Universidad de Cuenca, quienes tuvieron la función de catadores, por medio de una encuesta se evaluaron las propiedades organolépticas del vino como: olor, sabor y aspecto.

3.1. Materia Prima

3.1.1. Mucílago de cacao CCN -51

El cacao que se utilizó es de tipo CCN-51, siendo este un cacao híbrido que tiene una maduración temprana, una alta productividad, de dicha variedad se obtiene el mucílago. La recolección del fruto de cacao se realizó en la zona 6 del Ecuador, en una finca ubicada en el cantón La Troncal, sector Cochancay, su punto de georreferencia: 2°29 '25"S y 79°19' 3"O. El lugar se escogió a causa de que existe una mayor accesibilidad y facilidad, a causa de que dicha zona queda a 3 horas de la Universidad de Cuenca.

3.1.2. Levaduras

Las Levaduras que fueron seleccionadas son de la familia *Saccharomyces Cerevisiae*, provienen de la marca *Fermentis* y son de la cepa: *Ale* y *Lager*. A continuación, se detallan las principales características de cada levadura, según lo expuesto por el proveedor.

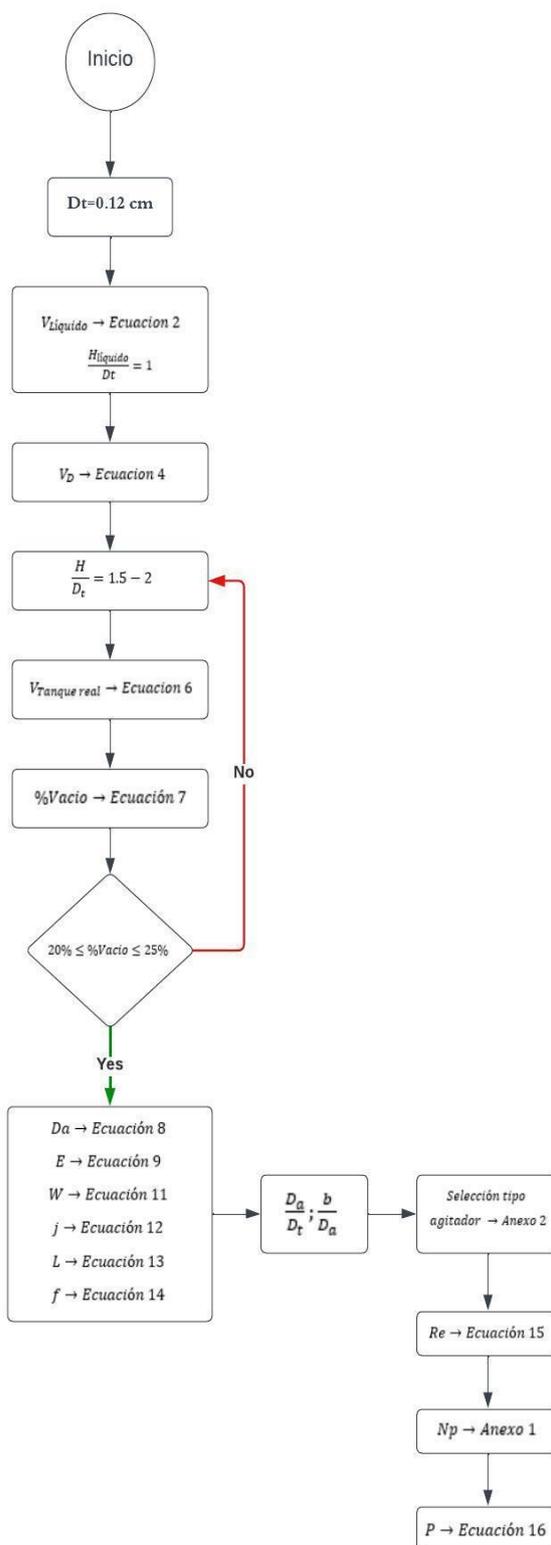
- **SafAle BE-256:** se caracteriza por aportar sabores afrutados en diferentes condiciones de fermentación, particularmente a densidades más altas y temperaturas de fermentación elevadas. Fermenta muy rápido y revela fuertes aromas de fermentación. Alcoholes superiores totales: alto; atenuación aparente: 82-86%; tiempo de sedimentación: rápida; tolerancia al alcohol: 9-11%.
- **SafLager W-34/70:** esta levadura se caracteriza por otorgar aromas florales y frutales con un sabor limpio y fresco. Posee una velocidad rápida de fermentación y la capacidad de formar un sedimento compacto en el fondo de los fermentadores, hecho que mejora la limpidez de las cervezas.
- **SafAle K-97:** produce un sutil carácter de fermentación. Dependiendo de las condiciones tiende a presentar carácter frutal, floral y equilibrado. Tiene la capacidad de formar una espuma grande y firme durante la fermentación. Atenuación aparente: 80-84%; tiempo de sedimentación: lenta; tolerancia al alcohol: 9-11%.

3.2. Métodos

3.2.1. Diseño del reactor tipo *batch*

3.2.1.1. Diagrama de flujo de reactor tipo *batch*

Figura 3. Diagrama de flujo del diseño del reactor tipo batch.



Fuente: Autor

3.2.1.2. Dimensionamiento del tanque del reactor

Se empleó las siguientes relaciones, que permiten el diseño de un reactor tipo *batch*.

Cálculo del volumen del líquido

Los equipos de agitación se diseñan conforme a la necesidad de operación, por lo que, para estimar el diámetro interno del reactor, este se basa en función al volumen que se desea producir de líquido, cuya relación se encuentra expresada en la ecuación 2. Sin embargo, dado que es diseñado con fines investigativos y se requiere observar durante los procesos fermentativos, se optó por realizar con un tubo de acrílico, su fabricación conforme al proveedor es estándar con un diámetro interno de 12 cm y una altura de 50 cm, por ende, se usa la ecuación 2 para calcular el volumen del líquido de producción de acuerdo al diámetro establecido y la ecuación 3 para estimar la altura del líquido.

Ecuación 2. Volumen del líquido

$$V_{\text{Líquido}} = \frac{D_t^3 \pi}{4}$$

Ecuación 3. Relación altura del líquido/ Diámetro interno del reactor

$$\frac{H_{\text{Líquido}}}{D_t} = 1$$

Fuente: (McCabe et al., 2007)

Donde:

- D_t : diámetro interno del tanque (m).
- $V_{\text{Líquido}}$: volumen de líquido a producir (m^3).
- $H_{\text{Líquido}}$: altura del líquido (m).

Cálculo de la altura del tanque

Sierio et al. (2016) establecen que se puede sobredimensionar el tanque un 20%, cumpliendo de esta manera con las medidas de seguridad, por lo tanto, el volumen se multiplica por el factor de sobredimensionamiento con lo que el valor teórico del volumen es multiplicado por 1.2.

Se utilizó la ecuación 5 para determinar la altura del tanque del reactor, en donde, la ecuación es igualada a un valor que se encuentra entre 1.5 hasta 2. Para corroborar que la altura calculada del tanque es correcta, se verificó con el porcentaje del espacio libre (15-25 %) utilizando la ecuación 7, el cual está en función del volumen sobredimensionado y el volumen real del tanque (McCabe et al., 2007) (Rosabal & Garcell, 2006).

Ecuación 4. Volumen sobredimensionado

$$V_D = 1.2 V_T$$

Ecuación 5. Relación altura tanque/diámetro interno de tanque

$$\frac{H}{D_t} = 1.5 - 2$$

Se recalcula el volumen del tanque real.

Ecuación 6. Volumen del tanque real

$$V_{\text{Tanque real}} = \frac{\pi}{4} * D_t^2 * H$$

Ecuación 7. Porcentaje de espacio vacío en el tanque

$$\%V_{\text{vacío}} = 100 - \left(\frac{V_D}{V_{\text{Tanque real}}} \right) * 100$$

Donde:

- D_t : diámetro interno del tanque (m)
- V_T : volumen de líquido a producir (m^3)
- H : altura del tanque (m)
- V_D : volumen sobredimensionado (m^3)
- $V_{\text{Tanque real}}$: volumen real del tanque (m^3)

3.2.1.3. Selección y cálculos para el agitador

Cálculos para el agitador y las placas deflectoras

Se dispuso de relaciones geométricas fundamentales para el diseño estándar de un agitador tipo turbina, por lo que, a continuación, se expresa las variables que fueron empleadas

Ecuación 8. Relación diámetro del agitador/ diámetro interno del reactor

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}$$

Ecuación 9. Relación de la altura desde la turbina hasta el fondo del reactor/ diámetro interno de reactor

$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3}$$

Ecuación 10. Relación de la altura de las palas de turbina/ Diámetro agitador

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

Ecuación 11. Relación del ancho de las palas deflectoras/ Diámetro interno reactor

$$\frac{j}{D_t} = \frac{1}{12}$$

Ecuación 12. Relación del ancho de las palas de la turbina/ Diámetro agitador

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Ecuación 13. Relación de la separación del baffle y el tanque/ Ancho de placas deflectoras

$$\frac{f}{j} = 0.02$$

Fuente: (McCabe et al., 2007)

Donde:

- D_t : diámetro interno del reactor (m)
- D_a : diámetro del agitador (m)
- W : altura de las palas de la turbina (m)
- L : ancho de las palas de la turbina (m)
- j : ancho de las placas deflectoras (m)
- $H_{líquido}$: altura del líquido (m)
- E : altura desde la turbina hasta el fondo del reactor (m)
- f : Separación entre baffle y el tanque (m)

Se estableció la ubicación del agitador en la parte central del reactor, por consiguiente, se adecuaron 3 placas deflectoras, las cuales tienen la función de evitar vórtices alrededor del eje.

3.2.1.4. Selección del agitador tipo turbina

Según McCabe et al. (2007) establece que se puede emplear entre 4 y 16 palas para el agitador, pero comúnmente se usa entre 6 u 8. Por lo que se usa las relaciones $\frac{D_a}{D_t}$; $\frac{b}{D_a}$

Donde:

- D_a : diámetro del agitador
- D_t : diámetro interno del reactor
- b : ancho de la paleta.

3.2.1.5. Cálculo del número de Reynolds

Se calcula el número de Reynolds para identificar el número de corrección de la potencia (N_p o K_N), este último permite estimar la potencia requerida para hacer girar el agitador con una velocidad determinada.

Ecuación 14. Número de Reynolds

$$Re = \frac{ND_a^2\rho_A}{\mu_A}$$

Donde:

- Re : Número de Reynolds.
- N : Velocidad de rotación (rps)
- D_a : diámetro del agitador (m)
- ρ_A : densidad del fluido (kg/m^3)
- μ_A : viscosidad (Pascal * segundo)

3.2.1.6. Cálculo de Potencia

Ecuación 15. Potencia

$$P = N_p\rho N^3D_a^5$$

Donde:

- D_a : diámetro del agitador (m)

- N: Velocidad de rotación (rps)
- ρ : densidad del fluido (kg/m^3)
- N_p : Número de corrección de potencia (Ver Anexo A. Gráfica Reynolds vs Demanda Potencial).

3.2.2. Extracción de mucílago de cacao CCN-51

3.2.2.1. Materiales y Equipos

Tabla 4. Materiales y equipos utilizados para la extracción de mucílago de cacao CCN-51

Materia prima	Materiales	Equipo
Mazorcas de cacao CCN-51	Cuchillos	Cocina industrial
Agua	Ollas	Homogeneizador
	Recipientes de plástico de 2L	Fluidificador
	Jarras plásticas con medidas	Refractómetro portable 0-30°Brix
	Tablas plásticas para cortar	Termómetro
		Refrigerador

Fuente: Autor

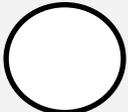
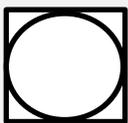
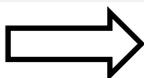
3.2.2.2. Procedimiento

1. Las frutas de cacao del tipo CCN-51 fueron recolectadas en el cantón La Troncal, para determinar que la materia prima sea apta para la elaboración de vino, el cacao cumplió con los siguientes parámetros: color amarillo-rojizo (maduro), no presentó golpes, enfermedades ni plagas.
2. Fue transportado hasta la Universidad de Cuenca en sacos, acomodando de una manera adecuada en el medio de transporte para evitar daños mecánicos en el fruto, previniendo que se parta la mazorca.
3. Antes del lavado se seleccionó las mazorcas que cumplen con los parámetros por ejemplo estar libre de plagas, golpes, etc. Posteriormente se colocó detergente y se lavó con abundante agua.
4. Se realizaron dos tipos de corte a los frutos de cacao: transversal y longitudinal, consecuentemente se obtuvo las pepas con mucílago, de esa manera se evitó cualquier tipo de contaminación.

5. Se colocaron las semillas del cacao CCN-51 en el homogeneizador durante 20 minutos, con la finalidad de ablandar la fruta.
6. Posteriormente, se separó el mucílago de las semillas de cacao CCN-51 usando el fluidificador y finalmente se obtuvo el mosto.
7. Se realizó la medición de lo sólidos solubles (°Brix) y la cantidad de mosto.
8. Se pasteurizó el mosto a 80 °C durante 5 minutos.
9. Para el envasado se empleó envases PET con una capacidad de dos litros, con anterioridad fueron esterilizados a 100 °C durante 10 minutos, luego, se colocó el mosto pasteurizado dejando libre un espacio aproximado del 10% del envase.
10. Por consiguiente, se realizó el evacuado a baño maría a 92°C durante 15 minutos, después, se cerraron herméticamente los envases.
11. El mosto fue almacenado a una temperatura inferior a 4 °C.

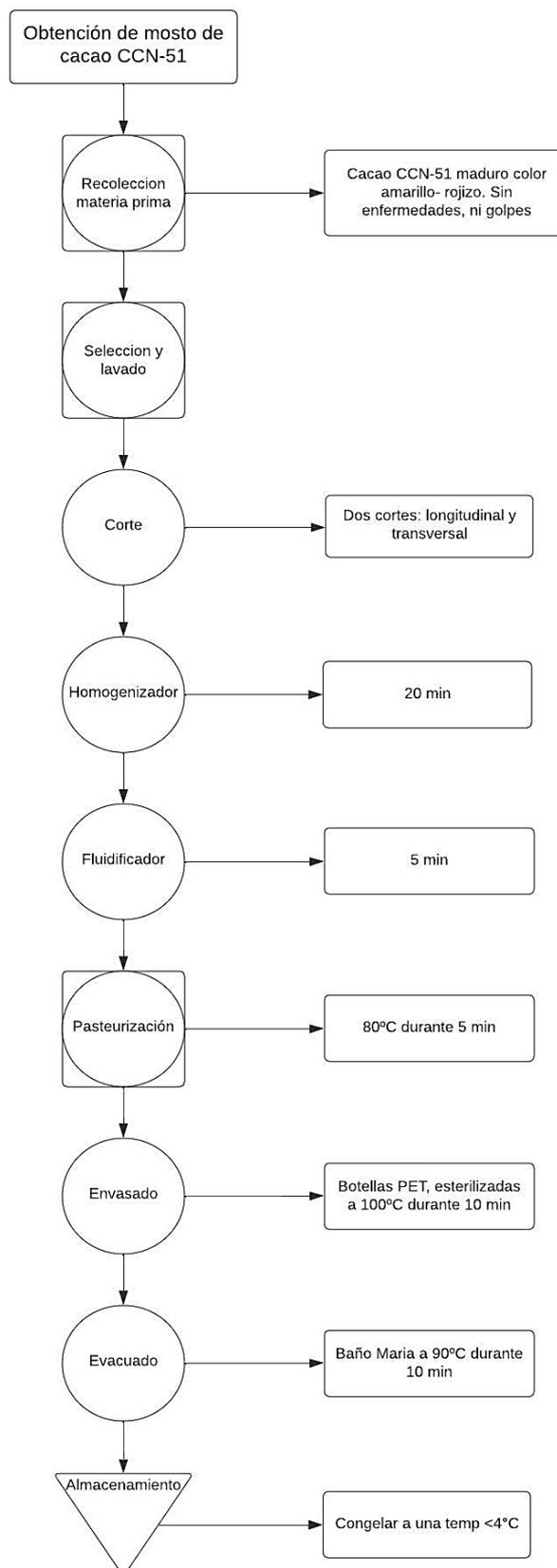
3.2.2.3. Diagrama de flujo para la extracción del mosto a partir del mucílago de cacao CCN-51

Tabla 5. Simbología del diagrama de flujo

Símbolo	Representa
	Operaciones. Fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección y medición. Verificación de calidad, cantidad de insumos y producto
	Operación e inspección. Supervisión durante las fases del proceso, método o procedimiento.
	Transporte
	Almacenamiento

Fuente:(Baca Urbina, 2013)

Figura 4. Diagrama de flujo de la obtención de mosto.



Fuente: Autor

3.2.2.4. Análisis de azúcares reductores

1. Se determinó los azúcares reductores mediante el método de Fehling.
2. Se agregó 1 mL de solución A y 1 mL de solución B a 10 mL de muestra de mucílago de cacao.
3. Se calentó a baño maría por 10 min, se observó un precipitado de color rojo oscuro el cual indicó como positivo que el mucílago de cacao contiene azúcares reductores, estos son importantes para la fermentación.

3.2.3. Elaboración de vino a base de mucílago de cacao

3.2.3.1. Materiales Y equipos

Tabla 6. Materiales y equipos utilizados en la elaboración de vino

Materia prima	Materiales	Equipo
Mucílago de cacao CCN-51	Lienzo	Cocina industrial
Agua	Ollas	Reactor tipo <i>batch</i>
Levaduras de la familia <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Vasos de precipitación 1000 mL y 100 mL	Potenciómetro
Azúcar	Jarras plásticas con medidas	Refractómetro portable 0-30°Brix
Bicarbonato de sodio	Botellas de vidrio de 750 mL	Termómetro
Gelatina sin sabor	Cernidores	Balanza analítica
Metabisulfito de sodio	Luna	
	Espátula de acero inoxidable	

Fuente: Autor

3.2.3.2. Procedimiento

A continuación, se detalla los procesos para la elaboración de vino de cacao CCN-51:

1. Se descongeló el mosto a baño maría a una temperatura aproximada de 90 °C, durante el tiempo necesario hasta observar que no haya la presencia de hielo.
2. Se filtró el mosto mediante un lienzo.
3. Análisis fisicoquímico del mosto, se midió los sólidos solubles (°Brix) y el pH empleando un refractómetro y potenciómetro, respectivamente. Obteniendo:

Tabla 7. Análisis fisicoquímico del mosto

Análisis fisicoquímico del mosto del mucílago de cacao CCN-51

Sólidos solubles (°Brix)	14
pH	3.54
Volumen (L)	12

Fuente: Autor

4. La fermentación se llevó a cabo en un reactor tipo *batch* que fue diseñado y construido con anterioridad, el mismo permitió controlar la temperatura y mantuvo una agitación constante.

Se realizaron 7 ensayos, 3 de ellos fueron preliminares para determinar el tiempo de duración de la fermentación y pasteurización. La dosificación de la levadura se estableció de acuerdo a las especificaciones del proveedor “*Fermentis*”, lo cual, se encuentra especificado en la siguiente tabla:

Tabla 8. Dosificación de las levaduras y su temperatura óptima

Tipo de levadura	Cantidad (g/hL)	Temperatura
SafLager W-34/70	80 a 120	12 - 18 °C
SafAle BE-256	50 a 80	18 - 26 °C
SafAle K-97	50 a 80	18-26 °C

Fuente: Proveedor “*Fermentis*”

El proveedor “*Fermentis*” en sus instrucciones establece lo siguiente: la levadura se debe activar en un volumen de mosto 10 veces mayor a la cantidad a colocar, a una temperatura de 30 °C, se siguió las especificaciones citadas anteriormente para activar la levadura y luego, se dejó reposar 30 min en un vaso de precipitación.

Se verificó que el reactor estaba limpio, luego, se colocó el mosto a temperatura ambiente, el bicarbonato de sodio (en el caso de ser necesario para disminuir la acidez), se agitó y por último se agregó la levadura activada, finalmente se cerró herméticamente el reactor y se programó la agitación a 30 rpm para los tres tipos de levaduras de la familia *Saccharomyces cerevisiae* y la temperatura de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

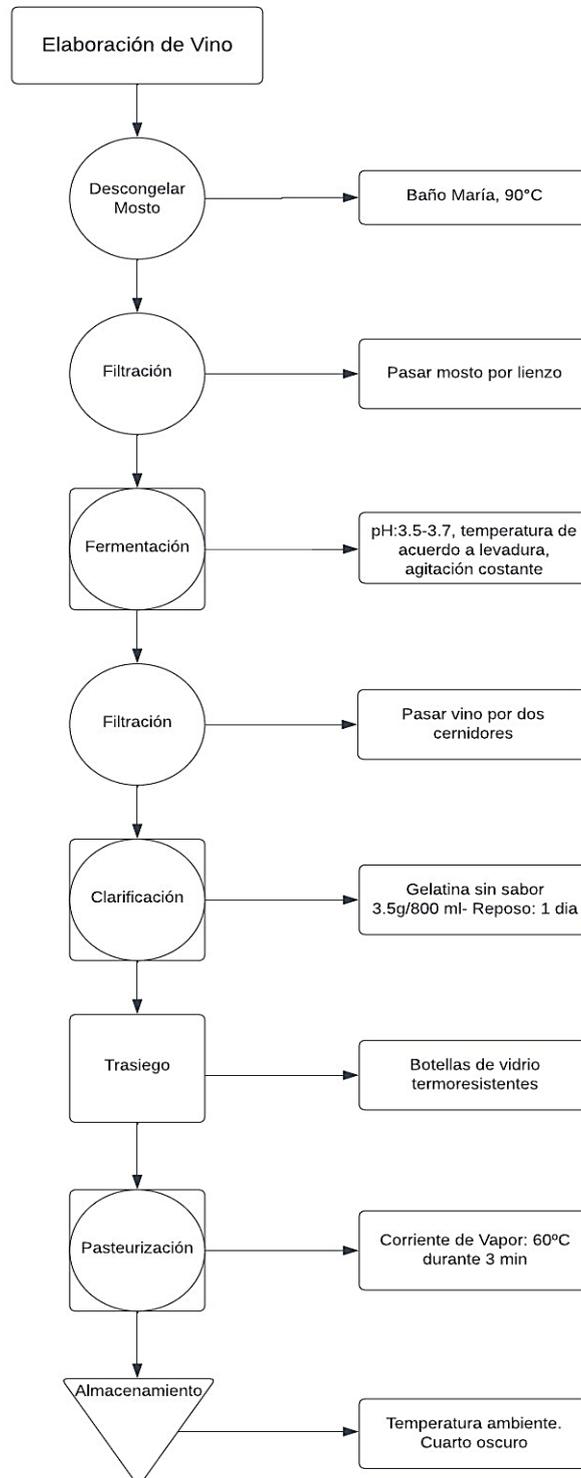
Además, la primera medida de los sólidos solubles (°Brix), se realizó después de 5 horas transcurrida la fermentación, una vez que se rompió la fase de latencia se midió cada hora. La culminación de la fase de latencia se determinó cuando las mediciones de los sólidos

solubles (°Brix) dejaron de ser constantes, es decir, se obtuvo un valor inferior al °Brix inicial. El pH únicamente fue medido al inicio de la fermentación y al culminar la misma.

5. Una vez terminada la fermentación, se pasa el vino por 2 cernidores con la finalidad de retener sólidos e impurezas.
6. Para clarificar el vino se colocaron 3.5 g de gelatina por 800 mL y se dejó reposar 24 horas.
7. Posteriormente, se realizó el trasiego a un vaso de precipitación de 1000 mL, luego fue envasado en botellas de vidrio termo resistentes con una capacidad de 750 mL.
8. Las botellas se taparon con un corcho para pasteurizar a 60 °C durante 3 minutos, teniendo en cuenta que el tiempo se tomó cuando se alcanzó dicha temperatura en el punto frío del vino.
9. Se almacenó a temperatura ambiente en un cuarto oscuro.

3.2.3.3. Diagrama de flujo para la elaboración de vino a base de mucílago de cacao CCN-51

Figura 5. Diagrama de flujo para la obtención de vino.



Fuente: Autor

Para el ensayo 7, el proceso de la fermentación fue similar al expresado en la figura 5, únicamente se adicionó una clarificación doble, cada una de ellas con una duración de 24 horas y para evitar la contaminación por algún microorganismo, luego de la filtración con el lienzo, se pasteurizó el mosto a 85 °C durante 5 min.

Para incrementar los sólidos solubles en algunos ensayos, se empleó azúcar, para determinar la cantidad a agregar en el mosto, se usó la siguiente ecuación:

Ecuación 16. Azúcar añadida

$$\text{Azúcar añadida} = \frac{P_j (\text{°Bd} - \text{°Ba})}{100 - \text{°Bd}}$$

Donde:

- P_j: peso del jugo
- °Bd: °Brix deseados
- °Ba: °Brix actuales

3.3. Formulaciones del mosto para la fermentación

Se realizaron tres ensayos preliminares, en la siguiente tabla se expresa la formulación para cada levadura de la familia *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabla 9. Formulación para los ensayos preliminares

Parámetros	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
	Levaduras		
	<i>SafLager W-34/70</i>	<i>SafAle BE-256</i>	<i>SafAle K-97</i>
Cantidad de levadura (g)	1.3	1.06	1.2
Cantidad de mosto (L)	1.3	1.325	1.5
pH	3.54	3.54	3.54
Sólidos solubles (°Brix)	13	13	13
Adición de agua (L)	0.2	0.2	0.2
Metabisulfito de sodio (mg)	136	212	240
Temperatura (°C)	18	23	20

Fuente: Autor

La mínima diferencia que se presentó en la cantidad de mosto para cada ensayo, se debe a que, en las botellas para almacenar el mosto unas contenían un poco menos de 2 litros, cuya capacidad máxima era de la botella, por esa razón, al momento de filtrar, se obtuvo mayor

cantidad de mosto, como resultado, la variación en ese apartado, no interfirió en nada, puesto que, la cantidad de levadura y metabisulfito está en relación a la cantidad de mosto. En el caso del metabisulfito de sodio se usó una relación de 160 mg/L (Pacheco, 2020).

En la siguiente tabla se expone las distintas formulaciones para el resto de ensayos:

Tabla 10. Formulación para los ensayos 4, 5, 6 y 7

Parámetros	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7
	Levaduras			
	<i>SafLager</i> <i>W-34/70</i>	<i>SafAle</i> <i>BE-256</i>	<i>SafAle</i> <i>K-97</i>	<i>SafAle</i> <i>BE-256</i>
Cantidad de levadura (g)	3	3	3	2.19
Cantidad de mosto (mL)	950	950	950	2 200
pH	3.77	3.74	3.7	3.59
Sólidos solubles (°Brix)	20	20	20	22.4
Temperatura (°C)	20	24	24	26
Adición de agua (mL)	350	350	350	1000
Adición de azúcar (g)	91	91	91	192
Bicarbonato de sodio (g)	0.9	1	1	1.7

Fuente: Autor

3.4. Análisis bromatológico del vino a partir del mucílago de cacao CCN-51

Para verificar que el producto elaborado es adecuado para el consumo humano se realizó dos análisis: acidez total y grado alcohólico, cabe mencionar que, la norma INEN 374 “Bebidas alcohólicas. Vino de frutas”. Establece los valores mínimos y máximos permisibles para los ensayos antes mencionados.

- **Acidez total:** se empleó la Norma INEN 341, esta presenta el mecanismo que se debe desarrollar para obtener la acidez en las bebidas alcohólicas. Se determinó la acidez total, por medio de titulación con hidróxido de sodio, colocando 5 gotas de fenolftaleína como indicador.

Ecuación 17. Acidez total

$$Acidez\ total = 2,4 * \frac{V_1}{G}$$

Donde:

- Acidez total: expresada como ácido acético en gramos por 100 cm^3 de alcohol anhidro.
 - V_1 : volumen de solución 0.1 N de NaOH usado en la titulación, en cm^3 .
 - G: grado alcohólico de la muestra en °GL.
- **Grado alcohólico:**

Tabla 11. Materiales y equipos utilizados para la determinación del grado alcohólico

Equipos	Materiales
Equipo de destilación fraccionada	Vasos de precipitación de 100 mL
Alcoholímetro	Probeta de 100 mL
Cocineta eléctrica	

1. Se transfirió 100 mL de vino al matraz de destilación.
2. Luego, se destiló la muestra, recibiendo en un vaso de precipitación de 100 mL.
3. La cantidad de destilado recolectado se colocó en la probeta de 100 mL y se aforó con agua destilada.
4. Se introdujo el alcoholímetro, limpio y seco, haciéndole girar suavemente, se efectuó la lectura del grado alcohólico, la cual fue tangente al menisco inferior.

3.5. Análisis organoléptico

Se realizó un análisis sensorial de los vinos elaborados a base de mucílago de cacao CCN-51 mediante una catación, se llevó a cabo en el laboratorio de cárnicos de la Universidad de Cuenca con la participación de los estudiantes de octavo y décimo ciclo de la carrera de Ingeniería Química, se seleccionó a ese grupo de estudiantes, a causa de que, al encontrarse en ciclos superiores de la carrera poseen un conocimiento técnico, puesto que los estudiantes ya han cursado las asignaturas de destilación y las tecnologías de alimentos, bases que le permiten determinar las propiedades organolépticas otorgadas con las diferentes levaduras, no se consideró noveno ciclo, debido a que durante la elaboración de la tesis dicho ciclo no se encontraba habilitado en la universidad.

Por medio de la siguiente ecuación, se determinó el tamaño de la muestra.

Ecuación 18. Tamaño de la muestra

$$n = \frac{NZ^2pq}{E^2(N-1) + Z^2pq}$$

Donde:

- n: número de encuestas
- N: tamaño de población
- p: total de encuestas positivas
- q: total de encuestas negativas
- z: constante de acuerdo al nivel de confianza
- E: error

Por otra parte, la catación fue basada en el estudio de Villagómez, (2013) en donde, se consideró una ponderación de 5 puntos con una escala de “Me gusta mucho” hasta “Me disgusta mucho” y se presentó las muestras en vasos desechables con su respectiva etiqueta. Por esa razón, se desarrolló la catación en el laboratorio de cárnicos de la Universidad de Cuenca, el cual presentó una buena iluminación, siendo un factor importante para evaluar el aspecto, el vino se colocó en vasos desechables transparentes con la etiqueta correspondiente a cada levadura de la familia *Saccharomyces cerevisiae*, con la cual fue elaborado el vino a partir del mucílago de cacao CCN-51.

Durante las sesiones los participantes disponían de galletas de sal para limpiar la lengua y disminuir la interferencia de una muestra sobre la evaluación de la próxima. Se aplicó una encuesta, sus preguntas se encuentran en el apartado de resultados, la cual asemejó a una hoja de catación y se determinó la levadura que conservó de mejor manera las propiedades organolépticas del vino de cacao CCN-51, cabe mencionar que, únicamente se consideraron 3 factores: aspecto, aroma y sabor, puesto que, la muestra seleccionada como catadores no fueron expertos.

Capítulo 4. Resultados y Discusión

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados del diseño del reactor tipo *batch*.

En la siguiente tabla se exponen las dimensiones para el diseño del reactor

Tabla 12. Dimensiones para el diseño del reactor.

Dimensiones del tanque del reactor	Ecuación empleada	Resultado	Unidades
Volumen del líquido	Ecuación 2	0.00135	m ³
Altura del líquido	Ecuación 3	12	cm
Volumen sobredimensionado	Ecuación 4	0.00156	m ³

Fuente: Autor

En la tabla 13 se exponen los resultados al aplicar las ecuaciones 5, 6, y 7, de este modo, se determinó la altura, el volumen real del reactor y el porcentaje del espacio vacío para el tanque, respectivamente. McCabe et al., (2007) menciona que, se debe dejar un espacio vacío por seguridad del equipo, de 15 a 25% en el tanque, con ese rango cumplió la relación (H/D) con 1.5 y 1.6, no obstante, se escogió la relación igual a 2 ya que otorgó una mayor capacidad de volumen en el reactor, sin embargo, por el porcentaje vacío de 40% se realizaron algunos ajustes como: un sobredimensionamiento y la adición de otro agitador. Por ende, el reactor fue construido con dos agitadores, con una altura del tanque de 25 cm y el volumen real del tanque de 0.00275 m³ con esos ajustes se determinó que el reactor puede trabajar hasta con un volumen de líquido de 2.2 L, de esta manera, le permite dejar un espacio del 20%, cumpliendo con el requerimiento establecido por el autor.

Tabla 13. Resultados de la altura, volumen del tanque, % de espacio vacío

H/D _t	D _t (m)	Altura del tanque (m)	Recalculo de volumen real del reactor (m ³)	Espacio vacío (%)
1,5		0,1796825441	0,002025	20
1,6	0,120	0,1916613804	0,00216	25
2		0,2395767255	0,0027	40

En la tabla 14 se presenta los resultados empleando las relaciones expuestas en las ecuaciones 8, 9, 10, 11, 12, 13:

Tabla 14. Resultados obtenidos del agitador

Parámetros	Simbología	Resultado (m)
Diámetro del agitador	D_a	0.039
Ancho de palas	L	0.0098
Altura de las palas de la turbina	W	0.00788
Distancia entre fondo de tanque y paletas	E	0.039
Ancho de placa	j	0.0098
Espacio entre placa deflectora y la pared del tanque	f	0.000197

Tabla 15. Respuestas relaciones D_a/D_t y b/D_a para selección de turbina

D_a/D_t	b/D_a
0.325	0.25

Según las relaciones calculadas de D_a/D_t , b/D_a , se elige una turbina de aletas abiertas con un número de paletas de 6, y un ángulo de inclinación de las paletas de 90° y número de curva 12, de acuerdo a la tabla de “*Características técnicas de los agitadores normalizados*” (véase anexo A) (Rosabal & Garcell, 2006).

Se determinó el número de Reynolds para calcular el número de corrección de la potencia (N_p o K_N), empleando la ecuación 14, en donde, según Nunes et al., (2020) la velocidad rotacional de la turbina de palas es de 0.5 rps, la viscosidad de mucílago de cacao es de 0.095 Pascal*segundo a 30°C, la densidad es de 1060 kg/m^3 .

$$Re = \frac{(0.5rps)(0.039)^2(1060 \text{ kg/m}^3)}{0.095 \text{ Pa.s}}$$

$$Re = 8.49$$

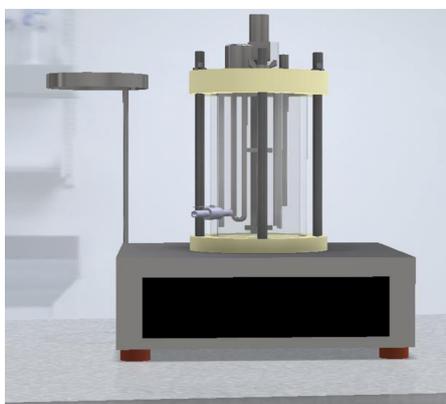
Conforme a la tabla de “*Características técnicas de los agitadores normalizados*” (véase anexo A), se estableció un número de curva de 12, de acuerdo a las relaciones antes

explicadas y con el número de Reynolds, dichos valores permitieron identificar el número de corrección de la potencia (N_p o K_N), en la gráfica del anexo B, en donde se obtuvo un N_p de 8.8.

Luego, reemplazando todas las variables de la ecuación 15 se determinó la potencia, dando un valor de 0.0001052 W. Cabe mencionar que para el diseño final se construyó el reactor con 4 aspas, dado que, al no tener todos los materiales para cortar y soldar de manera correcta fue complicado realizar con 6 aspas.

Luego, de todos los cálculos efectuados, se presenta el resultado del diseño con el que fue construido:

Figura 6. Diseño del reactor.



Cada parte del reactor fue diseñado en AutoCAD 2021 y se encuentra expuesta en los anexos:

Reactor tipo *batch* con todos los componentes y sus respectivas medidas:

- Base del reactor: **Anexo D.**
- Cuba del reactor: **Anexo E.**
- Tapa móvil del reactor: **Anexo F.**
- Perno de sujeción: **Anexo G.**
- Agitador: **Anexo H.**
- Agitadores: **Anexo I.**
- Soporte para tapa móvil: **Anexo J.**
- Base y caja eléctrica: **Anexo K.**
- Niquelina: **Anexo L.**
- Tapa fija del reactor: **Anexo M.**

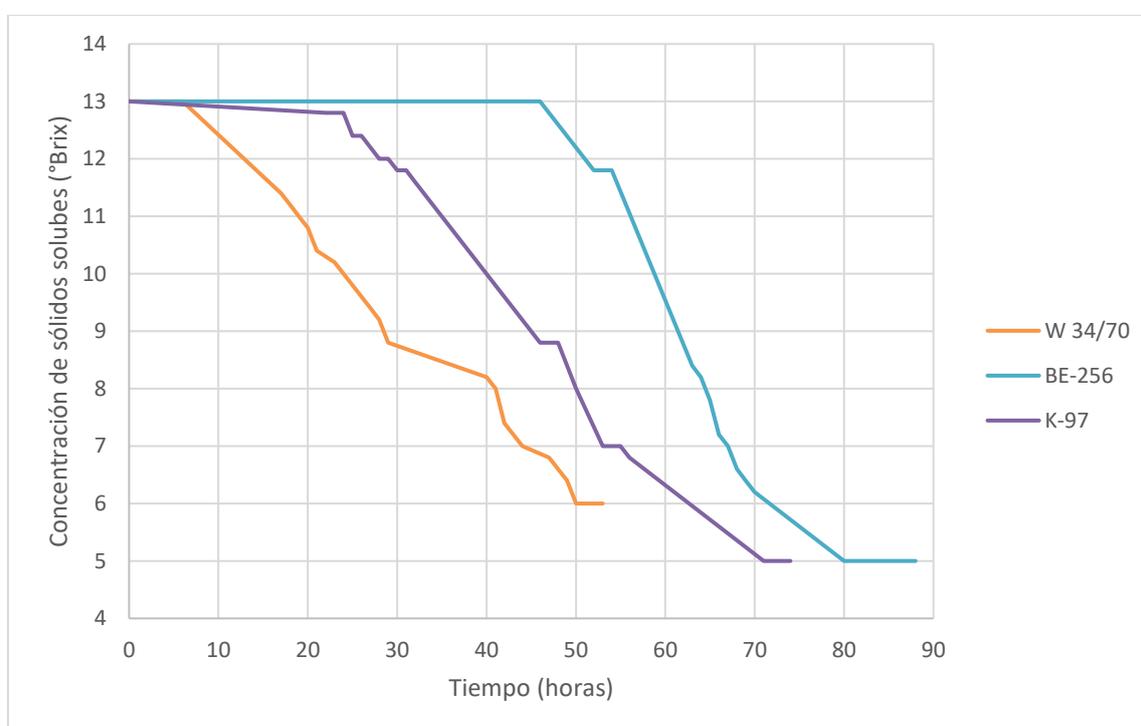
La construcción del reactor se realizó en un taller externo, ubicado en la ciudad de Cuenca, una vez realizado los cálculos pertinentes se estableció un listado de materiales a utilizar conjuntamente con los costos directos e indirectos. La construcción del reactor tipo *batch fue* de un monto de \$ 814,85, cada costo se encuentra desglosado en el anexo R.

4.1.2. Resultados de los ensayos para la obtención de vino a partir del mucílago de cacao CCN-51

Ensayos preliminares

Se realizó un análisis preliminar con el objeto de determinar el tiempo de duración del proceso de fermentación y la pasteurización, empleando la dosificación establecida por el proveedor, obteniendo la siguiente figura con cada una de las levaduras:

Figura 7. Sólidos solubles (°Brix) vs Tiempo de los ensayos preliminares.



En la figura se puede observar que hay pequeños tramos que permanecen estacionarios en la fase de crecimiento, a causa de que, la medición de sólidos solubles (°Brix) se realizó cada hora, en algunos casos, el decrecimiento de °Brix, se produjo cada 2 horas. Por otra parte, permanecieron en estado estacionario las levaduras *SafAle Be-256*, *SafAle K-97*, *SafLager 34/70* durante un tiempo de 46, 8, 6 horas, respectivamente, el primero siendo el que más tiempo se mantuvo en estado estacionario, a pesar de que, se encontraba bajo las mismas condiciones que el resto de levaduras, no obstante, es el que menos tramos en estado estacionario posee durante la fase de crecimiento, teniendo un decrecimiento bastante

continuo. Al final de cada recta se visualiza cómo permanecen en estado estacionario, indicando que la fermentación ha culminado, en un tiempo de 88, 74, 53 horas para las levaduras *SafAle BE-256*, *SafAle K-97*, *SafLager 34/70*, respectivamente.

Tabla 16. Disminución de sólidos solubles (°Brix) de los ensayos preliminares de los tipos de levaduras

Disminución de sólidos solubles (°Brix)-Ensayo preliminar			
Tipo de levadura	°Brix inicial	°Brix final	pH final
<i>SafAle Be-256</i>	13	6	3.34
<i>SafAle K-97</i>		5	3.34
<i>SafLager 34/70</i>		5	3.3

Fuente: Autor

En el proceso de fermentación empleando los 3 tipos de levaduras de la familia *Saccharomyces cerevisiae*, hubo una disminución de 8 y 9 °Brix.

Ensayos 4, 5 y 6

Debido a que, en los ensayos preliminares después de la pasteurización se obtuvo un grado alcohólico de 0 °GL, por eso, para los ensayos 4, 5 y 6 se estableció incrementar el °Brix, con la finalidad de aumentar el grado alcohólico del vino de cacao, además se adicionó agua, consecuentemente, redujo el pH, llegando a un valor de 3.2, convirtiéndose un medio muy ácido para la levadura, por esa razón, se agregó bicarbonato de sodio. Además, se tomó como referencia el tiempo de fermentación de los análisis preliminares, en base a ello, se generalizó la dosificación de la levadura, es decir, se colocó 3 g, en cada ensayo, con la finalidad de reducir el tiempo de fermentación.

Para determinar la cantidad de azúcar a añadir se calculó con la ecuación 16, estableciendo incrementar hasta 20 °Brix:

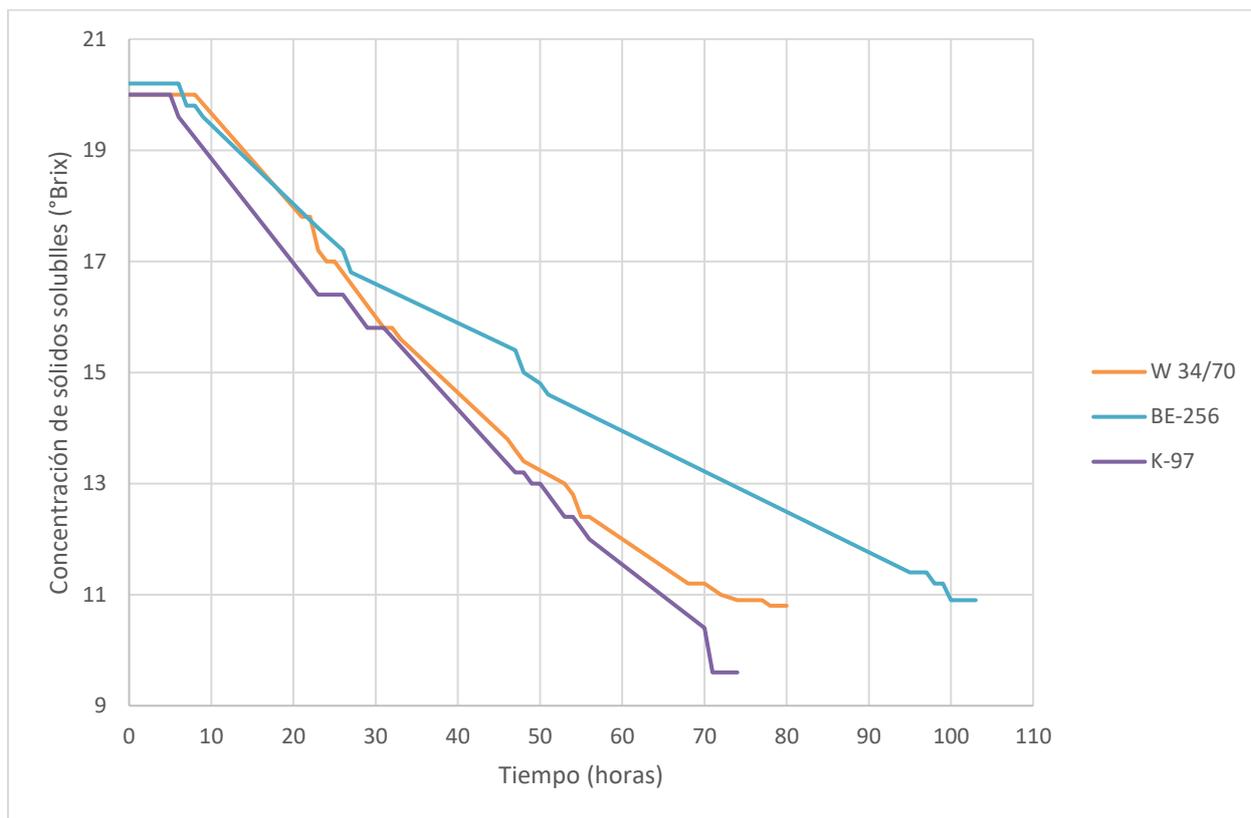
$$\text{Azúcar añadida} = \frac{1007 \text{ g} (20 - 13)}{100 - 20}$$

Se obtuvo:

$$\text{Azúcar añadida} = 88.11 \text{ g}$$

En la siguiente figura se puede observar el tiempo de fermentación de cada levadura de acuerdo al consumo del sustrato.

Figura 8. Sólidos solubles (°Brix) vs Tiempo de los ensayos 4, 5, 6.



Se puede observar que, en la fase estacionaria permanece, 9, 6, 5 horas, para las levaduras *SafLager W34/70*, *SafAle Be-256*, *SafAleK-97*, respectivamente. Posterior a ese tiempo, se puede visualizar el decrecimiento de los °Brix, indicando el consumo del sustrato, en este caso el azúcar, de esa manera produciendo el alcohol, hasta que finalmente, se vuelve constante los °Brix, indicando que la fermentación ha culminado.

La duración del proceso de fermentación empleando las levaduras: *SafLager W34/70*, *SafAle BE-256* y *SafAle K-97* fue de 80, 103 y 73 horas, respectivamente.

Tabla 17. Disminución de sólidos solubles (°Brix) de los ensayos 4, 5, 6

Disminución de sólidos solubles (°Brix)				
Ensayos	Tipo de levadura	°Brix inicial	°Brix final	pH final
Ensayo 6	<i>SafAle K-97</i>	20	10.4	3.42
Ensayo 5	<i>SafAle Be-256</i>		10.9	3.34
Ensayo 4	<i>SafLager W 34/70</i>		10.8	3.4

Fuente: Autor

En el proceso de fermentación empleando los 3 tipos de levaduras de la familia *Saccharomyces cerevisiae*, hubo aproximadamente una disminución de 9 °Brix.

Se expone en la siguiente tabla la comparación del tiempo de fermentación entre los ensayos preliminares y los ensayos 4, 5 y 6

Tabla 18. Comparación del tiempo de fermentación de los ensayos preliminares y los ensayos 4, 5 y 6

Comparación del tiempo de fermentación		
Tipo de levadura	Ensayos preliminares (horas)	Ensayo 4, 5 y 6 (horas)
SafAle Be-256	88	103
SafAle K-97	74	73
SafLager W 34/70	53	80

Fuente: Autor

Por otra parte, para determinar el tiempo de pasteurización para el vino de cacao CCN-51, se realizó varios ensayos, posteriormente se obtuvo el grado alcohólico para corroborar que no se volatilice todo el etanol durante la pasteurización. Se evidencia en la siguiente tabla lo mencionado anteriormente:

Tabla 19. Determinación del tiempo de pasteurización

Determinación del tiempo de pasteurización				
	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Método	Resultado
Ensayo 1	5	75	Colocar el vino en vasos de precipitación de 1000 ml, se realizó la pasteurización usando baño maría	Negativo
Ensayo 2	5	60		
Ensayo 3	3	60	Pasteurizar empleando baño maría después de envasar el vino (sin colocar el corcho)	0 °GL
Ensayo 4	15	60	Pasteurización con corriente de vapor. Se realizó después del envasado (con el corcho), una vez que el vino alcanzó la temperatura deseada se introdujo completamente el corcho, por ende, quedando hermético.	Positivo. Se obtiene un grado alcohólico deseado.
Ensayo 5	3	60		

Fuente: Autor

Determinación de la acidez total y el grado alcohólico

Los análisis fisicoquímicos seleccionados para determinar la calidad del vino obtenido fueron: grado alcohólico y acidez total, análisis fundamentados en la norma INEN 374.

Para obtener la acidez total se empleó la norma INEN 341. En el caso del grado alcohólico, la norma INEN 360 establece el método del picnómetro, especificando el uso de un picnómetro de 50 mL, no obstante, el laboratorio de la Universidad de Cuenca no dispone uno con cuya capacidad, en consecuencia, se empleó un picnómetro de 2 mL, dando resultados erróneos, por esa razón, se estableció medir el grado alcohólico, con el alcoholímetro, usando una muestra previamente destilada a través de destilación fraccionada, fundamentada en la norma INEN 340, por ese motivo se tomó como referencia un vino blanco de la marca “*Casillero del Diablo*” y un licor de manzana con el objeto de verificar la precisión de este método, obteniendo lo siguiente:

- Grado alcohólico vino blanco y acidez total: 10 °GL y 3 g/L expresado en ácido acético
- Grado alcohólico licor de manzana: 2 °GL

Las etiquetas especifican 12 °GL y 4 °GL, para el vino blanco y el licor de manzana, respectivamente. Concluyendo que existe un margen de error de 2 °GL, empleando el método del alcoholímetro.

Para determinar la acidez total, se empleó la norma INEN 341, en donde se obtuvo por titulación con hidróxido de sodio, por ello, en la siguiente tabla se expone la cantidad consumida de acuerdo a cada levadura empleada para la obtención del vino a partir de mucílago de cacao CCN-51.

Tabla 20. Cantidad de NaOH consumido en la titulación para la determinación de acidez total de los ensayos 4,5 y 6.

Ensayos	Tipo de Levadura	NaOH (mL)
Ensayo 4	<i>SafLager W 34/70</i>	26
Ensayo 5	<i>SafAle BE-256</i>	19.3
Ensayo 6	<i>SafAle K-97</i>	16

Tabla 21. Análisis fisicoquímico del vino según la INEN 374.

Ensayos	Tipos de levadura	Resultados		Norma INEN 374	
		Grado alcohólico (° GL)	Acidez total como ácido acético (g/L)	Grado alcohólico	Acidez total como ácido tartárico (g/L)
Ensayo 4	SafLager W 34/70	8	7.8		
Ensayo 5	SafAle BE-256	5	9.08	min: 6%	min: 3.5
Ensayo 6	SafAle K-97	6	12.35		

Fuente: Autor

Análisis organolépticos

Según Munch & Ángeles (2019) se estableció un nivel de confianza del 80% con dicho valor en la tabla de probabilidades de distribución normal se obtuvo $Z=1.29$, al no poseer suficiente información de probabilidad del evento, se le asignó los valores máximos de $p=0.5$ y $q=0.5$. Para el grado de error se usó el 6% para determinar el número de encuestas debido a que variaciones que son superiores a 10% disminuyen la validez de la información. Por lo tanto, empleando la ecuación 18, a partir de una población de 77 estudiantes de la carrera de ingeniería química de octavo y décimo ciclo, se obtuvo como resultado un tamaño de muestra $n=46$. Recalcando que no son catadores profesionales, se consideró únicamente 3 parámetros a analizar en el vino, siendo: sabor, olor y aspecto. Sin embargo, variando el nivel de confianza para establecer el más eficiente y basándose en Baca Urbina (2013), recomienda utilizar un nivel de confianza del 95% para que el número de muestra obtenido proporcione resultados más óptimos, con dicho valor da como resultado un $Z= 1.96$, por ende, un tamaño de muestra $n= 60$. Es importante mencionar que, el nivel de confianza es colocado por el investigador y al mismo tiempo se encuentra en relación directa con el tamaño de la muestra (Martínez, 2012), por esa razón, en este estudio se consideró que no fue necesario incrementar el nivel de confianza, a causa de que, con un nivel de confianza del 80% el valor obtenido para el número de muestra representa el 59.74% de la población, teniendo en cuenta que no son catadores expertos, se estableció que ese número de panelistas era suficiente para determinar las propiedades organolépticas de los vinos elaborados a partir del mucílago de cacao CCN-51. Además, utilizando un nivel de confianza mayor proporcionaría un incremento en el número de muestra, como se evidencio con el nivel de confianza del 95%, el cual fue bastante cercano al número de la población seleccionada, es decir, al aplicar un mayor número de encuestas implica un aumento en costos, enfáticamente en esta investigación se optó por el 80%, dado que, tanto la capacidad del reactor que fue construido

y el volumen de mosto empleado en los ensayos, no proporcionaban las condiciones adecuadas para efectuar un mayor número de encuestas.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos:

En el formulario de catación se realizaron dos preguntas previas, tanto la edad como el género, como información general de los catadores.

Figura 9. Datos de la edad de los catadores.

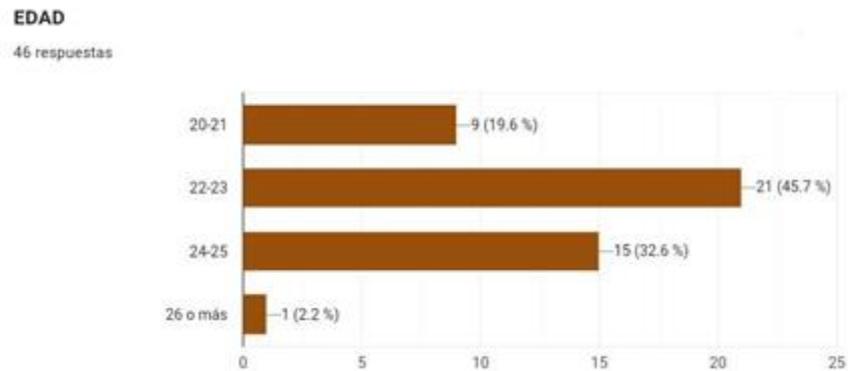
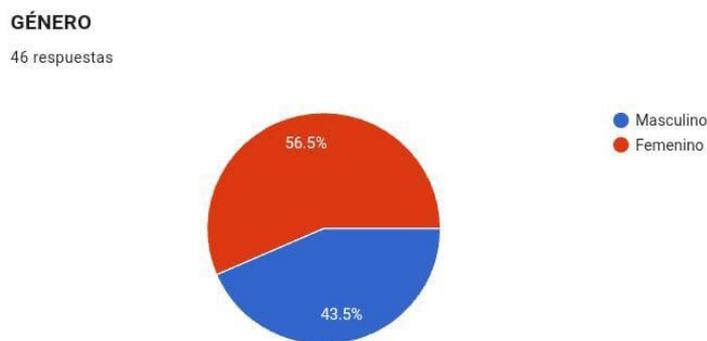


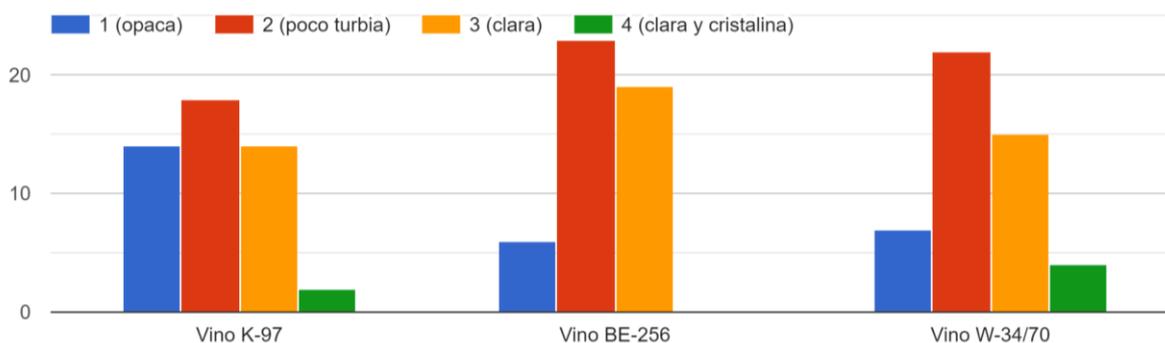
Figura 10. Datos del género de personas encuestadas.



Se puede apreciar que el género femenino representa el mayor porcentaje de catadores.

Pregunta 1. Aspecto: se realiza pruebas de aspecto, mediante un rango de ponderación en el siguiente orden: opaca, poco turbia, clara, clara y cristalina. Siendo 1 la calificación más baja correspondiente a “opaca” y 4 la calificación más alta correspondiente a “clara y cristalina”

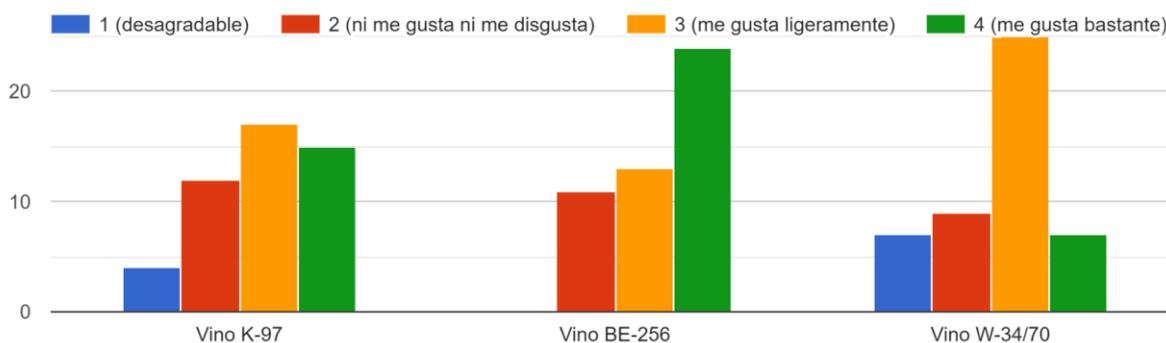
Figura 11. Resultados de aspecto de los tres vinos de mucilago de cacao CCN-51.



Se determinó que para los tres tipos de levadura empleadas en la elaboración de vino, la respuesta sobresaliente es “poco turbia”, indicando que no es de satisfacción para el consumidor, por ende, se debe realizar una clarificación doble, además, el vino elaborado con la levadura *SafAle K-97*, es la que posee 14 respuestas que la determinan como opaca, siendo superior al resto de levaduras, no se puede definir concretamente cual posee un mejor aspecto, no obstante, se encuentra entre el vino elaborado con la levadura *SafAle BE-256* y *SafLager W-34/70*, puesto que, los resultados son similares, únicamente que el segundo tiene una percepción clara y cristalina para algunos catadores, sin embargo, la valoración como poco turbia es superior.

Pregunta 2. Sabor: mediante un rango de ponderación en el siguiente orden: es desagradable, ni me gusta ni me disgusta, me gusta ligeramente, me gusta bastante. Siendo 1 la calificación más baja y 4 la más alta correspondiente a “es desagradable” y a “me gusta mucho”, respectivamente.

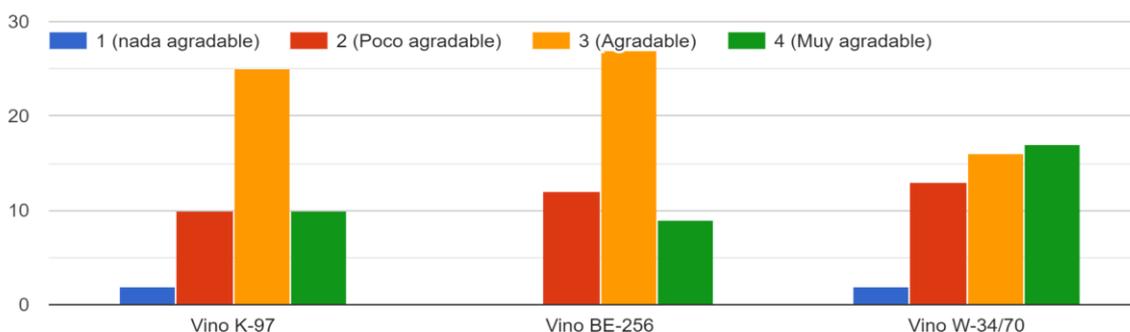
Figura 12. Resultados obtenidos del sabor de los tres vinos de mucílago de cacao CCN-51.



De acuerdo a los resultados expresados en la anterior figura, se estableció al vino elaborado con la levadura *SafAle BE- 256* como el que posee mejor sabor, teniendo 24 respuestas que indican la mayor ponderación en cuánto al sabor (me gusta mucho), en segundo lugar, se encuentra el vino elaborado con la levadura *SafLager W-34/70*, sin embargo, 7 personas tuvieron una percepción de desagradable.

Pregunta 3. Olor: se realiza pruebas de olor, mediante un rango de ponderación en el siguiente orden: nada agradable, poco agradable, agradable y muy agradable. Siendo 1 la calificación más baja correspondiente a “nada agradable” y 4 la calificación más alta para “muy agradable”

Figura 13. Resultados obtenidos del olor de los tres vinos de mucílago de cacao CCN-51.

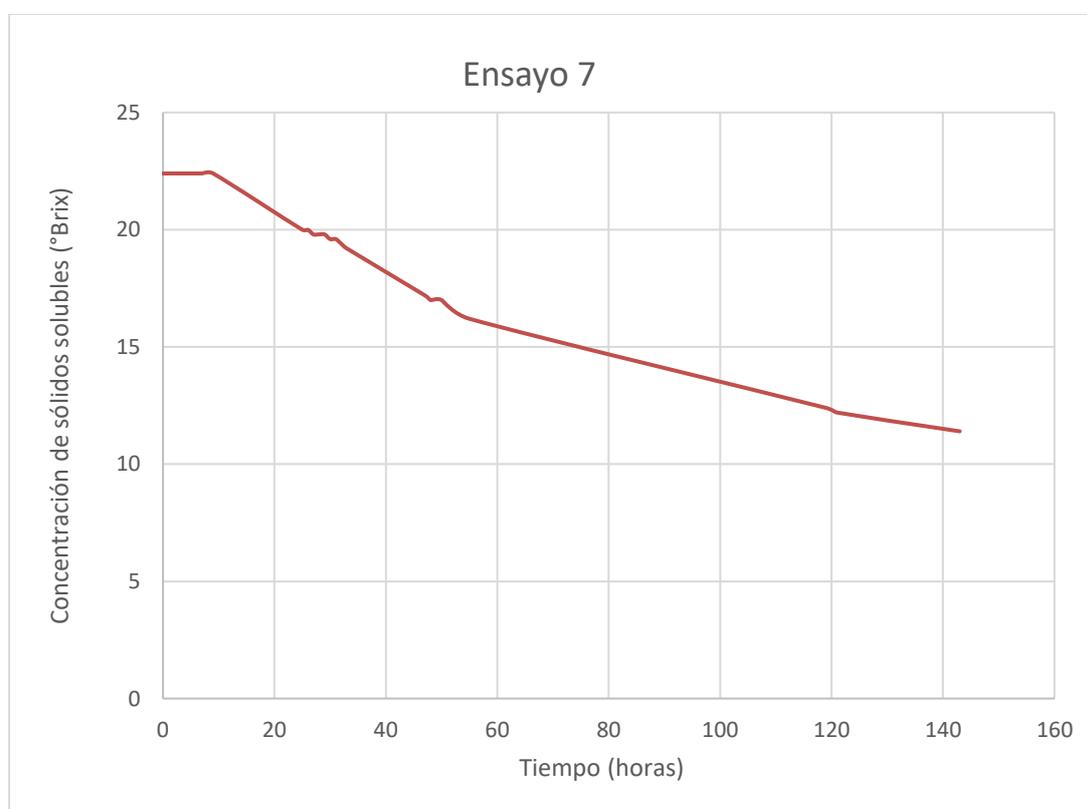


En cuanto al olor, se observa que el vino elaborado con levadura *SafLager W 34/70* no existe una definición concreta de la apreciación del olor, dado que, las distintas ponderaciones se encuentran con valores similares. Mientras que, para las levaduras *SafAle K-97* y *SafAle BE-256*, el más sobresaliente es agradable, sin embargo, el segundo es superior en cuanto a esta valoración.

Ensayo 7

Después del análisis sensorial, se determinó que el más agradable para el consumidor fue la levadura *SafAle BE-256*, no obstante, en general el aspecto del vino no fue de satisfacción para los catadores, por esa razón, se optó por realizar un séptimo ensayo, con la levadura antes mencionada, pero agregando una clarificación doble, con la finalidad de mejorar el aspecto del vino y alcanzar un aspecto similar a los comerciales. Además, se modificó la temperatura, trabajando con 26 °C y pH 3.59, con el objeto de establecer las condiciones óptimas para dicha levadura. A continuación, se presenta el comportamiento de la fermentación con la levadura *SafAle BE-256*:

Figura 14. Sólidos solubles vs tiempo (Ensayo 7- levadura *SafAle BE-256*).



Gracias a los anteriores ensayos, se estableció el comportamiento de la levadura *SafAle BE-256*, por esa razón los datos se tomaron cada 5 o 7 horas, observando en la figura que la levadura permaneció en estado estacionario durante 9 horas, sin embargo, la duración de la fermentación fue de 142 horas con un descenso de los sólidos solubles hasta los 11,4 °Brix, teniendo en cuenta, que se inició en 22,4 °Brix, es decir, hubo una reducción de 11 °Brix.

Tabla 22. Resultados del ensayo 7

Tipo de levadura	Resultados			Norma INEN 374	
	Grado alcohólico (°GL)	Acidez total como ácido acético (g/L)	Acidez total como ácido tartárico (g/L)	Grado alcohólico	Acidez total como ácido tartárico (g/L)
SafAle BE-256	7	8.74	8.25	min: 6%	Min: 3.5

Fuente: Autor

4.2. Discusión

El reactor tipo *batch* fue diseñado a escala de laboratorio, cabe mencionar que, no fue construido con acero inoxidable, a causa de que, fue diseñado para fines investigativos, por esa razón, se requería un material que permita visualizar la etapa de fermentación y los cambios que ocurren en esta, de esa forma, se fabricó con un tubo de acrílico, el limitante del mismo fue su diámetro interno, ya que es fabricado con un diámetro máximo de 12 cm. Basados en McCabe et al (2007), quien establece que el reactor debe cumplir con un espacio vacío entre 15 a 25%, por seguridad del equipo, por ejemplo, en el proceso de fermentación se da la formación de una capa espumosa y el desprendimiento de gases como el CO₂, por lo citado, es necesario dejar el porcentaje de espacio vacío, ya que, al ocupar la capacidad máxima de volumen que proporciona el tanque del reactor puede ocasionar derrames, también una agitación inadecuada, entre otras consecuencias. Por ese motivo, las dimensiones que se ajustaron a ese requerimiento en el diseño del reactor tipo *Batch* fue una capacidad máxima de 2.16 litros y una altura de 19 cm, sin embargo, fue sobredimensionado para una capacidad máxima de 2.75 litros, considerando que, el volumen va disminuyendo con las distintas tomas de muestra que se efectúan con la finalidad de controlar la fermentación, además se estimó la cantidad de muestra para los análisis fisicoquímicos, y la catación en el caso de ser necesario. Por ende, fue construido con una altura de 25 cm para alcanzar la capacidad máxima de 2.75 litros. Por lo tanto, en la tabla 13 se puede observar que la relación H/D = 2 determinó una altura de 24 cm y una capacidad de 2.7 litros, relación que fue escogida para el diseño del reactor, no obstante, se realizaron algunos ajustes, dado que, proporcionó un espacio vacío en el equipo de 40 %, dicho valor no es óptimo, ya que, indica que el equipo se podría utilizar únicamente con una capacidad máxima del 60%, involucrando un gran gasto energético innecesario respecto a la capacidad a emplear, por esa razón, se colocó un agitador adicional con las mismas dimensiones del primer agitador;

previamente se efectuó un ensayo preliminar que permitió verificar una inadecuada agitación empleando solo un agitador, dado que, el reactor fue sobredimensionado, gracias al segundo agitador el reactor construido se puede utilizar hasta una capacidad de 2.2 litros, es decir, utilizando el 80% de la capacidad real del equipo, por ende, con un espacio vacío del 20%, de esa manera, se cumplió con lo establecido por el autor, cabe recalcar que la distancia entre los dos agitadores puede ser regulada, siendo favorable cuando se trabaje con líquidos más viscosos que el mosto de mucílago de cacao.

Además, Villagómez (2013) menciona en su trabajo *“Optimización y aprovechamiento del residuo (exudado del mucílago) de la almendra fresca de cacao (Theobroma Cacao L.) CCN-51 en la elaboración de Vinagre”* donde, desarrolló un prototipo de un micro fermentador para una fermentación alcohólica, usando un Erlenmeyer cuya capacidad fue de 2,5 litros, lo cual contribuyó a determinar a breves rasgos la cantidad requerida para un reactor a escala de laboratorio. Por otra parte, durante la fermentación se genera CO₂, el cual debe ser expulsado del reactor, por consiguiente, se empleó una trampa de aire. Aunque otros autores como Pacheco (2020), Villagómez (2013), Luzuriaga (2012), en sus diseños del fermentador para la elaboración de vino a partir de mucílago de cacao usaron una trampa de agua, es decir, generaron una conexión de una manguera hacia un recipiente de agua, por lo tanto, la mejor opción es la trampa de aire, puesto que economiza recursos como el agua y al mismo tiempo es amigable con el medio ambiente.

Por otro lado, Merino (2019) en su trabajo de investigación *“Diseño e implementación de reactor anaerobio semicontinuo para aprovechamiento de cáscaras de cacao”* en su diseño del reactor empleó botellas Schott de un litro para la obtención de biogás, en donde, el control de temperatura se lleva a cabo mediante baño María y para el mismo se utilizó un calentador eléctrico heater de 2 kW, lo cual no es tan eficiente porque requiere un control continuo para mantener constante la temperatura, por ese motivo, el reactor tipo *batch* se diseñó con un control de temperatura a través de una termocupla, en el que la niquelina se encarga de calentar al líquido, generando un sistema automatizado, cabe mencionar que, la temperatura es un factor determinante en la fermentación, considerando que, el tiempo de fermentación tiene una duración mínima de 72 horas, siendo difícil controlar todo el tiempo por eso es efectivo la adecuación de la termocupla. Aunque Luzuriaga (2012) en su estudio denominado *“Extracción y Aprovechamiento del mucílago de Cacao (Theobroma cacao) como Materia Prima en la Elaboración de Vino”* emplea una estufa para mantener constante la temperatura durante la fermentación, pero al ser dependientes de este equipo, puede imposibilitar realizar algunos análisis e investigaciones, por lo tanto, el reactor construido, aunque no posee un sistema de enfriamiento, está diseñado con el objeto de que sea lo más autónomo y funcional

posible para fines investigativos. A pesar de que, el reactor diseñado posee un error de +3 °C en cuánto al control de temperatura, sin embargo, dicho valor va a depender de las condiciones climáticas donde se encuentre ubicado el equipo, por ejemplo, cuando el equipo se programa a una temperatura menor a la del ambiente presenta dicho margen de error, en cambio, al requerir una temperatura superior a la del ambiente el equipo no presenta ese margen de error. Además, otro inconveniente que presenta el equipo, consiste en la reducción de la temperatura, es decir, al incrementar la temperatura del equipo y después reducir con una diferencia de temperatura de 6 °C, será muy demorado puesto que no posee un sistema de enfriamiento. A pesar de lo mencionado anteriormente, el diseño del reactor tipo *batch* sigue siendo más eficiente en comparación a los citados.

Otro aspecto a considerar en la fermentación fue la agitación continua, por esa razón, según Vera-Loor et al. (2020) en su estudio "*Elaboración de vinagre de vino a partir del mucílago y exudado de cacao criollo*", para la fermentación acética recomienda una agitación de 400 rpm, lo cual va a favorecer la captación de oxígeno en el microorganismo, sin embargo, considerando que es una fermentación alcohólica y se efectúa bajo condiciones anaerobias, Mendoza (2006) en su investigación "*Diseño de un biorreactor para elaborar vino de frutas*" menciona que, la velocidad de agitación debe ser mínima, también Morantes (2018) da a conocer que en su estudio la velocidad ideal para obtener vino de tubérculo fue de 100 rpm, permitiendo favorecer la fermentación, sin embargo, establece que a una velocidad entre 50 a 100 rpm, se contribuye al crecimiento de la levadura o incremento de biomasa en cuánto a esta investigación. Luego de realizar varios ensayos con el mosto de mucílago de cacao CCN-51, se identificó que la velocidad ideal era 30 rpm, puesto que, el reactor tipo *batch* posee dos agitadores, además, en el análisis preliminar a velocidades superiores se pudo evidenciar el ascenso de los sedimentos que formaba cada levadura, cabe recalcar que el reactor tipo *batch* que fue construido posee un motor con una capacidad máxima de 100 rpm con una potencia de 35 W. Representando una capacidad suficiente para el proceso de fermentación, pero, la potencia es superior a la calculada, cuyo valor fue 0.0001052 W, a nivel comercial no se encuentra motores con esa potencia, cabe mencionar que, el valor calculado es correcto puesto que el equipo presenta unas dimensiones pequeñas.

El análisis preliminar permitió realizar ajustes para los posteriores ensayos, con la finalidad de obtener un vino a partir del mucílago de cacao CCN-51 de óptima calidad ajustándose a la norma INEN 374. Uno de los factores más importantes que se logró establecer fue el tiempo de pasteurización y cómo llevar a cabo el mismo, de acuerdo a lo representado en la tabla 19, en los primeros ensayos se interpretó que el tiempo de pasteurización fue muy extenso, considerando que el etanol es bastante volátil, consecuentemente el mismo se volatilizó, ya

que, una vez concluida la pasteurización y el envasado, se midió el grado alcohólico, obteniendo 0 °GL con dicho valor no se puede considerar que la bebida es un vino e incluso ocasionando altas probabilidades de su conversión a vinagre, mientras que, en los ensayos 4, 5 y 6 al realizarlo de manera cerrada durante 3 minutos y a una temperatura de 60 °C con corriente de vapor, se pudo obtener un grado alcohólico mínimo para un vino según lo establecido por la norma INEN 374. Cabe recalcar que los valores obtenidos para el grado alcohólico tienen un margen de error de +2, de acuerdo al método empleado. A pesar de que, Espinoza & Mendieta (2018) menciona que una vez culminada la fermentación se efectúa una pasteurización a 65 °C durante 30 minutos, sin embargo, es una bebida alcohólica obtenida de la mezcla del mucílago de cacao y lactosuero dulce, factor que puede justificar el tiempo extenso de pasteurización.

Por otro lado, en los ensayos preliminares, en la formulación de mosto se encuentra el metabisulfito de sodio, puesto que, esta sustancia según Leandro & Portalanza (2021) tiene las propiedades como conservante y antioxidante, permitiendo alargar la vida útil del vino y sobre todo conservando sus propiedades organolépticas y evitando algún crecimiento microbiano, no obstante, después se consideró innecesario su aplicación ya que se estableció que con la pasteurización luego del envasado se puede eliminar los microorganismos que pueden contaminar el vino durante el trasiego, además que la presencia del etanol también favorece para evitar el crecimiento microbiano.

En el caso de los ensayos 4, 5 y 6 se triplicó la dosificación de la levadura, con la finalidad de disminuir el tiempo de fermentación basado en los análisis preliminares, no obstante, no funcionó para ninguna levadura de la familia *Saccharomyces cerevisiae*, dado que, aumentó el tiempo de fermentación con respecto a los ensayos preliminares aunque los ensayos 4, 5 y 6 se realizaron con una menor cantidad de mosto, lo cual indicó que fue un excedente de levadura para la cantidad de mosto empleado, por ende, la dosificación óptima es la indicada por el fabricante, considerando que no es coherente incrementar la dosificación puesto que a nivel de costos sería más elevado, ya que se consume mayor cantidad de levadura y el tiempo para la obtención del vino también incrementa.

Por otra parte, para los ensayos 4, 5 y 6 se incrementó los sólidos solubles (°Brix) adicionando azúcar, con la finalidad de obtener un mayor grado alcohólico, para aquello se calculó con la ecuación 16 empleada por Pájaro-Escobar et al. (2018) en su estudio "*Caracterización Físicoquímica y Microbiológica de un Vino de Frutas*" aplicando esa ecuación se determinó la cantidad a añadir, siendo 88,11 g, no obstante, con dicha cantidad no se alcanzó los 20 °Brix deseados, considerando que el valor inicial fue 13 °Brix, por esa razón se agregó 2,89 g

adicionales, por lo tanto, el resultado de la ecuación tiene gran acercamiento a la cantidad real, ese margen de error puede ser causado por las características fisicoquímicas del mosto obtenido con el mucílago de cacao, la cantidad de agua agregada y también puede ser por el refractómetro empleado.

En la tabla 21 en el apartado de resultados se puede evidenciar que la acidez es superior de acuerdo a lo establecido por la norma INEN 374, de acuerdo a la versión que fue empleada por Chóez (2018) y Luzuriaga (2012) donde sus investigaciones consistieron en la obtención de vino a partir del mucílago de cacao, en el que, se establecía un valor mínimo y máximo para la acidez total expresada en ácido acético, no obstante, la misma norma ha sido actualizada, por ende, en la actualidad solicita expresar en ácido tartárico, sin embargo, por falta de reactivos en el laboratorio de la Universidad de Cuenca y sobre todo porque el ácido tartárico se encuentra en gran cantidad en la uva, de acuerdo a investigación bibliográfica se estableció determinar la acidez total conforme a la norma INEN 341 y basándose en los límites impuestos por la anterior versión de la normativa 374. En la tabla 21, en los ensayos 4, 5 y 6, se aprecia que los resultados de la acidez total para el vino de cacao empleando los tres tipos de levadura de la familia *Saccharomyces cerevisiae* sobrepasa el límite máximo, lo cual generó el planteamiento de una hipótesis, asumiendo que hubo una contaminación por una bacteria acética u otro microorganismo. A continuación, se expresa la interpretación de la hipótesis.

En primer lugar, se debe diferenciar entre quebras y enfermedades que se puede originar en los vinos, provocando que se dañe la calidad del mismo. Mijares & Sáez (2007) en su libro “*El vino de la cepa a la copa*” menciona que las quebras son alteraciones de origen físico-químico ocasionando enturbiamiento y precipitaciones en el envase del vino, lo cual es bastante apreciable para el consumidor, mientras que, las enfermedades son producto de causas biológicas, es decir, generados por microorganismos que se pueden desarrollar tanto en un ambiente aeróbico como anaeróbico (Mijares & Sáez, 2007) (Suárez, 2008). Dada esta aseveración, se puede descartar que el vino presento quebras, puesto que no se observó ninguna alteración química en el vino tanto antes como después de ser envasado, por consiguiente, se retoma con la hipótesis que hubo una contaminación por una bacteria acética provocando una elevada acidez total, según López (2010) en su libro “*Viticultura, enología y cata para aficionados*” la obtención de una acidez alta, puede demostrar acidificación provocando que el vino se convierta en vinagre, por ende, presenta un olor a vinagre, lo cual es producido por bacterias acéticas. Adicionalmente, Mijares & Sáez (2007) menciona que, la manera de determinar una picadura acética es mediante la formación de una película translúcida en la superficie del vino, a su vez la bacteria acética provoca un descenso de

alcohol y azúcar, consecuentemente produciendo el vinagre. Asimismo, el picado láctico provoca un sabor agridulce, puesto que las bacterias lácticas atacan a los azúcares y transforman en ácido acético y láctico (López, 2010).

La picadura acética no es descartada, debido a que, sus efectos principalmente radican en la formación de una película translúcida, disminución del grado alcohólico y cambio en el sabor, a pesar de que estos dos últimos no ocurrieron en los ensayos 4, 5 y 6, si se formó la película translúcida después de la clarificación, pero no se evidenció cambios en las propiedades organolépticas. Teniendo en cuenta que, las bacterias acéticas se desarrollan en ambientes aerobios, se puede asumir que la elevada acidez total fue a causa de una posible contaminación durante la clarificación, debido a que, se realizó en recipientes de vidrio a pesar de que se tapó, quizás no fue lo suficientemente hermético o tal vez se contaminó durante el trasiego, interpretando que dicha contaminación fue detenida durante la pasteurización después del envasado, en vista de que, después del almacenamiento no se percibió ninguna alteración. La picadura láctica y en general cualquier otra enfermedad a excepción de la picadura acética es excluida dado que no se encontró una alteración en las propiedades organolépticas, tampoco se detectaron cambios físicos como enturbiamiento, entre otros.

Mijares & Sáez (2007), manifiesta que, se conoce como enfermedades del vino, lo que provoca su alteración volviéndolo desagradable y reduciendo su calidad, sin embargo es inocuo para el ser humano, de acuerdo a ese postulado, se determinó que el vino a partir del mucilago de cacao CCN-51 elaborado con los tres tipos de levadura pertenecientes a la familia *Saccharomyces cerevisiae*, aunque tenían una acidez total elevada, no se encontró ninguna alteración fisicoquímica y tampoco en sus propiedades organolépticas, por esa razón se consideró que estaban aptas para la catación, es importante señalar que, después del almacenamiento no hubo una reducción del grado alcohólico, dando a conocer que no se convirtió en vinagre y que la contaminación que hubo fue detenida inmediatamente.

Actualmente la norma INEN 374 para vinos de frutas, no establece una acidez total máxima y se expresa en ácido tartárico, dicho ácido es característico en la uva, por ende, no es la expresión más conveniente para la acidez total del vino a partir del mucilago de cacao, sin embargo, una elevada acidez expresada en ácido acético si puede ser contraproducente e indicar una formación de vinagre. Vera-Loor et al. (2020) presenta las características fisicoquímicas para el vinagre, con una acidez total de 18,8 g/L (ácido acético) y un grado alcohólico de 0 °GL. Teniendo en cuenta que, para la elaboración de vinagre se debe tener una concentración reducida de etanol siendo (0,5-1%). Por ello, la norma INEN 2296

establece que el vinagre debe presentar un valor máximo de grado alcohólico de 1 °GL. Gerard (2015) en su estudio “*Caracterización de bacterias del ácido acético destinadas a la producción de vinagres de frutas*” también Villagómez (2013) en su investigación para la elaboración de vinagre a partir del exudado de mucílago de cacao CCN-51 dan a conocer que el pH máximo para el vinagre conforme la norma INEN 2296 es 2.8, mientras que, el pH obtenido después de la fermentación fue superior a 3.3, por esa razón, se puede corroborar que la contaminación se detuvo de manera inmediata como se mencionó en párrafos anteriores, caso contrario se hubiese convertido en vinagre y sin presencia de grado alcohólico.

De acuerdo a Vera-Loor et al. (2020) en su estudio “*Elaboración de vinagre de vino a partir del mucílago y exudado de cacao criollo (Theobroma cacao L.)*” da a conocer que los sólidos solubles en la fermentación para la obtención del vino a partir de mucílago de cacao criollo, disminuye de 17 °Brix a 7,8 °Brix, es decir, una diferencia de 9,2 °Brix, siendo similar a la disminución obtenida de °Brix en los ensayos 4, 5 y 6 efectuados en esta investigación, puesto que hubo un descenso de hasta 9 °Brix, la diferencia se puede estimar que fue producto de las condiciones de la fermentación, también influye el tipo de levadura que se empleó, ya que, únicamente indica que pertenece a la familia *Saccharomyces cerevisiae*, además la fermentación tuvo una duración de 236 horas, en cambio, la levadura *SafAle BE-256* en el ensayo 7 representa el mayor tiempo de fermentación con 142 horas, por esa razón, las levaduras empleadas en cuánto al tiempo de duración del proceso de fermentación son óptimas, dado que, no supera los 6 días. Villagómez (2013) en la elaboración de vino a partir del mucílago de cacao presentó una duración de 10 días de fermentación con las condiciones similares a las de esta investigación comenzando con 17 °Brix, adicionando 52,53 g de azúcar y a una temperatura de 25,5 °C, sin embargo, sigue siendo un tiempo superior al obtenido en esta investigación.

Por otro lado, para determinar qué levadura fue mejor en cuanto a las propiedades organolépticas, se llevó a cabo una catación, sin embargo, no se obtuvo respuestas significativas en la mayoría de las preguntas, puede ser producto de que, las personas seleccionadas para la catación no tienen un conocimiento amplio sobre vino, tampoco son catadores profesionales, únicamente dieron opiniones de acuerdo a su criterio personal en base a su experiencia al consumir vino y a su formación académica. Además, Aleixandre (2013) menciona que, los catadores no deben fumar puesto que va a alterar la percepción de sabor y olor, dichos factores no fueron considerados. A pesar de todo lo mencionado, se estableció que la levadura que permitió obtener las mejores propiedades organolépticas fue la levadura *SafAle BE-256*, teniendo coherencia con lo especificado por el proveedor

“*Fermentis*” donde hace alusión a que esta levadura se encarga de aportar sabores afrutados, lo cual se evidenció en la conservación del sabor del mucílago de cacao CCN-51.

Los parámetros establecidos para la cata fueron: aroma, sabor y aspecto, dado que, en la catación no iba a participar un personal experto no se agregó más factores a analizar, por ejemplo Villagómez (2013) realizó un análisis sensorial para determinar los atributos del vinagre que elaboró a partir del mucílago de cacao, para aquello, seleccionaron 60 panelistas que no fueron catadores profesionales y se consideró los parámetros de apariencia, aroma, acidez, sabor y color, por otro lado, en el estudio de Díaz et al. (2015) para la evaluación del vino producido a partir del exudado de cacao intervinieron 67 personas mayores a 18 años, fueron encargados de analizar el olor, color y apariencia del vino, este estudio estableció los mismos parámetros considerados en esta investigación, en donde tampoco se pudo obtener un resultado significativo con respecto a las dos muestras que se compararon en ese estudio, indicando que se debe incrementar la muestra o lo más factible se podría realizar con una menor cantidad de personas pero expertos en el tema de catación y enfáticamente un conocimiento amplio sobre vinos, lo cual brindaría información relevante para poder ajustar ciertos detalles en la elaboración de vino para su respectiva comercialización.

De acuerdo a los resultados de la catación, se evidenció que el aspecto del vino no fue de gran agrado para los catadores con ninguna levadura de la familia *Saccharomyces cerevisiae*, por esa razón, se efectuó el ensayo 7 para realizar un clarificado doble y también se incrementó una pasteurización después del filtrado, siendo efectivo, dado que el problema del picado acético citado anteriormente, en este ensayo no estuvo presente, es decir, no hubo ninguna contaminación. Además, se efectuó doble clarificación, siendo un total de 48 horas entre ambas, se empleó gelatina, a pesar de que fue evidente la mejoría en el aspecto, no obstante, no alcanza al de un vino comercial, por ese motivo, se sugiere emplear otro tipo de clarificante o incrementar el tiempo de clarificado.

Finalmente, con el ensayo 7 se determinó para la levadura *SafAle BE-256* que es ideal comenzar con una cantidad de sólidos solubles de 22.4 °Brix, dado que, se obtuvo un mayor grado alcohólico siendo 7 °GL, también con una temperatura de 26 °C y un pH: 3.59. A pesar de que, para el ensayo 7 se empleó el doble de la cantidad de mosto usado en el ensayo 5, el primero permaneció en estado estacionario 9 horas, mientras que en el ensayo 5 fue 6 horas, la diferencia no fue muy alta, además las propiedades organolépticas mejoraron considerablemente con respecto al ensayo 5. Dado que, la acidez total fue un inconveniente presentado en los ensayos 4, 5 y 6, por esa razón, para el ensayo 7 se optó por realizar dicho análisis en un laboratorio acreditado (véase Anexo Q) en donde, el resultado se expresó en

ácido tartárico, dicho valor cumple con la norma INEN 374, puesto que la misma, únicamente especifica el valor mínimo pero no el máximo, no obstante, empleando la norma INEN 341 se determinó la acidez total en ácido acético, siendo un valor similar al ácido tartárico como se expresa en la tabla 22, como se mencionó en el párrafo anterior, no existió contaminación, por lo tanto, el valor elevado expresado en ácido acético se puede estimar que es a causa de las características de la levadura *SafAle BE-256*, recalcando que las levaduras empleadas de la familia *Saccharomyces cerevisiae* según el proveedor están destinadas para la fabricación de cerveza o se puede asumir que se generó por la adición de agua o bicarbonato de sodio.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se diseñó y construyó un reactor tipo *batch* a escala de laboratorio, el cual cuenta con una capacidad máxima de 2.75 litros y un diámetro interno de 12 cm. Además, el equipo está constituido con dos agitadores de turbina de 4 palas rectas de 90°, donde la velocidad de agitación es impulsada por un motor siendo este regulable, la cual varía entre 0-100 rpm, sin embargo, se trabajó a 30 rpm en cada prueba de fermentación realizada, también cuenta con tres baffles los cuales evitaron que se forme vórtices durante la agitación, y una termocupla la cual permitió controlar las temperaturas establecidas de las distintas fermentaciones de los vinos. Cabe mencionar que, el material utilizado para la fabricación del reactor fue acrílico.

Los análisis realizados en los ensayos 4,5 y 6 para el vino a partir de mucílago de cacao CCN-51 con las diferentes levaduras de la familia *Saccharomyces cerevisiae*, se obtuvo un grado alcohólico de 8, 5, 6, de igual manera se obtuvo una acidez total de 7.8 g/L, 9.08 g/L. 12.35 g/L, para la levadura *W 34/70*, *BE-256*, *K-97*, respectivamente, sin embargo, en el caso de la acidez total para los tres tipos de ensayos se obtuvieron valores elevados a comparación de lo que estipula la norma INEN 374, mientras que, la levadura *W 34/70* otorgó un mayor grado alcohólico y la acidez más baja, es importante señalar que en los ensayos 4, 5 y 6 hubo una contaminación denominada picadura acética que fue detenida mediante pasteurización.

Por otro lado, las características organolépticas analizadas fueron el aspecto, aroma y sabor, de esta manera, se realizó la prueba de cata a panelistas que no son expertos, los cuales fueron 46 estudiantes de octavo y décimo ciclo de la carrera de ingeniería química de la Universidad de Cuenca por lo que se concluyó que el vino fermentado con la levadura de la marca *Fermentis SafAle BE-256* genera un mejor sabor a comparación de los vinos fermentados con las otras dos levaduras, por otro lado, se tuvo presencia de poca turbiedad,

con una intensidad en el aroma, presentando de igual manera un valor de acidez alto, teniendo una apreciación de alcohol baja, el cual fue de 5 °GL.

Luego del análisis sensorial, se realizó el ensayo 7, se usó la levadura *SafAle BE-256*, donde se obtuvo un mayor grado alcohólico, siendo 7 °GL, teniendo en cuenta que se comenzó la fermentación con 22.4 °Brix. Además, presentó una acidez total de 8.25 g/L expresado en ácido tartárico, por ende, cumplió con lo requerido por la norma INEN 374.

5.2. Recomendaciones

- Para mejorar el reactor tipo *batch* se podría cambiar la llave para tomar la muestra, dado que es bastante grande y provoca el desperdicio del mosto, puesto que para medir el °Brix únicamente se necesitan unas dos gotas.
- Se recomienda emplear diferentes clarificantes al vino de mucílago de cacao CCN-51, para determinar cuál es el más óptimo, para obtener un producto final como un vino blanco con aspecto claro y cristalino.
- Elaborar el vino de mucílago de cacao con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* destinada a la elaboración de pan, ya que es mucho más económica que las empleadas en este estudio y realizar una comparación con los parámetros de acidez, grado alcohólico y características sensoriales, entre otros análisis para determinar si es factible emplear esa levadura.
- Realizar modificaciones en el reactor construido como: acoplar un sistema de enfriamiento, que los agitadores y baffles sean desmontables para facilitar la limpieza del equipo.

Referencias

- Anecacao. (2023, June). *Chokao*. 26. www.anecacao.com
- Agrocalidad. (2022). Boletín Informativo Informe Técnico de exportación de Cacao. *Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario*. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/Informe-cacao.pdf>
- Alcívar, K., Quezada, J., Garzón, V., Barrezueta, S., & Carvajal, H. (2021). Análisis económico de la exportación del cacao en el Ecuador durante el periodo 2014 – 2019. *Polo Conocimiento*, 6.
- Aleixandre Benavent, J. L. (2013). *Conocimiento del vino: cata y degustación*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Arteaga Estrella, Y. (2013). *Estudio Del Desperdicio Del Mucílago De Cacao En El Cantón Naranjal (Provincia Del Guayas) Mucílago Waste Research In El Naranjal City (Guayas Province)*.
- Ayovi, L. (2006). *Microempresa procesadora pasta de Cacao “Febres Cordero.”* Escuela Politécnica del Litoral.
- Baca Urbina, Gabriel. (2013). *Evaluación de proyectos* (Séptima). McGraw-Hill Interamericana.
- Bondiac, E. (1959). *Elaboración de vinos* (Segunda). Editorial Sintés.
- Blouin, J., & Peynaud, É. (2006). *Enología práctica: Conocimiento y elaboración del vino* (4 edición). Ediciones Mundi-Prensa.
- Bourdon, J. (1963). *Los mejores métodos para fabricar Jarabes-Bebidas Gaseosas-Vino de Frutas-Sidras* (2nd ed.). Editorial Sintés.
- Calero, Y., & Moreno, Z. (2016). *Evaluación y determinación de la producción de vino y alcohol a partir de exudado de cacao de la mezcla de variedades forastero amazónico, criollo e híbrido a escala de laboratorio, así como sus costos de producción, para la Cooperativa Multifuncional Cacaotera La Campesina R.L, del municipio de Matiguás en el departamento de Matagalpa*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. (2018). Cocoa (Theobroma cacao L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food*

- Science & Technology*, 81, 172–184. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.09.022>
- Carrillo, A., & León, A. (2006). *Desarrollo experimental del proceso para la obtención de una bebida fermentada a partir del mucílago de cacao*. Universidad Industrial Santander.
- Chóez, T. (2018). *Vino de Cacao: Una propuesta novedosa para la utilización de los desechos del Cacao*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Constante, G. (2015). *Determinación de la osmotolerancia de nueve cepas de levaduras aisladas de frutos de mora para la aplicación industrial en procesos de fermentación alcohólica*. Universidad Técnica de Ambato.
- Cunill, F., Iborra, M., & Tejero, J. (2010). *Reactores Químicos*
- Díaz, A., Calero, Y., & Moreno, Z. (2015). Evaluación y determinación de la producción de vino y alcohol a partir de exudado de cacao, Cooperativa Multifuncional Cacaotera La Campesina R.L, del municipio de Matiguás en el departamento de Matagalpa. *Revista de Ciencia y Tecnología: El Higo*, 5, 2–16.
- Díaz, F. (2010). *Enología: vinos, aguardientes y licores* (2nd ed.). Editorial E-learning.
- Dos Santos, A. J. (2007). *Estudio de Comportamiento Cinético de Microorganismos de Interés en Seguridad Alimentaria con Modelos Matemáticos*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Estadísticas Actuales | Anecacao Ecuador*. (s. f.). Recuperado 24 de enero de 2022, de <http://www.anecacao.com/index.php/es/estadisticas/estadisticas-actuales.html>
- Espinoza, H., & Mendieta, E. (2018). *Efectos de la fermentación láctica del lactosuero y alcohólica del mucílago de cacao en la concentración final de una bebida alcohólica*.
- Ferreira, M., Schvad, M. del C., Gerard, L., Zapata, L., Davies, C., & Hours, R. (2009). Fermentación alcohólica de jugo de naranja con *S. cerevisiae*. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, XX, 143–158.
- Fernández, M. del C., & García, G. (2021). *Servicio de vinos, MF1048*. Editor Tutor Formación.
- Fogler, H. S. (2001). *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas*. Pearson educación.

- Gallurt, J. (2021). *Servicio de vinos. HOTR0508* (1st ed.). IC Editorial.
- García, J., & Xirau, M. (2000). Técnicas Usuales de Análisis en Enología. *Panreac Química S.A.*
- Gerard, L. M. (2015). *Caracterización de bacterias del ácido acético destinadas a la producción de vinagres de frutas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- González, D. (2011). *Cacao Fino y de Aroma del Ecuador "Cacao Arriba."* Universidad de Buenos Aires.
- Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., Angulo, J., & Parra, P. (2002). Características físicas del fruto de cacao tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 52(3), 343–362.
- Guamán, C. (2007). *Estudio de factibilidad para el cultivo de "Cacao 51" en la parroquia Cristóbal Colón de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados y su comercialización*.
- Guncay, J., & Silva, M. (2018). *Optimización de la producción de biomasa en procesos fermentativos del mucílago de cacao CCN – 51 aplicando la ecuación logística integrada y el modelo de Andrew y Levenspiel, bajo diferentes condiciones de operación*. Universidad de Cuenca.
- Gutiérrez, L., & Tunqui, C. (2017). *Evaluación de la calidad del destilado alcohólico de anís (Pimpinella anisum L.) obtenidos por destilación simple y fraccionada en una industria licorera*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Hernández Sánchez, I., Islas Ordoñez, K., Martínez Espinosa, M., & Sulvarán López, X. (2020). Ésteres: El regalo de la levadura a tu cerveza. *RD-ICUAP*, 6(17), 67-79.
- Hernández, A., Ramírez, M., Arízaga, A., Flores, O., & Ignacio, H. (2014). Medición en línea de pH, Temperatura y Agitación de medio de cultivo en fermentación utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. *Ecorfan*, 162–173.
- Hernández, M., Vázquez, G., Castro, J., Hernández, M., & Gómez, C. (2023). *Kluyveromyces marxianus*, sus aplicaciones en lactosuero. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 10(20), 1–9. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i20.9362>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2006). *NTE INEN 0176: Cacao en grano*.

- Requisitos. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/cacao6.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1978). *INEN 340: Bebidas Alcohólicas. Determinación de la acidez.*
- INEN, N. 374. (1987). *Bebidas alcohólicas. Vino de frutas.*
- Jarvis, B. (1996). Cider, perry, fruit wines and other alcoholic fruit beverages. In *Fruit Processing* (pp. 97–134). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2103-7_5
- Jordán, K., & Parra, M. del C. (2020). *Evaluación de Mucílago de Cacao (Theobroma cacao L) para la obtención de etanol de segunda generación* [Universidad Técnica de Machala].
- Lainfiesta, D. (2009). *Diseño, Construcción y Evaluación de un reactor flujo pistón de forma helicoidal a escala de laboratorio.*
- Leandro, A., & Portalanza, M. (2021). *Comparación de tecnologías de conservación para alargar la vida útil de encurtidos a base de grosellas.* Universidad de las Américas.
- Levenspiel, O. (2004). *Ingeniería de las Reacciones Químicas* (Tercera). Limusa Wiley.
- Lombeida, N. (2015). *Diseño de un reactor batch para la obtención de Biodiesel a partir de aceite de ricino (Ricinus communis).* Escuela Politécnica Nacional.
- López, M. (2010). *Viticultura, enología y cata para aficionados.* Mundi-Prensa.
- Lozano, M. (2020). *Utilización de los subproductos del beneficio del cacao: una revisión* [Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano].
- Lucio Olga. (2014). *Acidificación biológica de vinos de pH elevado mediante la utilización de bacterias lácticas.* Universidad de Valencia.
- Luzuriaga, D. (2012). *Extracción y Aprovechamiento del mucílago de Cacao (Theobroma cacao) Como Materia Prima en la Elaboración de Vino.* Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo* (Décimo tercera). ECOE ediciones.

- McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química* (Séptima). McGraw-Hill.
- Mendoza, J. (2006). *Diseño de un Biorreactor para elaborar vino de frutas* [Instituto Politécnico Nacional Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología].
- Mera, O., & Ruíz, M. (2014). *Evaluación Física, Sensorial y Bromatológica del Licor de Cacao en Variedades Clonales EET-19, EET-48, EET-62, EET-95, EET-96, EET-103 en la ESPAM* [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López].
- Mejía-Barajas, J. A., Montoya-Pérez, R., Cortés-Rojo, C., & Saavedra-Molina, A. (2016). Levaduras Termotolerantes: Aplicaciones Industriales, Estrés Oxidativo y Respuesta Antioxidante. In *Información Tecnológica* (Vol. 27, Issue 4, pp. 3–16). Centro de Información Tecnológica. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400002>
- Merino, M. (2019). *Diseño e implementación de reactor anaerobio semicontinuo para aprovechamiento de cáscaras de cacao*. Universidad de Piura.
- Mijares, M., & Sáez, J. (2007). *El vino, de la cepa a la copa*. Mundi-Prensa.
- Montes, C. V. (2013). *Uso de la cascarilla y exudado del mucílago de la almendra de cacao fino de aroma para la elaboración de vino* [Universidad Tecnológica Equinoccial].
- Morantes, M. (2018). *Evaluación de una fermentación alcohólica de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) con levadura de vinificación para la obtención de vino de tubérculo*. Universidad de La Salle.
- Moreira, S. (2019). *Caracterización del Mucílago de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional y Trinitario en el cantón Quevedo* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Munch, L., & Ángeles, E. (2019). *Métodos y técnicas de investigación* (6th ed.). Trillas.
- Navia, A., & Pazmiño, N. (2012). *Mejoramiento de las Características Sensoriales del Cacao CCN51 a través de la Adición de Enzimas durante el Proceso de Fermentación*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- Nunes, C. S. O., Da Silva, M. L. C., Camilloto, G. P., Machado, B. A. S., Hodel, K. V. S., Koblitz, M. G. B., Carvalho, G. B. M., & Uetanabaro, A. P. T. (2020). Potential Applicability of Cocoa Pulp (*Theobroma cacao* L) as an Adjunct for Beer Production. *Scientific World Journal*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/3192585>
- Núñez, G. (2015). *Estudio de Cambios Fisiológicos de Kluyveromyces marxianus Productora de Fructanasa por el efecto de temperatura y minerales* [Centro de Investigación y asistencia en tecnología y diseño del Estado de Jalisco, A.C.].
- Ortiz, K., & Álvarez, R. (2015). Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de cacao (*Theobroma Cacao* L.) Sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cacaotera, municipio de Vaguará (Huila, Colombia). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 19(1), 65–84. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.1.5>
- Pacheco, D. (2020). *Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao en finca del Urabá* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
- Pájaro-Escobar, H. A., Benedetti, J., & García-Zapateiro, L. A. (2018). Caracterización Físicoquímica y Microbiológica de un Vino de Frutas a base de Tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y Carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Información Tecnológica*, 29(5), 123–130. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000500123>
- Piracoca, M. (2022). *Caracterización del mucílago de cacao (Theobroma Cacao L., clon TSH 565) como fuente de pectina y azúcares para el aprovechamiento en la industria de alimentos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Prado, M., & Mendoza, I. (2006). *Guía Técnica para Promotores*.
- Pszczólkowski, P., & Ceppi de Lecco, C. (2011). *Manual de Vinificación: Guía práctica para la elaboración de vinos* (Primera). Universidad Católica de Chile. <https://doi.org/10.13140/2.1.2037.6009>
- Pulido, C. (2016). *Preparación y cata de vinos y otras bebidas alcohólicas: UF0849*. (1st ed.). IC Editorial.
- Pulido, C. (2023). *Preparación y cata de vinos y otras bebidas alcohólicas. HOTR0209*. IC Editorial.
- Puerta, G. (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. *Cenicafé*. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf>

- Puig i Vayreda, E. (2016). *El vino*. Editorial UOC.
- Quintana, L., & Gómez, S. (2011). Perfil del Sabor del Clon CCN51 del Cacao (Theobroma cacao L.) Producido en Tres Fincas del Municipio de San Vicente de Chucurí. *Publicaciones e Investigación*, 5, 45. <https://doi.org/10.22490/25394088.594>
- Ramírez García, A., & Katime, I. A. (2005). Diseño de reactores de polimerización. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 4.
- Rivera, S. (2019). *Propuesta de aplicación del mucílago de cacao para la elaboración de bebidas y postres mediante técnicas de vanguardia*.
- Robles, R., Feliciano, O., & Chirre, J. (2016). Estudio del consumo de azúcares reductores durante la fermentación alcohólica del mosto de uva Italia para la obtención de vino blanco. *Industrial Data*, 19(2), 104. <https://doi.org/10.15381/idata.v19i2.12842>
- Rodríguez Castro, R., Posada Izquierdo, G., Valero Díaz, A., Torres Navarrete, E., Torres Navarrete, Y., & Díaz Ocampo, R. (2021). Valoración de baba de cacao (mucílago) no utilizada en el cantón Quevedo - Ecuador. *Ciencia y Tecnología Revista Científica Multidisciplinar*, ISSN-e 2661-6734, Vol. 21, N°. 32, 2021, Págs. 7-7, 21(32), 7-7.
- Romero, T., Cuervo, J., Robles, V., Rangel, E., & López, P. (2018). Experimental and Kinetic Production of Ethanol Using Mucilage Juice Residues from Cocoa Processing. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 16(11). <https://doi.org/10.1515/ijcre-2017-0262>
- Rosabal, J., & Garcell, L. (2006). *Hidrodinámica y separaciones mecánicas. Tomo I*. Editorial Félix Varela.
- Ruiz, A., & Yunda, M. (2018). *Reciclamiento pulpa de cacao, para mejorar ingresos de Finca Silva Morán 2018*. Universidad de Guayaquil.
- Santos, M. de la C. (2016). *Evaluación Enológica de Co-inoculación de levaduras Saccharomyces y No-Saccharomyces en vinos chilenos* [Universidad Politécnica de Madrid].
- Sierio, B., Garcia, G., Servera, M., Tkatchenko, R., & Gimenez, R. (2016). Manual de cálculos. In *Manual de cálculos*. Universidad Autónoma de Barcelona.

- Sinnott, R., & Towler, G. (2012). *Diseño en ingeniería química* (Quinta). Reverté.
- Solarte, J. A., & Orozco, M. (2003). *Búsqueda del Mejor Medio de Cultivo y Modelamiento Cinético para la Obtención del Ácido Láctico a partir de Glucosa por Vía Fermentativa*. Universidad Nacional de Colombia.
- Solís, J. (2017). *Diseño y Construcción de un reactor tipo Batch para la producción de biocombustibles: biodiésel y bioetanol como caso de estudio*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Sosa, A. (2019). *Estudio del Cacao fino de Aroma* [Universidad de los hemisferios].
- Suárez, J. A. (2008). *Microbiología enológica: fundamentos de vinificación* (3a. ed.). Mundi-Prensa.
- Suárez, C., Garrido, N., & Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 50.
- Suárez, C., Moreira, M., & Vera, J. (1994). *Manual del cultivo de cacao* (2nd ed.). Estación Experimental Tropical Pichilingue.
- Suárez, C., Ramírez, F., Monroy, O., Alazard, D., & Fernández, L. (2004). La vida a altas temperaturas: adaptación de los microorganismos y aplicación industrial de sus enzimas. *Ciencia*, 56–64.
- Tapia, D. (2019). *Efecto del uso de diferentes antiespumantes en la fermentación anaerobia de Mucilago de cacao CCN-51 en diversas concentraciones de la levadura Saccharomyces cerevisiae y su influencia en la producción de bioetanol*. Universidad de Cuenca.
- Teneda, W. (2016). *Mejoramiento del proceso de fermentación del cacao (Theobroma cacao L.): variedad nacional y variedad CCN51*. Universidad Internacional de Andalucía.
- Tenesaca, D. (2019). *Balance energético de la producción de bioetanol a partir de mucílago de cacao CCN-51 en los cantones Camilo Ponce Enríquez y La Troncal*. Universidad de Cuenca.

- Tipiana, A. (2022). *Determinación del grado alcohólico por volumetría y compuestos fenólicos en vinos tintos artesanales producidos en Ica*. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga.”
- Uribe, L. (2007). *Caracterización Fisiológica de Levaduras Aisladas de la Filósfera de Mora* [Pontificia Universidad Javeriana].
- Vaquero González, J. (2013). *Servicio de vinos*. Editorial CEP, S.L.
- Valencia, L. (2021). *Diseño de un reactor tipo batch para la elaboración de una bebida alcohólica tradicional Canario*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Vázquez, H., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 8(4).
- Vera, J., Vallejo, C., Párraga, D., Macías, J., Ramos, R., & Morales, W. (2015). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21–34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.139>
- Vera-Loor, J. E., Cedeño-Palacios, N. B., & Mera-Vélez, S. A. (2020). Elaboración de vinagre de vino a partir del mucílago y exudado de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 3(6), 2–13. <https://doi.org/10.46296/ig.v3i6.0014>
- Villagómez, S. (2013). Optimización y aprovechamiento del residuo exudado del mucílago de la almendra fresca de cacao (*Theobroma Cacao* L.) CCN51 en la elaboración de Vinagre. *Revista de Investigación Científica UTE*.

Anexos

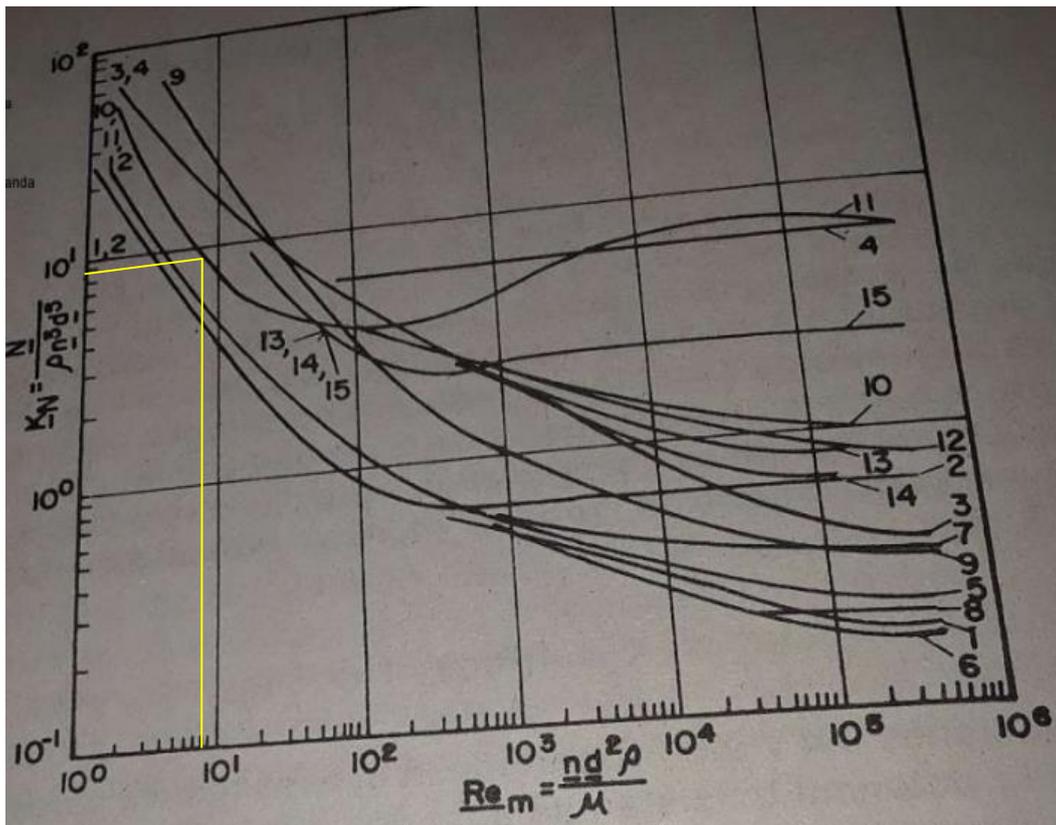
Anexo A. Tabla características técnicas de los agitadores normalizados.

Características técnicas de los agitadores normalizados.						. (continuación).					
No. de la curva en la Figura 9.7	Tipo de agitador	d/D	b/d	Z	α	No. de la curva en la Figura 9.7	Tipo de agitador	d/D	b/d	Z	α
1	De paletas	0,66	0,1	2	90°	11	De turbina de aletas abiertas con tabiques verticales	0,25-0,33	0,2	6	90°
2	De paletas con tabiques verticales	0,66	0,1	2	90°	12	De turbina de aletas abiertas	0,33	0,2	6	90°
3	De placas	0,5	0,75	2	90°	13	De turbina de aletas cerradas	0,25	0,15	6	90°
4	De placas con tabiques verticales	0,5	0,75	2	90°	14	De turbina de aletas cerradas	0,33	0,15	6	90°
5	De hélice	0,25	-	3	40°	15	De turbina de aletas cerradas con tabiques verticales	0,25-0,33	0,15	6	90°
6	De hélice	0,25	-	3	40°						
7	De hélice con tabiques verticales	0,25-0,33	-	3	40°						
8	De hélice con difusor	0,20-0,33	-	3	40°						
9	De ancla y de marco	0,87	0,07	-	90°						
10	De turbina de aletas abiertas	0,25	0,2	6	90°						

Nota: d - diámetro del agitador; D - diámetro del recipiente; b - ancho de la paleta; Z - número de paletas; α - ángulo de inclinación del plano de las paletas con respecto a la horizontal. El ancho de los tabiques verticales es igual a 0,1 D. La altura de líquido en el aparato H = D.

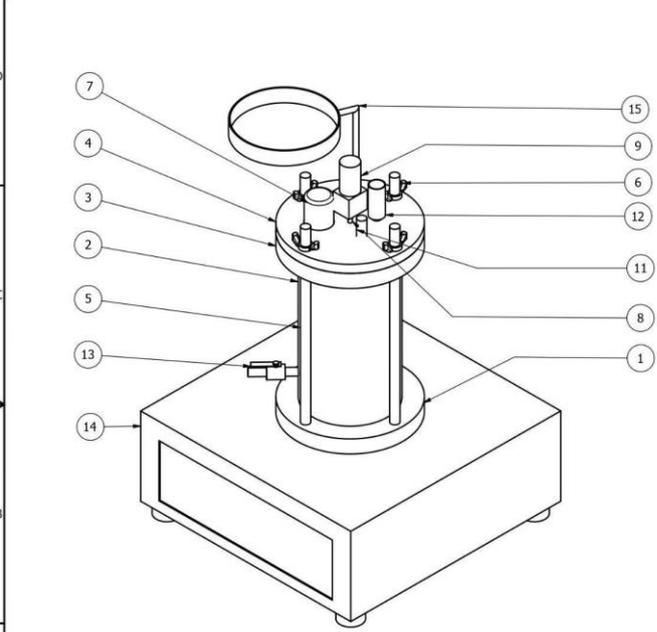
Fuente: (Rosabal & Garcell, 2006)

Anexo B. Gráfica Reynolds vs Demanda Potencial.



Fuente: (Rosabal & Garcell, 2006)

Anexo C. Partes del reactor batch

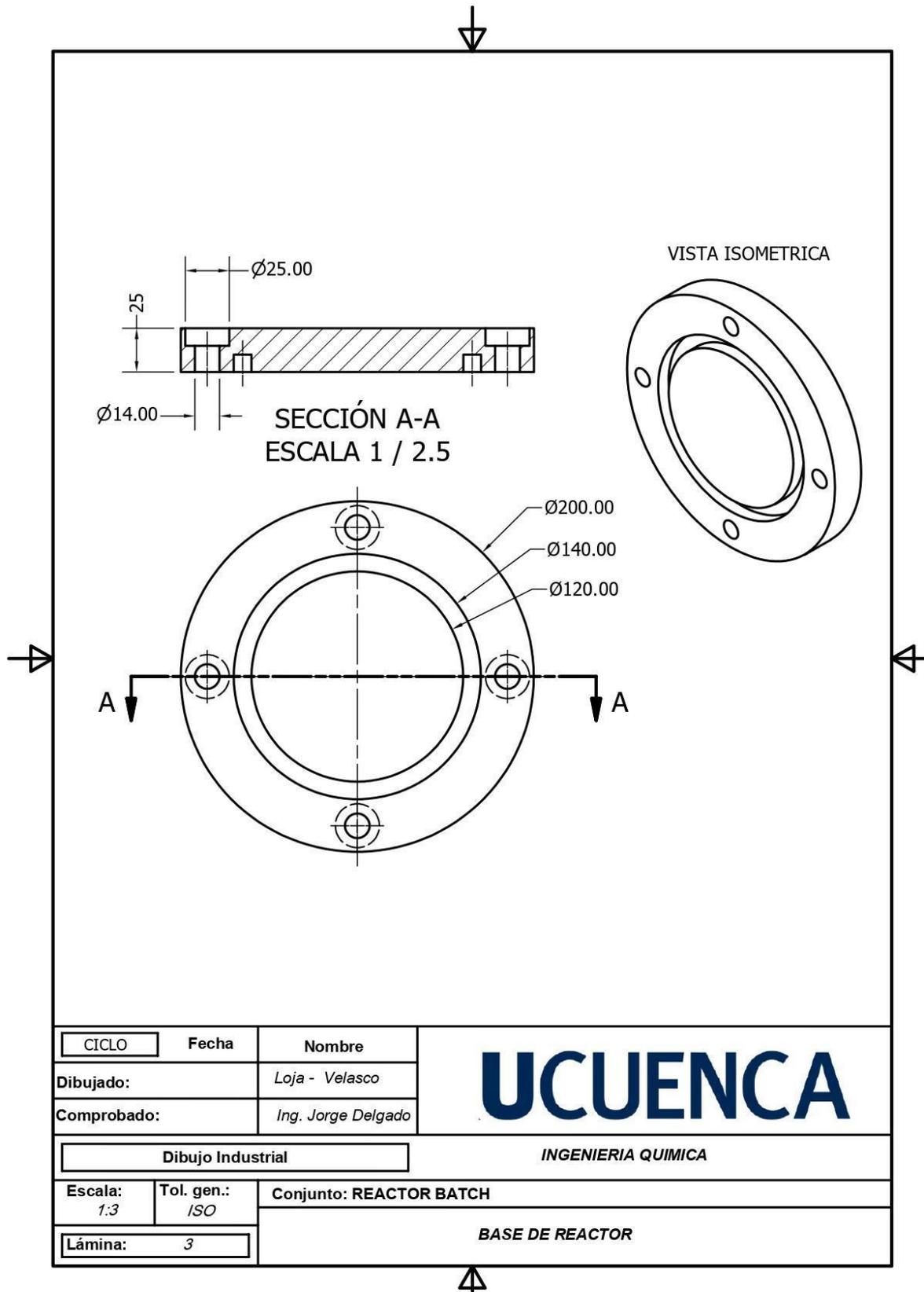


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	BASE DE REACTOR	NYLON E 25MM
2	1	RECIPIENTE ACRILICO	PVC E10MM
3	1	TAPA SUPERIOR FIJA DE REACTOR	NYLON E 25MM
4	1	TAPA SUPERIOR MOVIL DE REACTOR	NYLON E 25MM
5	4	PERNO SUJECION DE REACTOR	ACERO INOXIDABLE M12
6	4	MARIPOSA	ACERO INOXIDABLE M12
7	1	NIQUELINA	ACERO INOXIDABLE 500 WATTS
8	1	AGITADOR	ACERO INOXIDABLE 304
9	1	MOTOR	DC 24 0-100RPM
10	3	BAFLES	ACERO INOXIDABLE M8 - E 3MM
11	1	TERMOCUPLA	TIPO J
12	1	AIRLOCK	PVC BEER
13	1	VAVULA DE BOLA	ACERO INOXIDABLE 304
14	1	BASE Y CAJA ELECTRICA	ACERO INOXIDABLE 304 E 1.5 MM
15	1	SOPORTE PARA TAPA	ACERO INOXIDABLE 304

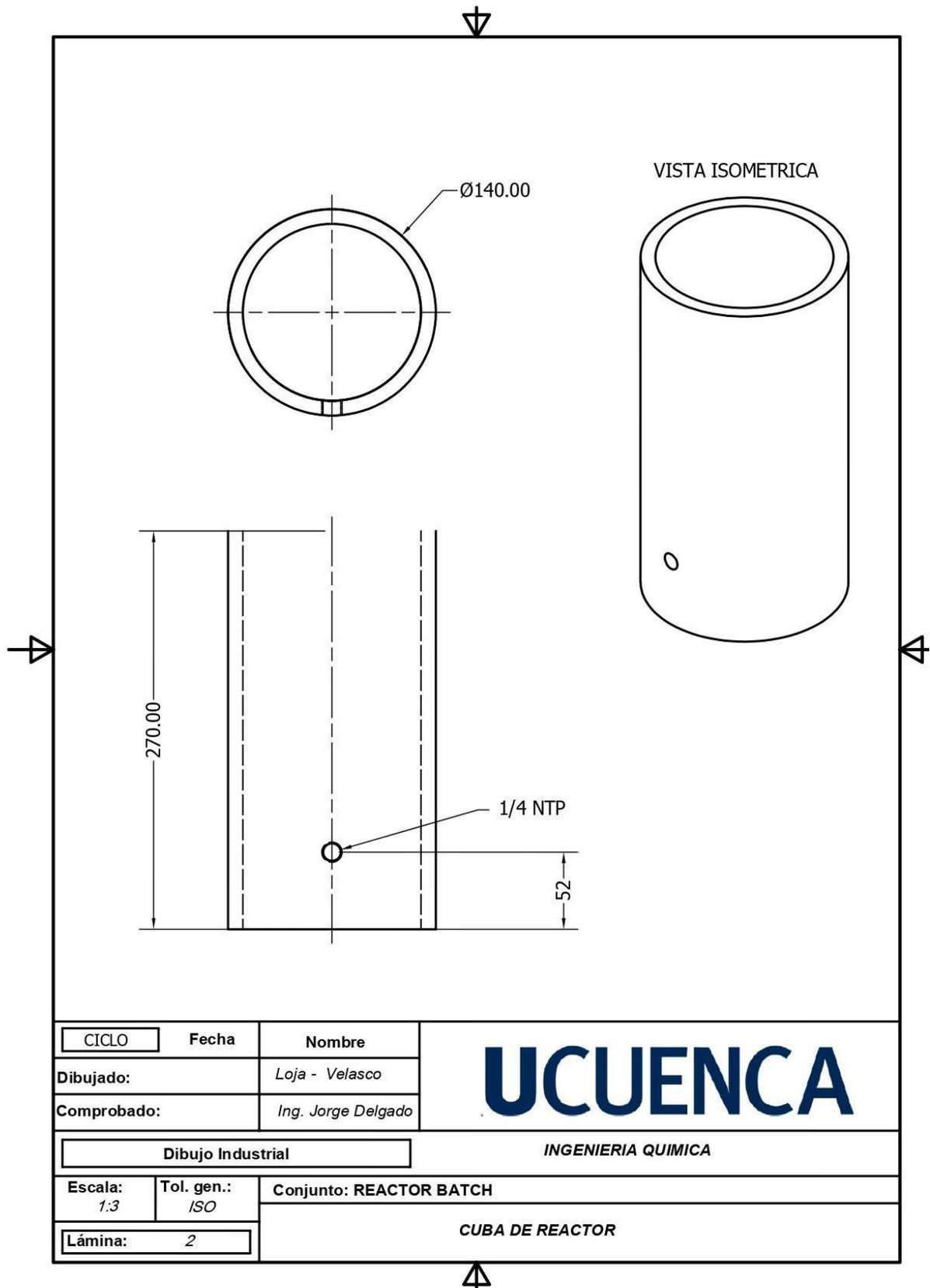
FUNCIONAMIENTO A 220 V

CICLO	Fecha	Nombre	UCUENCA
Dibujado:	Loja - Velasco		
Comprobado:	Ing. Jorge Delgado		INGENIERIA QUIMICA
Dibujo Industrial			
Escala: 1:15	Tol. gen.: ISO	Conjunto: REACTOR BATCH	
Lámina: 1			

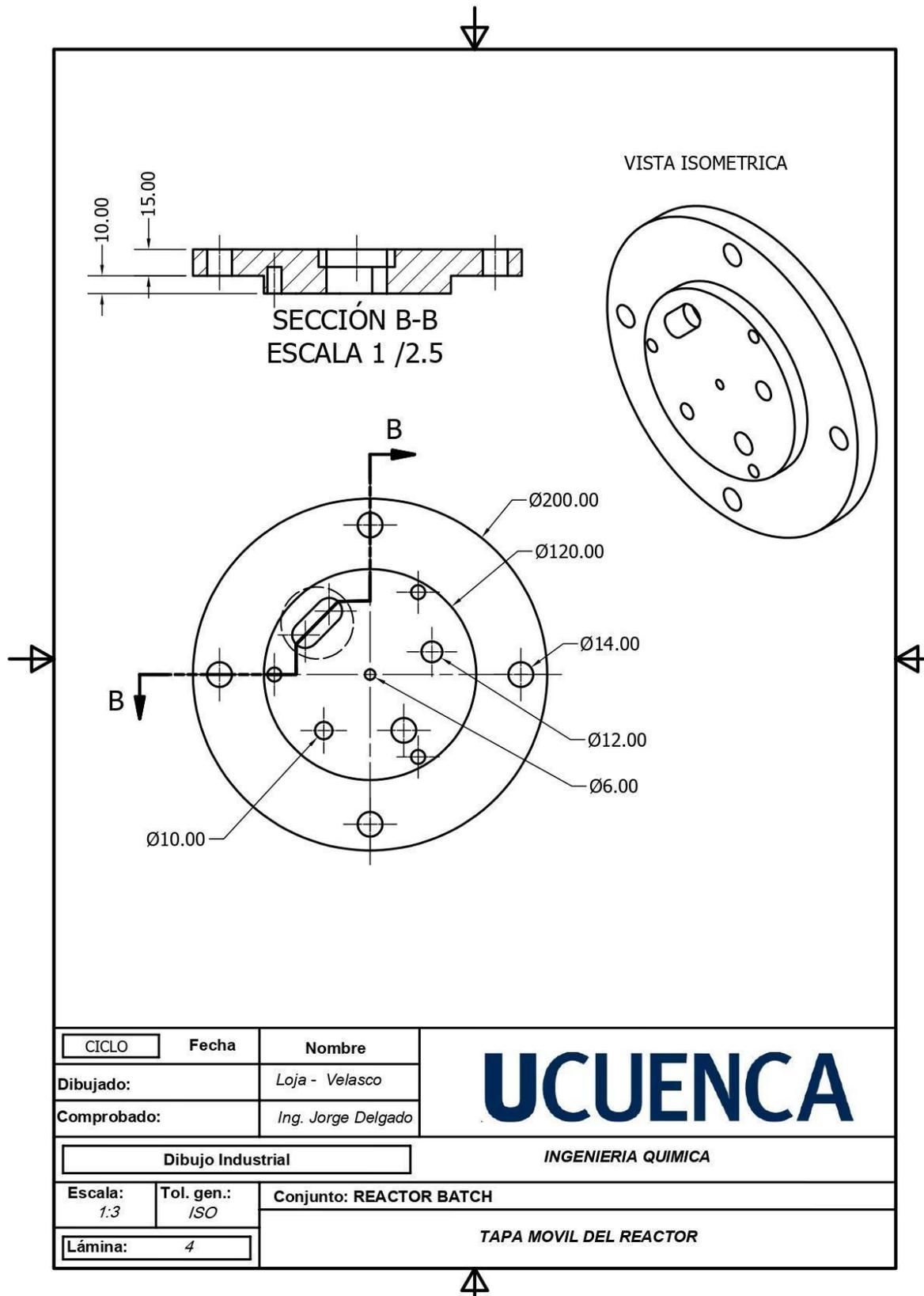
Anexo D. Base de reactor batch



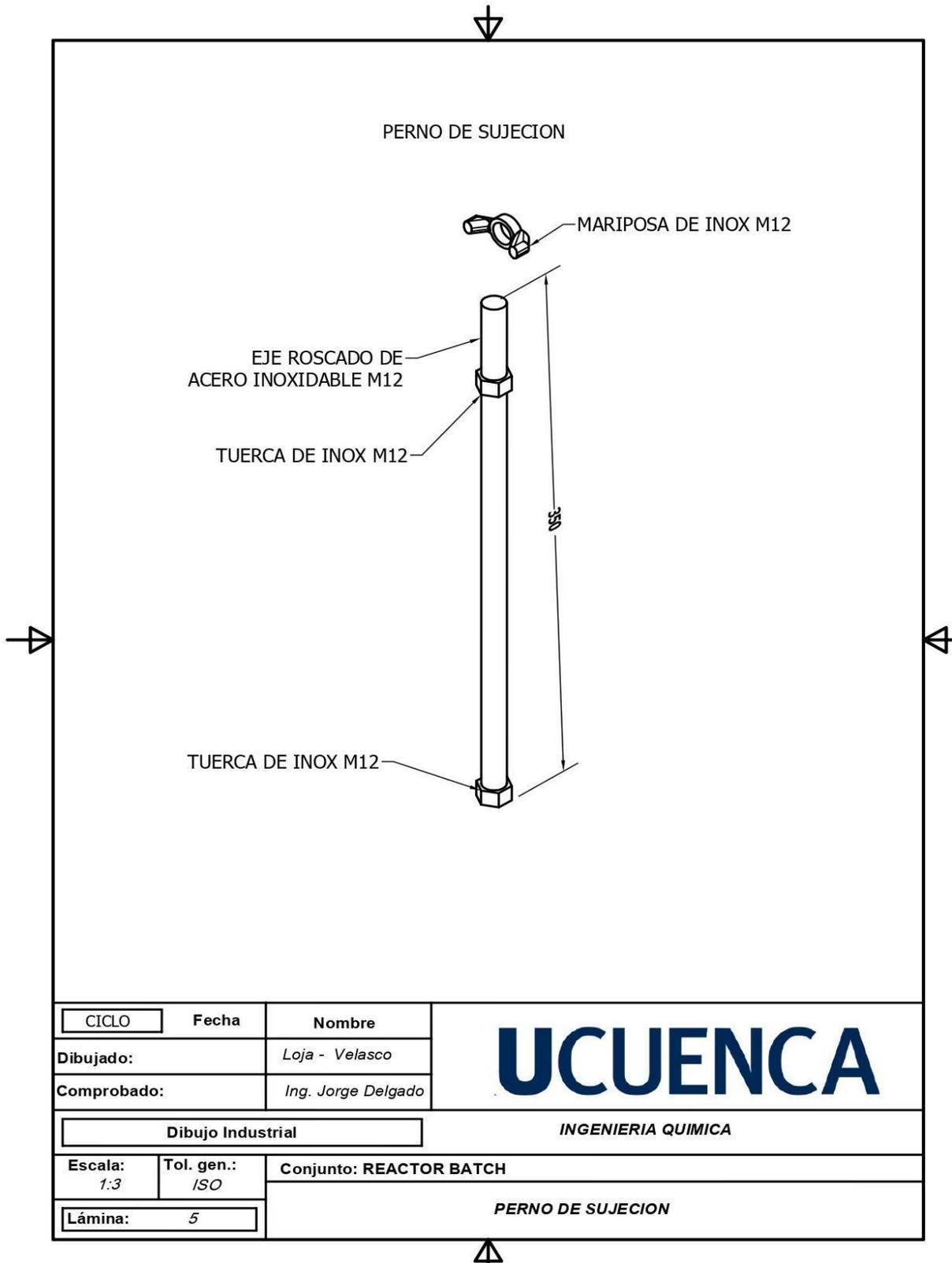
Anexo E. Cuba del reactor batch



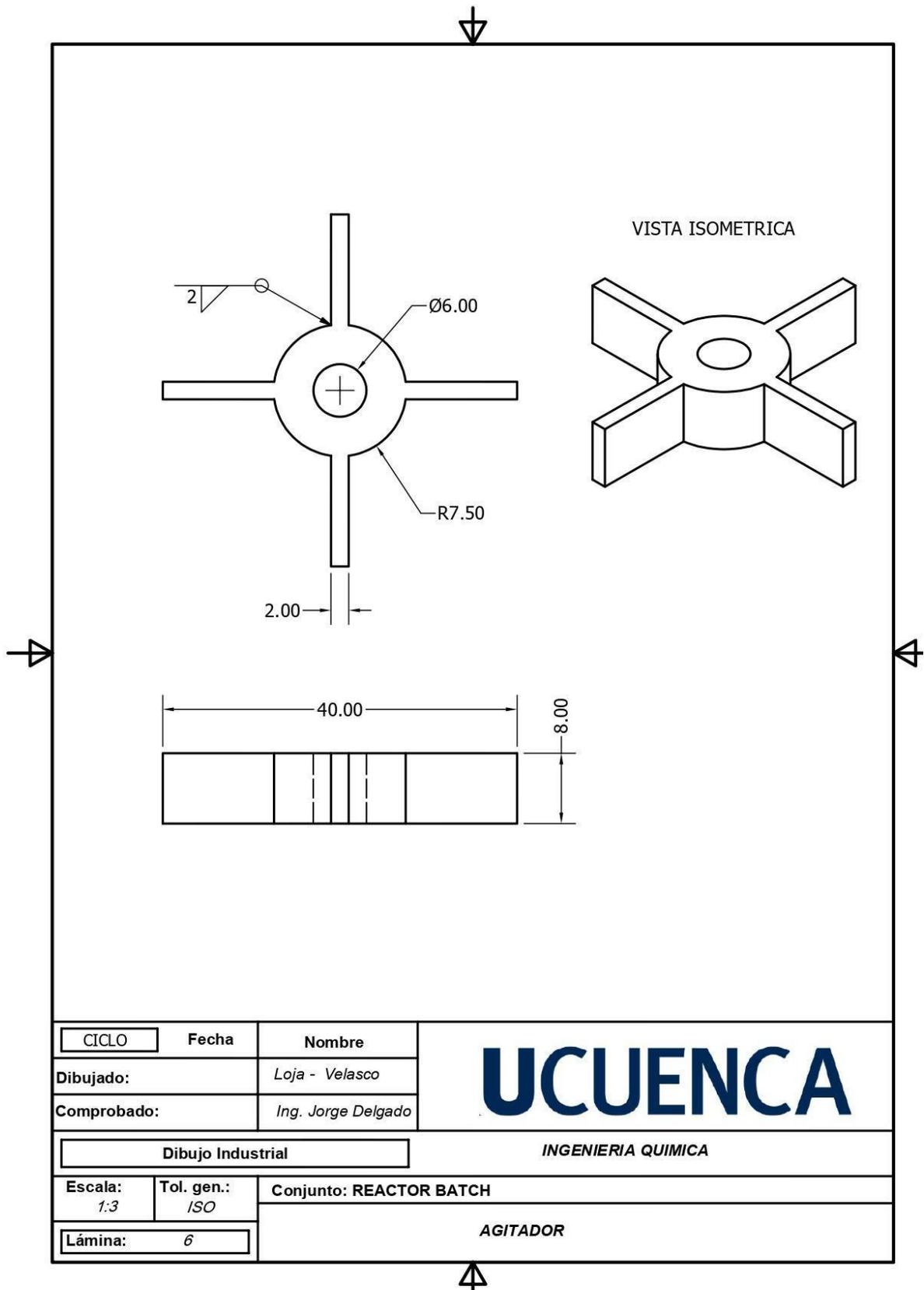
Anexo F. Tapa móvil del reactor



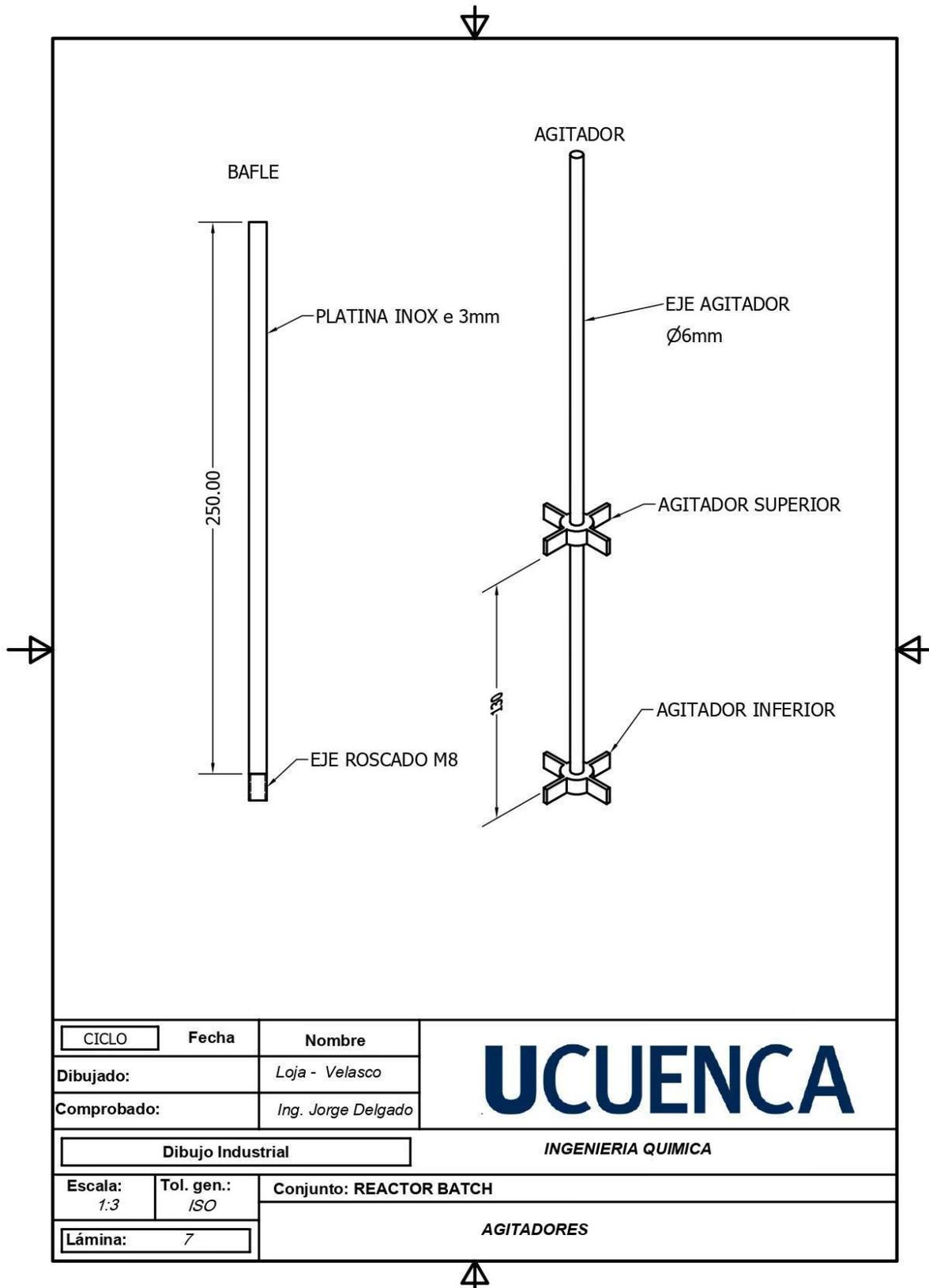
Anexo G. Perno de sujeción



Anexo H. Agitador

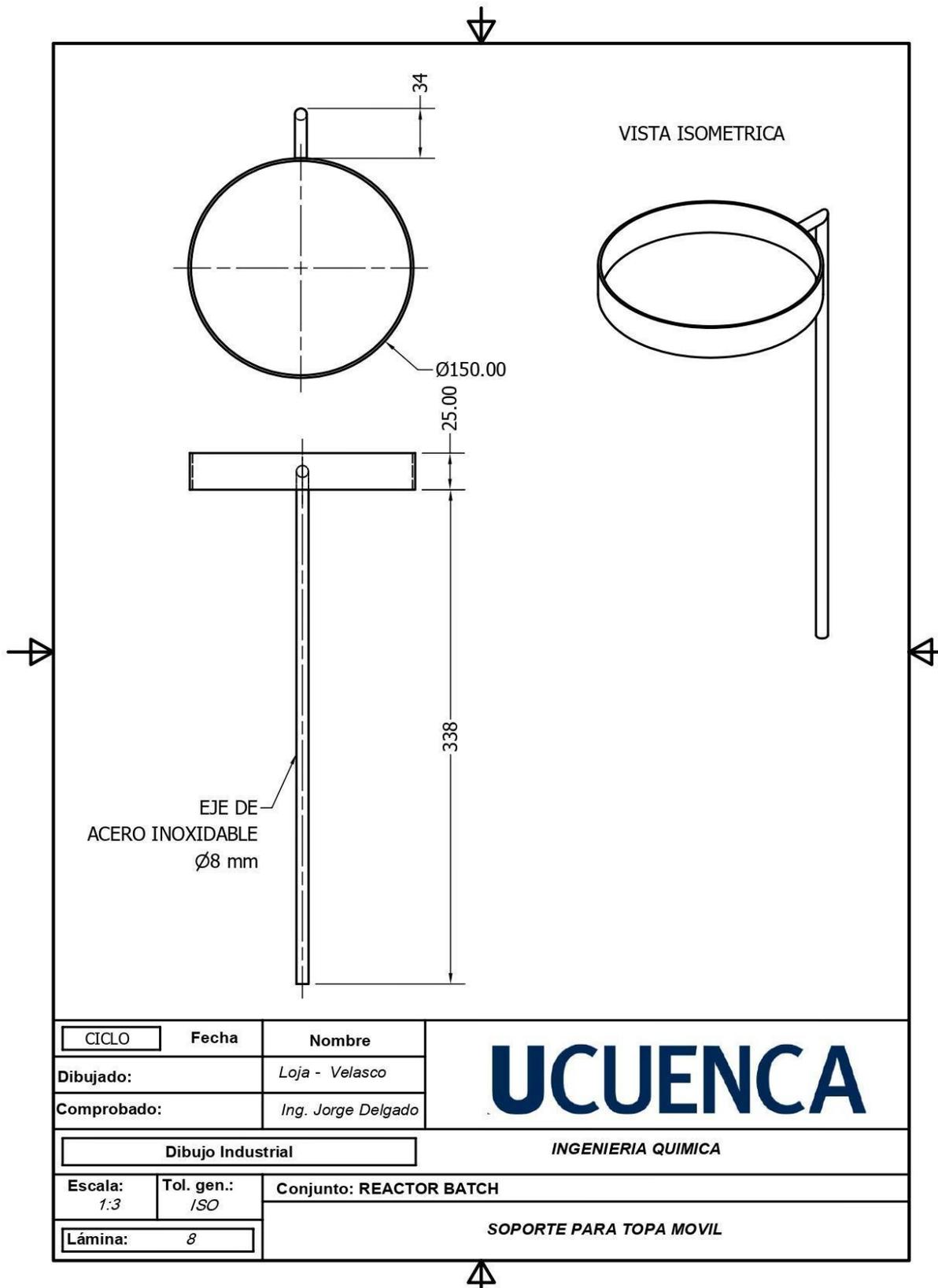


Anexo I. Agitadores: Partes del agitador turbina

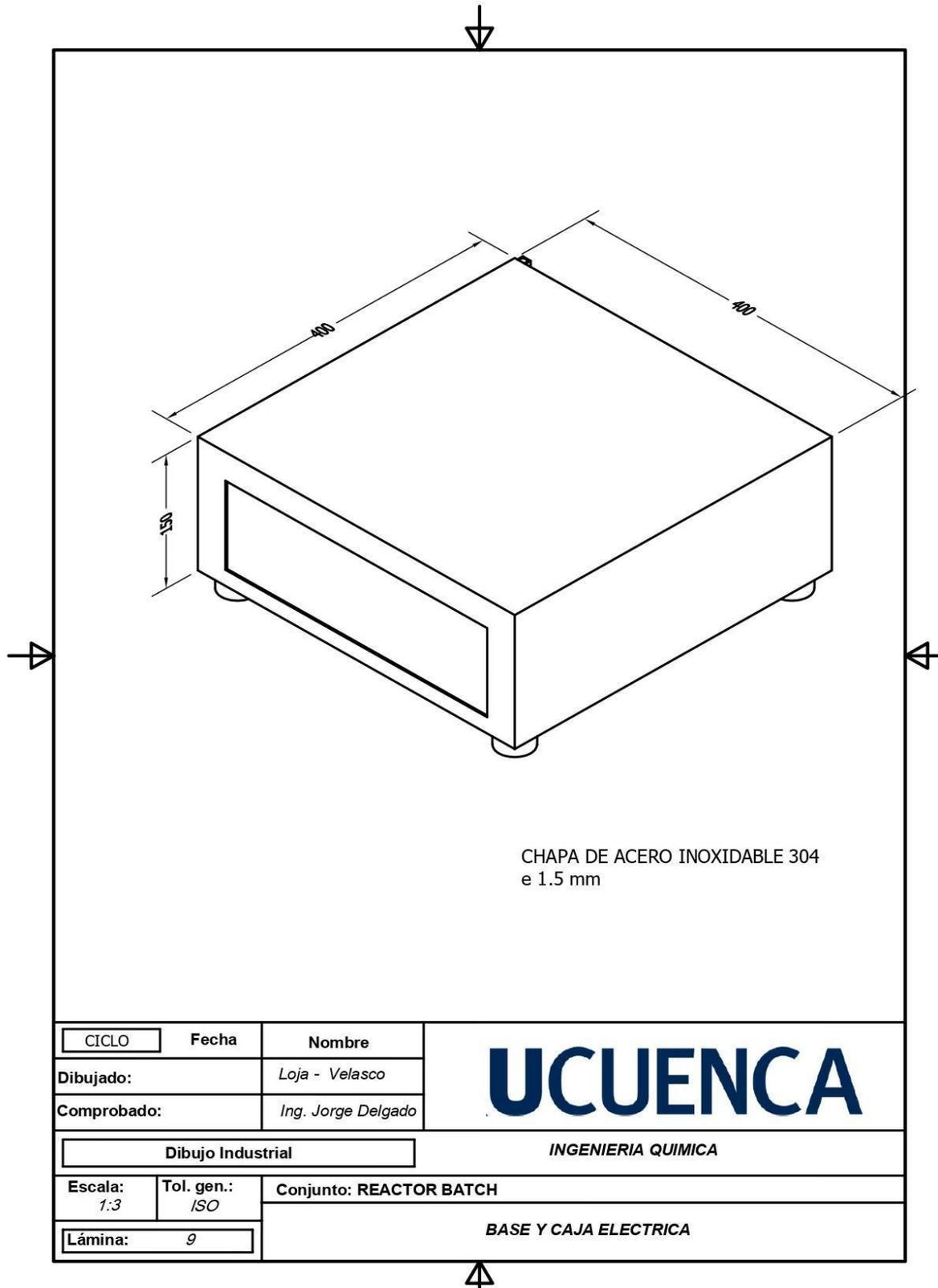


CICLO	Fecha	Nombre	UCUENCA
Dibujado:		Loja - Velasco	
Comprobado:		Ing. Jorge Delgado	
Dibujo Industrial			INGENIERIA QUIMICA
Escala: 1:3	Tol. gen.: ISO	Conjunto: REACTOR BATCH	
Lámina: 7	AGITADORES		

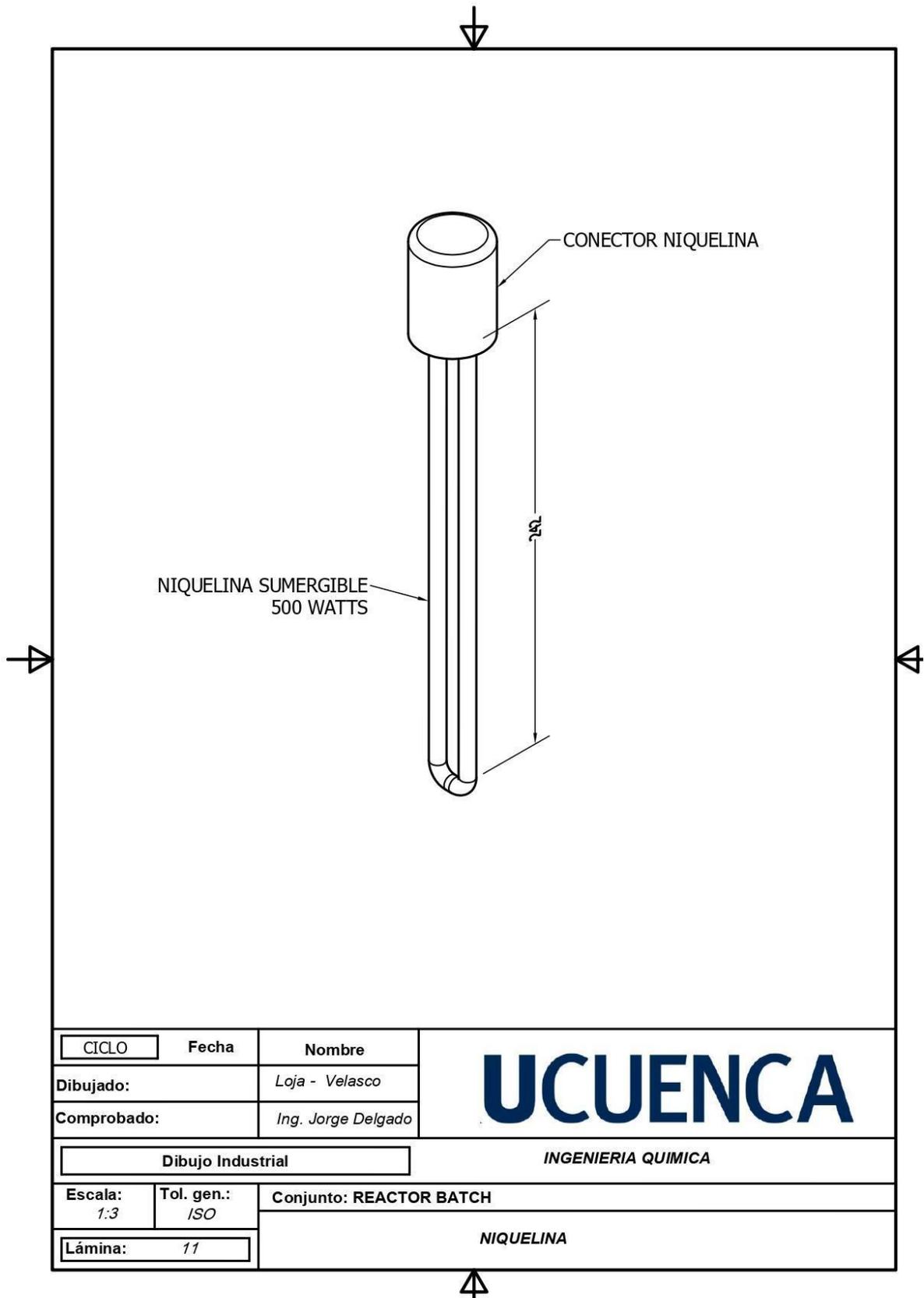
Anexo J. Soporte para topa móvil



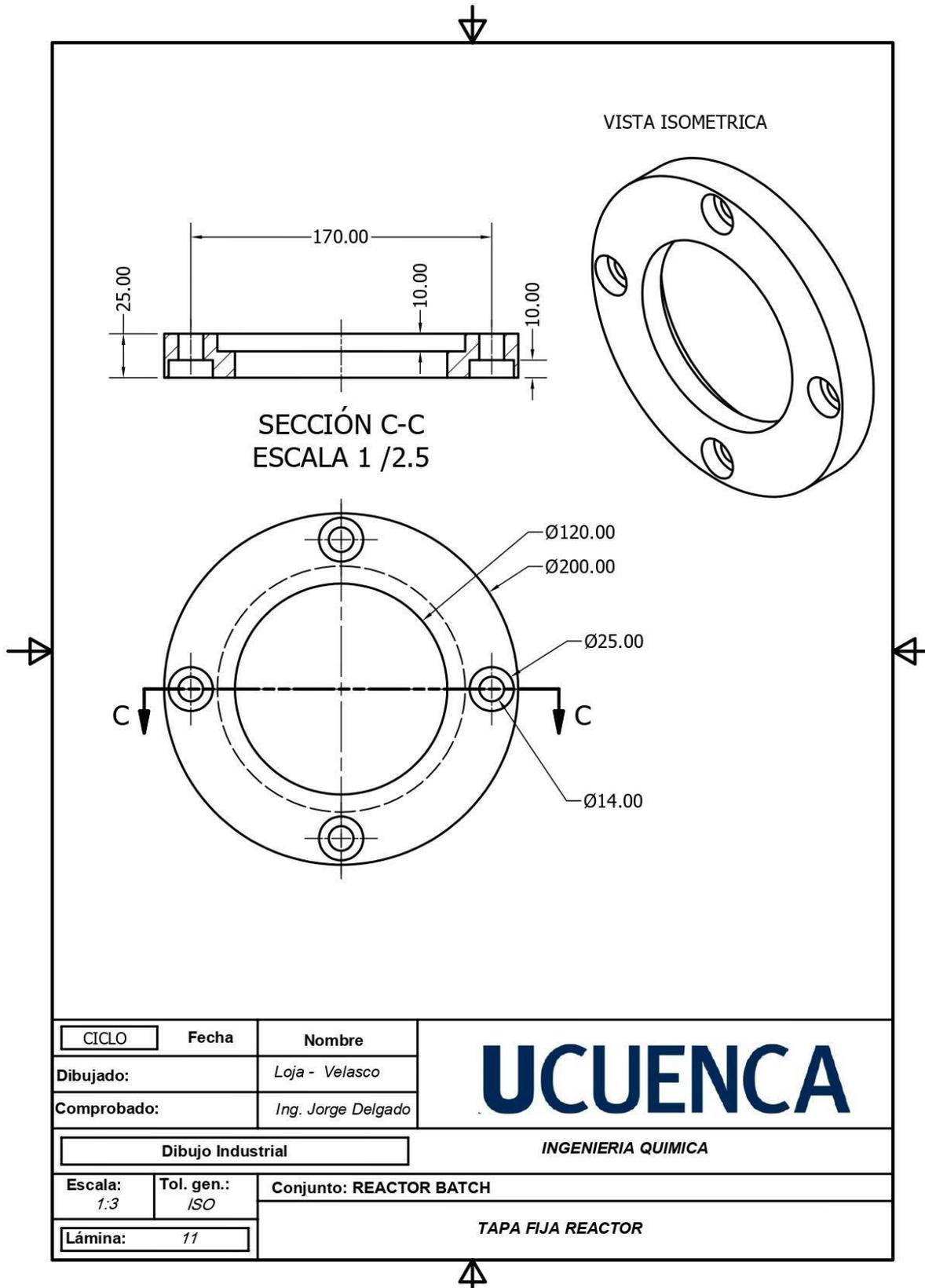
Anexo K. Base y caja eléctrica



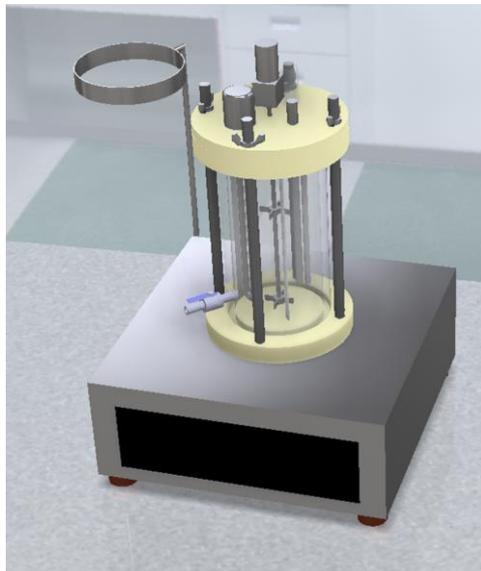
Anexo L. Niquelina



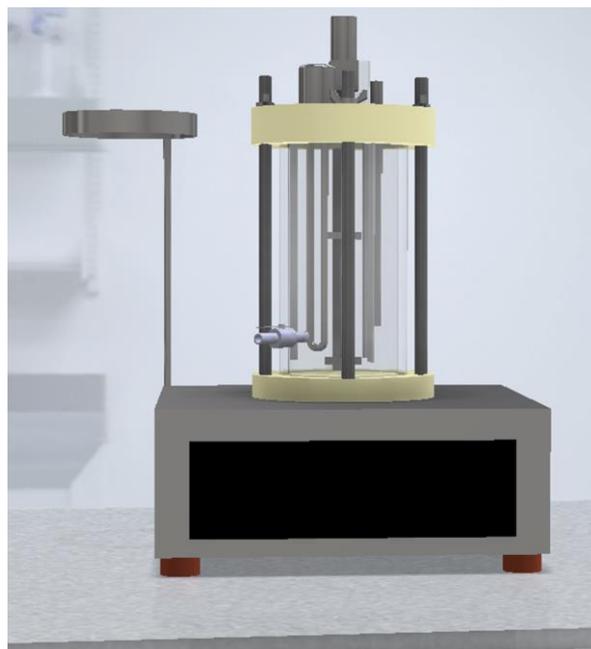
Anexo M. Tapa Fija del reactor



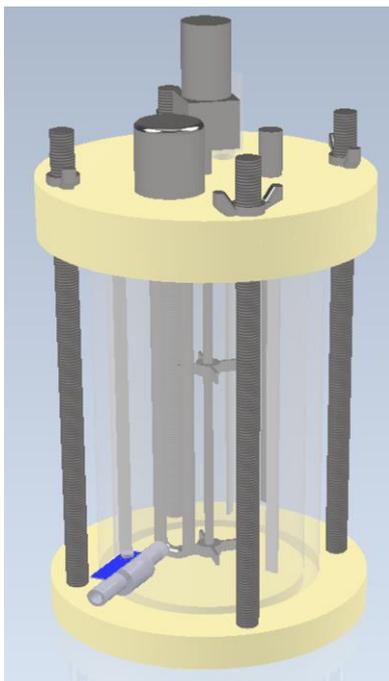
Anexo N. Vista Isométrica-Renderizado en laboratorio



Anexo O. Vista Frontal del reactor



Anexo P. Vista Isométrica- Reactor Batch



Anexo Q. Valor de acidez realizado en laboratorio certificado



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1647-23
Orden de ingreso: OI-778-23
Cuenca, 20 de Septiembre del 2023

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: EVELYN LOJA
Dirección: AV. 25 DE MARZO
Teléfono: 0980531051

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: VINO A PARTIR DEL MUCILAGO DE CACAO			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: CUENCA		TIPO DE MUESTRA: BEBIDA	*TIPO DE ENVASE: BOTELLA DE VIDRIO
*PRESENTACIONES: 300 ml		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE
CODIGO MUESTRA: OI77823	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2023-09-14	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2023-09-15	FECHA ANALISIS: 2023-09-15 - 2023-09-19		FECHA ENTREGA: 2023-09-20
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*ACIDEZ TOTAL	OIV-MA-AS313-01 - VOLUMETRIA	g/L	8.25

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.


Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Anexo R Costos para la construcción del reactor tipo batch

COSTOS DIRECTOS

Ítem	Cantidad	Descripción	Costo \$	Costo Total \$
Tubo de acrílico	1	Diámetro externo 140 mm espesor 10 mm	86,00	86,00
Nylon blanco	3	Eje de 8 " espesor 25 mm	35,00	105,00
Eje roscado inox	4	M12 x 350 mm	7,25	29,00
Mariposas	4	M12	2,50	10,00
Rodamientos	2	Radial 1/4	1,50	3,00
Eje 1/4	1	1/4 " x 350 mm	3,75	3,75
Airluck	1	Válvula unidireccional beer	12,50	12,50
Soporte tapa	1	Planita inox 1" y eje 1/8	23,00	23,00
Empaque	3	Grado alimenticio espesor 3 mm	9,50	28,50
Baffles	3	Platina 3/8 y prisionero m8	4,50	13,50
Niquelina	1	Sumergible de 500 watts	86,00	86,00
Sistema eléctrico - temperatura	1	Termocupla, termostato contactores	96,20	96,20
Sistema eléctrico - agitación	1	Motor 24 dc, fuente, tarjeta reguladora de velocidad	135,40	135,40
Base y caja eléctrica	1	Plancha de inox espesor 1,5 mm	42,00	42,00
Subtotal 1				673,85

COSTOS INDIRECTOS

Ítem	Cantidad / horas	Actividad	Costo \$	Costo Total \$
Mano de obra	30	Corte, dobleces, soldadura	2,50	75,00
Uso de herramientas	24	Torno, fresa, taladro, soldadora	2,50	60,00
Transporte	2	Adquisición de material y entrega de producto	3,00	6,00
Subtotal 2				141,00

COSTO TOTAL

SUBTOTAL 1	673,85
SUBTOTAL 2	141,00
TOTAL	814,85

Anexo S. Cosecha de cacao



Anexo T. Lavado y limpieza de cacao



Anexo U. Corte de cacao



Anexo V. Homogenizar semillas de cacao



Anexo W. Fluidificador



Anexo X. Obtención de mosto de mucílago de cacao



Anexo Y. Fermentación en el reactor tipo batch



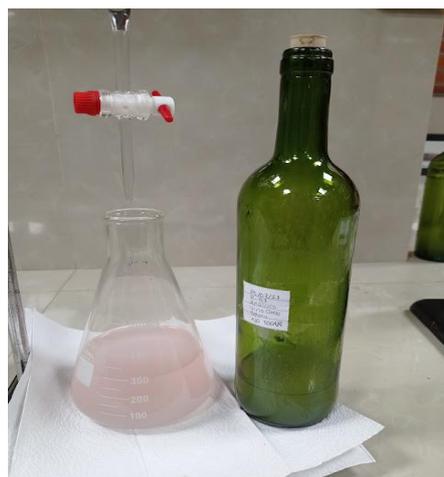
Anexo Z. Clarificación



Anexo AA. Pasteurización



Anexo BB. Medición de acidez



Anexo CC. Medición de grado alcohólico



Anexo DD. Prueba de Cata

