



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Trabajo de Integración Curricular
previa la obtención del Grado
Académico de Ingeniera
Agroindustrial.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA
FERMENTADA (TIPO VINO) A PARTIR DE MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao*
L.) CCN-51 UTILIZANDO DISTINTOS TIPOS DE LEVADURAS Y PORCENTAJES DE
PECTINASA COMO CLARIFICANTE”

Autora:

MARIUXI MAHOLY RIPALDA MORA

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

ING. AGROIND. JUAN ALEJANDRO NEIRA MOSQUERA, PhD.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **MARIUXI MAHOLY RIPALDA MORA**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

MARIUXI MAHOLY RIPALDA MORA

C.I: 0550283675



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Agroind. Juan Alejandro Neira Mosquera, PhD.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Mariuxi Maholy Ripalda Mora** realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA FERMENTADA (TIPO VINO) A PARTIR DE MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 UTILIZANDO DISTINTOS TIPOS DE LEVADURAS Y PORCENTAJES DE PECTINASA COMO CLARIFICANTE”**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing Agroind. Juan Alejandro Neira Mosquera, PhD
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Agroind. Juan Alejandro Neira Mosquera, PhD**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado **“ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA FERMENTADA (TIPO VINO) A PARTIR DE MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 UTILIZANDO DISTINTOS TIPOS DE LEVADURAS Y PORCENTAJES DE PECTINASA COMO CLARIFICANTE”**, presentado por la estudiante **Mariuxi Maholy Ripalda Mora**, egresada de la Carrera de Agroindustria, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 94 % y similitud 6 %, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

INFORME DE ANÁLISIS magister	
TESIS FINAL RIPALDA	
6% Trazos sospechosos	
7% Similitudes ignoradas 1% similitudes entre comillas 5% entre las fuentes mencionadas 6% Idiomas no reconocidos	
Nombre del documento: TESIS FINAL RIPALDA.docx ID del documento: 90881953d4e4e8f3c7386288ea22a268b553ded0 Tamaño del documento original: 5.25 MB	Depositante: JUAN ALEJANDRO NEIRA MOSQUERA Fecha de depósito: 14/5/2025 Tipo de carga: Intelectual Fecha de fin de análisis: 14/5/2025
Número de palabras: 21.797 Número de caracteres: 144.544	

Ing. Agroind. Juan Alejandro Neira Mosquera, PhD
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

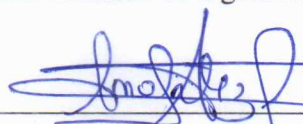
PROYECTO DE INVESTIGACION

Título:

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA
FERMENTADA (TIPO VINO) A PARTIR DE MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao*
L.) CCN-51 UTILIZANDO DISTINTOS TIPOS DE LEVADURAS Y PORCENTAJES DE
PECTINASA COMO CLARIFICANTE”**

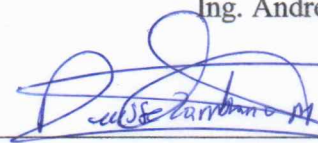
Presentado al Consejo Directivo de Facultad de Ciencias de la Industria y Producción como
requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial

Aprobado por:



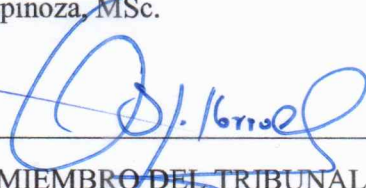
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Andrea Cristina Cortez Espinoza, MSc.



MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Denisse Margoth Zambrano Muñoz, MSc

Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, PhD.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios que me ha dado salud y fuerzas necesarias para seguir adelante durante todos estos años de estudio. A mis padres, quienes siempre me han brindado su amor y apoyo económico para poder culminar esta etapa universitaria. A mis hermanos, por su compañerismo, ánimo y por estar siempre ahí para ofrecerme su ayuda y comprensión en mis momentos más difíciles.

A mis sobrinos, quienes con su alegría y energía me han recordado la importancia de disfrutar cada momento y mantener la motivación, incluso cuando las cosas parecían complicadas. A mis adoradas gatas y amados perros, que con su presencia y cariño han sido una fuente constante de tranquilidad y amor en los momentos de estrés y ansiedad, dándome un respiro y recordándome la importancia de cuidar de mí misma en este proceso.

A mi novio por ser una fuente de apoyo y paciencia durante este proceso, gracias por estar a mi lado en cada momento, por tu comprensión en los días de estrés y por tu aliento en los momentos de duda.

A la universidad, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y por el espacio que me permitió desarrollar mis ideas y conocimientos. Así mismo, agradecer de manera especial a los docentes y a mi tutor, quienes con su dedicación, sabiduría y compromiso han sido clave en mi formación.

Gracias a todos por su apoyo incondicional, sin ustedes esto no habría sido posible.

Mariuxi Maholy Ripalda Mora

DEDICATORIA

Al finalizar esta etapa de mi vida quiero agradecer a mi pilar fundamental, mis padres Freddy Ripalda y Victoria Mora, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor fuente de inspiración. Gracias por enseñarme con su ejemplo la importancia, la perseverancia y el esfuerzo.

A mis queridos sobrinos Mathias e Isaias, quienes, con su inocencia, alegría y amor me inspiran cada día, gracias por recordarme la importancia de soñar en grande y nunca rendirme.

A mis queridas gatas y perros cuyos corazones llenaron mi vida de amor y compañía incondicional. Aunque ya no estén físicamente conmigo, sus recuerdos siguen siendo una fuente de consuelo y fuerza. Ellos han sido mi refugio y mi alegría en cada paso de este camino, siempre vivirán en mi corazón.

Esta tesis es el reflejo de todo lo que han brindado; cariño, motivación y paciencia.

Mariuxi Maholy Ripalda Mora

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus “La María”, analiza el “Estudio del proceso de obtención de una bebida alcohólica fermentada (tipo vino) a partir de mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante”, aprovechando el mucílago, un subproducto que suele desperdiciarse durante la sobreproducción de cacao, se puede añadir valor a este recurso. Para el estudio se evaluaron tres tipos de levaduras: levadura de pan, mosto de caña y levadura de vino, así como dos niveles de pectinasa: 0,2 % y 0,4 %. Los resultados indicaron que el tipo de levadura influye significativamente en las características fisicoquímicas del vino. La levadura de vino presentó el mayor contenido de alcohol (16,25 %), mientras que la levadura de pan resultó en un pH más bajo (3,65) y una mayor acidez total (0,24 %). En contraste, el mosto de caña generó el pH más alto (4,07) y la menor acidez (0,16 %). En cuanto al efecto de la pectinasa, no se encontraron diferencias significativas en el pH, la acidez total, ni en los sólidos solubles entre los niveles evaluados, Sin embargo, la concentración de 0,2 % de pectinasa produjo un mayor grado alcohólico (15,17 %), lo que sugiere que una menor cantidad de clarificante podría ser más eficiente en términos de rendimiento alcohólico. Este estudio resalta el potencial del mucílago de cacao como materia prima para la producción de vino, ofreciendo una alternativa sostenible para el aprovechamiento de subproductos del cacao y promoviendo la diversificación de la industria agroalimentaria.

Palabras claves: Mucílago de cacao, fermentación, pectinasa, clarificación, vino.

ABSTRACT

The present study was carried out at the Quevedo State Technical University “La María” Campus, it analyzes the “Study of the process of obtaining a fermented alcoholic beverage (wine type) from cocoa mucilage (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 using different types of yeasts and percentages of pectinase as a clarifier”, taking advantage of the mucilage, a by-product that is usually wasted during the overproduction of cocoa, it is possible to add value to this resource. Three types of yeast were evaluated for the study: bread yeast, cane must and wine yeast, as well as two levels of pectinase: 0.2 % and 0.4 %. The results indicated that the type of yeast significantly influences the physicochemical characteristics of the wine. Wine yeast presented the highest alcohol content (16.25 %), while bread yeast resulted in lower pH (3.65) and higher total acidity (0.24 %). In contrast, cane must generate the highest pH (4.07) and the lowest acidity (0.16 %). As for the effect of pectinase, no significant differences were found in pH, total acidity, or soluble solids between the levels evaluated. However, the 0.2 % concentration of pectinase produced a higher alcohol content (15.17 %), suggesting that a lower amount of clarifier could be more efficient in terms of alcohol yield. This study highlights the potential of cocoa mucilage as a raw material for wine production, offering a sustainable alternative for the utilization of cocoa by-products and promoting the diversification of the agri-food industry.

Key words: Cocoa mucilage, fermentation, pectinase, clarification, wine.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
CÓDIGO DE DUBLIN	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Formulación del problema.....	6
1.1.3. Sistematización del problema.....	6
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. Justificación	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco conceptual.....	9
2.1.1. Historia y origen	9
2.1.2. El cultivo.....	9

2.1.3.	Cultivos en Ecuador.....	10
2.1.4.	Variedades	10
2.1.5.	Taxonomía.....	11
2.1.6.	Mucílago.....	11
2.1.7.	Características organolépticas del mucílago.....	12
2.1.8.	Composición química	12
2.1.9.	Levaduras.....	12
2.1.9.1.	Saccharomyces cerevisiae.	12
2.1.9.2.	Mosto de caña.....	13
2.1.9.3.	Saccharomyces cerevisiae var bayanus.....	13
2.1.10.	Pectinasa	13
2.1.11.	Clarificación.....	14
2.1.12.	Vino.....	14
2.1.13.	Tipos de vino.....	14
2.1.13.1.	Según la edad del vino.	14
2.1.13.2.	Según el azúcar residual.....	15
2.1.13.3.	Según el grado alcohólico.....	15
2.1.13.4.	Según el color.	16
2.1.14.	Características de los vinos	16
2.1.15.	Métodos de elaboración de vino (fermentación)	16
2.1.16.	Sustratos de la fermentación del vino	17
2.1.17.	Fermentación alcohólica	17
2.1.17.1.	Bioquímica de la reacción.....	18
2.1.17.2.	Papel de las levaduras en la fermentación	19
2.1.17.3.	Factores que influyen en la fermentación.	19
2.1.18.	Levaduras en la fermentación alcohólica.....	20
2.1.18.1.	Tipos de levaduras utilizadas en la producción de bebidas alcohólicas	20
2.1.18.2.	Influencia de diferentes cepas de levaduras en el perfil sensorial de la bebida.	
	22	
2.1.19.	Control de la fermentación.....	23
2.1.19.1.	Monitoreo y control de parámetros durante la fermentación.....	23
2.1.19.2.	Técnicas para detener la fermentación.....	24

2.1.20.	Clarificación y Estabilización	24
2.1.21.	Pectinasa y clarificación	25
2.1.21.1.	Papel de las pectinasas en la turbidez de las bebidas fermentadas.	25
2.1.21.2.	Mecanismo de acción de las pectinasas y su influencia en la clarificación.	26
2.1.22.	Otros métodos de clarificación	26
2.1.22.1.	Clarificación por frío.....	26
2.1.22.2.	Clarificación por filtración.....	27
2.1.22.3.	Clarificación por aditivos.....	27
2.2.	Marco referencial	28
CAPÍTULO III		30
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		30
3.1.	Localización.....	31
3.2.	Tipos de investigación	31
3.2.1.	Investigación experimental.....	31
3.2.2.	Investigación descriptiva	32
3.2.3.	Investigación bibliográfica	32
3.3.	Métodos de investigación	32
3.3.1.	Método inductivo-deductivo.....	32
3.3.2.	Método estadístico.....	32
3.4.	Fuentes de recopilación de información	32
3.4.1.	Fuentes primarias.....	32
3.4.2.	Fuentes secundarias	33
3.5.	Instrumentos de investigación.....	33
3.5.1.	Variables estudiadas	33
3.5.2.	Descripción del proceso de la elaboración de vino de mucílago de cacao CCN-51 33	
3.5.3.	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de vino de mucílago de cacao CCN-51 51 36	
3.5.4.	Descripción de los análisis bromatológicos del mucílago y vino de cacao.....	37
3.5.4.1.	pH.....	37
3.5.4.2.	Acidez.....	37
3.5.4.3.	Cenizas.....	38

3.5.4.4.	Humedad.	39
3.5.4.5.	Densidad por el método picnométrico.	40
3.5.4.6.	Brix.	41
3.6.	Diseño de la investigación	41
3.6.1.	Factores de estudio	41
3.7.	Tratamiento de los datos	43
3.8.	Recursos humanos y materiales	44
CAPÍTULO IV		45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		45
4.1.	Resultados de la caracterización bromatológica del mucílago de cacao CCN-51	46
4.1.1.	Discusión	46
4.2.	Análisis de varianza de resultados de las variables evaluadas en el proyecto de investigación	48
4.2.1.	Varianza de pH	48
4.2.2.	Varianza de Sólidos solubles	49
4.2.3.	Varianza de Acidez	50
4.2.4.	Varianza de Absorbancia	51
4.2.5.	Varianza de Cenizas	52
4.2.6.	Varianza de Grados alcohólicos	53
4.2.7.	Prueba de significación (Tukey $P < 0,05$) para los resultados del Factor A (Tipos de levaduras)	54
4.2.8.	Prueba de significación (Tukey $P < 0,05$) para los resultados del Factor B (Porcentajes de pectinasa)	56
4.2.9.	Prueba de significación (Tukey $P < 0,05$) para los resultados de la Interacción AxB (Tipos de levaduras + Porcentajes de pectinasa)	59
4.2.9.1.	Discusión pH.	59
4.2.9.2.	Discusión Acidez Total (%).	61
4.2.9.3.	Discusión Sólidos solubles.	62
4.2.9.4.	Discusión Grados alcohólicos.	64
4.2.9.5.	Discusión Cenizas.	66
4.2.9.6.	Discusión Absorbancia.	68
4.3.	Resultado del efecto de las levaduras en la bebida fermentada	71
4.4.	Resultados del análisis sensorial del vino de mucílago	72

4.4.1. Discusión	74
4.5. Resultados análisis microbiológico de la bebida fermentada	75
4.5.1. Discusión	75
CAPÍTULO V	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1. Conclusiones	78
5.2. Recomendaciones	79
CAPÍTULO VI	81
BIBLIOGRAFÍA	81
6.1. Bibliografía	82
CAPÍTULO VII	90
ANEXOS	90
7.1. Anexos de la elaboración de vino	91
7.2. Anexos de los análisis al mucílago y al vino de cacao	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del Cacao	11
Tabla 2 Composición Química del Mucílago	12
Tabla 3 Clasificación Según la Edad del Vino	15
Tabla 4 Vinos Según el Azúcar Residual	15
Tabla 5 Esquema de los Factores de Estudio AxB	41
Tabla 6 Tratamientos para la Evaluación con sus Respectivas Combinaciones	42
Tabla 7 Esquema del Análisis de Varianza (AxB) para las Variables en Estudios	42
Tabla 8 Interacciones de Factores y Niveles	43
Tabla 9 Recursos Humanos y Materiales	44
Tabla 10 Caracterización Bromatológica del Mucílago	46
Tabla 11 Análisis de Varianza para pH	48
Tabla 12 Análisis de Varianza para Sólidos Solubles	49
Tabla 13 Análisis de Varianza para Acidez	50
Tabla 14 Análisis de Varianza para Absorbancia	51
Tabla 15 Análisis de Varianza para Cenizas	52
Tabla 16 Análisis de Varianza para Grados Alcohólicos	53
Tabla 17 Resultados de los Tipos de Levaduras (Factor A) (Tukey $P < 0,05$)	54
Tabla 18 Resultados de los Porcentajes de pectinasa (Factor B) (Tukey $P < 0,05$)	56
Tabla 19 Resultados del Estudio los Tipos de Levaduras + Porcentajes de Pectinasa (Interacción AxB) (Tukey $P < 0,05$)	59
Tabla 20 Criterios Sensoriales Definidos Durante el Análisis Sensorial del Mejor Tratamiento	72
Tabla 21 Resultados de los Indicadores Sensoriales para cada uno de los Tratamientos Aplicados	73
Tabla 22 Evaluación Microbiológica Aplicada a los Tratamientos	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cacao.....	9
Figura 2 Variedades de Cacao.....	10
Figura 3 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	13
Figura 4 Reacciones de la Fermentación Alcohólica	18
Figura 5 Campus "La María"	31
Figura 6 Pruebas de Significación de Tukey para (Factor A: Tipos de levaduras)	54
Figura 7 Pruebas de Significación de Tukey para (Factor B: Porcentajes de pectinasa)	57
Figura 8 pH de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de Pectinasa	60
Figura 9 Acidez total (%) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de Pectinasa.....	61
Figura 10 Sólidos Solubles (°Brix) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de Pectinasa	63
Figura 11 Grados de Alcohol (%) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de Pectinasa	65
Figura 12 Contenido de Ceniza (%) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de pectinasa	67
Figura 13 Absorbancia (%) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de pectinasa	69
Figura 14 Efecto de los Distintos Tipos de Levaduras en la Bebida Alcohólica Fermentada ..	71
Figura 15 Indicador del Tratamiento Óptimo en el Análisis Sensorial	73
Figura 16 Indicador Sensorial de Todos los Tratamientos.....	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fórmula Para la Determinación de Acidez Total.....	38
Ecuación 2 Fórmula Para la Determinación de Cenizas.....	39
Ecuación 3 Fórmula Para la Determinación de Humedad.....	39
Ecuación 4 Fórmula Para la Determinación de Densidad con el Método Picnométrico	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Recepción de la materia prima	91
Anexo 2: Lavado de la mazorca.....	91
Anexo 3: Corte longitudinal.....	91
Anexo 4: Deshuesado del grano de cacao.....	91
Anexo 5: Extracción del mucílago	92
Anexo 6: Filtración del mucílago.....	92
Anexo 7: Pasteurización del mosto de mucílago	92
Anexo 8: Enfriamiento del mosto	92
Anexo 9: Activación de las levaduras.....	93
Anexo 10: Fermentación.....	93
Anexo 11: Clarificación	93
Anexo 12: Envasado	93
Anexo 13: Análisis del pH del mucílago	94
Anexo 14: Análisis de acidez del mucílago	94
Anexo 15: Análisis de humedad del mucílago.....	94
Anexo 16: Análisis de grados Brix del mucílago.....	94
Anexo 17: Análisis de cenizas del mucílago.....	95
Anexo 18: Análisis de densidad del mucílago.....	95
Anexo 19: Análisis de pH del vino	95
Anexo 20: Análisis de acidez del vino.....	95
Anexo 21: Análisis de grados brix del vino	95
Anexo 22: Análisis de cenizas del vino	95
Anexo 23: Análisis sensorial.....	95

CÓDIGO DE DUBLIN

Título:	“ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA FERMENTADA (TIPO VINO) A PARTIR DE MUCÍLAGO DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) CCN-51 UTILIZANDO DISTINTOS TIPOS DE LEVADURAS Y PORCENTAJES DE PECTINASA COMO CLARIFICANTE”				
Autor:	Mariuxi Maholy Ripalda Mora				
Palabras claves:	Mucílago de cacao	Fermentación	Pectinasa	Clarificación	Vino
Fecha de publicación:	Mayo, 2025				
Editorial:	Quevedo- UTEQ “La María”, 2025				
Resumen:	El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus “La María”, analiza el “Estudio del proceso de obtención de una bebida alcohólica fermentada (tipo vino) a partir de mucílago de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante”, aprovechando el mucílago, un subproducto que suele desperdiciarse durante la sobreproducción de cacao, se puede añadir valor a este recurso. Para el estudio se evaluaron tres tipos de levaduras: levadura de pan, mosto de caña y levadura de vino, así como dos niveles de pectinasa: 0,2 % y 0,4 %. Los resultados indicaron que el tipo de levadura influye significativamente en las características fisicoquímicas del vino. La levadura de vino presentó el mayor contenido de alcohol (16,25 %), mientras que la levadura de pan resultó en un pH más bajo (3,65) y una mayor acidez total (0,24 %). En contraste, el mosto de caña generó el pH más alto (4,07) y la menor acidez (0,16 %). En cuanto al efecto de la pectinasa, no se encontraron diferencias significativas en el pH, la acidez total, ni en los sólidos solubles entre los niveles evaluados, Sin embargo, la concentración de 0,2 % de pectinasa produjo un mayor grado alcohólico (15,17 %), lo que sugiere que una menor cantidad de clarificante podría ser más eficiente en términos de rendimiento alcohólico. Este estudio resalta el potencial del mucílago de cacao como materia prima para la producción de vino, ofreciendo una alternativa sostenible para el aprovechamiento de subproductos del cacao y promoviendo la diversificación de la industria agroalimentaria.				
Abstract:	The present study was carried out at the Quevedo State Technical University “La María” Campus, it analyzes the “Study of the process of obtaining a fermented alcoholic beverage (wine type) from cocoa mucilage (<i>Theobroma cacao</i> L.) CCN-51 using different types of yeasts and percentages of pectinase as a clarifier”, taking advantage of the mucilage, a by-product that is usually wasted during the overproduction of cocoa, it is possible to add value to this resource. Three types of yeast were evaluated for the study: bread yeast, cane must and wine yeast, as well as two levels of pectinase: 0.2 % and 0.4 %. The results indicated that the type of yeast significantly influences the physicochemical characteristics of the wine. Wine yeast presented the highest alcohol content (16.25 %), while bread yeast resulted in lower pH (3.65) and higher total acidity (0.24 %). In contrast, cane must generate the highest pH (4.07) and the lowest acidity (0.16 %). As for the effect of pectinase, no significant differences were found in pH, total acidity, or soluble solids between the levels evaluated. However, the 0.2 % concentration of pectinase produced a higher alcohol content (15.17 %), suggesting that a lower amount of clarifier could be more efficient in terms of alcohol yield. This study highlights the potential of cocoa mucilage as a raw material for wine production, offering a sustainable alternative for the utilization of cocoa by-products and promoting the diversification of the agri-food industry.				
Descripción:	115 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URL:					

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador tiene un importante papel a nivel económico, su importancia radica en la generación de divisas al tratarse de exportaciones. El sector cacao en el 2020 exportó \$935 MM FOB (del inglés Free On Board, «Libre a bordo, puerto de carga convenido»), lo que representa un aumento del 22 % con respecto al año previo (Corporación Financiera Nacional, 2021). Estos rubros económicos de gran importancia para los agricultores.

Como ya es conocido a nivel mundial, el cacao ecuatoriano tiene gran reconocimiento por ser fino de aroma (Cedeño-Coll & Dilas-Jiménez, 2022) y esto lo ha llevado a posicionarse como uno de los líderes en demanda teniendo como principales distintos a países como Estados Unidos, Indonesia, Países Bajos (Holanda) y Malasia, así estos distintos representan aproximadamente el 68 % de las exportaciones de cacao del 2020 (Corporación Financiera Nacional, 2021).

El cultivo del cacao genera residuos como cáscaras, cascarilla y mucílago que pueden impactar negativamente al medio ambiente y a la economía si no se gestionan adecuadamente. Sin embargo, estos subproductos también ofrecen oportunidades para desarrollar nuevos productos y fomentar prácticas sostenibles. Aprovechar estos residuos puede reducir el impacto ambiental y promover una economía circular en la industria del cacao, haciendo esencial la innovación y una gestión adecuada para una producción más eficiente y sostenible.

El proceso fermentativo del vino de mucílago se llevó a cabo a base del extracto de cacao obtenido del mucílago de manera artesanal mediante una fermentación del mismo con distintos tipos de levaduras, pasteurización, trasiego, clarificación con pectinasa, crianza con el objetivo de mejorar la bebida fermentada, estabilización para lograr un vino limpio, esto se realiza con temperatura baja (Robles Bustamante & Mieles Méndez, 2022).

La presente investigación tuvo como objetivo estudiar el proceso de obtención de una bebida alcohólica fermentada (Tipo Vino) a partir de mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante. Se investigó el efecto de las levaduras en el proceso de fermentación del mucílago. Para llevar a cabo este estudio se empleó un diseño factorial ($A \times B$), donde se evaluó las diferentes combinaciones de tipos de levaduras y porcentaje de pectinasa. El factor A correspondió a los tipos de levaduras: a_0 (levadura de pan), a_1 (mosto de caña) y a_2 (levadura de vino). El factor B se centró en el porcentaje de pectinasa empleado: b_0 (0.2 %) y b_1 (0.4 %). Se estudiaron un total de 6 tratamientos, cada uno con 3 réplicas, dando así un total de 18 unidades experimentales.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El mucílago es considerado como un subproducto sin valor y se desecha durante el proceso de fermentación y secado del cacao. Según (Lozano-Moreno, 2020) durante el proceso de descascarillado del cacao, se generan alrededor de 3 165 m³/año, el cual, lamentablemente, suele ser desechado sin ningún tipo de aprovechamiento. Esto se debe, en parte, al desconocimiento de las propiedades fisicoquímicas del mucílago y a la falta de tecnología adecuada para su manejo y valorización. Un estudio realizado por (Arteaga-Estrella, 2013) a los agricultores cacaoteros del cantón Naranjal de la provincia del Guayas, indica que las causas del desperdicio del mucílago se encuentran principalmente en 72 % a la falta de conocimiento, 22 % a la falta de interés por parte de los agricultores y 6 % a la ausencia de iniciativas innovadoras.

La rápida fermentación del mucílago de cacao genera graves consecuencias ambientales, como la emanación de olores desagradables, la degradación del paisaje y dificultades para el manejo de los desechos. Estos desechos, compuestos en gran parte por mucílago, representan una de las principales pérdidas económicas en la producción de cacao (Quiroz-Vera, 2009). La escasez de recursos económicos constituye un obstáculo adicional para los productores de cacao, ya que les limita la posibilidad de invertir en tecnologías modernas. Como consecuencia, se ven obligados a emplear métodos de producción anticuados, lo que disminuye su eficiencia y su capacidad para competir en el mercado.

Diagnóstico

En la actualidad, el cacao (*Theobroma cacao* L.) representa uno de los principales productos agrícolas de exportación en Ecuador, destacándose no solo por su productividad, sino también por sus atributos organolépticos únicos como su intenso aroma y sabor característico, especialmente en variedades como el CCN-51. No obstante, a pesar de su relevancia económica, la cadena de valor del cacao ha estado tradicionalmente enfocada en el grano fermentado y seco, relegando a un segundo plano el aprovechamiento de otros subproductos generados durante el procesamiento, como el mucílago.

El mucílago de cacao, una sustancia viscosa, dulce y rica en compuestos fermentables, constituye un subproducto de la fermentación de las mazorcas, el cual, es descartado o utilizado de forma rudimentaria como abono. Esta falta de valorización se debe principalmente a la limitada investigación sobre sus propiedades fisicoquímicas, nutricionales y tecnológicas, lo que impide su aprovechamiento eficiente en procesos agroindustriales. Como consecuencia, se desaprovecha un recurso con alto contenido de azúcares y potencial bioactivo, reduciendo así las oportunidades de diversificación económica para los pequeños y medianos productores.

En este contexto, el estudio del proceso de obtención de una bebida alcohólica fermentada tipo a partir de mucílago de cacao emerge como una alternativa innovadora, sostenible y de alto valor agregado. La exploración de diferentes tipos de levaduras y la aplicación de pectinasa como clarificante, representan estrategias clave para optimizar la fermentación y mejorar las características sensoriales del producto final. Esta investigación no solo permite diversificar el uso de mucílago, sino que también abriría nuevas oportunidades comerciales para productos derivados del cacao, aportando al desarrollo de una agroindustria más inclusiva, eficiente y rentable.

Pronóstico

La investigación sobre el estudio del proceso de obtención de una bebida alcohólica fermentada (tipo vino) a partir de mucílago de cacao CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante tiene el potencial de transformar un recurso subutilizado en una valiosa materia prima para la industria de bebidas alcohólicas. El mucílago de cacao es un subproducto que, sin una adecuada valorización, puede ser descartado como residuo, causando pérdidas económicas y medioambientales. Con la creciente producción de cacao, la cantidad de mucílago generado también aumentará, lo que podría intensificar el problema de su desperdicio si no se implementan soluciones innovadoras para su aprovechamiento.

1.1.2. Formulación del problema

¿La falta de estudio del proceso de obtención sobre el aprovechamiento del mucílago de cacao utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante no permite la obtención de una bebida alcohólica fermentada (tipo vino) a partir del cacao como alternativa para diversificar la oferta de derivados de este producto?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Qué resultados bromatológicos tiene el mucílago de cacao CCN-51?

¿Cuál es el efecto de tres tipos de levaduras en el proceso de fermentación del mucílago de cacao?

¿Cómo influye el porcentaje adecuado de pectinasa en el proceso de clarificación del vino de mucílago de cacao?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Estudiar el proceso de obtención de una bebida alcohólica fermentada (tipo vino) a partir de mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar mediante análisis bromatológico el mucílago de cacao CCN-51.
- Determinar el efecto de tres tipos de levaduras en el proceso de fermentación del mucílago de cacao.
- Evaluar el porcentaje adecuado de pectinasa en el proceso de clarificación del vino.

1.3. Justificación

Las tendencias de la industria alimentaria en la actualidad están enmarcadas en diversificar la oferta de productos a partir de tecnologías limpias optimizando la producción agropecuaria. En nuestro país la producción cacaotera significa un rubro importante al consolidarse como uno de los principales exportadores por la calidad de su producto, el mismo que está dirigido a la industria del chocolate y en muchos casos los subproductos como es el caso del mucílago no son aprovechado, limitando a los productores adquirir ingresos de este subproducto.

Es así que este estudio pretende determinar la factibilidad para la obtención de una bebida alcohólica fermentada (Tipo Vino) a partir de mucílago de cacao (*Theobroma cacao. L.*) CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras para su proceso fermentativo y distintos porcentajes de pectinasa como clarificante, con la finalidad de aprovechar el residuo del mucílago obteniendo una bebida con estándares de calidad adecuados a las exigencias del consumidor.

En consideración que la mayoría de los productores e industriales de cacao no tratan sus subproductos, minimizando el impacto contaminante, ni los aprovechan transformándolos en productos alimenticios y no alimenticios, esta iniciativa pretende generar una alternativa de producción mediante la obtención de productos derivados del cacao (vino de mucílago mediante la aplicación de bioclarificantes), lo que permitirá generar nuevas fuentes de ingresos para los productores, aportar al desarrollo sostenible de la industria cacaotera y así contribuir la solución de problemas ambientales y económicos asociados al desecho del mucílago de cacao.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Historia y origen

Si bien durante mucho tiempo se pensó que el cacao se originó en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras, donde su uso está atestiguado alrededor del año 2000 a.C. No obstante, una investigación arqueológica reciente demuestra que por lo menos una variedad de *Theobroma Cacao* tiene su punto de origen en la selva Amazónica se han hallado cerámicas con restos de cacao que datan del año 3300 a.C. Este hallazgo sugiere que el cultivo de cacao en Ecuador tiene una historia de más de 5.000 años (Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador, 2023).

Figura 1

Cacao



Fuente: (Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador, 2023)

2.1.2. El cultivo

El árbol del cacao es un cultivo exigente que demanda condiciones climáticas y de suelo específicas. El Cinturón del Cacao. Esta franja, que se extiende entre los 20o de latitud norte y sur, concentrando la mayor parte del cultivo de cacao dentro de un área aún más reducida, a solo 10o del Ecuador. El suelo requiere un clima cálido y húmedo, con temperaturas promedio entre 18 y 30 °C. La precipitación anual debe ser constante, con un mínimo de 1.000 mm, distribuidos a lo largo del año. Un balance entre sol y sombra es crucial, pues el exceso de cualquiera de los dos puede ser perjudicial para la planta. Si bien el cacao puede crecer hasta una altitud de 1.000 msnm, la mayor parte de su cultivo se concentra por debajo de los 300 m. Esto se debe a que las condiciones climáticas y de suelo son más favorables en estas zonas bajas (European Cocoa Association, 2022).

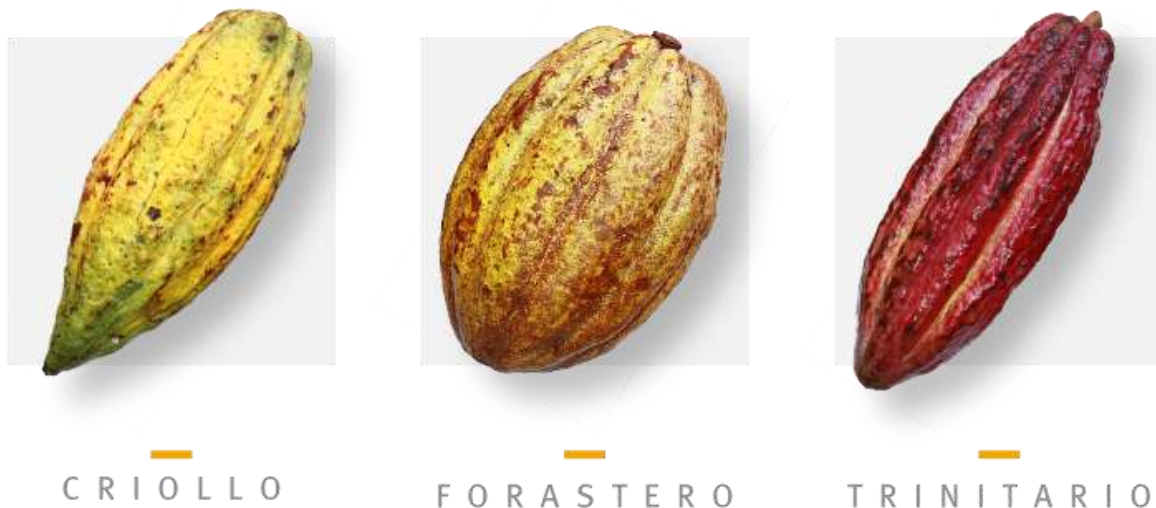
2.1.3. Cultivos en Ecuador

En Ecuador se cultivan dos tipos de cacao: el Nacional, mayormente producido en sistemas agroforestales por pequeños productores, y el clon CCN 51, cultivado en extensiones más grandes, incluso por empresas con terrenos superiores a las 120 ha (Melo & Hollander, 2013). El cacao tipo Nacional es reconocido mundialmente por su calidad sensorial, lo que le permite obtener precios altos en los mercados internacionales. Además, existen híbridos complejos que combinan cacao Nacional con cacao trinitario (Ortiz S et al., 2019).

2.1.4. Variedades

Figura 2

Variedades de Cacao



Fuente: (Carvallo, 2020)

Forastero: El cacao Forastero, también conocido como cacao amazónico, es la variedad más común y representa el 70% del consumo mundial de cacao. Su sabor es fuerte, amargo y ligeramente ácido. Es conocido por su resistencia a enfermedades y por producir una gran cantidad de frutos, aunque su aroma carece de fineza y su sabor frutal es limitado. Este tipo de cacao fue introducido por los europeos durante la colonización, cuando la demanda de chocolate comenzó a crecer en Europa a principios del siglo XX. El cacao Forastero se cultiva principalmente en países como Venezuela, Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Costa de Marfil, Ghana, Camerún, Costa Rica, Santo Tomé y algunas regiones del sudeste asiático.

Criollo: Este tipo de cacao, aunque produce los frutos de mejor calidad, es el menos fructífero y representa una pequeña proporción de la producción mundial. Se caracteriza por semillas redondas y ligeramente planas, de color violeta y blanco cuando no están fermentadas. Tiene aromas afrutados con notas de frutos secos y un sabor refinado, ligeramente amargo. Es muy valorado para chocolates de alta calidad y preparaciones gourmet, como bombones.

Trinitario: Este cacao híbrido, resultado del cruce entre el Criollo y el Forastero, tiene una producción superior al Criollo y combina las características gustativas de ambos. Es más resistente a enfermedades y su sabor es sutil, con una amplia gama de sabores y aromas, como heno, roble, miel, manzana y melón. Se cultiva en lugares como Trinidad, Java, Sri Lanka, Papua Nueva Guinea, Camerún y Venezuela (como Carenero Superior), y representa aproximadamente el 5% de la producción mundial (Carvallo, 2020).

2.1.5. Taxonomía

Tabla 1

Taxonomía del Cacao

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Familia	Malvaceae
Género	Theobroma
Especie	Theobroma cacao L.

Fuente: (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, n.d.)

2.1.6. Mucílago

El mucílago de cacao es una sustancia que rodea las semillas de cacao y se usa como sustrato en su fermentación, siendo esencial para el desarrollo del sabor y aroma del grano. Este subproducto posee un alto valor nutricional y funcional, ya que contiene vitaminas B, C, D y E, minerales como calcio, hierro, potasio, magnesio y zinc, además de compuestos antioxidantes que lo hacen útil en productos contra el estrés oxidativo (Pizano Galvez & Lugo Cervantes, 2022).

2.1.7. Características organolépticas del mucílago

- **Color:** Es de color rosado pálido dentro de la mazorca y se torna ámbar al ser extraído de la cáscara.
- **Textura:** Suave, viscosa, pegajosa y fibrosa.
- **Olor:** Afrutado y un ligero olor a cacao.
- **Sabor:** Dulce, ácido, astringente, y un pequeño sabor a cacao.
- **Apariencia:** es gelatinoso y, en algunas mazorcas, tiene apariencia de algodón (Rivera Cepeda, 2019).

2.1.8. Composición química

Tabla 2

Composición Química del Mucílago

Composición	%
Agua	82-87
Azúcar	10-15
Sacarosa	60
Glucosa y fructosa	39
Pentosas	2-3
Ácido cítrico	1-3
Pectina	1-1,5

Fuente: (Puerari et al., 1998)

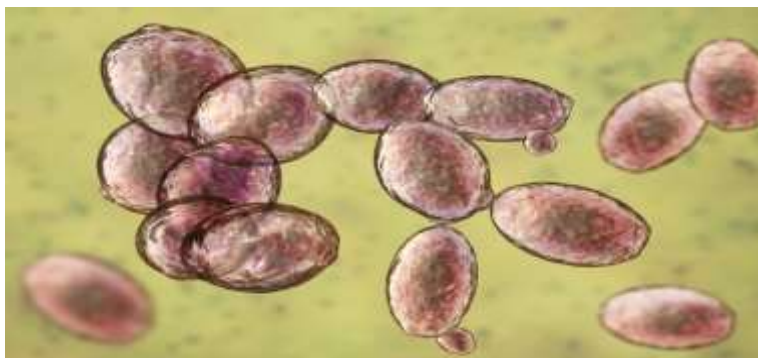
2.1.9. Levaduras

2.1.9.1. *Saccharomyces cerevisiae*.

Saccharomyces cerevisiae es un hongo unicelular utilizado en la producción industrial de pan, vino y cerveza. Debido a su estructura y genoma, se ha establecido como uno de los organismos eucariotas más investigados y se utiliza ampliamente como modelo en experimentos de laboratorio en diversos campos (Rodríguez, 2021).

Figura 3

Saccharomyces cerevisiae



Fuente: (Rodríguez, 2021)

2.1.9.2. Mosto de caña.

El mosto de caña de azúcar es un subproducto resultante de la fermentación industrial de las melazas provenientes de la caña de azúcar (Levasa), utilizado en la producción de levaduras para panificación aprovechando los azúcares presentes para el crecimiento de microorganismos (Arreola Tostado et al., 2020). El mosto de caña es un recurso valioso en la industria alimentaria y biotecnológica, ya que no solo sirve para la obtención de levaduras, sino que también puede ser utilizado en la fabricación de otros productos fermentados y en la producción de etanol.

2.1.9.3. *Saccharomyces cerevisiae* var *bayanus*.

Es una especie de levadura del género *Saccharomyces*, su uso principal es en la fermentación alcohólica, especialmente en la producción de vino y sidra. Un estudio comparativo entre *S. bayanus* y *S. cerevisiae* reveló que los vinos fermentados con *S. bayanus* presentan un perfil de sabor más pronunciado (Gamero et al., 2014).

2.1.10. Pectinasa

Las pectinasas son un grupo de enzimas capaces de descomponer las pectinas, que son polisacáridos estructurales de la pared celular de las plantas. En términos sencillos, la pectinasa hidroliza (rompe) las cadenas de pectina en moléculas más pequeñas (ácidos y azúcares), lo que reduce la viscosidad y turbidez causadas por la pectina en los jugos de fruta y mostos de uva.

Estas enzimas son producidas principalmente por hongos (*Aspergillus niger*) mediante fermentación, y las preparaciones comerciales suelen incluir una mezcla de actividades pectinolíticas (poligalacturonasas, pectinesterasas, etc.), junto con otras enzimas secundarias como celulasas, hemicelulasas e incluso proteasas ácidas (Martín & Ninago, 2019).

2.1.11. Clarificación

La clarificación busca eliminar partículas en suspensión mediante procesos de floculación, sedimentación o filtración. Los agentes clarificantes actúan mediante cargas electrostáticas: por ejemplo, la gelatina (carga positiva) neutraliza los polifenoles aniónicos, formando complejos que precipitan (Huerta González, 2006).

2.1.12. Vino

El vino es una bebida alcohólica producida a partir de la fruta de la uva mediante la fermentación alcohólica de mosto o jugo. Esta fermentación, bajo la influencia de la levadura, convierte el azúcar de la fruta en etanol y dióxido de carbono (Ucha, 2008). Según la Normativa INEN, al vino de frutas lo denomina como “Bebida obtenida de la fermentación alcohólica completa o parcial de frutas, o del jugo concentrado de frutas” (NTE INEN 374, 2016).

2.1.13. Tipos de vino

2.1.13.1. Según la edad del vino.

Hay vinos elaborados para el consumo fresco a los que la edad perjudica, pues están producidos para consumirlos en un año, pero hay otros que se elaboran con el propósito de un envejecimiento a través de los años. La vida de un vino es limitada. Hay una evolución ascendente en la calidad del vino hasta que llega a su mayor expresión, pero a partir de ahí se inicia una bajada de la calidad. Es difícil que el punto de máxima calidad supere los 15 o 20 años (Viveros-Barber, 2013).

Tabla 3*Clasificación Según la Edad del Vino*

Clasificación	Tiempo en Barrica	Tiempo en botella	Tiempo Total
Roble o Semi-Crianza	Mínimo 3 meses	Mínimo 6 meses	9 meses
Crianza	Tintos: mínimo 6 meses	Mínimo 18 meses	24 meses
Reserva	Blancos y rosados: mínimos 6 meses	Mínimo 18 meses	24 meses
Reserva	Tintos: mínimo 12 meses	Mínimo 36 meses	48 meses
Gran Reserva	Blancos y rosados: mínimos 6 meses	Mínimo 30 meses	36 meses
Gran Reserva	Tintos: mínimo 24 meses	Mínimo 36 meses	60 meses

Fuente: (Viveros-Barber, 2013)

2.1.13.2. Según el azúcar residual.**Tabla 4***Vinos Según el Azúcar Residual*

Tipos	Cantidad de azúcar
Secos	<5g/L
Semisecos	5-30g/L
Semidulces	30-50g/L
Dulces	>50g/L

Fuente: (Vega-Tolosa, 2021)

2.1.13.3. Según el grado alcohólico.**En Tintos:**

- **Vinos entre 8-14 grados alcohólicos:** El grado alcohólico oscila entre los 8 y 14 grados alcohólicos, excepcionalmente 15 grados alcohólicos.
- **Vinos entre 14-23 grados alcohólicos:** Son vinos generosos tratados mediante adición de alcohol, como el Jerez, Fino Manzanilla y Amontillado.

En Blancos:

- **Blancos ligeros 8-11 grados alcohólicos:** Ribeiro, Chacolí, blancos catalanes.
- **Blancos con cuerpo 12 grados alcohólicos:** Los blancos con más cuerpo rondarán los 12 grados alcohólicos, igual que los rosados (Viveros-Barber, 2013).

2.1.13.4. Según el color.

- **Vinos tintos:** Se producen prensando uvas tintas. Los pigmentos presentes en el hollejo de la uva dan como resultado el color rojo intenso. El vino será más intenso cuanto más tiempo esté el mosto en contacto con el hollejo.
- **Vinos rosados:** Se producen prensando las mismas uvas que el vino tinto, sin embargo, el tiempo de contacto entre el mosto y el hollejo (maceración) es significativamente menor.
- **Vinos blancos:** Los vinos blancos se obtienen y clasifican mediante el prensado de uvas blancas a negras. El objetivo de la uva negra es evitar que el mosto adquiera color, por lo que es necesario separar rápidamente el mosto y los hollejos (Viveros-Barber, 2013).

2.1.14. Características de los vinos

- **Cuerpo:** la intensidad de color y la densidad en boca del vino.
- **Dulzor:** la sensación de dulzor en boca.
- **Taninos:** las sensaciones de astringencia y rugosidad en boca.
- **Acidez:** la sensación de frescor en boca.
- **Alcohol:** la sensación de calidez en boca (Carreras, 2019).

2.1.15. Métodos de elaboración de vino (fermentación)

- **Fermentación alcohólica:** Es la etapa principal y primera de la fermentación, en la que los azúcares se transforman en alcohol etílico. Aquí es donde se determina el grado alcohólico del vino.

- **Fermentación maloláctica:** Las bacterias lácticas transforman el ácido málico, que tiene un sabor áspero, en ácido láctico, que es más suave y redondo durante este proceso. Muchos vinos tintos y algunos blancos, como el Chardonnay, utilizan este proceso para agregar complejidad y suavidad.
- **Fermentación en barrica:** La fermentación en barrica puede mejorar la estructura y la duración del vino al agregar sabores y aromas como vainilla, tostado o coco.
- **Fermentación carbónica:** Se trata de fermentar las uvas completas sin despalillar ni prensarlas. El resultado son vinos que son muy frutales y fáciles de beber y son perfectos para los jóvenes (Marqués del Atrio, 2023).

2.1.16. Sustratos de la fermentación del vino

Los azúcares del mosto son los principales sustratos de la fermentación del vino. Los azúcares más comunes en las uvas, la fructosa y la glucosa, son los principales sustratos. Durante el proceso de fermentación, las levaduras presentes, principalmente especies de *Saccharomyces*, metabolizan estos azúcares. Además de los azúcares, el mosto de uva contiene aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales y vitaminas, que pueden funcionar como sustratos o afectar la fermentación. Durante la fermentación, el crecimiento y la actividad metabólica de las levaduras dependen de estos nutrientes (Jácome-Pilco et al., 2023).

2.1.17. Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso biológico que ocurre en ausencia total de oxígeno. En este proceso, ciertos microorganismos descomponen los carbohidratos y producen como resultado etanol (un tipo de alcohol), dióxido de carbono en estado gaseoso y moléculas de ATP, que ellos mismos utilizan para llevar a cabo sus funciones vitales mediante un metabolismo celular anaeróbico. El etanol generado se utiliza en la producción de bebidas alcohólicas como la cerveza, el vino, la sidra, el cava, entre otras (Vázquez & Dacosta, 2007).

2.1.17.1. Bioquímica de la reacción.

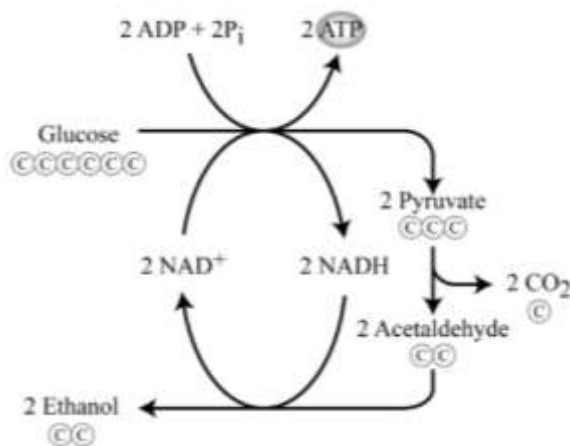
Las moléculas de ATP proporcionan energía en una forma que las células pueden utilizar para procesos celulares como el bombeo de iones dentro o fuera de la célula y la síntesis de las moléculas necesarias. Durante la fermentación alcohólica el azúcar glucosa se descompone en moléculas más pequeñas. En concreto, la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) se descompone en alcohol etanol (C_2H_6O) y dióxido de carbono (CO_2). A medida que se descompone una molécula de glucosa, parte de la energía almacenada en los enlaces químicos de la glucosa se transfiere a la energía almacenada en los enlaces químicos de las moléculas de ATP (Waldron & Doherty, 2023).

El proceso de fermentación alcohólica se resume en estas ecuaciones químicas



Figura 4

Reacciones de la Fermentación Alcohólica



Fuente: (Waldron & Doherty, 2023)

2.1.17.2. *Papel de las levaduras en la fermentación*

Pasteur comprobó que la levadura es un ser vivo capaz de convertir los azúcares en alcohol y dióxido de carbono a través de un proceso metabólico (THE FOOD TECH, 2024). La levadura cumple un papel fundamental en la elaboración de todas las bebidas alcohólicas, y elegir las cepas apropiadas es clave tanto para optimizar la producción de alcohol como para conservar las características sensoriales de las bebidas. Las levaduras generan además una variedad de metabolitos secundarios que influyen significativamente en el sabor de las bebidas, entre ellos alcoholes superiores, ésteres, compuestos carbonílicos y azufrados. Estos compuestos son esenciales para definir el aroma y el sabor final de productos como el vino y la cerveza, así como de bebidas destiladas como el brandy, el ron y el whisky. Por ello, las levaduras son determinantes tanto en el nivel de alcohol como en las características sensoriales de estas bebidas (Walker & Stewart, 2016).

2.1.17.3. *Factores que influyen en la fermentación.*

-  **Temperatura:** La fermentación alcohólica se desarrolla mejor a temperaturas que oscilan entre los 20 y 30 °C. Mantener un control adecuado de la temperatura es fundamental para prevenir la formación de compuestos indeseables y garantizar una fermentación eficaz (Reinoso, 2024)
-  **pH:** Durante la maceración, el pH ideal para la fase de reposo proteico se encuentra entre 5,2 y 5,4, mientras que el pH óptimo para la propia maceración está entre 5,5 y 5,6, lo que asegura una actividad enzimática eficaz (Micet, 2021).
-  **Concentración de azúcar:** La concentración de azúcar presente en el mosto o jugo tiene un impacto directo en la cantidad de alcohol que se genera. No obstante, un nivel excesivo de azúcar puede llegar a dificultar o frenar la actividad de la levadura (THE FOOD TECH, 2024).
-  **Nutrientes:** Las levaduras necesitan nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, vitaminas y minerales para crecer adecuadamente y mantener un metabolismo eficiente. La falta de estos elementos puede provocar una fermentación deficiente o incompleta (Reinoso, 2024).

- ✚ **Oxigenación:** Es fundamental asegurar una buena oxigenación del mosto antes de incorporar la levadura, ya que esto favorece su desarrollo y multiplicación. Una cantidad insuficiente de oxígeno puede provocar estrés en las levaduras, generando sabores indeseados, mientras que un exceso de oxígeno podría oxidar el mosto y comprometer su calidad (Coscarón, 2024).
- ✚ **Concentración de Etanol:** El nivel inicial de azúcares en el mosto define el potencial de contenido alcohólico del vino. Sin embargo, cuando la concentración de etanol es elevada, puede afectar negativamente la actividad de las levaduras, por lo que resulta esencial vigilar y ajustar adecuadamente las condiciones del proceso fermentativo (Reinoso, 2024).
- ✚ **Tiempo:** La duración del proceso de fermentación es igualmente fundamental. Si el tiempo es demasiado breve, el producto puede quedar sin desarrollar completamente, mientras que una fermentación excesivamente prolongada puede dar lugar a la aparición de sabores no deseados (THE FOOD TECH, 2024).

2.1.18. Levaduras en la fermentación alcohólica

Las levaduras desempeñan un papel fundamental en la fermentación, ya que sin ellas no se produciría la transformación de azúcares en alcohol. Además, contribuyen al perfil aromático del vino mediante la generación de compuestos como los ésteres. Las especies vínicas más utilizadas pertenecen al género *Saccharomyces cerevisiae*, el cual es especialmente apto para la elaboración de vino gracias a su resistencia a concentraciones elevadas de alcohol y su tolerancia al dióxido de azufre (Broggi, 2023).

2.1.18.1. Tipos de levaduras utilizadas en la producción de bebidas alcohólicas

Saccharomyces cerevisiae: La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es un microorganismo unicelular utilizado en la fermentación alcohólica por su capacidad de transformar azúcares en etanol y dióxido de carbono. Es común en la producción de vino, cerveza y sidra debido a su alta tolerancia al alcohol, rápido crecimiento y contribución al aroma del producto final. Tiene forma redondeada u ovalada (5-10 μm) y se reproduce principalmente por gemación. Su ciclo de vida incluye fases haploide y diploide, y puede crecer tanto en condiciones aerobias como anaerobias (Arumí Rovira, 2019).

Saccharomyces pastorianus: Es una especie híbrida que resultó del cruce entre la levadura de fermentación alta *Saccharomyces cerevisiae* y la *Saccharomyces eubayanus*, resistente al frío, a principios del siglo XVII. Es una levadura cervecera de fermentación baja altamente eficiente, y su presencia en cervecerías tecnológicamente avanzadas, dispuestas a compartir conocimientos y cepas de levadura, probablemente contribuyó a su predominio. Además, es notable que *S. pastorianus*, tanto del Grupo 1 como del Grupo 2, se haya mantenido en las mezclas de levaduras utilizadas en Baviera durante siglos, lo que indica que su actividad conjunta fue clave para la creación de las preciadas cervezas lager (Hutzler et al., 2023).

Brettanomyces (o Dekkera): Es una levadura identificada por primera vez en 1905 por Claussen en muestras de cerveza, quien la nombró así combinando "brettano", en referencia a Bretaña, y "myces", derivado del griego myketes (hongo). Posteriormente, en 1921, se detectó su presencia en la fermentación de mostos de uva, y más adelante, en vinos, siendo documentada por Custers en 1940 y por Peynaud y Domercq en 1956. Esta levadura, perteneciente a la familia *Saccharomycetaceae*, al igual que *Saccharomyces*, se encuentra principalmente en vinos en forma de la especie *Brettanomyces bruxellensis* (Palacios, 2020).

Se caracteriza por su mayor resistencia a niveles elevados de alcohol en comparación con *Saccharomyces*, aunque presenta una mayor sensibilidad a los tratamientos con anhídrido sulfuroso, un antiséptico comúnmente utilizado en la elaboración del vino (Cortés, 2023).

Torulaspora: Es un género de levaduras con capacidad fermentativa que suele hallarse en ambientes naturales, donde puede convivir con otras especies fermentativas como *Saccharomyces*, *Lachancea* y *Zygosaccharomyces*. Entre las levaduras no pertenecientes al género *Saccharomyces*, *Torulaspora delbrueckii* es considerada la más similar a *S. cerevisiae* en cuanto a su comportamiento fermentativo, lo que ha motivado su propuesta para aplicaciones industriales en la fermentación del vino. No obstante, presenta ciertas limitaciones, como una menor velocidad de fermentación y una tasa de crecimiento inferior en condiciones típicas de vinificación, lo que facilita que cepas silvestres o inoculadas de *S. cerevisiae* la reemplacen con facilidad (Velázquez et al., 2020).

Lachancea: Es una levadura considerada parte de las especies minoritarias dentro del microbiota natural presente en la uva y el mosto. Aunque puede iniciar la fermentación alcohólica, no posee la capacidad de completarla en condiciones enológicas convencionales, ya que su tolerancia al alcohol alcanza aproximadamente el 9 % v/v. De manera interesante, esta levadura puede transformar los azúcares del mosto en ácido L-láctico mediante la acción de la enzima lactato deshidrogenasa. La cantidad de L-lactato generada varía según la cepa, el ambiente y las condiciones de cultivo, aunque generalmente se encuentra en torno a un gramo por litro. Esta propiedad influye en el pH del medio, provocando una disminución de varias décimas y, en consecuencia, un incremento en la acidez total. Al transformar parte de los azúcares en ácido láctico, esta especie muestra un menor rendimiento en la conversión de azúcar a etanol en comparación con otras levaduras utilizadas en enología (Enolife, 2022)

2.1.18.2. *Influencia de diferentes cepas de levaduras en el perfil sensorial de la bebida.*

En el pasado, las especies de levaduras no pertenecientes al género *Saccharomyces* eran consideradas ineficaces para la fermentación, debido a su baja capacidad fermentativa, su escasa tolerancia a aditivos enológicos como el anhídrido sulfuroso y a la generación de ácido acético. Frecuentemente, su participación en los procesos fermentativos se asociaba con un aumento en la acidez volátil, producción de acetato de etilo, la aparición de sabores desagradables y el deterioro del vino.

No obstante, en los últimos años, diversos estudios científicos han llevado a que investigadores y enólogos reconsideren el papel de las levaduras *no-Saccharomyces*, destacando su contribución en la mejora del proceso de vinificación y en la calidad sensorial del vino, especialmente cuando actúan en conjunto con *Saccharomyces cerevisiae*. De hecho, investigaciones recientes han demostrado que el uso exclusivo de *S. cerevisiae* puede dar lugar a vinos con perfiles aromáticos más simples, en comparación con los vinos obtenidos mediante fermentaciones espontáneas llevadas a cabo por una comunidad diversa de levaduras.

Estas levaduras no convencionales presentan características enológicas distintas a las de *S. cerevisiae*, las cuales pueden aprovecharse para enfrentar desafíos técnicos específicos, como la disminución de la acidez volátil o el uso de estrategias biológicas para prevenir contaminaciones. Además, desempeñan un papel relevante en la liberación de compuestos aromáticos volátiles a partir de precursores inodoros, lo que contribuye a enriquecer el perfil sensorial del vino.

El empleo combinado de especies *no-Saccharomyces* con *S. cerevisiae* en cultivos iniciadores mixtos se ha propuesto como una estrategia para imitar fermentaciones espontáneas, aumentar la complejidad aromática y evitar bloqueos fermentativos. Numerosos trabajos han evidenciado que ciertas cepas *no-Saccharomyces* ofrecen excelentes resultados fermentativos, mostrando efectos positivos en la prevención del deterioro y en la intensificación del aroma y complejidad del vino.

El perfil aromático final del vino es el resultado de la interacción entre los compuestos volátiles de la uva (aroma varietal o primario), los generados por el metabolismo de las levaduras y bacterias (aroma fermentativo o secundario), y los obtenidos mediante técnicas de vinificación posteriores, como el envejecimiento (aroma terciario). Los compuestos responsables del aroma primario se sintetizan principalmente en la piel de la uva (exocarpio) y su concentración en el vino está determinada mayormente por la variedad de vid, así como por el grado de maduración y las prácticas vitivinícolas aplicadas, como lo han evidenciado estudios realizados en distintas variedades francesas, italianas y españolas (Grieco, 2025).

2.1.19. Control de la fermentación

2.1.19.1. Monitoreo y control de parámetros durante la fermentación

El monitoreo constante de parámetros clave como la densidad, el pH y la temperatura resulta crucial para mantener un proceso de fermentación estable y saludable. Estos factores influyen directamente en la actividad de los microorganismos involucrados, como levaduras y bacterias, que requieren condiciones específicas para desarrollarse adecuadamente y transformar los azúcares en productos como alcohol, ácidos orgánicos o gases. La densidad permite estimar la concentración de azúcares presentes en el medio, mientras que el pH indica el grado de acidez, que puede afectar tanto la velocidad de fermentación como la seguridad microbiológica.

La temperatura, por su parte, regula la velocidad de reacción y la viabilidad de los microorganismos. Para llevar a cabo estas mediciones de forma precisa, se emplean herramientas especializadas como el densímetro, que mide la densidad relativa de líquidos, y el refractómetro, que estima el contenido de sólidos solubles, especialmente azúcares. Estas herramientas permiten tomar decisiones informadas durante todo el proceso, realizar ajustes si es necesario y garantizar la calidad del producto final (Reinoso, 2024).

2.1.19.2. Técnicas para detener la fermentación

Una manera sencilla de interrumpir la fermentación consiste en agregar sulfito y enfriar el vino hasta temperaturas cercanas a su punto de congelación (alrededor de -6 °C para un vino con 13 % de alcohol por volumen), manteniéndolo así durante un periodo prolongado. Es común encontrar información incorrecta que sugiere que basta con añadir sulfito para detener el proceso fermentativo. No obstante, la dosis de sulfito necesaria varía según la cantidad de levaduras activas presentes, y en la mayoría de los casos, aplicar dicha cantidad a temperatura ambiente podría perjudicar la calidad del vino. Por eso, es fundamental enfriar el vino después de añadir el sulfito (Raspuzzi, 2020).

Otra opción para detener la fermentación es mediante la fortificación, especialmente en la elaboración de vinos o aperitivos al estilo Oporto. Este método consiste en aumentar el contenido de alcohol a niveles que las levaduras no pueden resistir (generalmente entre un 16 % y un 18 %, dependiendo de la cepa). Al incorporar un aguardiente que eleve el grado alcohólico por encima de este umbral, se logra interrumpir la fermentación de forma rápida y efectiva (Mezcal y Agave, 2019).

2.1.20. Clarificación y Estabilización

En la elaboración del vino, las etapas de clarificación y estabilización se realizan antes del embotellado con el objetivo de eliminar compuestos insolubles que podrían comprometer su transparencia, sabor y estabilidad tanto química como microbiológica. Se considera que un vino es límpido cuando no contiene partículas visibles en suspensión, y estable cuando está libre de microorganismos y levaduras no deseadas que podrían modificar negativamente su perfil organoléptico (Morais, 2017).

Clarificación del vino: Este procedimiento tiene como finalidad asegurar la limpidez del vino mediante la eliminación de materiales en suspensión que puedan provocar un aspecto turbio u opaco. Una vez finalizada la fermentación, el vino comienza a clarificarse de forma natural por acción de la gravedad, lo que permite que los restos de levaduras y partículas de uva — conocidos como lías— se asienten en el fondo del recipiente de almacenamiento. Luego, el vino es transferido cuidadosamente a otro contenedor, dejando atrás las lías sedimentadas (Morais, 2017).

Estabilización del vino: El vino es una combinación química compleja que contiene diversos microorganismos activos capaces de responder a cambios en su entorno, lo que puede generar inestabilidad. Entre las principales causas de esta inestabilidad se encuentran los azúcares residuales, las levaduras vivas que pueden originar una refermentación, las bacterias responsables de alterar el vino y la presencia de ácido tartárico, que puede formar cristales de tartrato.

Estos inconvenientes suelen prevenirse mediante prácticas adecuadas de elaboración, como asegurar la completa finalización de las fermentaciones alcohólica y maloláctica, mantener una higiene rigurosa y aplicar trasiegos y técnicas de clarificación que eliminen microorganismos no deseados y residuos sólidos.

Algunas de las estrategias más utilizadas para estabilizar el vino incluyen la incorporación de dióxido de azufre, la adición de alcohol y procesos de estabilización térmica, ya sea por calor o por frío (Morais, 2017).

2.1.21. Pectinasa y clarificación

2.1.21.1. Papel de las pectinasas en la turbidez de las bebidas fermentadas.

Las pectinasas son esenciales en la eliminación de la turbidez de las bebidas fermentadas, ya que descomponen la pectina, un componente presente en las paredes celulares vegetales que genera turbidez y viscosidad. Al degradar la pectina, las pectinasas facilitan la clarificación de las bebidas fermentadas, mejorando su claridad y estabilidad (Garg et al., 2016). Las pectinasas desempeñan un papel esencial en la elaboración de bebidas fermentadas, ya que contribuyen a disminuir la turbidez, facilitar la clarificación y optimizar tanto la estabilidad como la eficiencia del proceso productivo.

2.1.21.2. Mecanismo de acción de las pectinasas y su influencia en la clarificación

Mecanismo de acción de las pectinasas

Las pectinasas son un conjunto de enzimas que se encargan de degradar las pectinas, transformándolas en compuestos más simples. Dentro de este grupo, destacan varias enzimas principales, entre las cuales se incluyen:

- **Poligalacturonasas (PGs):** Catalizan la ruptura de los enlaces α -1,4 entre los monómeros de ácido galacturónico en la cadena del ácido poligalacturónico, lo que contribuye a una menor viscosidad del jugo (Wang et al., 2023).
- **Pectina liasas (PLs):** Descomponen las cadenas de pectina a través de una reacción de eliminación β , originando compuestos no reductores y ayudando a disminuir la turbidez.
- **Pectina metilesterasas (PMEs):** Remueven los grupos metilo presentes en las pectinas, lo que favorece la acción de otras enzimas pectinolíticas y aumenta la eficacia del proceso de clarificación.

Estas enzimas trabajan de manera complementaria para degradar las pectinas, permitiendo la liberación del agua contenida y reduciendo tanto la viscosidad como la turbidez del jugo (Xiao Wei et al., 2023).

Influencia en la clarificación

El propósito principal de los clarificantes es disminuir la cantidad de sólidos en suspensión; sin embargo, también pueden contribuir a la reducción de fenoles oxidables, lo que disminuye la vulnerabilidad del mosto frente a procesos de oxidación. Actualmente, existe una amplia gama de agentes clarificantes en el mercado, muchos de los cuales han sido desarrollados recientemente para atender requerimientos alimentarios específicos (Ugliano et al., 2022)

2.1.22. Otros métodos de clarificación

2.1.22.1. Clarificación por frío

La técnica denominada "cold crashing" consiste en reducir la temperatura de la cerveza a un rango de 1°C a 3°C (34°F a 38°F) durante varios días antes de su embotellado, generalmente por más de una semana. Este proceso provoca que algunas proteínas y partículas suspendidas en la cerveza se agrupen y se depositen en el fondo del recipiente.

Este procedimiento se emplea principalmente en cervezas tipo lager, y también se conoce como "lagering".

Algunas personas complementan esta técnica utilizando gelatina sin sabor, la cual contribuye a la agrupación y posterior sedimentación de partículas en la cerveza. Además, el uso de musgo de Irlanda (*Irish moss*) también favorece el asentamiento de proteínas durante el proceso.

Una vez finalizado el acondicionamiento en frío, la cerveza debe ser transferida al barril (keg) para eliminar la levadura envejecida y así evitar su autólisis. Es fundamental manipular el fermentador con cuidado durante la transferencia, ya que cualquier movimiento brusco podría reincorporar los sedimentos al líquido. En caso de realizar la carbonatación de forma natural, se recomienda esperar entre 3 y 4 semanas para que se genere el gas en las botellas, ya que la levadura necesita tiempo para reactivarse y producir dióxido de carbono (Cuellar, 2015).

2.1.22.2. Clarificación por filtración

Es un procedimiento que permite eliminar los residuos sólidos del vino haciéndolo atravesar un filtro que retiene estas impurezas. El proceso de filtrado suele realizarse en tres etapas: una inicial, más intensa, otra enfocada en refinar la textura, y una final con el objetivo de esterilizar el vino antes de su embotellado (Javier, 2022). Esta operación busca obtener un vino limpio y brillante sin afectar su sabor. Existen principalmente dos métodos de filtración: la filtración por placas, que es la más común y considerada la menos invasiva, y la filtración por membranas (VinoConsejo, 2018).

2.1.22.3. Clarificación por aditivos

Es un proceso que consiste en añadir una sustancia proteica específica que, al entrar en contacto con los taninos del vino, se coagula y atrapa las impurezas suspendidas. Aunque comúnmente se utiliza clara de huevo para este fin, también pueden emplearse otros compuestos.

La incorporación de este tipo de agente facilita la clarificación del vino y evita la aparición de sedimentos en el fondo de la botella. Una vez que el agente clarificante ha arrastrado las partículas hasta el fondo del recipiente, el vino simplemente debe ser filtrado (Berne, 2021).

2.2. Marco referencial

De acuerdo con (Calero-Leiva & Moreno-Lazo, 2016), el exudado de cacao, subproducto del proceso de fermentación del cacao, puede ser aprovechado para la producción de vino y alcohol. Este estudio señala que el exudado de cacao contiene características físicas y químicas adecuadas para su fermentación, proceso clave para la elaboración de bebidas alcohólicas. Se especifica que el proceso de producción de vino y alcohol a partir de este exudado incluye etapas de pasteurización, control de pH y grados Brix, y pruebas de laboratorio para evaluar el rendimiento y la calidad del producto final. La pasteurización del exudado es crucial, ya que ayuda a eliminar posibles contaminantes y estabiliza el mosto para la fermentación. Este enfoque no solo proporciona una solución ambiental al problema de los residuos del cacao, sino que también representa una oportunidad económica para los productores locales, al generar productos con valor añadido a partir de desechos agrícolas.

Según (Taleno-Flores & Morales-González, 2014), el exudado de cacao, al igual que otros subproductos del cacao, presenta un gran potencial para la elaboración de productos innovadores como el vino de cacao. De manera similar, sostienen que el proceso de fermentación del exudado de cacao es fundamental para la producción de vino, donde se aprovechan las características físicas y químicas del exudado para obtener un producto final de calidad. El origen de este fenómeno de fermentación se atribuye a la presencia de microorganismos naturales en el exudado, que actúan sobre los azúcares presentes, transformándolos en alcohol y otros compuestos que confieren al vino sus propiedades organolépticas únicas. Este proceso, cuidadosamente controlado en términos de pH y grados Brix, genera un producto con un aroma y sabor distintivos, altamente apreciado por los consumidores.

Según (Loja Rivera & Velasco Patiño, 2023), la fermentación alcohólica, al igual que en otros procesos de producción de bebidas alcohólicas, es fundamental para transformar los azúcares presentes en la pulpa o mucílago de frutas en alcohol y dióxido de carbono. De manera similar, sostienen que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* desempeña un papel crucial en este proceso, al fermentar en ausencia de oxígeno. El origen de esta fermentación se atribuye a la glucólisis, donde la glucosa se convierte en ácido pirúvico, seguido de la transformación del ácido pirúvico en acetaldehído y, finalmente, en etanol mediante la acción de enzimas específicas. Este proceso bioquímico no solo produce el alcohol, sino también el dióxido de carbono, que es esencial para la calidad y características del vino resultante. Variables como el tiempo de fermentación, la concentración de azúcar, la presencia de oxígeno y el contenido de dióxido de carbono son críticos y deben ser controlados cuidadosamente para asegurar un producto final de alta calidad.

(Chóez-Bravo, 2018), las levaduras presentes en la piel, baba u hollejo del cacao son responsables de transformar el azúcar en alcohol durante la fermentación alcohólica, etapa crucial en la elaboración de vinos. El proceso de elaboración del "Vino de Cacao" se detalla desde la extracción del mucílago hasta el envasado, incluyendo la cosecha del cacao en Chone, la determinación de acidez y sólidos solubles, la fermentación a 34 °C, la filtración del extracto, el envasado en botellas de vidrio y el etiquetado manual. Además, se destaca la importancia de almacenar el vino a 32 °C para mantener sus propiedades. Los anexos incluyen encuestas del panel sensorial, normativas técnicas (INEN), etiquetas nutricionales y la presentación del producto final, proporcionando una visión completa del proceso de producción y comercialización del vino de cacao.

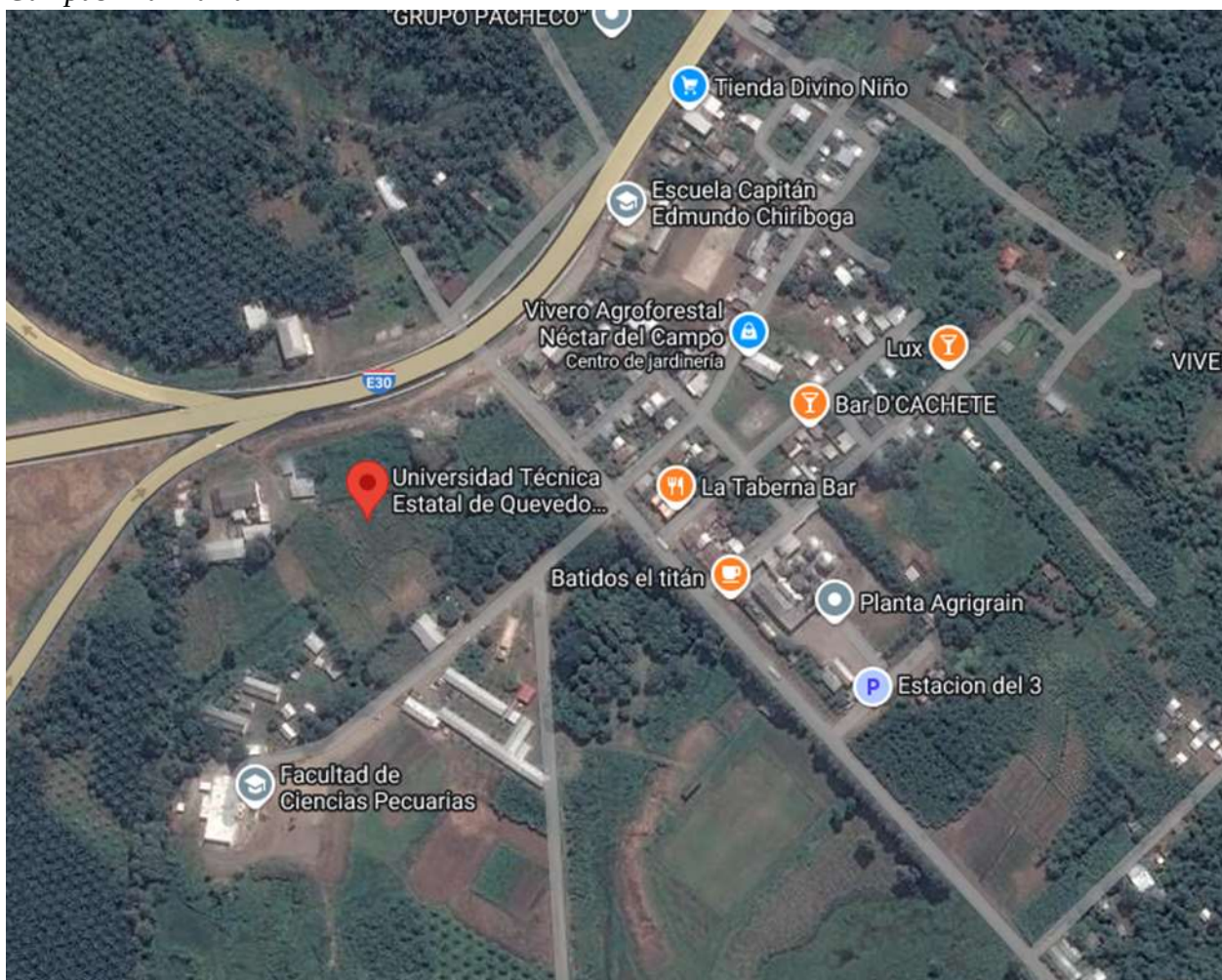
CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus “La María”, ubicada en el kilómetro 7 1/2 de la vía Quevedo – El Empalme, del cantón Mocache, provincia de Los Ríos, con una ubicación geográfica de $-1,08405^{\circ}$ o $1^{\circ} 5' 3''$ de latitud sur Tipos de Investigación

Figura 5

Campus "La María"



Obtenido por: Google maps

3.2. Tipos de investigación

3.2.1. Investigación experimental

En esta investigación se realizó la fase experimental y se estableció los parámetros óptimos de la bebida, como el efecto de tres tipos de levaduras, y el porcentaje adecuado de pectinasa en la clarificación del vino, además se controló otras variables que podrían afectar el resultado.

3.2.2. Investigación descriptiva

En este tipo de investigación se describieron las propiedades y características del mucílago, lo que permitió definir los objetivos de investigación y establecer la idea central del proyecto de investigación. Este estudio fue clave para caracterizar la materia prima, documentando sus propiedades y comportamiento en diversas condiciones. Los resultados proporcionaron una base de datos útil para mejorar procesos de producción, asegurar la calidad del producto y promover su uso en la industria de bebidas alcohólicas.

3.2.3. Investigación bibliográfica

Para el desarrollo de este proyecto fue importante utilizar este tipo de investigación, ya que nos ayudó a obtener información, a través de recopilación e información de fuentes bibliográficas obtenidas de libros, tesis de pregrados y posgrados, artículos científicos, revistas científicas, sitios web, entre otros.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método inductivo-deductivo

Se utilizó este método para identificar el problema del aprovechamiento del mucílago de cacao, lo que permitió explorar soluciones como la obtención de una bebida alcohólica fermentada (tipo vino) a partir de mucílago de cacao CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante y determinar la tecnología más adecuada para agregarle valor.

3.3.2. Método estadístico

Se utilizó un software estadístico (STATGRAPHICS) donde se cuantificó, ordenó y se analizó los datos obtenidos, lo que facilitó la interpretación de los resultados y la visualización de las diferencias entre los tratamientos.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. Fuentes primarias

- Investigaciones de laboratorio

3.4.2. Fuentes secundarias

- Artículos científicos
- Tesis
- Libros
- Informes
- Página web
- Revistas

3.5. Instrumentos de investigación

3.5.1. Variables estudiadas

- Cenizas: Método de ensayo (NTE INEN 348, 1978)
- Acidez: Determinar mediante titulación. Método de ensayo (NTE INEN 341, 1978)
- pH: Medir utilizando un phmetro
- Tiempo de fermentación
- °Brix
- vol%: Método de ensayo de (NTE INEN 360, 2013)
- Absorbancia
- Densidad
- Microbiológicos

3.5.2. Descripción del proceso de la elaboración de vino de mucílago de cacao CCN-51

Recepción: Las semillas del cacao CCN-51 fueron recolectadas en el recinto San Vicente de Puembo, parroquia El Tingo-La Esperanza, del cantón Pujilí, para que la materia prima sea apta para la obtención del vino, el cacao debe cumplir con las siguientes características: color amarillo rojizo, no presentar golpes ni plagas.

Una vez obtenida la materia prima se procedió a trasladar hasta la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus “La María”, ubicando las mazorcas de una manera adecuada con el fin de evitar daños mecánicos en el fruto.

Pesado: Una vez que la materia prima llegó hasta los establecimientos de la universidad, se procedió a pesar mediante una balanza.

Selección y lavado: Se realizó la selección de las mazorcas que cumplan con los parámetros descritos anteriormente, posteriormente se procedió a lavar las mazorcas con jabón líquido neutro y abundante agua.

Corte: Se realizó dos tipos de corte a las mazorcas de cacao: transversal y longitudinal, de esa manera se evitó cualquier tipo de contaminación.

Extracción: Se colocó las semillas del cacao CCN-51 en un lienzo y se hizo presión para extraer el mucílago, la extracción se realizó en un recipiente de acero inoxidable, posteriormente se filtró el líquido para eliminar partículas. Una vez filtrado, se recogió una cantidad de mucílago para realizar la medición de lo sólidos solubles (°Brix).

Pasteurización: Se pasteurizó el mucílago en una olla de acero inoxidable, a una temperatura de 75 °C por 15 minutos, para detener la acción enzimática con el fin de prevenir el pardeamiento y eliminar los microorganismos patógenos.

Enfriamiento: Con baño de hielo se redujo la temperatura de 75 °C a 30 °C por 30 minutos.

Fermentación alcohólica: Se llevó a cabo en galones de 4 L previamente esterilizados, con los tres tipos levaduras, el cual se almacenó en un cuarto oscuro a temperatura ambiente por 15 días.

Filtración: Una vez culminado el proceso de fermentación alcohólica, el vino fue sometido a un proceso de clarificación física, utilizando un lienzo fino y un cedazo como medios de separación. Esta etapa tuvo como finalidad la remoción de sólidos en suspensión, residuos y otras impurezas presentes en el medio, contribuyendo a mejorar la limpidez y estabilidad del producto final.

Clarificación: Para favorecer la clarificación se elevó la temperatura del producto a 30 °C, y se adicionó distintos porcentajes de pectinasa al vino según los tratamientos experimentales establecidos. Posteriormente, la mezcla fue dejada en reposo durante un período de 15 días, permitiendo así la acción de la enzima sobre los compuestos pécticos presentes, facilitando la agregación y sedimentación de partículas coloidales y sólidos en suspensión.

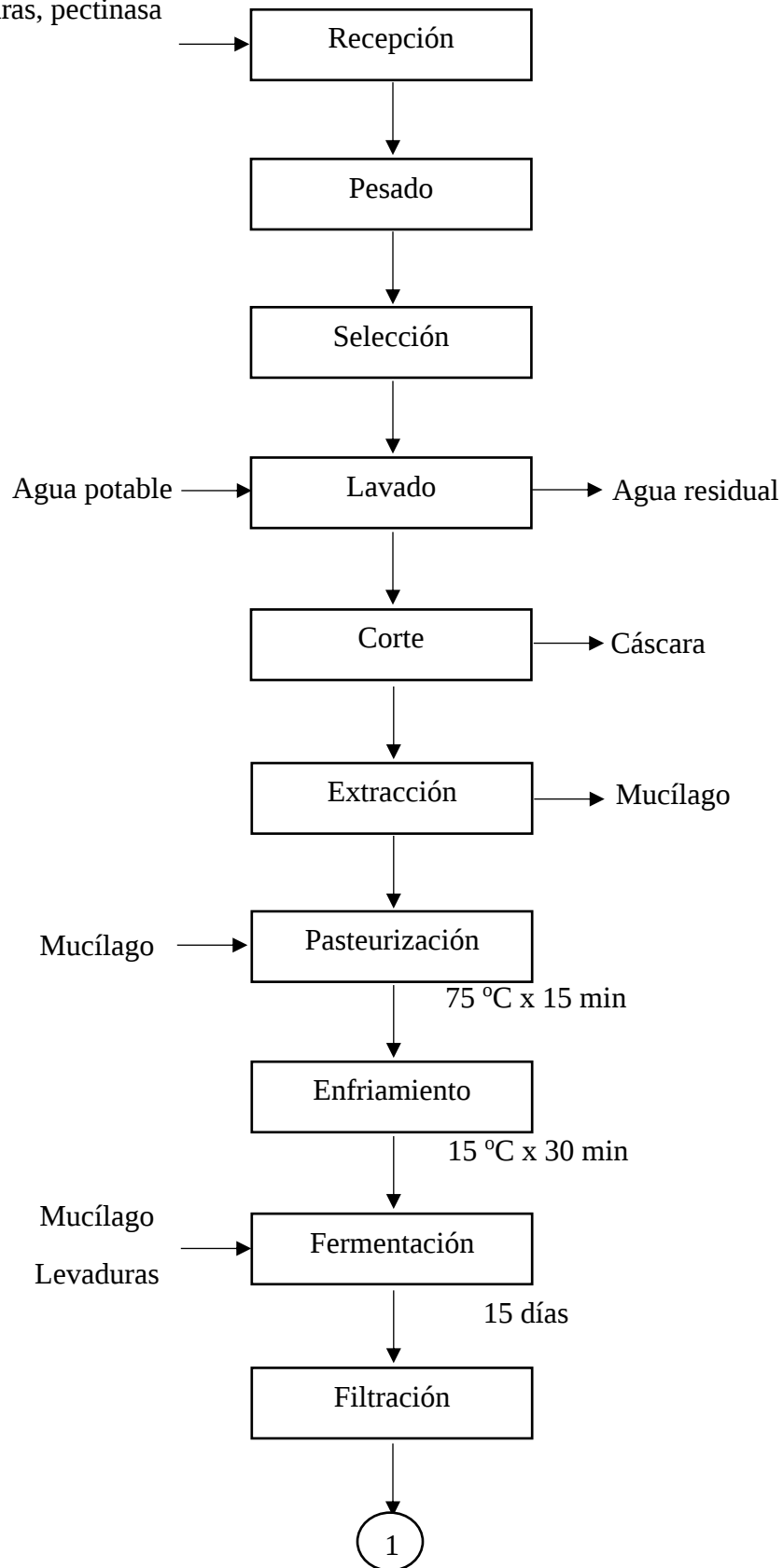
Envasado: El envasado se realizó en botella de vidrio de termo resistentes de 750 ml, previamente esterilizadas.

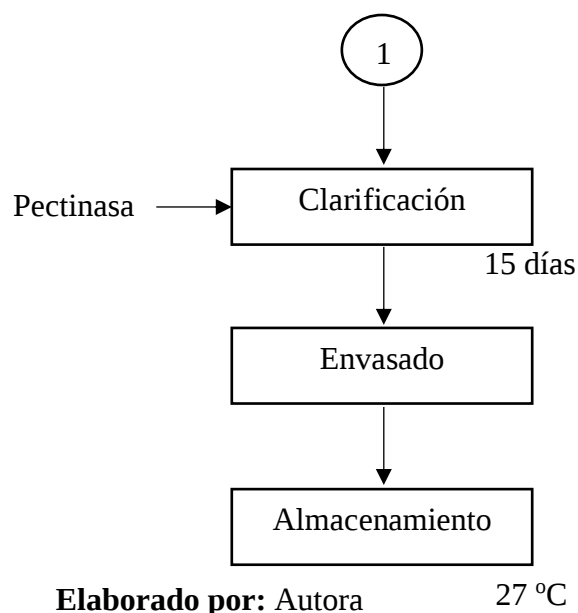
Almacenamiento: Las botellas de vino se almacenaron en un cuarto oscuro con temperatura ambiente de 27 °C, evitando la exposición a la luz.

3.5.3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de vino de mucílago de cacao CCN-

51

Cacao, levaduras, pectinasa





3.5.4. Descripción de los análisis bromatológicos del mucílago y vino de cacao

3.5.4.1.pH.

Procedimiento

En una probeta se midió 10 ml de las muestras tanto del mucílago como del vino, posteriormente las muestras se colocaron en vasos de precipitación, Se introdujo el electrodo en las soluciones, se esperó hasta que aparezca la letra S a lado de la letra A. Y se registró la lectura que aparece en la pantalla.

3.5.4.2.Acidez.

Procedimiento

- 1.- Se procedió a medir en una probeta 10 ml de las muestras de mucílago y vino de cacao, se colocaron en los matraces de Erlenmeyer de 100 ml.
- 2.- Se agregó los 40 ml de agua destilada a las muestras, se colocó en un matraz Erlenmeyer de 100 ml, y se agregó 5 gotas de fenolftaleína y se agitó suavemente.
- 3.- Por medio de una bureta de vidrio de 25 ml con graduación de 0.05 se adicionó la solución de hidróxido de sodio (NaOH) poco a poco hasta llegar al volumen inicial cero.

4.- Finalmente, se colocó el matraz con las muestras preparadas en la base de la bureta y se abrió lentamente la llave de paso que contiene la solución NaOH dejando caer en gotas, y agitando suavemente hasta obtener un color rosado y anotando el volumen de la solución final de NaOH gastado.

5.- Mediante los datos obtenidos se obtuvo la acidez con la siguiente fórmula:

$$\%Acidez = \frac{V[Mx] \times C[Mx] \times f[\text{ácido cítrico}] \times 100}{\text{masa de muestra (g)}}$$

Ecuación 1

Fórmula Para la Determinación de Acidez Total

Donde:

$V[Mx]$ = Volumen de gasto de la solución de NaOH estandarizada

$C[Mx]$ = Concentración de la solución de NaOH estandarizada

$f[\text{Ácido cítrico}]$

= Factor de conversión de equivalencia de 1 ml de NaOH 0,1 M a Ácido cítrico (0,064)

3.5.4.3.Cenizas.

Procedimiento

1.- Se lavaron cuidadosamente y secaron los crisoles de porcelana en la estufa ajustada a 100 °C durante 40 minutos. Luego se dejó enfriar en el desecador y pesó el crisol vacío.

2.- Sobre el crisol se pesó 25 g de las muestras de mucílago y vino de cacao por duplicado.

3.- Posteriormente se llevaron las muestras a baño maría por 8 horas para evaporarla. Después de las 8 horas se retiró del baño maría y se llevó a la estufa por a 60 °C por 16 horas para retirar la humedad.

4.- Luego, las muestras se retiraron de la estufa y se llevó a la mufla para su calcinación por 3 horas. Una vez transcurrido las 3 horas se apagó la mufla y se dejó por 20 min un poco abierta la puerta para que se enfríe. Una vez transcurrido los 20 min, se retiraron las muestras de la mufla y se procedió a colocar en el desecador por 15 min para que se enfríe.

5.- Una vez que las muestra estuvieron frías se procedió a pesar los crisoles con las muestras calcinadas.

$$\% C = \frac{W_2 - W_1}{W_0}$$

Ecuación 2

Fórmula Para la Determinación de Cenizas

Donde:

W_0 = Peso de la Muestra (g)

W_1 = Peso del crisol vacío.

W_2 = Peso del crisol más la muestra calcinada.

3.5.4.4.Humedad.

Procedimiento

1.- Los crisoles para las muestras fueron lavados y ubicados en la estufa ajustada a 100 °C durante 40 minutos. Luego se dejó enfriar a temperatura ambiente en el desecador y pesaron los crisoles más la muestra antes del secado. Sobre el crisol se pesó 20 g a las muestras por duplicado.

2.- Posteriormente se llevó las muestras a baño maría por 5 horas para evaporarla. Después de las 8 horas se retiró del baño maría y se llevó a la estufa por a 60 °C por 16 horas para retirar la humedad.

3.- Luego, las muestras se retiraron de la estufa y se dejó enfriar a temperatura ambiente en el desecador durante 20 min, una vez que las muestras se hayan enfriado se procedió a pesar el crisol más la muestra después del secado

$$\% H = \frac{W_2 - W_1}{W_0}$$

Ecuación 3

Fórmula Para la Determinación de Humedad

Donde:

W_0 = Peso de la Muestra (gr.)

W_1 = Peso del crisol más la muestra después del secado.

W_2 = Peso del crisol más la muestra antes del secado

CALCULO DE MATERIA SECA % MS (Materia Seca) = 100 – Humedad

3.5.4.5.Densidad por el método picnométrico.

Procedimiento

- 1.- Se determinó el peso del picnómetro vacío junto con su tapón en la balanza analítica, teniendo en cuenta de que tanto el picnómetro con el platillo de la balanza se encuentre totalmente secos y limpios.
- 2.- El picnómetro se llenó completamente con agua destilada y se colocó su tapón, luego de colocar el tapón se secó completamente el picnómetro y se procedió a pesar con el agua destilada.
- 3.- Se llenó el picnómetro con la muestra líquida y se colocó su tapón, luego se procedió a secar las paredes del recipiente y finalmente se pesó el picnómetro lleno con la muestra.

$$DENSIDAD: \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1}$$

Ecuación 4

Fórmula Para la Determinación de Densidad con el Método Picnométrico

Donde:

M_1 : Peso del picnómetro vacío

M_2 : Peso del picnómetro con agua

M_3 : Peso del picnómetro con la muestra

3.5.4.6. Brix.

Procedimiento

Se colocó el refractómetro en un lugar iluminado. Con la ayuda de una pipeta, se agregó la muestra sobre el prisma del refractómetro. Seguidamente se cubrió el prisma con la tapa con cuidado. Finalmente se observó los grados brix y se anotó la lectura indicada.

3.6. Diseño de la investigación

En la presente investigación se planteó un diseño experimental bifactorial (AxB) con 3 repeticiones por cada tratamiento, dando así un total de 18 unidades experimentales. Se evaluó mediante la prueba de significancia Tukey ($P > 0.05$) en el software estadístico STATGRAPHICS 19 Centurion versión 19.6.05. El diseño consta con dos factores, Factor A (Tipos de levaduras), Factor B (Porcentajes de pectinasa).

3.6.1. Factores de estudio

En la tabla 5 se detallan los factores de estudio AxB que intervienen para la evaluación.

Tabla 5

Esquema de los Factores de Estudio AxB

Factores de estudio	Simbología	Descripción
Factor A: Tipos de levaduras	a ₀	Levadura de pan
	a ₁	Mosto de caña
	a ₂	Levadura de vino
Factor B: Porcentaje de pectinasa	b ₀	0,2 %
	b ₁	0,4 %

Elaborado por: Autora

En la tabla 6 se muestran los tratamientos para el estudio

Tabla 6

Tratamientos para la Evaluación con sus Respectivas Combinaciones

Tratamiento	Simbología	Descripción
T1	a_0b_0	Levadura de pan + 0,2 %
T2	a_0b_1	Levadura de pan + 0,4 %
T3	a_1b_0	Mosto de caña + 0,2 %
T4	a_1b_1	Mosto de caña + 0,4 %
T5	a_2b_0	Levadura de vino + 0,2 %
T6	a_2b_1	Levadura de vino + 0,4 %

Elaborado por: Autora

En la tabla 7, se presenta el esquema del ANOVA del diseño experimental.

Tabla 7

Esquema del Análisis de Varianza (AxB) para las Variables en Estudios

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Razón de varianza
FA	SC_A	$a-1$ $3 - 1 = 2$	CM_A / GL	CM_A / CM_E
FB	SC_B	$b-1$ $2 - 1 = 1$	CM_B / GL	CM_B / CM_E
I (AxB)	SC_{AB}	$(a - 1) (b - 1)$ $(3 - 1) (2 - 1) = 2$	CM_{AB} / GL	CM_{AB} / CM_E
Réplicas	SC_R	$r - 1$ $3 - 1 = 2$	CM_R / GL	CM_R / CM_E
Error	SC_E	$(ab-1) (r - 1)$ $(6 - 1) (3 - 1) = 10$	CM_E / GL	
TOTAL	SC_T	$abr - 1$ $18 - 1 = 17$		

Elaborado por: Autora

3.7. Tratamiento de los datos

Tabla 8

Interacciones de Factores y Niveles

Tratamiento	Simbología	Descripción
T1	a_0b_0	Levadura de pan + 0,2 %
T2	a_0b_1	Levadura de pan + 0,4 %
T3	a_1b_0	Mosto de caña + 0,2 %
T4	a_1b_1	Mosto de caña + 0,4 %
T5	a_2b_0	Levadura de vino + 0,2 %
T6	a_2b_1	Levadura de vino + 0,4 %

Elaborado por: Autora

3.8. Recursos humanos y materiales

Tabla 9

Recursos Humanos y Materiales

Recursos humanos	
Tesista: Mariuxi Maholy Ripalda Mora	
Director: Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera, PhD	
Colaboradora	
• Encargada del laboratorio de bromatología UTEQ: Ing. Lourdes Ramos	
Materia Prima	Insumos
Mucílago de cacao	• Levaduras • Pectinasa
Materiales	Equipos
• Olla • Cucharas • Tamiz • Lienzo • Jarra medidora • Envases de plástico y vidrio • Recipientes • Matraz Erlenmeyer • Probeta • Vaso de precipitación • Crisoles • Tanque de gas • Airlocks	• Baño María • pH metro • Equipo de titulación • Mufla • Desecador • Estufa • Refractómetro • Termómetro • Cocina • Balanza • Vinómetro • Espectrofotómetro • Alcoholímetro
Reactivos	Otros materiales
• Hidróxido de sodio 0,1 N • Fenolftaleína • Agua destilada	• Mandil • Cofia • Guantes • Mascarilla

Elaborado por: Autora

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la caracterización bromatológica del mucílago de cacao CCN-51

Tabla 10

Caracterización Bromatológica del Mucílago

Análisis	Resultado
pH	3,72
Acidez Total (%)	0,61 %
Sólidos solubles (Brix)	18
Densidad (g/L)	1,07
Humedad (%)	85,94 %
Cenizas	0,26 %

Elaborado por: Autora

4.1.1. Discusión

En la tabla 10 se muestran los resultados bromatológicos del mucílago del cacao CCN-51, donde se obtuvo un valor de pH de 3,72. Este resultado de pH es consistente con el estudio de (Cabrera Blanco et al., 2022), quienes reportaron un valor de pH de 3,5 en el mucílago del mismo cultivar. De manera similar, (Gutiérrez Rodas, 2022), obtuvo un pH de 3,55 al emplear el mucílago en la elaboración de un vino. Mientras que (Pacheco-Urbe, 2020) reportó en su estudio un pH de 3,55 en la materia prima destinada a la producción de una bebida alcohólica. Por otro lado, (Villarroel Bastidas, 2024) reportó en el mucílago del cacao CCN-51 un pH de 4,11 pero en el mucílago del cacao fino de aroma presentó un valor de pH de 4,31.

En el mucílago del cacao CCN-51 se obtuvo en el presente estudio una acidez total de 0,61 % para la obtención de una bebida alcohólica fermentada tipo vino. Sin embargo, este valor de acidez total obtenido en el mucílago es un valor similar al reportado por (Villarroel Bastidas, 2024) quien obtuvo una acidez total con un valor de 0,68 % en el mucilago fino de aroma mientras que en el mucilago del cacao CCN-51 presentó un valor de acidez total de 1,09 %. Pero, el valor de acidez total obtenido en el mucílago del estudio es un valor inferior a los del estudio de (Gutiérrez Rodas, 2022) quien presentó en la materia prima una acidez total de 1,46 %. Además, (Pacheco Uribe, 2020) reportó una acidez total de 1,43 % en la materia prima. Por otro lado, (Cabrera Blanco et al., 2022) reportaron una acidez total con un valor de 1,3 %.

Con respecto al resultado obtenido en los sólidos solubles del mucílago de cacao CCN-51 presentó un valor de 18 °Brix. Aunque estos valores son superiores con el expresado en el trabajo experimental de (Cabrera Blanco et al., 2022), quienes obtuvieron sólidos solubles con un valor de 14 °Brix, pero, sin embargo, (Villarroel Bastidas, 2024) presentó en los sólidos solubles un valor de 15,50 °Brix en el mucílago fino de aroma, mientras que en el mucilago del CCN-51 presentó solidos solubles más bajos con un valor de 11,30 °Brix. En cambio, (Salvatierra Rodríguez et al., 2023) obtuvieron resultados superiores en los sólidos solubles del mucílago de cacao criollo con un valor de 23 °Brix.

Con respecto al resultado obtenido en densidad se obtuvo un contenido de 1,07 g/L, un contenido de humedad de 85,94 % y un contenido de ceniza con un valor de 0,26 %. En cambio, (Villarroel Bastidas, 2024) reportó una densidad de 1,49 g/L en el mucilago del cacao CCN-51, mientras que la densidad del mucílago fino de aroma fue menor con un valor de 1,08 g/L. Sin embargo, otros autores no han realizados los análisis de humedad y ceniza en el mucílago del cacao. Pero, si han realizado análisis del parámetro de potasio, sodio, hiero y cloruro. En donde, (Gutiérrez Rodas, 2022) reportó en su estudio del mucílago un valor de 1,71 mg en potasio, un valor de 1,84 mg en sodio, un valor de 17,67 en hierro y un valor de 38,33 mg de cloruro.

4.2. Análisis de varianza de resultados de las variables evaluadas en el proyecto de investigación

4.2.1. Varianza de pH

Tabla 11

Análisis de Varianza para pH

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tipo lev	0,599811	2	0,299906	232,69	0,0000
B: Pectinasa	0,0000888889	1	0,0000888889	0,07	0,7982
C: Réplicas	0,00164444	2	0,000822222	0,64	0,5486
INTERACCIONES					
AB	0,00334444	2	0,00167222	1,30	0,3155
RESIDUOS	0,0128889	10	0,00128889		
TOTAL (CORREGIDO)	0,617778	17			

Elaborado por: Autora (P<0,05)

En la tabla 11. Se observa diferencia significativa en el factor A (Tipos de levaduras); mientras que en el factor B (Porcentajes de pectinasa), las réplicas y en la interacción (AB) no se encontró diferencia significativa.

4.2.2. Varianza de Sólidos solubles

Tabla 12

Análisis de Varianza para Sólidos Solubles

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tipo lev	0,987778	2	0,493889	1,91	0,1983
B: Pectinasa	0,680556	1	0,680556	2,63	0,1358
C: Réplicas	0,447778	2	0,223889	0,87	0,4500
INTERACCIONES					
AB	0,221111	2	0,110556	0,43	0,6635
RESIDUOS	2,58556	10	0,258556		
TOTAL (CORREGIDO)	4,92278	17			

Elaborado por: Autora (P<0,05)

En la tabla 12. No se encontró diferencia significativa ni en el Factor A (Tipos de levaduras). Factor B (Porcentajes de pectinasa), en las réplicas ni en la interacción (AB).

4.2.3. Varianza de Acidez

Tabla 13

Análisis de Varianza para Acidez

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tipo lev	0,0239497	2	0,0119749	274,34	0,0000
B: Pectinasa	0,00000512	1	0,00000512	0,12	0,7391
C: Réplicas	0,000229513	2	0,000114756	2,63	0,1209
INTERACCIONES					
AB	0,000106086	2	0,0000530432	1,22	0,3370
RESIDUOS	0,000436497	10	0,0000436497		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0247269	17			

Elaborado por: Autora (P<0,05)

En la tabla 13. Se observó diferencia significativa en el Factor A (Tipos de levaduras); mientras que en el Factor B (Porcentajes de pectinasa), las réplicas y en la interacción (AB) no se encontró diferencia significativa.

4.2.4. Varianza de Absorbancia

Tabla 14

Análisis de Varianza para Absorbancia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tipo lev	0,0936461	2	0,0468231	1,24	0,3303
B: Pectinasa	0,0994803	1	0,0994803	2,63	0,1356
C: Réplicas	0,208534	2	0,104267	2,76	0,1110
INTERACCIONES					
AB	0,205818	2	0,102909	2,73	0,1136
RESIDUOS	0,377626	10	0,0377626		
TOTAL (CORREGIDO)	0,985104	17			

Elaborado por: Autora (P<0,05)

En la tabla 14. No se encontró diferencia significativa ni en el Factor A (Tipos de levaduras). Factor B (Porcentajes de pectinasa), réplicas ni en la interacción (AB).

4.2.5. Varianza de Cenizas

Tabla 15

Análisis de Varianza para Cenizas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tipo lev	0,0302061	2	0,015103	6,79	0,0137
B: Pectinasa	0,0041405	1	0,0041405	1,86	0,2022
C: Réplicas	0,00016428	2	0,00008214	0,04	0,9639
INTERACCIONES					
AB	0,00914032	2	0,00457016	2,06	0,1787
RESIDUOS	0,0222296	10	0,00222296		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0658807	17			

Elaborado por: Autora (P<0,05)

En la tabla 15. Se observó diferencia significativa en el Factor A (Tipos de levaduras); mientras que en el Factor B (Porcentajes de pectinasa), las réplicas y en la interacción (AB) no se encontró diferencia significativa.

4.2.6. Varianza de Grados alcohólicos

Tabla 16

Análisis de Varianza para Grados Alcohólicos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tipo lev	27,25	2	13,625	56,38	0,0000
B: Pectinasa	4,5	1	4,5	18,62	0,0015
C: Réplicas	0,08333333	2	0,0416667	0,17	0,8441
INTERACCIONES					
AB	5,25	2	2,625	10,86	0,0031
RESIDUOS	2,41667	10	0,241667		
TOTAL (CORREGIDO)	39,5	17			

Elaborado por: Autora (P<0,05)

En la tabla 16. Se observó diferencia significativa en el Factor A (Tipos de levaduras), Factor B (Porcentajes de pectinasa), e Interacción (AB); mientras que para las réplicas no se encontró diferencia significativa.

4.2.7. Prueba de significación (Tukey $P < 0,05$) para los resultados del Factor A (Tipos de levaduras)

Tabla 17

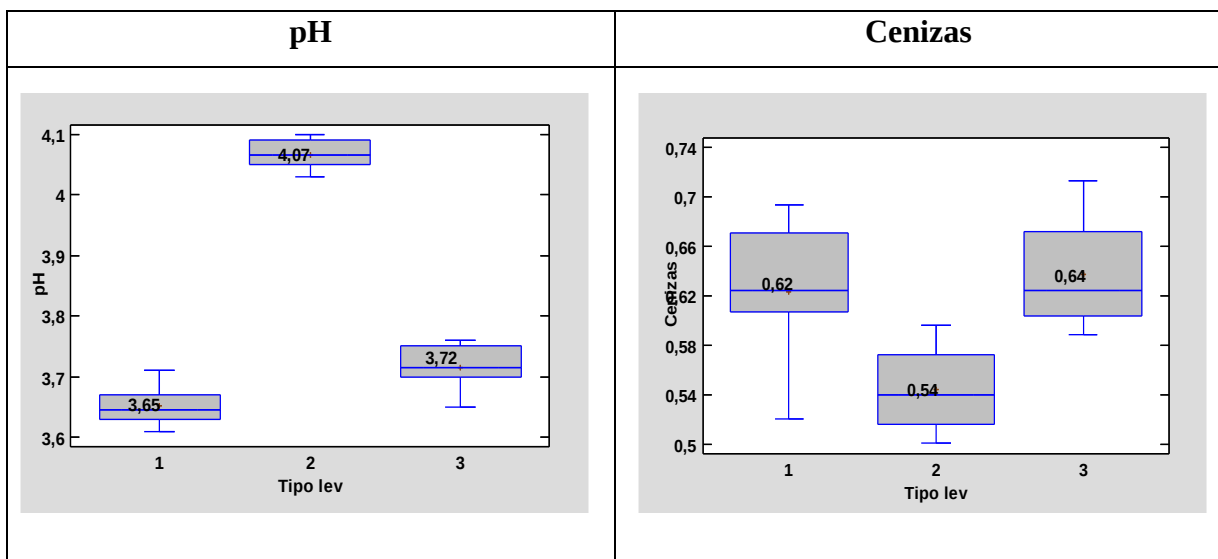
Resultados de los Tipos de Levaduras (Factor A) (Tukey $P < 0,05$)

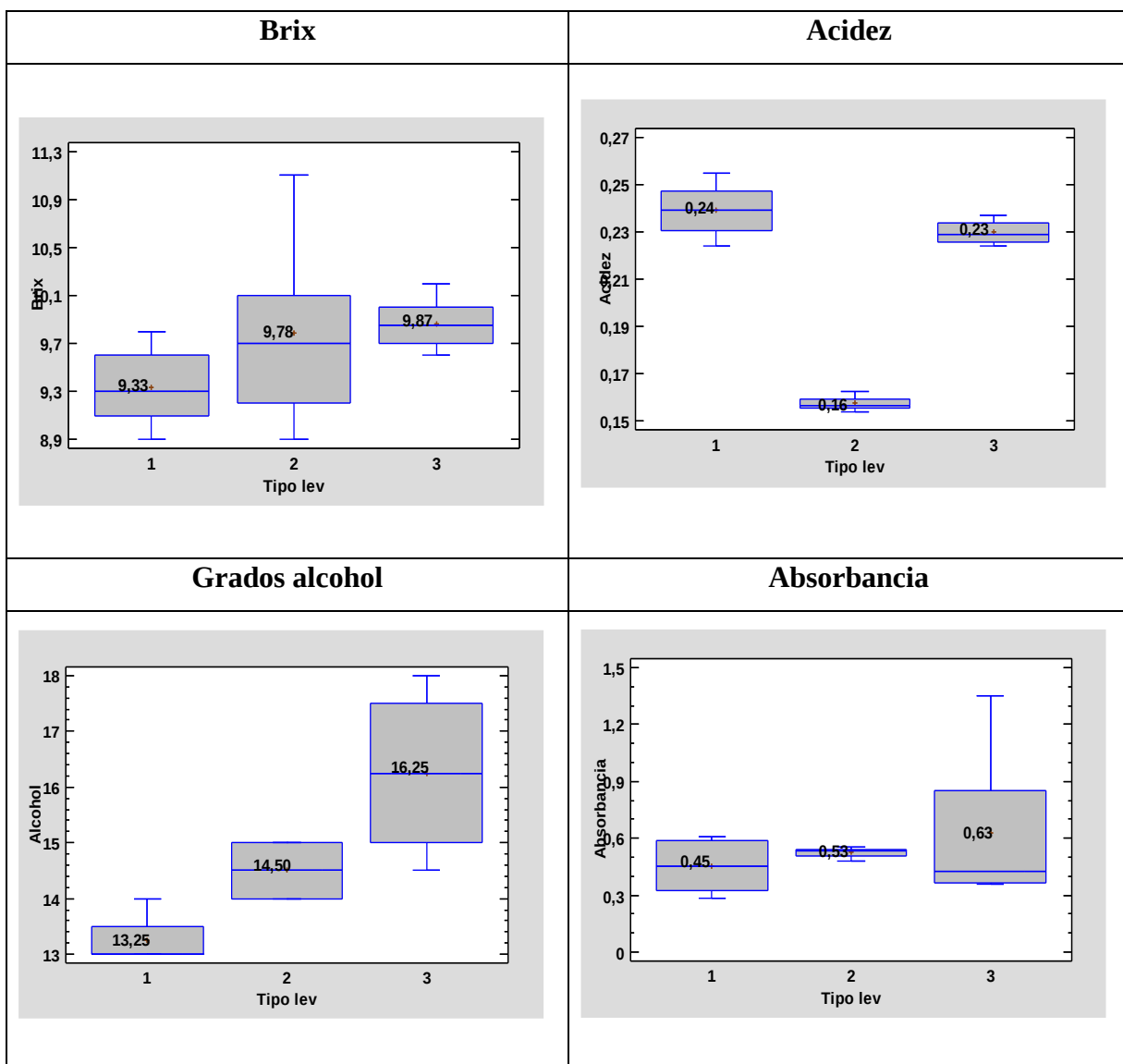
Tipos de levaduras	pH	Cenizas	Brix	Acidez	Grados alcohol	Absorbancia
a₀:						
Levadura de pan	3,65 ^A	0,62 ^B	9,33 ^A	0,24 ^B	13,25 ^A	0,45 ^A
a₁: Mosto de caña						
	4,07 ^C	0,54 ^A	9,78 ^A	0,16 ^A	14,5 ^B	0,53 ^A
a₂:						
Levadura de vino	3,72 ^B	0,64 ^B	9,87 ^A	0,23 ^B	16,25 ^C	0,63 ^A

Elaborado por: Autora

Figura 6

Pruebas de Significación de Tukey para (Factor A: Tipos de levaduras)





Elaborado por: Autora

En la **figura 6**. Se presenta la evaluación de las variables según los tipos de levadura (Factor A), utilizando la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas, donde:

En cuanto al pH, el valor más alto se registró en el grupo C (a_1 : mosto de caña, 4,07), superando al grupo A (a_0 : levadura de pan, 3,65).

En cenizas, el grupo B (a_2 : Levadura de vino, 0,64) mostró un valor superior al grupo A (a_1 : Mosto de caña, 0,54).

En grados Brix, se observó un solo grupo (Grupo A), con el valor más alto en (a₂: Levadura de vino, 9,87) y el más bajo en (a₀: Levadura de pan, 9,33).

En acidez, el grupo B (a₀: levadura de pan, 0,24) presentó el mayor valor respecto al grupo A (a₁: mosto de caña, 0,16).

Para los grados alcohólicos, el valor más alto se registró en el grupo C (a₂: levadura de vino, 16,25 °) y el más bajo en el grupo A (a₀: Levadura de pan, 13,25 °).

En absorbancia, se identificó un único grupo (Grupo A), con el valor más alto en (a₂: Levadura de vino, 0,63) y el más bajo en (a₀: Levadura de pan, 0,45).

4.2.8. Prueba de significación (Tukey $P<0,05$) para los resultados del Factor B **(Porcentajes de pectinasa)**

Tabla 18

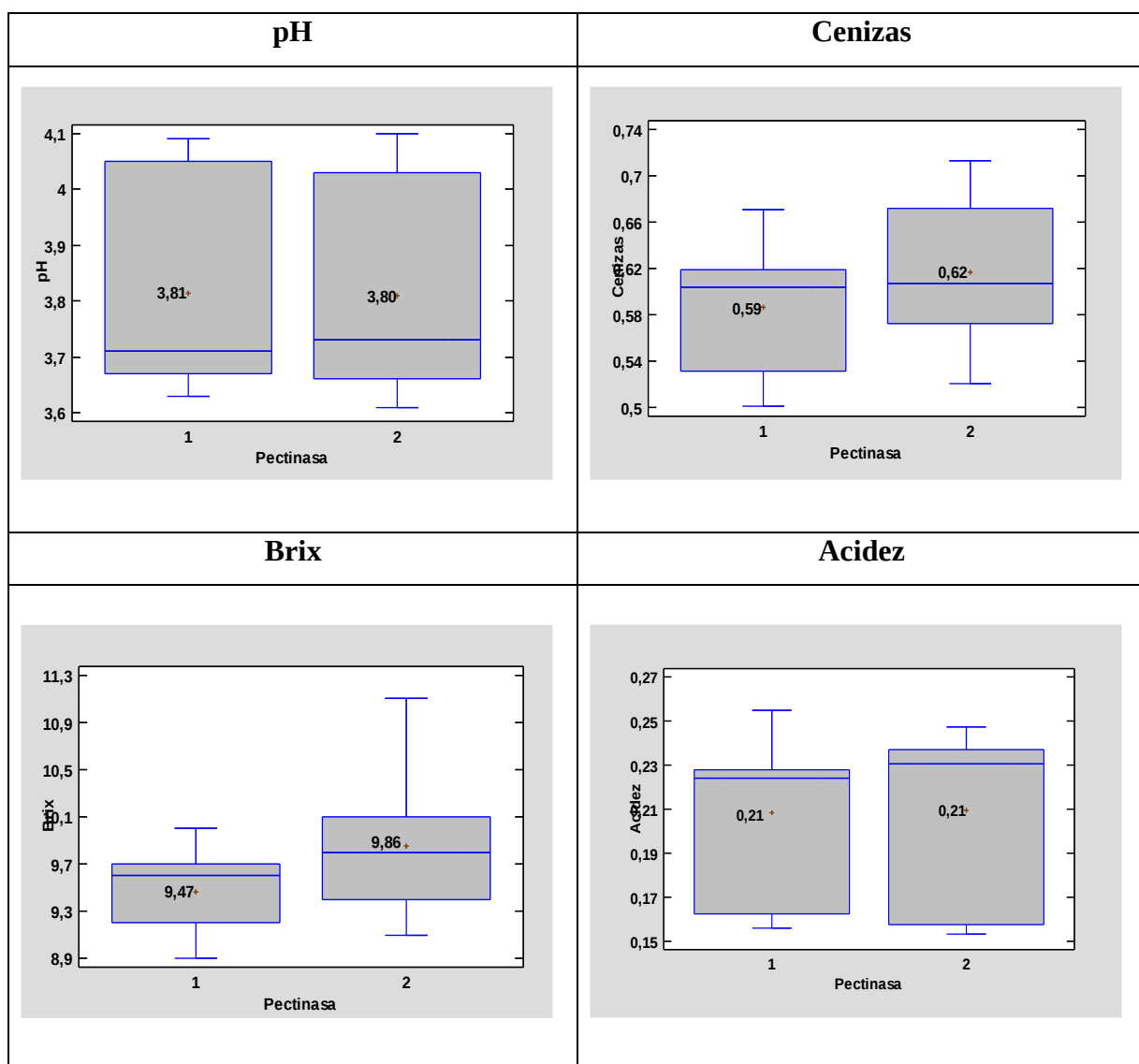
Resultados de los Porcentajes de pectinasa (Factor B) (Tukey $P<0,05$).

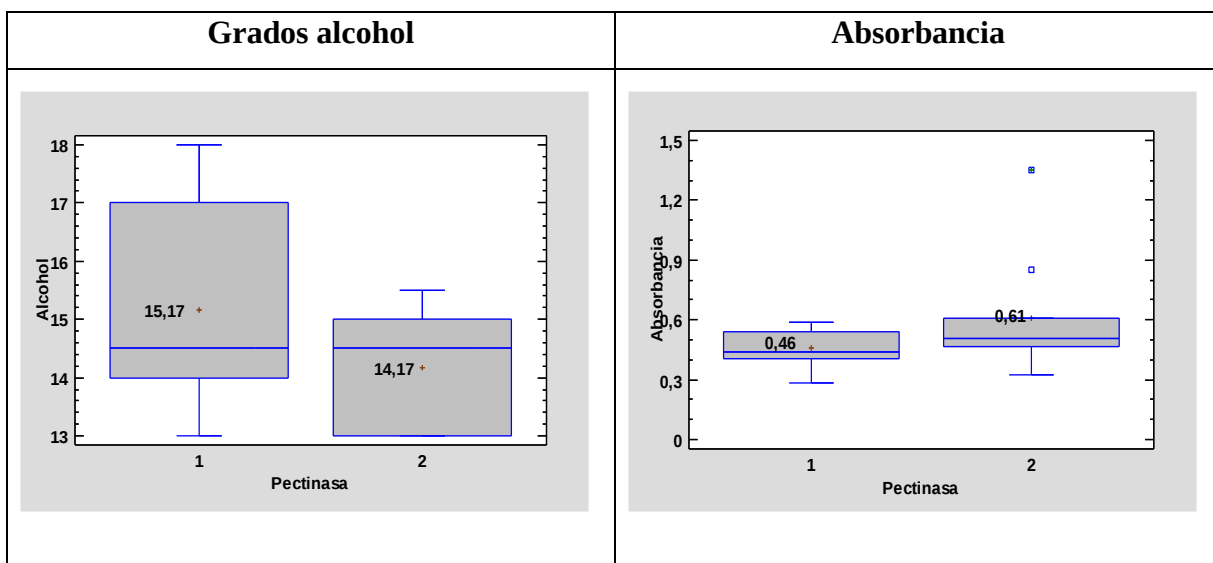
Porcentaje de pectinasa	pH	Cenizas	Brix	Acidez	Grados alcohol	Absorbancia
b₀: 0,2 %	3,81 ^A	0,59 ^A	9,47 ^A	0,21 ^A	15 17 ^B	0.46 ^A
b₁: 0,4 %	3,80 ^A	0,62 ^A	9,86 ^A	0,21 ^A	14 17 ^A	0,61 ^A

Elabora por: Autora

Figura 7

Pruebas de Significación de Tukey para (Factor B: Porcentajes de pectinasa)





Elaborado por: Autora

La **figura 7**. Presenta la evaluación de las variables según los porcentajes de pectinasa (Factor B), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

En la variable pH no hubo diferencia significativa, identificándose un solo grupo (Grupo A), con valores estadísticamente iguales para (b₀: 0,2 %) con 3,81 y (b₁: 0,4 %) con 3,80. En cuanto a cenizas no se encontraron diferencias significativas, identificándose un único grupo (Grupo A). Esto indica que las concentraciones de (b₀: 0,2 %) con 0,59 y (b₁: 0,4 %) con 0,62 no presentan diferencias relevantes desde el punto de vista estadístico.

Respecto al contenido de Brix, no se observaron diferencias significativas, ya que todos los tratamientos se ubicaron en el mismo grupo estadístico (Grupo A). El tratamiento con 0,4 % (b₁) presentó el valor más alto con 9,86, mientras que el de 0,2 % (b₀) registró el más bajo con 9,47. En cuanto a la acidez, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que todos se clasificaron dentro de un solo grupo estadístico (Grupo A). Esto indica que los valores obtenidos para (b₀: 0,2 %) y (b₁: 0,4 %), ambos con 0,21, son estadísticamente equivalentes. En los grados de alcohol, el valor más alto se obtuvo en el grupo B (b₀: 0,2 %) con 15,17 °, superando al grupo A (b₁: 0,4 %) con 14,17 °. No se observaron diferencias significativas en la absorbancia, con todos los tratamientos en el mismo grupo (Grupo A). El valor más alto fue 0,61 para b₁ (0,4 %) y el más bajo 0,46 para b₀ (0,2 %).

4.2.9. Prueba de significación (Tukey $P<0,05$) para los resultados de la Interacción AxB
(Tipos de levaduras + Porcentajes de pectinasa)

Tabla 19

Resultados del Estudio los Tipos de Levaduras + Porcentajes de Pectinasa (Interacción AxB)
(Tukey $P<0,05$)

Interacción	pH	Cenizas	Brix	Acidez	Grados alcohol	Absorbancia
a0b0: (Levadura de pan + 0,2 %)	3,67 ^B	0,64 ^{AB}	9,23 ^A	0,24 ^A	13,50 ^{CD}	0,44 ^A
a0b1: (Levadura de pan + 0,4 %)	3,63 ^B	0,61 ^{AB}	9,43 ^A	0,24 ^A	13 ^D	0,47 ^A
a1b0: (Mosto de caña + 0,2 %)	4,07 ^A	0,52 ^B	9,43 ^A	0,16 ^B	14,50 ^{BC}	0,54 ^A
a1b1: (Mosto de caña + 0,4 %)	4,06 ^A	0,57 ^{AB}	10,13 ^A	0,16 ^B	14,50 ^{BC}	0,51 ^A
a2b0: (Levadura de vino + 0,2 %)	3,70 ^B	0,60 ^{AB}	9,73 ^A	0,23 ^A	17,50 ^A	0,40 ^A
a2b1: (Levadura de vino + 0,4 %)	3,73 ^B	0,67 ^A	10 ^A	0,23 ^A	15 ^B	0,85 ^A

Elaborado por: Autora

4.2.9.1. Discusión pH.

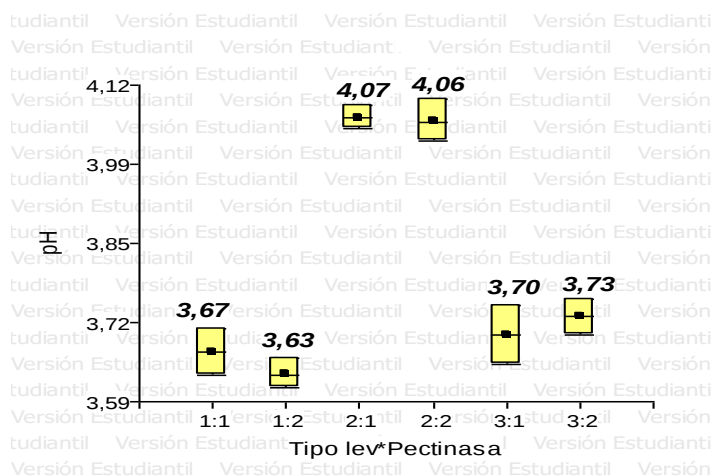
Los resultados obtenidos del pH en las bebidas fermentadas a base del mucílago de cacao CCN-51 presentó diferencias altamente significativas ($P<0,01$) por efecto de los tipos de levaduras, mientras que por los efectos de los porcentajes de pectinasa y por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa no presentó diferencias estadísticas ($P>0,05$).

Al utilizar la levadura de pan en las bebidas fermentadas tipo vino a base de mucílago del cacao presentó el pH más bajo con un valor de 3,65, mientras que al emplear el mosto de caña en las bebidas fermentadas a base de mucílago del cacao presentó el pH más alto con un valor de 4,07. Es decir, que a medida que se cambia el tipo de levadura el pH varía significativamente.

Además, por el efecto de los porcentajes de pectinasa como clarificante, las bebidas fermentadas tanto con el 0,2 % y con el 0,4 % reportaron un pH de 3,81. En cambio, por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa, la bebida fermentada en la que se utilizó la levadura de pan con el 0,4 % de pectinasa presentó el pH más bajo con un valor de 3,63, mientras que la bebida fermentada en la que se empleó el mosto de caña con el 0,2 % de pectinasa como clarificante presentó el pH más alto con un valor de 4,07.

Figura 8

pH de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de Pectinasa



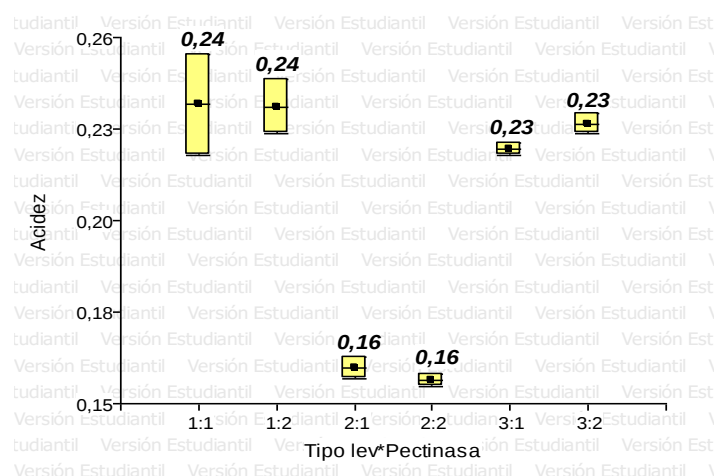
En el presente estudio, el pH de las bebidas fermentadas a base de mucílago de cacao CCN-51 varió significativamente según el tipo de levadura utilizada, con valores entre 3,63 y 4,07. Estos resultados se encuentran dentro del rango reportado en la literatura para bebidas fermentadas a partir de mucílago de cacao. Así como, (García et al., 2018) obtuvieron valores de pH entre 4,0 y 4,1 en un licor tipo vino elaborado con mucílago de cacao de la variedad CCN-51, lo que coincide con los valores observados en este trabajo. De manera similar, en la investigación de (Goya Baquerizo, 2013), el pH de la bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao fue de 4,10 a los 8 días de fermentación, aumentando a 4,30 a los 12 días, dependiendo de la concentración de levadura y aditivos utilizados.

4.2.9.2. Discusión Acidez Total (%).

Al analizar los resultados de acidez total (%) en las bebidas fermentadas a base del mucílago del cacao CCN-51 registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) por efecto de los tipos de levaduras. En cambio, por los efectos de los porcentajes de pectinasa y por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa no registraron diferencias estadísticas ($P > 0,05$).

Figura 9

Acidez total (%) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de Pectinasa



Al utilizar la levadura de pan en las bebidas fermentadas tipo vino a base de mucílago de cacao se obtuvo la acidez total más alta con un valor de 0,24 %, en cambio cuando se utilizó el mosto de caña en las bebidas fermentadas a base de mucílago de cacao presentó la acidez total más baja con un valor de 0,16 %. Además, por el efecto de los porcentajes de pectinasa como clarificante, no presentó diferencias significativas, ni mucho menos presentó diferencias numéricas debido a que se obtuvo la misma acidez total en las bebidas fermentadas con el 0,2 % y con el 0,4 % de pectinasa con un valor de 0,21 %. Por otra parte, por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa, las bebidas fermentadas no presentaron diferencias estadísticas, pero en la bebida fermentada con la levadura de pan con el 0,2 % y el 0,4 % de pectinasa presentaron una pequeña diferencia numérica con respecto a los demás tratamientos debido a que se obtuvo una acidez total de 0,24 % mientras que los demás tratamientos obtuvieron una acidez total de 0,16 % y 0,23 %.

En cuanto a la acidez total, se observaron valores superiores en estudios previos con vinos y vinagres elaborados a partir de mucílago de cacao. Particularmente, (Cabrera Blanco et al., 2022) reportaron acideces totales de 4,2 % ($\pm 0,2$) en vino y 4,97 % en vinagre de mucílago, cifras considerablemente mayores a las encontradas en el presente estudio con la bebida fermentada tipo vino. En contraste, otras investigaciones registraron valores más bajos; una de ellas reportó acideces totales cercanas a 1,13 % y 1,19 % en bebidas fermentadas con diferentes concentraciones de levadura, mientras que otro estudio mostró un valor aún menor, de 0,10 % de acidez total (Robles Bustamante & Miele Méndez, 2022). Estas diferencias pueden atribuirse a las distintas condiciones de fermentación, tipos y concentraciones de levaduras utilizadas, así como a variaciones en el mucílago empleado y el proceso de elaboración.

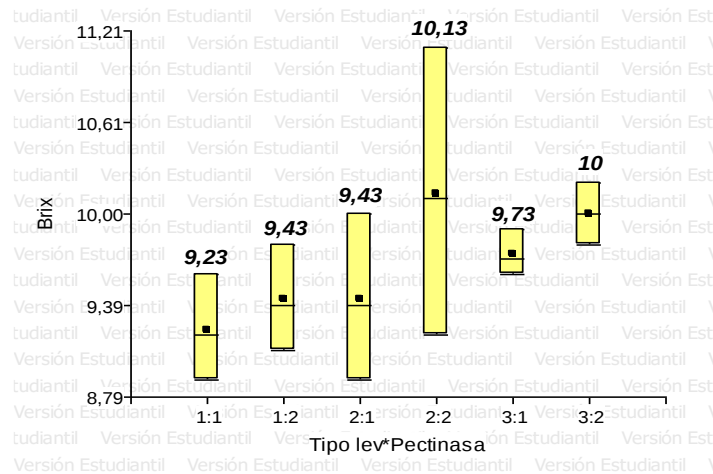
4.2.9.3. Discusión Sólidos solubles.

En la variable de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en las bebidas fermentadas a base del mucílago de cacao CCN-51 con diferentes tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa no registraron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) en los efectos de los tipos de levaduras y de los porcentajes de pectinasa. Además, no existió diferencias estadísticas ($P > 0,05$) por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa.

Los sólidos solubles de las bebidas fermentadas no presentaron diferencias estadísticas, pero si presentaron diferencias numéricas debido a que en la bebida fermentada con la levadura de vino reportó los sólidos solubles más alto con un valor de 9,87 $^{\circ}$ Brix, mientras que la bebida fermentada con la levadura de pan obtuvo los sólidos solubles más bajos con un valor de 9,33 $^{\circ}$ Brix. En cambio, por el efecto de los porcentajes de pectinasa como clarificante, los sólidos solubles más altos se los consiguió en las bebidas fermentadas con 0,4 % de pectinasa con un valor de 9,86 $^{\circ}$ Brix, mientras que los sólidos solubles más bajo se los consiguió en las bebidas fermentadas con 0,2 % de pectinasa con un valor de 9,47 $^{\circ}$ Brix. Además, por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa, la bebida fermentada con mosto de caña y con el 0,4 % de pectinasa alcanzó los sólidos solubles más altos con un valor de 10,13 $^{\circ}$ Brix, mientras que la bebida fermentada con la levadura de pan y con el 0, 2% de pectinasa alcanzó los sólidos solubles más bajos con un valor de 9,23 $^{\circ}$ Brix.

Figura 10

Sólidos Solubles (°Brix) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de Pectinasa



El contenido de sólidos solubles es un parámetro fundamental para evaluar el grado de fermentación y la calidad final de las bebidas alcohólicas tipo vino, ya que refleja la cantidad de azúcares residuales presentes tras el proceso fermentativo. Según la (NTE INEN 374, 2016) el límite máximo permitido para vinos de frutas es de 50 °Brix, valor que rara vez se alcanza en bebidas fermentadas a partir de mucílago de cacao debido a la conversión de azúcares en etanol y otros metabolitos durante la fermentación.

En el presente estudio, los sólidos solubles variaron entre 9,33 y 10,13 °Brix, dependiendo del tipo de levadura y el porcentaje de pectinasa utilizada. Estos resultados se encuentran en línea con estudios previos sobre fermentación de mucílago de cacao y otras frutas tropicales. Como lo muestra, (Lucero Méndez, 2015) reportó valores de sólidos solubles entre 8 °Brix en vinos elaborados con pulpas de frutas amazónicas, como copoazú y arazá, lo que indica una similitud en la composición de azúcares fermentables y la eficiencia de conversión de las levaduras.

Además, investigaciones sobre la fermentación de jugo de piña (Qi et al., 2017) encontraron sólidos solubles finales entre 9 y 13 °Brix, lo que sugiere que las bebidas fermentadas de mucílago de cacao presentan características comparables a las de otras frutas tropicales fermentadas.

Es importante destacar que la concentración inicial de azúcares en el mosto, el tipo de levadura utilizada y las condiciones de fermentación pueden influir significativamente en los sólidos solubles finales. Estudios de (Parapouli et al., 2020) demostraron que cepas de *Saccharomyces cerevisiae* con alta capacidad fermentativa pueden reducir los sólidos solubles hasta niveles inferiores a 5 °Brix, mientras que cepas menos eficientes pueden dejar residuos de azúcares superiores a 15 °Brix.

En el contexto específico del mucílago de cacao, autores como (Fernández Escobar et al., 2022) han señalado que la variedad de cacao, el grado de madurez de los frutos y el método de extracción del mucílago pueden afectar la composición inicial del mosto y, por ende, los sólidos solubles finales. Además, el uso de enzimas pectolíticas como la pectinasa puede influir en la clarificación del mosto y la liberación de azúcares atrapados en la matriz celular, lo que podría afectar los sólidos solubles (Shrestha et al., 2021).

4.2.9.4. Discusión Grados alcohólicos.

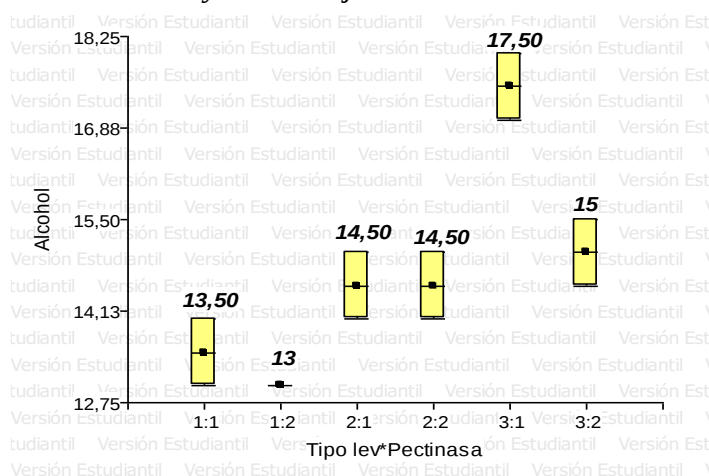
En la variable de grados de alcohol (%) en las bebidas fermentadas (tipo vino) a base del mucílago del cacao CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) por efecto de los tipos de levaduras, mientras que por los efectos de los porcentajes de pectinasa y por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa presentó diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

La bebida fermentada con la levadura de pan presentó los grados de alcohol más bajos con un valor de 13,25 % mientras que la bebida fermentada con la levadura de vino reportó los grados de alcohol más altos con un valor de 16,25 %. Mientras que, por el efecto de los porcentajes de pectinasa, las bebidas fermentadas con el 0,2 % de pectinasa presentaron los grados de alcohol más altos con un valor de 15,17 % en cambio las bebidas con el 0,4 % de pectinasa reportaron el grado de alcohol más bajo con un valor 14,17 %.

En cambio, por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa, la bebida fermentada en la que se utilizó la levadura de vino con el 0,2 % de pectinasa presentó los grados de alcohol más altos con un valor de 17,50 %, en cambio la bebida fermentada que presentó los grados de alcohol más bajo fue en la se empleó la levadura de pan con el 0,4 % con un valor de 13 %.

Figura 11

Grados de Alcohol (%) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de Pectinasa



La norma (NTE INEN 374, 2016) establece que las bebidas alcohólicas tipo vino de frutas deben contener un contenido mínimo de alcohol del 6 %, requisito que asegura la estabilidad microbiológica y las características organolépticas del producto. En este sentido, diversos estudios sobre fermentación de mucílago de cacao y otras frutas tropicales reportan una amplia variabilidad en los grados de alcohol obtenidos, influenciada por factores como el tipo de levadura, tiempo de fermentación y concentración inicial de azúcares.

Como muestra, (Cabrera Blanco et al., 2022) lograron un grado alcohólico de 13,5 % en su vino elaborado con mucílago de cacao, cifra que indica una fermentación eficiente y un alto rendimiento en la conversión de azúcares en etanol. Similarmente, (Goya Baquerizo, 2013) reportó valores que oscilaron entre 8,97 % a los 8 días y 15,15 % a los 12 días de fermentación, variando según la concentración de levaduras y aditivos, lo que evidencia la influencia del tiempo y la composición del mosto en la producción alcohólica.

En contraste, (Salvatierra Rodríguez et al., 2023) obtuvieron un contenido alcohólico promedio del 37 % en aguardiente derivado de mucílago de cacao, resultado que corresponde a una bebida destilada con una concentración mucho mayor de alcohol, propia de aguardientes y no de vinos fermentados.

Estudios sobre la fermentación con diferentes cepas de levadura también muestran variaciones significativas. (Loja Rivera & Velasco Patiño, 2023) observaron que el uso de la levadura SafAle BE-256 produjo el grado alcohólico más bajo (5 %), mientras que con SafLager W 34/70 alcanzaron hasta 8 %, subrayando la importancia de la selección de cepas para controlar el perfil alcohólico del producto final.

En investigaciones sobre el efecto de la proporción de pulpa en el mosto para la producción de bebida alcohólica de guayaba, (Cabrera et al., 2012) reportaron grados de alcohol entre 6,5 y 6,8 %, valores comparables a los obtenidos en vinos de mucílago de cacao, lo que confirma la viabilidad de esta materia prima para bebidas alcohólicas fermentadas. Además, en la elaboración de vino de piña, (Tipán Tubón, 2017) alcanzaron contenidos alcohólicos de aproximadamente 13,28 %, similar a los rangos observados en el presente estudio.

Por otro lado, estudios sobre bioetanol a partir de mucílago de cacao, como el de (Villarroel Bastidas, 2024), reportan grados alcohólicos muy elevados (hasta 60 °GL), resultado de procesos de fermentación y destilación orientados a la producción de biocombustibles, lo que difiere de los objetivos de bebidas fermentadas para consumo humano.

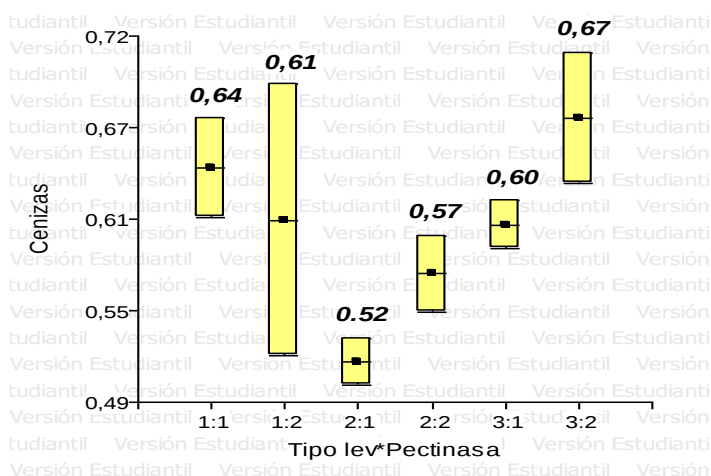
4.2.9.5. Discusión Cenizas.

Al analizar la ceniza (%) en las bebidas fermentadas (tipo vino) a base del mucílago del cacao CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante presentó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) por efecto de los tipos de levaduras, pero no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) por efecto de los porcentajes de pectinasa y por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa.

La bebida fermentada con el mosto de caña presentó el contenido de ceniza más bajos con un valor de 0,55 % mientras que la bebida fermentada con la levadura de vino reportó el contenido de ceniza más altos con un valor de 0,64 %. Mientras que, por el efecto de los porcentajes de pectinasa, las bebidas fermentadas con el 0,4 % de pectinasa presentaron el contenido de ceniza más altos con un valor de 0,62 % en cambio las bebidas con el 0,2 % de pectinasa reportaron el contenido de ceniza más bajo con un valor 0,59 %. En cambio, por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa, las bebidas fermentadas no presentaron diferencias estadísticas, pero si diferencias numéricas en donde la bebida con fermentada con el mosto de caña con 0,2 % de pectinasa presentó el contenido de ceniza más bajos con un valor de 0,52 %, mientras que la bebida fermentada con la levadura de vino con el 0,4 % de pectinasa presentó el contenido de ceniza más alto con un valor de 0,67 %.

Figura 12

Contenido de Ceniza (%) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de pectinasa



El contenido de cenizas es un parámetro importante que indica la cantidad de materia mineral presente en el mucílago de cacao y en las bebidas fermentadas derivadas de este. En el presente estudio, el mucílago de cacao CCN-51 presentó un contenido de cenizas de 0,26 %, valor que se encuentra dentro del rango reportado en la literatura para esta materia prima.

(Fernández Escobar et al., 2022) reportaron que la variedad Trinitario de cacao presentó un contenido inicial de cenizas de 0,26 %, señalando además que el porcentaje de cenizas tiende a aumentar proporcionalmente con la concentración de mucílago en la bebida debido a la mayor densidad del material inorgánico presente. (Marquéz Sigüas, 2014) explica que las variaciones en los niveles de cenizas pueden estar relacionadas con la densidad y el volumen de la muestra analizada, lo que afecta la concentración final reportada.

En cuanto a bebidas fermentadas, un estudio realizado por (Goya Baquerizo, 2013) sobre vino elaborado a partir del mucílago de cacao reportó un contenido de cenizas de aproximadamente 0,40 % -050 %, valor que se ajusta a los parámetros establecidos por la norma INEN 347 para este tipo de productos. Por su parte, (López Narváez et al., 2024) al adicionar mucílago de cacao en una bebida energética observaron un contenido de cenizas de 0,16 – 0.44 %, indicando que la matriz de la bebida influye en la concentración mineral final.

Por otro lado, investigaciones más recientes han reportado valores ligeramente inferiores; (Loja Rivera & Velasco Patiño, 2023) obtuvieron un contenido de cenizas de $0,36 \pm 0,05$ % en vinos de mucílago de cacao, mientras que (Carbajal Azcona, 2017) destacó la presencia de minerales como potasio, sodio, hierro y cloruro, que contribuyen al contenido total de cenizas y a las propiedades nutricionales del producto final.

La variabilidad en los contenidos de cenizas puede atribuirse a factores como la variedad de cacao, el método de extracción del mucílago, las condiciones de fermentación y el tipo de bebida elaborada. Además, la calidad y pureza del cacao influyen en la composición mineral, lo que puede evaluarse mediante análisis de alcalinidad de cenizas para detectar posibles adulteraciones (Santana et al., 2019).

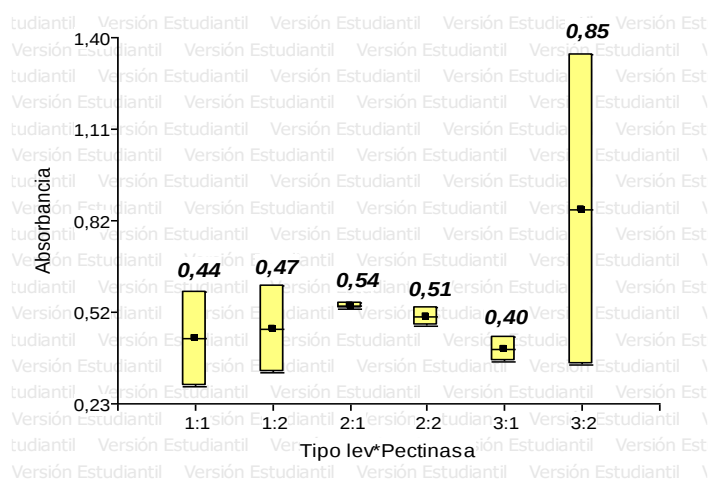
4.2.9.6. Discusión Absorbancia.

La absorbancia en las bebidas fermentadas (tipo vino) a base del mucílago del cacao CCN-51 utilizando distintos tipos de levaduras y porcentajes de pectinasa como clarificante no reportó diferencias estadísticas ($P > 0,05$) tanto por el efecto de los tipos de levaduras y por el efecto porcentaje de pectinasa, y también por el efecto de la interacción de los tipos de levaduras y los porcentajes de pectinasa. Aunque no existió diferencias estadísticas, pero si existió diferencias numéricas.

La bebida fermentada con la levadura de pan presentó la absorbancia más baja con un valor de 0,45 % mientras que la bebida fermentada con la levadura de vino presentó la absorbancia más alta con un valor de 0,63 %. Mientras que, por el efecto de los porcentajes de pectinasa, las bebidas fermentadas con el 0,4 % de pectinasa presentaron la absorbancia más alta con un valor de 0,61 % en cambio las bebidas con el 0,2 % de pectinasa reportaron la absorbancia más baja con un valor 0,46 %. Por ende, la bebida fermentada con la levadura de vino con el 0,2 % de pectinasa reportó la absorbancia más baja con un valor de 0,40 %, mientras que la bebida fermentada con la levadura de vino con el 0,40 % de pectinasa reportó la absorbancia más alta con un valor de 0,85 %.

Figura 13

Absorbancia (%) de las Bebidas Fermentadas con Diferentes Tipos de Levaduras y Porcentajes de pectinasa



La absorbancia es un parámetro clave para evaluar la claridad, el color y la presencia de compuestos fenólicos en bebidas fermentadas, y se utiliza comúnmente como indicador de calidad visual y estabilidad coloidal (Aleixandre-Tudo et al., 2017). En el presente estudio, la absorbancia de las bebidas fermentadas a partir de mucílago de cacao CCN-51 varió entre 0,45 y 0,63 %, dependiendo del tipo de levadura empleada, sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Estos valores son comparables con los reportados en la literatura para bebidas fermentadas de frutas. Así como, en vinos de uva, la absorbancia a 420 nm (relacionada con el color amarillo y la turbidez) suele oscilar entre 0,2 y 1,2, dependiendo de la variedad y el proceso de clarificación (Contreras Fernández, 2017). En vinos blancos, valores inferiores a 0,5 son indicativos de una bebida clara y bien estabilizada (Calderón Copa, 2017).

En bebidas fermentadas de frutas, la absorbancia se ha relacionado directamente con la presencia de compuestos fenólicos y la influencia de tratamientos tecnológicos. Particularmente, en vinos de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), se han reportado valores de absorbancia a 520 nm que varían entre 2,0 y 2,084, dependiendo del tipo de clarificación utilizada, como la microfiltración tangencial o la clarificación en frío, lo cual refleja diferencias en el contenido de polifenoles totales (Zamora Cujilema et al., 2018). De forma similar, otros estudios han indicado que la turbidez y el color en bebidas fermentadas están estrechamente ligados a la concentración de antocianinas y a los procesos de estabilización aplicados durante la elaboración (Erazo et al., 2021).

De forma similar, en vinos de piña elaborados a partir de cáscara de fruta, se observó un aumento significativo del contenido de fenoles totales durante los primeros días de fermentación, alcanzando un pico al quinto día, indicando una fuerte influencia de la madurez y del proceso de clarificación en la estabilidad fenólica del producto (Zhang et al., 2020). En el caso de vinos de frambuesa, se ha identificado una elevada presencia de antocianinas y otros compuestos fenólicos responsables del color y la actividad antioxidante, aunque los valores de absorbancia específicos varían según el proceso tecnológico empleado (Ljevar et al., 2016).

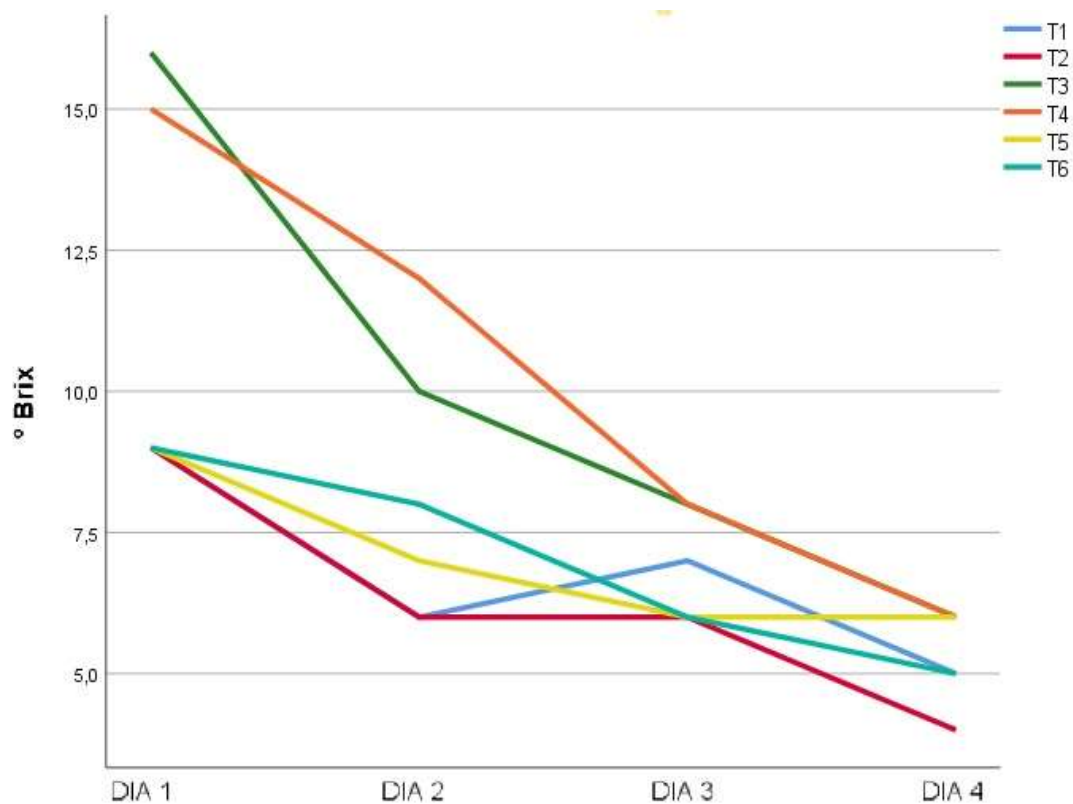
La comparación con estudios recientes indica que la absorbancia de las bebidas fermentadas a partir de mucílago de cacao CCN-51 se encuentra dentro del rango esperado para vinos y otras bebidas fermentadas de frutas. Por ejemplo, en la investigación de (Badillo Melo, 2019), se evaluó el proceso fermentativo del mucílago de cacao CCN-51 en combinación con frutas como naranja y carambola, observándose que el tratamiento con carambola y una concentración de mucílago al 15% presentó mejores resultados en parámetros como absorbancia y claridad.

Además, el uso de enzimas como la pectinasa ha demostrado ser efectivo en la mejora de la claridad y reducción de la turbidez en bebidas fermentadas. En un estudio realizado por (Lalama Mosquera & Velasco Muñoz, 2023), se evaluó la hidrólisis enzimática del mucílago de cacao CCN-51 para la obtención de alcohol etílico, encontrando que el uso de pectinasa contribuyó a la mejora de las características fisicoquímicas de la bebida.

4.3. Resultado del efecto de las levaduras en la bebida fermentada

Figura 14

Efecto de los Distintos Tipos de Levaduras en la Bebida Alcohólica Fermentada



En la Figura 14 se aprecia la variación de los grados Brix a lo largo de los cuatro días de fermentación, según los tratamientos aplicados: T1 (levadura de pan al 0,2 %), T2 (levadura de pan al 0,4 %), T3 (mosto de caña al 0,2 %), T4 (mosto de caña al 0,4 %), T5 (levadura de vino al 0,2 %) y T6 (levadura de vino al 0,4 %). El tratamiento T2 evidenció la mayor disminución en los °Brix, lo que indica una fermentación más activa y un mayor aprovechamiento de los azúcares presentes. Los tratamientos con mosto de caña (T3 y T4), aunque partieron con valores iniciales más altos, mostraron una reducción constante, destacando T4 por su mayor eficacia. En contraste, los tratamientos con levadura de vino (T5 y T6) reflejaron una menor intensidad fermentativa. En términos generales, se observa que el aumento en la concentración de levadura al 0,4 % favorece la actividad fermentativa, siendo la levadura de pan la que presentó mejor rendimiento en las condiciones del estudio

4.4. Resultados del análisis sensorial del vino de mucílago

Mediante el análisis sensorial se evaluó la aceptación del vino elaborado con mucílago, tomando en cuenta características como el color, el aspecto, el olor y el sabor. La participación de 23 panelistas permitió detectar diferencias entre los seis tratamientos, los cuales se diferenciaban por el tipo de levadura empleada y los niveles de pectinasa utilizados.

Tabla 20

Criterios Sensoriales Definidos Durante el Análisis Sensorial del Mejor Tratamiento

Tratamiento	Color	Aspecto	Olor	Sabor
a₀b₀	4,50 ± 0,18	4,00 ± 0,12	4,20 ± 0,15	4,50 ± 0,25
	Amarillo Claro	Limpio	Florales	Dulce

Elaborado por: Autora

En la tabla 20 se presentan los resultados de la evaluación sensorial del mejor tratamiento, denominado a₀b₀, donde el color obtuvo un promedio de 4,50 ± 0,18, el aspecto alcanzó 4,00 ± 0,12, el olor registró un valor de 4,20 ± 0,15 y el sabor alcanzó 4,50 ± 0,25. Estos resultados indican una alta aceptación en todos los atributos evaluados, destacándose un color amarillo claro, aspecto limpio, aromas florales y un sabor dulce, características que reflejan un perfil sensorial equilibrado y atractivo para el consumidor. Estos valores se pueden observar en la Figura 14 junto a la tabla 20.

Tabla 21

Resultados de los Indicadores Sensoriales para cada uno de los Tratamientos Aplicados

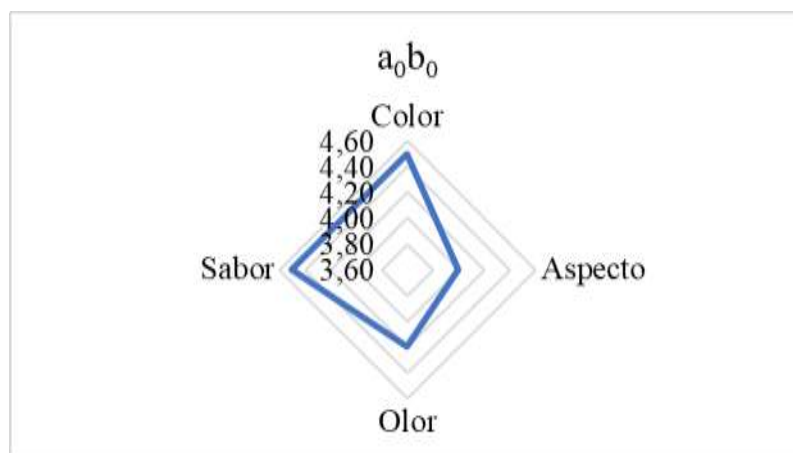
Tratamiento	Color		Aspecto		Olor		Sabor	
a₀b₀	4,50	± 0,18	4,00	± 0,12	4,20	± 0,15	4,50	± 0,25
a ₀ b ₁	4,30	± 0,08	3,00	± 0,53	3,30	± 0,00	3,43	± 0,27
a ₁ b ₀	4,00	± 0,08	2,96	± 0,31	2,65	± 0,00	3,26	± 0,00
a ₁ b ₁	4,25	± 0,13	3,35	± 0,06	3,26	± 0,00	3,39	± 0,00
a ₂ b ₀	4,20	± 0,19	3,39	± 0,34	3,91	± 0,00	3,17	± 0,00
a ₂ b ₁	4,15	± 0,14	2,83	± 0,64	3,80	± 0,15	3,90	± 0,24

Elaborado por: Autora

La tabla 21 revela que el tratamiento a₀b₀ se destaca como el más aceptado entre los evaluados, logrando puntuaciones superiores en todos los atributos sensoriales analizados, incluyendo color, aspecto, olor y sabor. La consistencia en las altas puntuaciones, junto con la baja variabilidad en las respuestas de los panelistas, refuerza la idea de que este tratamiento cumple con las expectativas de los catadores.

Figura 15

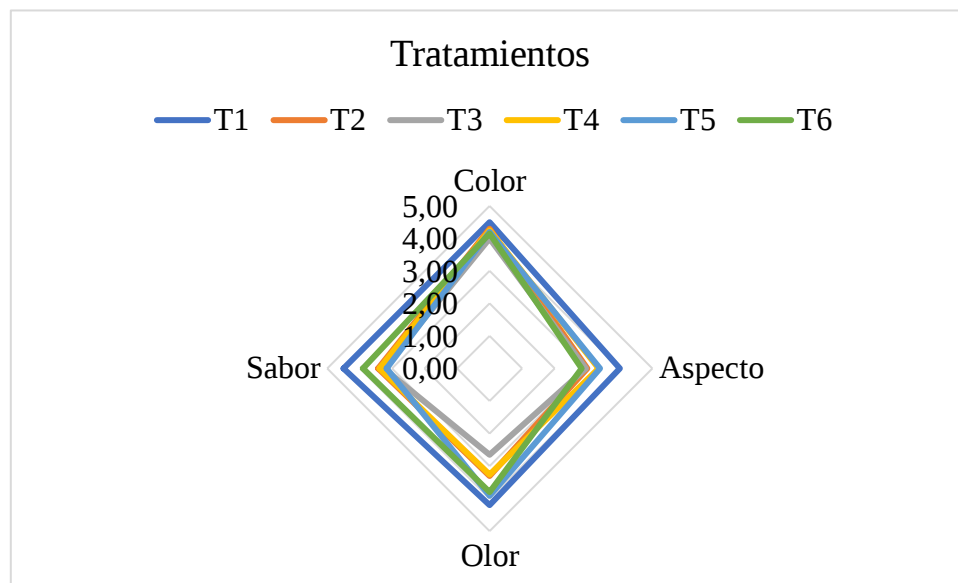
Indicador del Tratamiento Óptimo en el Análisis Sensorial



En la figura 15 muestra los resultados promedio obtenidos en el mejor tratamiento del parámetro evaluado.

Figura 16

Indicador Sensorial de Todos los Tratamientos



La figura 16 muestra en detalle los resultados generales de los promedios obtenidos para cada tratamiento, según los diferentes parámetros evaluados.

4.4.1. Discusión

La evaluación sensorial del tratamiento a0b0 en la bebida fermentada a partir de mucílago de cacao mostró resultados altamente favorables en los atributos de color ($4,50 \pm 0,18$), aspecto ($4,00 \pm 0,12$), olor ($4,20 \pm 0,15$) y sabor ($4,50 \pm 0,25$), con descripciones que resaltan un color amarillo claro, aspecto brillante, aromas frutales y sabor dulce. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que destacan la importancia de estos atributos para la aceptación del consumidor en bebidas fermentadas de frutas tropicales.

Otras investigaciones sobre bebidas fermentadas de mucílago de cacao reportan perfiles sensoriales positivos con aromas distintivos y sabores agradables, asociados a la fermentación controlada y el uso de levaduras seleccionadas (Abonia Cabezas, 2024; Goya Baquerizo, 2013); Nguyen Thi et al., 2016). Similarmente, (Araújo et al., 2018) evaluaron bebidas fermentadas de frutas como el cajá-umbu y manzana de cajú, encontrando que los atributos de aroma y sabor frutal son determinantes para la aceptación, con puntuaciones altas en escalas hedónicas.

Asimismo, el perfil aromático frutal y la claridad visual observados en este estudio son consistentes con las características de vinos de frutas tropicales y otras bebidas fermentadas, como las descritas por (Ribéreau Gayon et al., 2006) y (Fernandes Pereira et al., 2017), quienes enfatizan la influencia del proceso de fermentación y clarificación en la calidad sensorial final. En conjunto, estos resultados validan el potencial del mucílago de cacao fermentado como materia prima para la elaboración de bebidas alcohólicas con atributos sensoriales atractivos y aceptables para el mercado.

4.5. Resultados análisis microbiológico de la bebida fermentada

Como parte del control de inocuidad del producto, se llevó a cabo la evaluación microbiológica de la bebida fermentada. Para este análisis, se consideraron los seis tratamientos experimentales derivados de la combinación de diferentes tipos de levadura (levadura de pan, mosto de caña y levadura de vino) y concentraciones de pectinasa (0,2 % y 0,4 %), según se describe en la siguiente tabla:

Tabla 22

Evaluación Microbiológica Aplicada a los Tratamientos

Tratamientos	E. Coli UFC/mL	Salmonella	Norma de referencia
a₀ b₀	Ausencia	Ausencia	NTE INEN 2802
a₀ b₁	Ausencia	Ausencia	NTE INEN 2802
a₁ b₀	Ausencia	Ausencia	NTE INEN 2802
a₁ b₁	Ausencia	Ausencia	NTE INEN 2802
a₂ b₀	Ausencia	Ausencia	NTE INEN 2802
a₂ b₁	Ausencia	Ausencia	NTE INEN 2802

Elaborado por: Autora

4.5.1. Discusión

Los resultados del análisis microbiológico de la bebida alcohólica fermentada tipo vino elaborada a partir de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51 indican que en todos los tratamientos (T1–T6) se evidenció ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp., cumpliendo satisfactoriamente con los requisitos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2802:2015.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por (Nguyen Thi et al., 2016), quienes realizaron la elaboración de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao fermentado con diferentes cepas de levaduras. En dicho estudio, se evidenció la ausencia de bacterias patógenas al finalizar el proceso fermentativo, lo que demuestra que la flora microbiana nativa puede ser eficaz cuando se aplican condiciones controladas. De manera similar, el estudio realizado por (Ribeiro Dias et al., 2007), sobre la elaboración de vino a partir de pulpa de cacao también reportó ausencia de microorganismos patógenos, incluso al utilizar distintas cepas de levaduras. Ambos trabajos respaldan que la fermentación controlada de subproductos del cacao representa una alternativa tecnológica viable y segura para el desarrollo de bebidas alcohólicas artesanales.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La caracterización bromatológica del mucílago de cacao CCN-51 reveló que este subproducto posee propiedades fisicoquímicas adecuadas para su utilización en procesos fermentativos. Se determinó un pH de 3,72 y una acidez total de 0,61 %, valores que se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo de levaduras durante la fermentación alcohólica, y comparables con estudios previos. El contenido de sólidos solubles fue de 18 °Brix, indicando una concentración suficiente de azúcares fermentables, superior a la reportada en algunas variedades finas de aroma. Además, se obtuvo una densidad de 1,07 g/L, una humedad del 85,94 % y un contenido de cenizas de 0,26 %, parámetros que respaldan su calidad higiénico-nutricional. Estos resultados posicionan al mucílago de cacao CCN-51 como una materia prima viable para la elaboración de bebidas fermentadas tipo vino, con potencial para generar productos de valor agregado en la agroindustria ecuatoriana.
- Los resultados obtenidos evidencian que el tipo de levadura utilizada tiene un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas de la bebida fermentada a base de mucílago de cacao CCN-51. El pH varió entre 3,63 y 4,07, siendo la levadura de pan la que generó bebidas con pH más bajos, mientras que el mosto de caña y la levadura de vino produjeron valores más elevados, manteniéndose dentro del rango adecuado para bebidas alcohólicas tipo vino. En cuanto a la acidez total, se observó una variación de 0,21 % a 0,24 %, siendo también la levadura de pan la que generó mayor acidez, aunque sin diferencias estadísticas en interacción con los porcentajes de pectinasa. En relación con los sólidos solubles, se registraron valores entre 9,33 y 10,13 °Brix, destacándose la levadura de vino con los niveles más altos, lo que sugiere una menor conversión de azúcares en comparación con otras levaduras. Finalmente, el contenido alcohólico presentó diferencias significativas, con la levadura de pan generando el menor porcentaje (13,25 %) y la levadura de vino el mayor (13,90 %). Estos hallazgos permiten concluir que el tipo de levadura influye directamente en la dinámica fermentativa, afectando tanto el perfil sensorial como los parámetros fisicoquímicos del producto final.

- El estudio demostró que la adición de pectinasa como clarificante, en concentraciones del 0,2 % y 0,4 %, influyó en parámetros como el pH, la acidez y los sólidos solubles, aunque en la mayoría de casos no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, se observaron tendencias lineales: al aumentar el porcentaje de pectinasa, se incrementó ligeramente el pH (0,0143 unidades) y los sólidos solubles (0,01557 °Brix), mientras que la acidez total mostró una leve disminución (0,0023 %). Estos cambios, aunque sutiles, sugieren una posible acción enzimática sobre las estructuras pectínicas del mosto, lo que podría influir en la liberación de azúcares y modificación del entorno ácido-base del sistema. Además, la acción clarificante de la pectinasa favoreció la sedimentación de sólidos, permitiendo obtener un vino con mayor limpidez y calidad visual, sin afectar significativamente la composición química esencial del producto.

5.2. Recomendaciones

- Para caracterizar adecuadamente el mucílago de cacao CCN-51 en el proceso de obtención de vino de mucílago de cacao, es esencial realizar un análisis bromatológico detallado que permita evaluar sus componentes principales, como sólidos solubles totales, humedad, cenizas, densidad, acidez total, proteínas, lípidos y fibra. Este enfoque permitirá optimizar las condiciones de fermentación y ofrecer un producto final con características sensoriales y nutricionales bien definidas. Además, se recomienda realizar un seguimiento continuo durante el proceso para ajustar los parámetros y asegurar una calidad constante.
- De acuerdo con los resultados de la investigación, el uso de la levadura de vino es recomendable para lograr un mayor contenido alcohólico y una mayor estabilidad en los sólidos solubles, lo que puede mejorar la calidad sensorial del producto final. Si se desea un vino con menor acidez, el mosto de caña es una buena alternativa, ya que presenta el menor nivel de acidez total. En cambio, para obtener bebidas con un pH más bajo, se aconseja emplear levadura de pan.

- Como no se encontraron diferencias significativas en la clarificación del vino entre las concentraciones de 0,2% y 0,4 % de pectinasa, se sugiere emplear la menor cantidad (0,2%) para reducir costos sin afectar la calidad del producto. Además, se sugiere realizar más estudios para determinar si otras concentraciones de pectinasa pueden optimizar la clarificación sin alterar sus pros.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Abonia Cabezas, I. (2024). *Bebida fermentada con mucílago de cacao en colaboración con el cacaocultor del Cauca para su pleno aprovechamiento*. Pontificia Universidad Javeriana Cali .
- Aleixandre-Tudo, J. L., Buica, A., Nieuwoudt, H., Aleixandre, J. L., & Wessel du Toit. (2017). Spectrophotometric Analysis of Phenolic Compounds in Grapes and Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(20).
- Arreola Tostado, J. M., Montoya Jasso, V. M., Arreola Nava, J. M., Castillo Valdez, X., Olivares Arreola, E. A., & Báez Pérez, A. (2020). Efecto de la aplicación de levadura (mosto de caña de azúcar) en la producción y calidad de Agave Tequilana Weber. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6).
- Arteaga-Estrella, Y. (2013). *Estudio del desperdicio del mucílago de cacao en el cantón Naranjal (Provincia del Guayas)*. <http://www.anecacao.com/index.php/es/asistencia-tecnica/articulos-tecnicos.html>
- Arumí Rovira, M. (2019, March 13). *Saccharomyces cerevisiae*. Microbiología Para Humanos. <https://microbiologiaparahumanos.wordpress.com/2019/03/13/saccharomyces-cerevisiae/>
- Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador. (2023). *Historia del Cacao*. Anecacao. <https://anecacao.com/cacao-en-el-ecuador/historia-del-cacao/>
- Badillo Melo, W. A. (2019). *Evaluación del proceso fermentativo de mucílago de cacao (Theobroma cacao L.) CC51 y nacional en combinación con naranja (Citrus sinensis) y carambola (Averrhoa carambola)*. [Universidad Tpenica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/96889170-60f7-484e-9fd0-9c4373ee066b/content>
- Berne. (2021). *¿Qué es la clarificación del vino y cuáles son sus ventajas?* Chateauberne. <https://chateauberne-vin.com/es/blogs/news/definition-collage-vin#:~:text=La%20clarificaci%C3%B3n%20del%20vino>
- Broggi, M. (2023, November 30). *Fermentación alcohólica: levaduras*. Westgarth Wines.
- Cabrera Blanco, O., Patiño Altafuya, J. E. ., Bazurto García, D. L., & Cuello Pérez, M. (2022). Obtención de vino y vinagre a partir del mucílago de cacao (Theobroma Cacao L.) CCN-51. *Universidad Técnica de Cotopaxi* , 9(2), 89–98.
- Cabrera, S., Cuenca, M., & Quicazán, M. (2012). Efecto de la proporción de pulpa en el mosto para la producción de bebida alcohólica de guayaba (Psidium guajava). *Vitae*, 19(1), 246–248.

- Calderón Copa, E. G. (2017). *Evaluación de la calidad química y sensorial de los vinos blancos producidos en Tacna, años 2014 2015*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Calero-Leiva, Y. M., & Moreno-Lazo, Z. M. (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.
- Carbajal Azcona, Á. (2017). *Manual de Nutrición y Dietética*. <https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/>
- Carreras, E. (2019, October 30). *Las 5 características básicas de un vino*. Maset.Com. <https://www.maset.com/es/blog/las-5-caracteristicas-basicas-de-un-vino>
- Carvalho, J. A. (2020). *Tipos de Cacao: Criollo, trinitario y forastero ¿Conoces la diferencia?* Le Vice.
- Cedeño-Coll, E. P., & Dilas-Jiménez, J. O. (2022). Producción y exportación del cacao ecuatoriano y el potencial del cacao fino de aroma. *Qantu Yachay*, 2(1), 8–15. <https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v2i1.17>
- Chóez-Bravo, T. C. (2018). *Vino de cacao: una propuesta novedosa para la utilización de los desechos del cacao*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Contreras Fernández, M. J. (2017). *ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS DE COLOR EN VINOS DE RIBERA DEL DUERO, UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS Y APLICACIONES DE INTERÉS PARA LA INDUSTRIA VINÍCOLA*. Universidad de Burgos.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. (n.d.). *Modelo productivo de cacao*. AGROSAVIA.COM.
- Corporación Financiera Nacional. (2021). *Ficha sectorial cacao y chocolate subgerencia de análisis de productos y servicios*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Cacao.pdf>
- Cortés, A. (2023, August 2). *Brettanomyces, ¿Qué son?* Verema. <https://www.verema.com/blog/verema/1599840-brettanomyces-que-son>
- Coscarón, J. (2024). *Fermentación de la cerveza. ¿Qué hay detrás de este proceso?* AMBAR.
- Cuellar, L. (2015, October 29). *Aclaración de cerveza artesanal con frío*. Cerveza Artesanal. <https://www.cerveza-artesanal.co/aclaracion-de-cerveza-artesanal-con->

frio/#:~:text=Esta%20t%C3%A9cnica%20es%20conocida%20como%20%E2%80%9Ccold%20crashing%E2%80%9D%2C,al%20embotellado%20por%20m%C3%A1s%20de%20una%20semana.&text=Hay%20personas%20que%20combinan%20esta%20t%C3%A9cnica%20con,y%20asentamiento%20de%20part%C3%ADculas%20en%20la%20cerveza.

Enolife. (2022, March 28). *Lachancea thermotolerans, la levadura acidificante que logra vinos más frescos con menos sulfitos*. ENOLIFE. <https://enolife.com.ar/es/lachancea-thermotolerans-la-levadura-acidificante-que-logra-vinos-mas-frescos-con-menos-sulfitos/>

European Cocoa Association. (2022). *Historia del cacao: Cultivo, Comercio y Transporte*. ECA. <https://www.eurococoa.com/es/historia-del-cacao-el-cacao-como-materia-prima/cocoa-story-cultivo-comercio-y-transporte/>

Fernandes Pereira, A. L., Correa Feitosa, W. S., Gonçalves Abreu, V. K., Oliveira Lemos, T., Faria Gomes, W., Narain, N., & Rodrigues, S. (2017). Impact of fermentation conditions on the quality and sensory properties of a probiotic cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) beverage. *Food Research International*, 100, 603–611.

Fernández Escobar, Á. O., Erazo Solórzano, C. Y., Torres Segarra, C. V., Torres Navarrete, E. D., Tuárez García, D. A., & Díaz Ocampo, R. G. (2022). Extraction of hell mucilag of *Theobroma cacao* L. for use in clarification of juices of *Saccharum officinarum*. *Ciencia y Tecnología*, 15(1), 25–23.

Gamero, A., Belloch, C., Ibáñez, C., & Querol, A. (2014). Molecular Analysis of the Genes Involved in Aroma Synthesis in the Species *S. cerevisiae*, *S. kudriavzevii* and *S. bayanus* var. *uvarum* in Winemaking Conditions. *PLoS ONE*, 9(5).

García, M. I., Tigre, A., Domínguez, V., Barragán Vinuesa, U., Guamán, J., Ramón, R., Segura, J., & Bayas Morejón, F. (2018). Elaboration Of An Alcoholic Drink From The Aerobic Fermentation Of Mucilage Of Cocoa (*Theobroma cacao* L.). *RJPBCS*, 9(4), 1375–1380.

Garg, G., Singh, A., Kaur, A., Singh, R., Kaur, J., & Mahajan, R. (2016). Pectinasas microbianas: una herramienta ecológica de la naturaleza para las industrias. *National Library of Medicine*, 6(1). https://pmc-ncbi-nlm-nih-gov.translate.goog/articles/PMC4746199/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge

Goya Baquerizo, M. J. (2013). “Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao, mediante fermentación anaerobia en diferentes tiempos de inoculación”. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ac003d6c-b61a-4f18-85dd-674c7d510d22/content>

- Grieco, F. (2025, March 27). *Influencia de las levaduras no Saccharomyces en la química del vino*. Infowine. <https://www.infowine.com/es/influencia-de-las-levaduras-no-saccharomyces-en-la-quimica-del-vino/>
- Gutiérrez Rodas, M. (2022). Extracción y categorización de un vino a partir de la fermentación del mucílago de cacao. *Universidad Agraria Del Ecuador*, 7(11), 1–17. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>
- Huerta González, I. E. (2006). *Efecto del uso de distintos clarificantes sobre la composición fenólica de vinos de los cultivares cabernet sauvignon y chardonnay*. Universidad de Chile.
- Hutzler, M., Morrissey, J. P., Laus, A., Meussdoerffer, F., & Zarnkow, M. (2023). A new hypothesis for the origin of the lager yeast *Saccharomyces pastorianus*. *FEMS Yeast Research*, 23.
- Jácome-Pilco, C., Mazabanda-Toalombo, R., Merino-Azogue, D., & Patín-Báez, M. (2023). Identificación y cuantificación de levaduras *Saccharomyces Cerevisiae* en la fermentación de mostos de vinos Identification and quantification of *Saccharomyces Cerevisiae* yeasts in the fermentation of wine musts. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4 (1). <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/427>
- Javier. (2022, May 23). *Trasiego, clarificación y filtrado*. De Buena Vid. https://www.debuenavid.es/blog/elaboracion-del-vino/trasiego-clarificacion-filtrado#La_clarificacion_del_vino
- Lalama Mosquera, C. V., & Velasco Muñoz, A. M. (2023). *Evaluación hidrolítica del mucílago de cacao variedad CCN51 para la obtención de alcohol etílico mediante fermentación*. Universidad de Guayaquil.
- Ljevar, A., Ćurko, N., Tomašević, M., Radošević, K., Gaurina Srček, V., & Kovačević Ganić, K. (2016). Phenolic Composition, Antioxidant Capacity and in vitro Cytotoxicity Assessment of Fruit Wines. *Food Technology and Biotechnology*, 54(2).
- Loja Rivera, E. P., & Velasco Patiño, M. G. (2023). *Elaboración de vino a partir del mucílago de cacao CCN-51 con tres tipos de levaduras de la familia Saccharomyces cerevisiae*. Universidad de Cuenca.
- López Narváez, S. P., Guapi Álava, G. M., Guerrón Troya, V. A., Revilla Escobar, K. Y., Aldas Morejon, J. P., & Barzola Miranda, S. E. (2024). Efecto de distintas concentraciones de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) y café (*Coffea arabica*) en la elaboración de una bebida energética. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 4(1).
- Lozano-Moreno, M. S. L. (2020). *Utilización de los subproductos del beneficio del cacao: una revisión*.

- Lucero Méndez, P. D. (2015). *Efecto del uso de levaduras y concentración de °Brix en las características fisicoquímicas y sensoriales de vino de fresa con miel*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras .
- Marqués del Atrio. (2023, August 30). *Así es el proceso de fermentación del vino*. <https://marquesdelatrio.com/blog/vino/fermentacion-vino/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20realiza%20la%20fermentaci%C3%B3n,di%C3%B3xido%20de%20carbono%20y%20calor>.
- Marquéz Siguas, B. M. (2014). *Cenizas y Grasas* [Universidad Nacional de San Agustín]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e8bd5b97-f205-4b7e-bcd6-b34d7ab4fbe2/content>
- Martín, M. C., & Ninago, M. D. (2019). *Nuevos biocatalizadores constituidos por pectinasas libres e inmovilizadas sobre biopolímeros mixtos: Aplicación en el proceso de vinificación*.
- Melo, C. J., & Hollander, G. M. (2013). Unsustainable development: Alternative food networks and the Ecuadorian Federation of Cocoa Producers, 1995–2010. *Journal of Rural Studies*, 32(1), 251–263.
- Mezcal y Agave. (2019). *La Fascinación de los Vinos Fortificados*.
- Micet. (2021, August 14). *¿Qué factores afectan el grado de fermentación de la cerveza?* Micet Craft. https://www.micetcraft.com/es/factores-que-afectan-el-grado-de-fermentacion/#PH_del_mosto
- Morais, R. (2017, September 20). *CLARIFICACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DEL VINO*. Grapes y Grains. <https://www.grapesandgrains.org/2017/09/wine-clarification-and-stabilization.html>
- Nguyen Thi, T. T., Nguyen, T. A., Ho Thị Thu Hòa, & Nguyen Thị Tươi. (2016). A study of wine fermentation from mucilage of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *DALAT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE*, 6(3), 387–397.
- NTE INEN 374. (2016). Bebidas alcoholicas. Vino de frutas. Requisitos. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 1–5.
- Ortiz S, J., Chungara, M., Ibieta, G., Alejo, I., Tejeda, L., Peralta, C., Aliaga-Rossel, E., Mollinedo, P., & Peñarrieta, M. (2019). Determinación de teobromina, catequina, capacidad antioxidante total y contenido fenólico total en muestras representativas de cacao Amazónico Boliviano y su comparación antes y después del proceso de fermentación. *Revista Boliviana de Química*, 36(1), 40–50.
- Pacheco Uribe, D. Y. (2020). *OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHOLICA A PARTIR DEL MUCILAGO DE CACAO EN FINCA DEL URABÁ* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD].

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/39032/dypachecou.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Palacios, A. (2020, June 29). *Brettanomyces: fisiología, enología, prevención y soluciones*. Acenología. https://www.acenologia.com/dossier176_0620/
- Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A. S., & Hatziloukas, E. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiology*, 6(1).
- Pizano Galvez, J. E., & Lugo Cervantes, E. (2022, September 13). *El mucílago de cacao*. CIATEJ. <https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/El-mucilago-de-cacao/289#:~:text=El%20muc%C3%ADlago%20de%20cacao%20es,precursoras%20del%20sabor%20y%20aroma>.
- Puerari, C., Teixeira-Magalhães, K., & Schwan, R. F. (1998). New cocoa pulp-based kefir beverages: Microbiological, chemical composition and sensory analysis. *ScienDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996912001974?via%3Dihub>
- Qi, N., Ma, L., Li, L., Gong, X., & Ye, J. (2017). Production and Quality Evaluation of Pineapple Fruit Wine. *Medio Ambiente Tierra. Ciencia*, 100.
- Quiroz-Vera, J. G. (2009). *Programa de Capacitación en la Cadena del Cacao*.
- Raspuzzi, D. (2020). *Detener la fermentación*. WineMarker. [https://winemakermag-com.translate.google/article/stopping-fermentation?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=La%20forma%20m%C3%A1s%20b%C3%A1sica%20de,C\)%20durante%20un%20tiempo%20prolongado](https://winemakermag-com.translate.google/article/stopping-fermentation?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=La%20forma%20m%C3%A1s%20b%C3%A1sica%20de,C)%20durante%20un%20tiempo%20prolongado).
- Reinoso, H. (2024, May 29). *La Fermentación del vino: Explicación técnica de la fermentación Alcohólica y Maloláctica*. Notas de Catas. <https://notasdecata.pe/blogs/news/la-fermentacion-del-vino-explicacion-tecnica-de-la-fermentacion-alcoholica-y-malolactica#ruffruff-table-of-contents-item-3>
- Ribeiro Dias, D., Freitas Schwan, R., Sena Freire, E., & Dos Santos Serôdio, R. (2007). Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao* L.) pulp. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(3), 319–329.
- Ribéreau Gayon, P., Glories Y, Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of Enology: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments*. Wiley.
- Rivera Cepeda, S. B. (2019). *Propuesta de aplicación del mucílago de cacao para la elaboración de bebidas y postres mediante técnicas de vanguardia*. Universidad de Cuenca.

- Robles Bustamante, A. V., & Mieles Méndez, A. (2022). *Elaboración de Una Bebida a Base de Mucilago del Cacao Mediante Fermentación en el Municipio de Chima – Santander*. 24–26.
- Rodríguez, H. (2021, December 15). *Las levaduras del pan y la cerveza podrían ser clave para producir medicamentos*. National Geographics España.
- Salvatierra Rodríguez, A. E., Ruiz Urroz, B. A., & Zeledón Salinas, J. A. (2023). *Aguardiente a partir del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao) como propuesta de utilidad de los subproductos en la Cooperativa “Jorge-Salazar”, Departamento de Química, UNAN-Managua en el año 2022* [Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/19555/1/19555.pdf>
- Santana, P., Vera, J., Vallejo, C., & Álvarez, A. (2019). *Mucílago de cacao, nacional y trinitario para la obtención de una bebida hidratante*. Universidad, Ciencia y Tecnología. <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/24>
- Shrestha, S., Rahman, S. M., & Qin, W. (2021). New insights in pectinase production development and industrial applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(24), 9069–9087.
- Taleno-Flores, G. del S., & Morales-González, M. A. (2014). *Elaboración de un nuevo producto a base de grano de Cacao obteniendo como producto final Vino en la UNAN-FAREM Chontales, Managua durante el II Semestre del año 2014*. Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua.
- THE FOOD TECH. (2024, October 26). *Aplicaciones de la levadura en la industria de bebidas: fermentación, salud y sostenibilidad*.
- Tipán Tubón, C. C. (2017). *Vino de piña (Ananas comosus L.) con tres concentraciones de miel de abeja en el cantón Quevedo*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Ucha, F. (2008, December). *Definición de Vino*. Significado.Com. <https://significado.com/vino/>
- Ugliano, M., Moine, V., & Massot, A. (2022, February 1). *Influencia de la clarificación prefermentativa en el nivel de consumo de oxígeno, la susceptibilidad a la oxidación y las características electroquímicas*. Infowine.
- Vázquez, H., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *SCIELO*, 4.
- Vega-Tolosa. (2021, April 13). *Azúcar en vino: tipos de vino según su cantidad*. Vegatolosa.Com/.
- Velázquez, R., Zamora, E., Álvarez, M. L., Martínez, A., & Ramírez, M. (2020, April 29). *La levadura Torulaspora delbrueckii como herramienta para mejorar la calidad de*

- los vinos. Interempresas.
<https://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/301768-La-levadura-Torulaspora-delbrueckii-como-herramienta-para-mejorar-la-calidad-de-los-vinos.html>
- Villarroel Bastidas, J. V. (2024). *REVALORIZACIÓN DEL MUCÍLAGO DE DISTINTAS VARIEDADES DE CACAO DE ECUADOR PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y LA SEGURIDAD DE ALIMENTOS* [Universidad de Extremadura].
https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/19057/1/TDUEX_2023_Villarroel_Bastidas.pdf
- VinoConsejo. (2018, December 20). *En qué consisten las etapas finales en la elaboración del vino: clarificación y filtración*. VinoSelección.
<https://www.vinoseleccion.com/blog/actualidad/en-que-consisten-las-etapas-finales-en-la-elaboracion-del-vino-clarificacion-y-filtracion/#:~:text=Podemos%20decir%20que%20la%20filtraci%C3%B3n,la%20calidad%20gustativa%20del%20vino.>
- Viveros-Barber. (2013, March 10). *Clasificación de los vinos: Edad, color, azúcar residual y alcohol*. <https://www.vitivinicultura.net/clasificacion-de-los-vinos.html>
- Waldron, I., & Doherty, J. (2023, July 11). *Alcoholic Fermentation in Yeast – A Bioengineering Design Challenge*. Biology LibreTexts.
- Walker, G. M., & Stewart, G. G. (2016). *Saccharomyces cerevisiae in the Production of Fermented Beverages*. *MDPI*, 4(2).
- Wang, F., Hui, X., Miaomiao, W., Xiaolei, Y., Yi, C., Ling, X., Anzhou, M., Zhongyang, D., Shuhao, H., Bin, Z., & Jingya, Q. (2023). Application of Immobilized Enzymes in Juice Clarification. *Foods*, 12(23).
- Xiao Wei, C., Yujuan, X., Jijun, W., Yuanshan, Y., Bo, Z., & Luli. (2023). Effects of Pectinase Pre-Treatment on the Physicochemical Properties, Bioactive Compounds, and Volatile Components of Juices from Different Cultivars of Guava. *Foods*, 12(2).
- Zamora Cujilema, V., Mariño Brito, G. A., González Gallardo, C. E., Jácome Villacres, M. B., & Beltrán Sinchiguano, E. R. (2018). Estudio de la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles en el proceso de clarificación del vino de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) utilizando cálices frescos. Enfoque UTE. *Enfoque UTE REVISTA*, 9(2), 1–14.
- Zhang, L., Lu, W., Yuan, Y., Wang, X., Zhou, W., Liao, L., & Li, J. (2020). Physicochemical characterization of pineapple peel wine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 546(4).

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos de la elaboración de vino



Anexo 2: *Recepción de la materia prima*



Anexo 1: *Lavado de las mazorcas*



Anexo 4: *Corte longitudinal*



Anexo 3: *Deshuesado del grano de cacao*



Anexo 6: *Extracción del mucílago*



Anexo 5: *Filtración del mucílago*



Anexo 8: *Pasteurización del mosto de mucílago*



Anexo 7: *Enfriamiento del mosto*



Anexo 9: *Activación de las levaduras*



Anexo 10: *Fermentación*



Anexo 12: *Clarificación*



Anexo 11: *Envasado*

7.2. Anexos de los análisis al mucílago y al vino de cacao



Anexo 14: *Análisis del pH del mucílago*



Anexo 13: *Análisis de acidez del mucílago*



Anexo 16: *Análisis de humedad del mucílago*



Anexo 15: *Análisis de grados Brix del mucílago*



Anexo 18: *Análisis de cenizas del mucílago*



Anexo 17: *Análisis de densidad del mucílago*



Anexo 20: *Análisis de pH del vino*



Anexo 19: *Análisis de acidez del vino*



Anexo 22: *Análisis de grados brix del vino*



Anexo 21: *Análisis de cenizas del vino*



Anexo 23: *Análisis sensorial*