



UTEQ

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

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del Grado
Académico de Ingeniero
Agroindustrial.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**“OBTENCIÓN DE AGUARDIENTE DE GUAYABA (*Psidium Guajava*) Y
MACERACIÓN PARA INTENSIFICAR AROMAS Y SABOR”**

Autor:

CARLOS DANIEL VITERI BURGOS

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

QUÍM. LOGUARD SMITH ROJAS URIBE, MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **CARLOS DANIEL VITERI BURGOS**, 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.

CARLOS DANIEL VITERI BURGOS

C.I: 0926119579



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Quím. Loguard Smith Rojas Uribe MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Carlos Daniel Viteri Burgos**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**OBTENCIÓN DE AGUARDIENTE DE GUAYABA (*Psidium Guajava*) Y MACERACIÓN PARA INTENSIFICAR AROMAS Y SABOR**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agroindustrial**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Loguard Smith Rojas
Uribe



Quím. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

El suscrito, **Quím. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**OBTENCIÓN DE AGUARDIENTE DE GUAYABA (*Psidium Guajava*) Y MACERACIÓN PARA INTENSIFICAR AROMAS Y SABOR**”, presentado por el estudiante **Carlos Daniel Viteri Burgos**, egresado 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 del sistema COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 96% y similitud 4%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister		
TESIS FINAL CORREGIDA- CARLOS VITERI - 12-05-25		4% Textos sospechosos 3% Similitudes 0% similitudes entre comillas 0% entre las fuentes mencionadas 6% Idiomas no reconocidos (ignorados)
Nombre del documento: TESIS FINAL CORREGIDA- CARLOS VITERI - 12-05-25.docx ID del documento: 52a2898ff16b1ffc5c930aea94dfe2416f05d9 Tamaño del documento original: 5,25 MB	Depositante: LOGUARD SMITH ROJAS URIBE Fecha de depósito: 12/5/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 12/5/2025	Número de palabras: 22.482 Número de caracteres: 150.256



Loguard Smith Rojas Uribe



Quím. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UTEQ

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“OBTENCIÓN DE AGUARDIENTE DE GUAYABA (*Psidium Guajava*) Y MACERACIÓN
PARA INTENSIFICAR AROMAS Y SABOR”**

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

Aprobado por:

DIEGO
ARMANDO
TUAREZ GARCIA

Fecha: 2025.05.15
18:04:17 -05'00'
Versión de Adobe
Acrobat Reader:
2025.001.20474

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Diego Armando Tuarez García, MSc.

FERNANDA
GERMANIA
TIRIRA CHULDE
Firmado digitalmente por
FERNANDA GERMANIA
TIRIRA CHULDE
Fecha: 2025.05.15 17:23:03
-05'00'

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Fernanda Germania Tirira Chulde, MSc.

GINA
MARIUXI
GUAPI ALAVA
Firmado digitalmente por
GINA MARIUXI
GUAPI ALAVA
Fecha: 2025.05.15
14:12:35 -05'00'

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Gina Mariuxi Guapi Álava, MSc.

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2025

AGRADECIMIENTO

Agradezco, principalmente a Dios, por darme salud, entendimiento y fuerza durante todo este camino de aprendizajes, enseñanzas y retos. A mi idónea, mujer guerrera y valiente, con un amor gigante, por estar en cada momento de mi vida, gracias por ser una madre y esposa dedicada, por caminar juntos de la mano en unión con nuestros hijos.

A mi padre, tus conocimientos fueron puntos claves y de mucha ayuda en todo este proceso, madre querida y amada, gracias por estar en cada momento, por hacer de mi un hombre lleno de sueños, capaz de cumplir todo lo que se propone. A mi familia y amigos, por estar presente y brindar su apoyo.

A mi Institución Educativa, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por darme la oportunidad de superarme y permitirme ser parte de esa inmensa familia llena de docentes que están predispuestos a guiarnos y formarnos como profesionales, compartiendo sus conocimientos y experiencias en cada aula con cada clase impartida.

Quiero expresar mi gratitud a mi director de tesis, el Quím. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc., quien desde el primer momento me dio la confianza para trabajar en el proyecto, al Ing. Ángel Cedeño y al Ing. Erick García por compartir su experiencia y conocimientos conmigo durante la fase experimental de este trabajo, permitiéndome adquirir habilidades que serán de gran utilidad en mi futuro profesional

Y, a mis compañeros de aula, gracias por cada anécdota vivida en clases, por compartir y haber hecho de esta carrera, momentos únicos e inolvidables.

Carlos Daniel Viteri Burgos

DEDICATORIA

Con el corazón lleno de amor, dedico este trabajo de investigación a mi amada esposa Viviana Palma, cuyo apoyo incondicional ha sido mi faro en este camino. A ti, Viví, por cada hora dedicada a mis estudios, por tus palabras de aliento y por creer en mí siempre. A mis hijos Mary, Doménica y Elías, mi motor y mi razón de ser, gracias por su amor infinito y por enseñarme el verdadero significado de la perseverancia.

A mi familia entera, padres, hermanos y sobrinos, por el apoyo incondicional y enseñar que, si se puede, con mucho esfuerzo y constancia.

Carlos Daniel Viteri Burgos

RESUMEN

La guayaba (*Psidium guajava*) es una fruta tropical rica en azúcares fermentables, pero su escaso aprovechamiento industrial limita su valor económico, especialmente en regiones productoras. Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar un aguardiente artesanal a base de guayaba, evaluando el efecto de diferentes levaduras y condiciones de maceración con fruta deshidratada para mejorar sus propiedades sensoriales. El estudio se llevó a cabo en los laboratorios del Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. En una primera fase, se aplicó un diseño factorial 2×3, considerando dos tipos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* y *S. pastorianus*) y tres concentraciones (0,10 %, 0,16 % y 0,26 %), con tres repeticiones por tratamiento. Se evaluaron parámetros como pH, ° Brix y concentración alcohólica del destilado, obteniéndose diferencias significativas entre tratamientos. *S. cerevisiae* mostró el mejor desempeño con una concentración alcohólica de $80,00 \pm 2,04$ % v/v, frente al $70,56 \pm 2,04$ % v/v alcanzado con *S. pastorianus*. En la segunda fase, correspondiente a la maceración, se utilizó un diseño factorial 3×2, con tres concentraciones de guayaba deshidratada (12,5 g, 25 g y 50 g) y dos tiempos de maceración (10 y 20 días), también con tres repeticiones por tratamiento. El tratamiento de 50 g durante 20 días obtuvo la mayor aceptación sensorial (3,72/5), destacándose por su aroma, cuerpo y dulzura. Los resultados demuestran que la combinación de una fermentación eficiente y un proceso de maceración bien estructurado permite obtener un aguardiente de guayaba con calidad organoléptica superior y potencial como producto artesanal con valor agregado.

Palabras claves: Guayaba, Fermentación, Destilación, Maceración.

ABSTRACT

Guava (*Psidium guajava*) is a tropical fruit rich in fermentable sugars, but its low industrial utilization limits its economic value, especially in producing regions. The aim of this research was to develop an artisanal guava-based aguardiente and evaluate the effect of different yeasts and maceration conditions with dried fruit in order to improve its sensory properties. The study was carried out in the laboratories of the “La María” campus of the State Technical University of Quevedo. In the first phase, a 2×3 factorial design was applied, considering two yeast species (*Saccharomyces cerevisiae* and *S. pastorianus*) and three concentrations (0.10%, 0.16% and 0.26%) with three replicates per treatment. Parameters such as pH, °Brix and alcohol concentration of the distillate were evaluated, and significant differences were found between treatments. *S. cerevisiae* showed the best performance with an alcohol concentration of 80.00 ± 2.04 % v/v, compared to 70.56 ± 2.04 % v/v obtained with *S. pastorianus*. In the second phase, corresponding to maceration, a 3×2 factorial design was used with three concentrations of dehydrated guava (12.5 g, 25 g and 50 g) and two maceration durations (10 and 20 days), also with three replicates per treatment. The 50 g, 20-day treatment achieved the best sensory acceptability (3.72/5), and stood out for its aroma, body and sweetness. The results show that the combination of efficient fermentation and a well-structured maceration process results in a guava brandy of excellent organoleptic quality and potential as a high value-added artisanal product.

Key words: Guava, Fermentation, Distillation, Maceration.

INDICE 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
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
CÓDIGO DUBLIN	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1.1. Planteamiento del Problema	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación	7
CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1. Marco conceptual.....	9

2.1.1. La guayaba (<i>Psidium guajava</i>).....	9
2.1.1.1. Origen y distribución	9
2.1.1.2. Taxonomía	9
2.1.1.3. Composición Química de la guayaba	10
2.1.1.4. Producción de la guayaba	11
2.1.1.5. Variedades de guayaba en el Ecuador	11
2.1.2. Polifenoles totales	11
2.1.3. Método de cuantificación de polifenoles.	12
2.1.4. Bebidas alcohólicas.....	12
2.1.5. Clasificación de Bebida Alcohólicas	12
2.1.6. Bebidas Alcohólicas Destiladas	13
2.1.7. Fermentación	14
2.1.8. Variables de la Fermentación Alcohólica	15
2.1.8.1. Grados Brix	15
2.1.8.2. Temperatura y Tiempo de Fermentación.....	15
2.1.9. Levadura	15
2.1.9.1. Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	16
2.1.9.2. Levadura <i>Saccharomyces pastorianus</i>	16
2.1.9.3. Tipo de Levadura.....	16
2.1.9.4. Condiciones para el crecimiento de levaduras	16
2.1.10. Destilación	17
2.1.11. Proceso de destilación.....	17
2.1.12. Tipos de destilación	18
2.1.13. Bebida alcohólica destilada.....	18
2.1.14. El alcohol etílico	19

2.1.15. Aguardiente.....	19
2.1.16. Agua desmineralizada.....	20
2.1.17. Maceración.....	20
2.1.18. Fundamento de la maceración	20
2.1.19. Tiempo de maceración.....	20
2.1.20. Técnicas de maceración.	21
2.3. Marco referencial	21
2.3.1. Antecedentes investigativos.....	21
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	9
3.1. Localización del estudio	25
3.2. Tipo de investigación	25
3.2.1. Investigación Descriptiva.....	25
3.2.2. Investigación Experimental.....	26
3.3. Métodos de la investigación.....	26
3.3.1. Método inductivo	26
3.3.2. Método estadístico	26
3.4. Fuentes de recopilación de información	26
3.4.1. Fuentes primarias	26
3.4.2. Fuentes secundarias	27
3.5. Diseño de la investigación	27
3.5.1. Diseño experimental para el rendimiento en la obtención de etanol en el proceso de fermentación.	27
3.5.2. Factores de estudio.....	27
3.5.3. Tipo de diseño experimental para la maceración.....	29
3.5.4. Factores de estudio.....	29

3.6. Instrumentos de investigación.....	31
3.6.1. Obtención de materia prima.....	31
3.6.2. Procesamiento de las muestras.	31
3.6.3. Determinación de parámetros fermentativos.	32
3.6.4. Extracción de alcohol.....	32
3.6.5. Medición de producción de alcohol en el proceso de fermentación.....	33
3.6.6. Procedimiento experimental para la elaboración del aguardiente	33
3.6.7. Diagrama de flujo de la elaboración de la bebida alcohólica	34
3.6.7.1. Balance de materia.....	35
3.6.8. Análisis físico químicos.....	36
3.6.9. pH.....	36
3.6.10. Grados brix	36
3.6.11. Grados alcohólicos.....	37
3.6.12. Acidez	37
3.6.13. Análisis por Cromatografía de gases (CG-FID)	38
3.6.14. Compuestos fenólicos	39
3.6.15. Parámetros sensoriales.....	39
3.7. Tratamientos de los datos	39
3.8. Recursos humanos y materiales	40
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Composición fisicoquímica y concentración de polifenoles totales de la guayaba.....	42
4.2. Condiciones de fermentación	45
4.3. Grados alcohólicos del Licor de Guayaba Destilado.....	50
4.4. Cepas de levaduras en proceso de fermentación	53
4.5. Efecto de maceración.....	57

4.6. Análisis sensoriales	58
4.6.1. Color	58
4.6.2. Claridad y Brillo	59
4.6.3. Intensidad aroma a guayaba	60
4.6.4. Calidad de aroma	61
4.6.5. Dulzura	63
4.6.6. Cuerpo	64
4.6.7. Percepción alcohólica	65
4.6.8. Equilibrio de sabor	66
4.6.9. Astringencia.....	67
4.6.10. Aceptabilidad Global.....	68
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
5.1. Conclusiones.....	71
5.2. Validación de la hipótesis.....	72
5.3. Recomendaciones	72
CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA	63
6.1. Bibliografía.....	75
CAPÍTULO VII ANEXOS.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la guayaba	9
Tabla 2. Composición Química de la guayaba	10
Tabla 3. Factores de estudio para la obtención de etanol	27
Tabla 4. Combinación de los tratamientos a efectuar en el rendimiento del etanol	28
Tabla 5. Esquema del análisis de varianza para el rendimiento en la obtención de etanol	28
Tabla 6. Factores de estudio para la maceración	29
Tabla 7. Combinación de los tratamientos a efectuar en la maceración.....	29
Tabla 8. Tabla de anova de la maceración.....	30
Tabla 9. Recursos humanos y materiales para la realización del proyecto de investigación ...	40
Tabla 10. Características fisicoquímicas y fenoles totales de la guayaba	42
Tabla 11. Análisis de la varianza de los grados alcohólicos	50
Tabla 12. Análisis estadístico del Factor A	50
Tabla 13. Análisis estadístico del Factor B	51
Tabla 14. Análisis estadístico de la interacción entre los factores A x B.....	51
Tabla 15. Estadística descriptiva por cepa y concentración	53
Tabla 16. ANOVA de tres vías.....	53
Tabla 17. Prueba de Tukey para las comparaciones múltiples.....	54
Tabla 18. Comparación del modelo lineal vs el exponencial	54
Tabla 19. Parámetros estimados del modelo exponencial	55
Tabla 20. Comparación de las medias en Infostat mediante Tukey del atributo de color de la bebida	58
Tabla 21. Comparación de medias del atributo de claridad y brillo mediante la prueba de Kruskal-Wallis.....	59
Tabla 22. Comparación de medias del atributo de intensidad aroma a guayaba mediante la prueba de Kruskal-Wallis	60
Tabla 23. Comparación de medias del atributo calidad de aroma mediante la prueba de Kruskal- Wallis.....	61
Tabla 24. Comparación de medias del atributo de dulzura mediante la prueba de Kruskal-Wallis	63

Tabla 25. Comparación de medias del atributo cuerpo mediante la prueba de Kruskal-Wallis	64
Tabla 26. Comparación de las medias en Infostat mediante Tukey al 0.5% del atributo Percepción alcohólica de la bebida.....	65
Tabla 27. Comparación de medias del atributo equilibrio de sabor mediante la prueba de Kruskal-Wallis.....	66
Tabla 28. Comparación de medias del atributo astringencia mediante la prueba de Kruskal-Wallis.....	67
Tabla 29. Comparación de medias en Infostat mediante Tukey al 0.5% del atributo aceptabilidad global.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma: Proceso de fermentación alcohólica	15
Figura 2. Aparato de destilación fraccionada	19
Figura 3. Ubicación geográfica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Campus “La María”	25
Figura 4. Curva de calibración para la determinación de compuestos fenólicos en guayaba	43
Figura 5. Temperaturas registradas en los diferentes tratamientos durante la fermentación.	45
Figura 6. Valores promedio de pH obtenidos durante la fermentación del aguardiente de guayaba utilizando dos tipos de levadura (L1 y L2).	46
Figura 7. Valores promedio de pH en función de diferentes concentraciones de levadura (C1, C2 y C3) durante la fermentación del aguardiente de guayaba.	47
Figura 8. Valores promedio de pH en función del tipo de levadura (L1 y L2) y su concentración (C1, C2 y C3) durante la fermentación del aguardiente de guayaba.	48
Figura 9. Evolución de los °Brix durante la fermentación del aguardiente de guayaba con diferentes concentraciones de <i>Saccharomyces pastorianus</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proceso de fermentación de guayaba de 6 tratamientos para la obtención de aguardiente.....	83
Anexo 2. Proceso para caracterizar composición fisicoquímica de la guayaba en ° Brix, pH , Acidez y Compuestos fenólicos.	83
Anexo 3. Proceso para determinar compuestos fenoles en la guayaba	84
Anexo 4. Proceso para evaluar las sepas de levaduras en la fermentación	84
Anexo 5. Conteo de levaduras para determinar su uso en el proceso de fermentación	85
Anexo 6. Proceso de fermentación terminada con su respectiva filtración para proceder a la destilación y obtener el aguardiente.	85
Anexo 7. Proceso de destilación fraccionada para la obtención del aguardiente de guayaba...	86
Anexo 8. Aguardiente obtenido por destilación fraccionada	86
Anexo 9. Segundo proceso de destilación para la obtención del aguardiente de guayaba.....	87
Anexo 10. Proceso de dilución que nos permite ajustar la concentración de alcohol al 19 %.	87
Anexo 11. Proceso de concentraciones de guayaba deshidratada para su posterior maceración a 10 y 20 días.....	88
Anexo 12. Proceso de envasado y almacenado.....	88
Anexo 13. Normativa INEN para bebidas alcohólicas.....	89
Anexo 14. Análisis de metanol de la bebida de Guayaba	92
Anexo 15. Ficha de evaluación sensorial - bebida de guayaba macerada.....	93

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Obtención de aguardiente de guayaba (<i>Psidium Guajava</i>) y maceración para intensificar aromas y sabor”			
Autor:	Viteri Burgos Carlos Daniel			
Palabras clave:	Guayaba	Destilación	Fermentación	Maceración
Fecha de publicación:	Mayo, 2025			
Editorial:	Quevedo – UTEQ “La María”, 2025			
Resumen:	La guayaba (<i>Psidium guajava</i>) es una fruta tropical rica en azúcares fermentables, pero su escaso aprovechamiento industrial limita su valor económico, especialmente en regiones productoras. Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar un aguardiente artesanal a base de guayaba, evaluando el efecto de diferentes levaduras y condiciones de maceración con fruta deshidratada para mejorar sus propiedades sensoriales. El estudio se llevó a cabo en los laboratorios del Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. En una primera fase, se aplicó un diseño factorial 2×3, considerando dos tipos de levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> y <i>S. pastorianus</i>) y tres concentraciones (0,10 %, 0,16 % y 0,26 %), con tres repeticiones por tratamiento. Se evaluaron parámetros como pH, ° Brix y concentración alcohólica del destilado, obteniéndose diferencias significativas entre tratamientos. <i>S. cerevisiae</i> mostró el mejor desempeño con una concentración alcohólica de $80,00 \pm 2,04$ % v/v, frente al $70,56 \pm 2,04$ % v/v alcanzado con <i>S. pastorianus</i>. En la segunda fase, correspondiente a la maceración, se utilizó un diseño factorial 3×2, con tres concentraciones de guayaba deshidratada (12,5 g, 25 g y 50 g) y dos tiempos de maceración (10 y 20 días), también con tres repeticiones por tratamiento. El tratamiento de 50 g durante 20 días obtuvo la mayor aceptación sensorial (3,72/5), destacándose por su aroma, cuerpo y dulzura. Los resultados demuestran que la combinación de una fermentación eficiente y un proceso de maceración bien estructurado permite obtener un aguardiente de guayaba con calidad organoléptica superior y potencial como producto artesanal con valor agregado.			
Abstract:	Guava (<i>Psidium guajava</i>) is a tropical fruit rich in fermentable sugars, but its low industrial utilization limits its economic value, especially in producing regions. The aim of this research was to develop an artisanal guava-based aguardiente and evaluate the effect of different yeasts and maceration conditions with dried fruit in order to improve its sensory properties. The study was carried out in the laboratories of the “La María” campus of the State Technical University of Quevedo. In the first phase, a 2×3 factorial design was applied, considering two yeast species (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> and <i>S. pastorianus</i>) and three concentrations (0.10%, 0.16% and 0.26%) with three replicates per treatment. Parameters such as pH, °Brix and alcohol concentration of the distillate were evaluated, and significant differences were found between treatments. <i>S. cerevisiae</i> showed the best performance with an alcohol concentration of 80.00 ± 2.04 % v/v, compared to 70.56 ± 2.04 % v/v obtained with <i>S. pastorianus</i>. In the second phase, corresponding to maceration, a 3×2 factorial design was used with three concentrations of dehydrated guava (12.5 g, 25 g and 50 g) and two maceration durations (10 and 20 days), also with three replicates per treatment. The 50 g, 20-day treatment achieved the best sensory acceptability (3.72/5), and stood out for its aroma, body and sweetness. The results show that the combination of efficient fermentation and a well-structured maceration process results in a guava brandy of excellent organoleptic quality and potential as a high value-added artisanal product.			
Descripción:	113 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

La guayaba (*Psidium guajava*), reconocida por su alto valor nutricional y abundancia en compuestos bioactivos, representa una de las frutas tropicales con mayor proyección agroindustrial en América Latina. Su riqueza en azúcares fermentables, ácidos orgánicos y antioxidantes naturales le otorgan propiedades funcionales que, más allá del consumo en fresco, permiten su aplicación en la elaboración de productos fermentados y destilados de valor agregado (Sosa-Aguirre et al., 2024). No obstante, a pesar de estas cualidades, la producción de guayaba enfrenta un serio desafío poscosecha debido a su alta perecibilidad, lo que conduce a pérdidas significativas y subutilización del fruto, especialmente en zonas donde la transformación industrial aún es incipiente.

Diversos estudios han señalado que, mediante la aplicación de tecnologías de fermentación y destilación, es posible transformar excedentes o frutos de segunda calidad en bebidas artesanales con potencial comercial y buena aceptación sensorial (Chipre Plasencio, 2021). La fermentación alcohólica, cuando es realizada bajo condiciones controladas, permite conservar parte del perfil aromático de la fruta original, mientras que el tipo y concentración de levadura influyen directamente en la eficiencia del proceso y la calidad del alcohol obtenido. Asimismo, la maceración posterior con fruta deshidratada puede aportar mayor complejidad sensorial al producto final, intensificando atributos como el cuerpo, el aroma y el sabor residual.

Además de los beneficios técnicos, esta propuesta se alinea con la necesidad de diversificar la matriz productiva del sector agroindustrial, incorporando alternativas de transformación que fomenten el emprendimiento local, la identidad territorial y el aprovechamiento integral de los recursos disponibles. La elaboración de bebidas destiladas con perfil sensorial diferenciado a partir de frutas tropicales como la guayaba permite abrir nichos de mercado especializados, donde la innovación, la trazabilidad y el origen natural del producto son altamente valorados por los consumidores. En este marco, la presente investigación se planteó como objetivo desarrollar un aguardiente de guayaba con características sensoriales mejoradas, evaluando dos etapas críticas: la fermentación con distintas cepas de levadura y concentraciones, y la posterior maceración con guayaba deshidratada en diferentes dosis y tiempos. Esta propuesta busca dar

valor agregado a una fruta tropical subutilizada, fomentando su transformación artesanal y aportando una alternativa técnica para el fortalecimiento de la agroindustria local.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Planteamiento del Problema

La abundancia de guayaba en muchas provincias de Ecuador no se aprovecha adecuadamente, lo que lleva a su desperdicio. Esta situación tiene un impacto ambiental considerable, ya que la guayaba es una fruta perecible y su descomposición puede contaminar el suelo, alterando su calidad y reduciendo su valor nutricional, componentes esenciales y vitaminas. En Ecuador esta fruta no es muy apreciada, lo que resulta en una producción escasa y en la limitación de productos derivados de la guayaba.

La falta de conocimiento sobre los múltiples usos de la guayaba la hace poco atractiva en los mercados ecuatorianos, incluso para la producción. Por ello, se pretende crear un espacio dedicado a la elaboración de aguardiente de guayaba, abordando todas sus fases: fermentación, destilación y maceración. Este enfoque buscará potenciar el uso de la guayaba en la industria licorera, aprovechando sus propiedades y reduciendo el desperdicio, con el fin de crear un producto innovador que pueda diversificar el mercado y contribuir al desarrollo económico y sostenible del país.

Diagnóstico.

Actualmente la industria licorera en Ecuador no aprovecha todas las variedades de frutas que el país ofrece, una de estas frutas rica en sabor y aroma es la guayaba. La presente investigación tiene como objetivo evaluar la idoneidad de producir aguardiente a partir de guayaba, y explorar la posibilidad de su posterior maceración con la misma fruta. Esta técnica busca devolverle al aguardiente el sabor auténtico de la guayaba que se pierde durante el proceso de destilación.

La guayaba, conocida por su distintivo sabor dulce y su perfil aromático, tiene el potencial de convertirse en una base excelente para un nuevo tipo de aguardiente que podría diversificar y enriquecer la oferta de la industria licorera ecuatoriana. Además, esta investigación no solo se enfoca en el proceso de destilación, sino también en la maceración, una etapa que puede reintroducir los compuestos volátiles y aromas naturales de la guayaba al producto final mejorando así su calidad.

Pronóstico

La falta de estrategias efectivas para incorporar la guayaba en la producción de aguardiente, a través de un análisis detallado de su fermentación y maceración, podría mantener elevados los niveles de desperdicio de esta fruta en Ecuador, acentuando el problema ambiental asociado a su descomposición y contaminación del suelo. Al mismo tiempo, la industria licorera local desaprovecharía la oportunidad de innovar y diversificar su oferta, limitando su competitividad frente a los destilados tradicionales. Sin una optimización técnica adecuada, podrían presentarse dificultades que afectarían la calidad y aceptación del producto, como fermentaciones deficientes que generan compuestos indeseables, la falta de estandarización que complique el cumplimiento de normativas de seguridad y comercialización, o incluso el rechazo del consumidor si no se equilibran adecuadamente los atributos sensoriales del aguardiente. En consecuencia, este producto tendría dificultades para consolidarse como una alternativa viable y sostenible, perpetuando el desaprovechamiento de un recurso agrícola con gran potencial económico, especialmente para los pequeños productores que podrían beneficiarse de su valorización en el mercado.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye el proceso de fermentación y maceración en la obtención de aguardiente de guayaba (*Psidium guajava*) en las características organolépticas del producto final?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál será el método de fermentación más efectivo para producir aguardiente a partir de pulpa de guayaba y lograr un producto de alta calidad?

¿Cuál será el nivel de viabilidad de consumo de aguardiente destilado considerando la presencia de metanol y qué métodos o tratamientos deben utilizarse para garantizar la seguridad del producto?

¿Cuáles serán las características fisicoquímicas para determinar el mejor aguardiente macerado?

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

- Optimizar el proceso para la obtención de aguardiente de guayaba (*Psidium guajava*) y el proceso de maceración para intensificar sus características de aroma y sabor, asegurando un producto de alta calidad.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Caracterizar la composición fisicoquímica de la guayaba (*Psidium guajava*) en madurez comercial (° Brix, acidez, pH, compuestos fenólicos.) para evaluar su potencial en la producción de bebidas alcohólicas.
- Determinar las condiciones de fermentación (temperatura, pH, tipo y concentración de levadura) que maximicen el rendimiento de etanol.
- Evaluar las cepas de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces pastorianus*) para su uso en el proceso de fermentación del aguardiente de guayaba.
- Estudiar el efecto de la maceración con trozos deshidratados de la guayaba (*Psidium guajava*) en las características organolépticas del aguardiente obtenido.

Hipótesis

Hipótesis nula $H_0: \mu_i = \mu_j$.

La optimización del proceso de obtención de aguardiente de guayaba y la maceración no generan mejoras significativas en las características de aroma y sabor del producto final.

Hipótesis alternativa $H_a: \mu_i \neq \mu_j$.

La optimización del proceso de obtención de aguardiente de guayaba y la maceración si generan mejoras significativas en las características de aroma y sabor del producto final.

1.3. Justificación

La obtención de aguardiente a partir de guayaba representa una oportunidad innovadora para diversificar la industria de bebidas alcohólicas mediante el aprovechamiento de frutos tropicales con alto contenido de azúcares y compuestos aromáticos, sumado a que es una fruta accesible y económica en muchas regiones y su uso para la producción de aguardiente podría representar una alternativa rentable y de alto valor añadido para productores locales, este fruto además de su valor nutricional, posee características fisicoquímicas que la hacen ideal para la fermentación y destilación, permitiendo obtener un producto con perfiles sensoriales únicos. Sin embargo, los pocos estudios sobre la optimización del proceso de fermentación y destilación limita su potencial en el mercado, ante esto, investigar la caracterización fisicoquímica de la fruta y las condiciones ideales para maximizar la producción de etanol contribuirá a mejorar la eficiencia del proceso y garantizar un aguardiente de alta calidad, asimismo la evaluación de distintas cepas de levadura permitirá seleccionar aquellas que optimicen la fermentación, asegurando un mayor rendimiento y mejor perfil organoléptico.

Por otro lado, la maceración del aguardiente con trozos deshidratados de guayaba representa una estrategia clave para intensificar sus características de aroma y sabor, diferenciándolo de otros destilados en el mercado, este proceso puede potenciar la identidad sensorial del producto, aumentando su aceptación por parte de los consumidores y generando un valor agregado que favorezca su comercialización a nivel nacional e internacional, el desarrollo de este tipo de productos puede beneficiar a pequeños y medianos productores agrícolas, promoviendo el aprovechamiento integral de la guayaba y reduciendo pérdidas postcosecha, desde el punto de vista científico, este estudio aportará información relevante sobre la aplicación de técnicas de fermentación, destilación y maceración en la industria licorera, contribuyendo al desarrollo de nuevas bebidas con identidad local, por lo que esta investigación no solo tiene un impacto en el ámbito tecnológico y comercial, sino que también fomenta la innovación en la producción sostenible de aguardientes frutales.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. La guayaba (*Psidium guajava*)

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es un cultivo originario de América, que actualmente se encuentra ampliamente difundido en todo el mundo. Perteneciente a la familia de las Myrtáceas y es un árbol frondoso que alcanza entre 5 y 6 metros de altura en promedio. Sin embargo, con podas adecuadas, puede mantenerse por debajo de los 3 metros. Sus tallos jóvenes son angulosos, y sus hojas, que nacen en pares, son de color verde pálido, alargadas y terminan en una punta aguda. Las hojas tienen una longitud de entre 10 y 20 cm y un ancho de hasta 8 cm, con pelos finos y suaves en ambos lados. Presentan una nervadura central prominente y varias nervaduras secundarias visibles a simple vista. Las variedades de guayaba empiezan a producir frutos a los pocos meses de su plantación, tardando solo 4 meses desde la aparición de la flor hasta la cosecha (Yam *et al.*, 2010).

2.1.1.1. Origen y distribución

La guayaba es un fruto más reconocido de la familia de las miráceas, tiene un origen incierto, aunque se cree que se originó en Mesoamérica. Fue introducida por españoles y portugueses a los trópicos del mundo, donde se naturalizó con la ayuda de las aves. Su área ecológica se encuentra principalmente en la franja ecuatorial, con límites que no van más allá de los 30 °C en ambos hemisferios. Desde hace siglos, la guayaba ha sido llevada a África, Asia e India, y en la actualidad se cultiva en más de 50 países de regiones tropicales y subtropicales debido a sus frutos abundantes y nutritivos (Moreno, 2021).

2.1.1.2. Taxonomía

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de la guayaba

Reino:	Plantael
Nombre Científico:	<i>Psidium guajava</i>
Nombres Comunes:	Guayabo, guayaba, goiaba, guava

Reino:	Plantael
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Magnolophyta
Orden:	Myrtales
Familia:	Myrtaceae
Género:	<i>Psidium</i>

Nota: clasificación de la taxonomía de la guayaba (Guallichico-Paucar, 2022)

2.1.1.3. Composición Química de la guayaba

La composición química de la guayaba varía significativamente según la variedad, el estado de madurez y la estación climática. El ecotipo de guayaba de pulpa rosa presenta un contenido de nutrientes en 100 gramos de fruta entera, como se describe en la tabla 2.

Tabla 2.

Composición Química de la guayaba

Nutriente	Valor
Humedad	76.84 g
Ceniza	0.70 g
Vitamina C	177.77 mg
Acidez titulable	0.76 mg
pH	3.95
Taninos	3.87 mg
Sólidos solubles	10.07 ° Brix
Azúcares totales	4.37 g
Azúcares reductores	3.86 g

Nota: la tabla muestra la composición química de la guayaba (Torres, 2010).

Las frutas son una excelente fuente de compuestos antioxidantes, como el ácido ascórbico, los carotenoides, los tocoferoles, los flavonoides y los polifenoles. La guayaba, en particular, destaca por su alta concentración de vitaminas A y C. Además, la guayaba contiene una variedad de polifenoles y otros componentes bioactivos que no solo contribuyen a su sabor y aroma

distintivos, sino que también ejercen poderosos efectos antioxidantes, ayudando a proteger las células del daño oxidativo y promoviendo el bienestar general (Palomino *et al.*, 2009).

2.1.1.4. Producción de la guayaba

La producción de guayaba comienza con la aparición de la flor y dura hasta la cosecha, un proceso que toma aproximadamente cuatro meses. Esta fruta se cultiva en el Oriente Ecuatoriano, en lugares como Tena, Mera, Puyo y Macas, así como en la costa ecuatoriana y la sierra norte. La guayaba se adapta a una amplia gama de suelos desde los más fértiles hasta aquellos con menores nutrientes, lo que la convierte en un cultivo versátil y resiliente (Caiza-Chicaiza, 2019).

2.1.1.5. Variedades de guayaba en el Ecuador

En Ecuador se producen dos variedades de guayaba ampliamente reconocidas:

Guayaba de pulpa rosada.

Presenta una forma redonda y alargada, similar a la de una pera, con cáscara de color amarillo rosado, tamaño pequeño y pulpa de un delicado tono rosado(Aguirre, 2021).

Guayaba de pulpa blanca.

Esta variedad presenta una forma redonda, con cáscara que varía de verde pálido a amarillo, y su pulpa es blanca y cremosa(Aguirre, 2021).

2.1.2. Polifenoles totales

Los polifenoles o fenoles totales son moléculas naturales derivadas del metabolismo de las plantas vegetales, que sintetizan una amplia variedad de compuestos fenólicos con gran importancia dentro de la dieta humana, aunque no son considerados como nutrientes. Químicamente los compuestos fenólicos son grupo muy diverso de moléculas sencillas como los ácidos fenólicos y polímeros complejos entre ellos los taninos condensados. Dichos compuestos son susceptibles a la oxidación, actúan como antioxidantes primarios. En la guayaba los principales polifenoles presentes son: ácido gálico, guavin B, ácido elágico, Epicatequina, entre otros (Guallichico-Paucar, 2022).

Los polifenoles son en parte responsables del color y sabor de los alimentos de origen vegetal y por tanto tienen importancia en la calidad de los mismos. Así, pigmentos como las antocianinas son responsables de los tonos rosas, rojos, azules y violáceos característicos de muchas frutas como fresas, moras, uvas y hortalizas como berenjena, col morada, rábano. Otros flavonoides, las proantocianidinas, son responsables del carácter astringente de algunas frutas como las uvas, arándanos, peras, bayas y bebidas como el vino, sidra, té y cerveza (Bones-Choez, 2024).

2.1.3. Método de cuantificación de polifenoles.

El contenido de polifenoles solubles totales se determina mediante el método Folin & Ciocalteu, cuyo reactivo con el mismo nombre consiste en una mezcla de ácidos fosfomolibdico y fosfotungstico que son reducidos a productos azules por los compuestos fenólicos. Esta reacción ocurre en condiciones alcalinas ($\text{pH} \approx 10$) utilizando carbonato de sodio y es monitoreada por la coloración azul a 760 nm, la cual es proporcional a la concentración de compuestos fenólicos expresada como equivalentes de ácido gálico (GAE) (Mora-Loor *et al.*, 2022).

2.1.4. Bebidas alcohólicas

Las bebidas alcohólicas son aquellas que contienen más de 0,5% de alcohol, obtenidas principalmente por la fermentación de materias primas vegetales como frutas, cereales o zumos, a través de levaduras del género *Saccharomyces*. Dependiendo del tipo de bebida, pueden someterse a procesos adicionales como destilación, rectificación, redestilación, adición o extracción, alcanzando una graduación alcohólica que varía entre 2% y 55% en volumen a 20°C. Su composición incluye etanol y subproductos como gas carbónico, mientras que su sabor y aroma están influenciados por diversos compuestos, entre ellos alcoholes, carbonilos, ácidos orgánicos, ésteres y compuestos azufrados, conocidos colectivamente como congéneres. Estos elementos determinan las características sensoriales de cada bebida, haciendo que cada una posea un perfil único en términos de aroma, cuerpo y complejidad (Chipre-Plasencio, 2021).

2.1.5. Clasificación de Bebida Alcohólicas

Las bebidas alcohólicas pueden clasificarse según el sustrato utilizado o en función de si son destiladas después de la fermentación (Miranda-Cruz, 2017).

- **Bebidas obtenidas por fermentación directa del azúcar del fruto:** incluyen el vino y la sidra, en las cuales los azúcares presentes en la fruta son transformados directamente en alcohol.
- **Bebidas obtenidas por fermentación de los azúcares resultantes de la hidrólisis de productos amiláceos:** como la cerveza, donde los almidones de cereales son descompuestos en azúcares fermentables antes de la fermentación.
- **Bebidas obtenidas por destilación de líquidos fermentados:** conocidas como bebidas espirituosas, en las que el líquido fermentado se somete a un proceso de destilación.

2.1.6. Bebidas Alcohólicas Destiladas

Las bebidas alcohólicas se clasifican según su graduación alcohólica y el tratamiento al que son sometidas(Chipre-Plasencio, 2021).

Aguardientes simples: líquidos alcohólicos obtenidos por la destilación de materias vegetales fermentadas, que conservan características de aroma y sabor. Su graduación alcohólica varía entre 30° y 80°. Según la materia prima utilizada, se distinguen aguardientes de vino, orujo, caña, melazas, frutas, sidra y cereales maltados.

Alcoholes destilados: poseen una graduación alcohólica entre 80° y 96° y se obtienen de diversas materias primas mediante procesos de destilación. Se clasifican en destilados de vino, cereales y orujos.

Alcoholes rectificados: obtenidos por destilación y rectificación de aguardientes y alcoholes destilados, con una graduación superior a 96°. Según la materia prima utilizada, se diferencian en rectificados de vinos, orujos, frutas, cereales y melazas.

Aguardientes compuestos: elaborados a partir de aguardientes simples u otros alcoholes naturales o sus mezclas. Se aromatizan directamente o durante la redestilación, se diluyen con agua y pueden ser añejados, además se puede incorporar mosto, sacarosa o caramelo y su graduación no será inferior a 30°.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que una bebida alcohólica es aquella que contenga entre 2% y 55% de alcohol etílico en volumen. Esta clasificación abarca desde bebidas

fermentadas como la cerveza y el vino, hasta destilados como el ron y el whisky. La graduación alcohólica influye en sus efectos en el organismo y en su regulación (Organización Mundial de la Salud, 2019).

Según la (Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria, 1992). Es la bebida alcohólica obtenida mediante la destilación de una o más frutas carnosas o de mostos de dichos frutos, fermentados o macerados. También puede denominarse Aguardiente de fruta o Aguardiente de seguido del nombre de la fruta o frutas que hayan sido utilizadas en su elaboración.

2.1.7. Fermentación

La fermentación alcohólica es una reacción biológica que transforma azúcares en alcohol y dióxido de carbono. También conocida como fermentación etílica, es un proceso anaeróbico en el que levaduras y ciertos tipos de bacterias presentes en la fruta o residuo correspondiente descomponen químicamente las sustancias orgánicas, dando lugar a cambios químicos en el producto (Orozco, 2010).

El objetivo de la fermentación alcohólica biológica es proporcionar energía a los microorganismos unicelulares, como las levaduras, en ausencia de oxígeno. Para ello, descomponen las moléculas de glucosa y obtienen la energía necesaria para su supervivencia, produciendo alcohol y dióxido de carbono (CO₂) como subproductos de la fermentación (Narvaez-Guerrero, 2020).

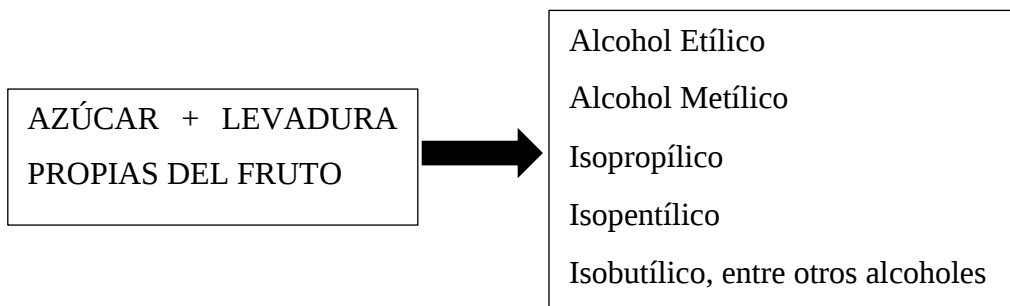
Fórmula del proceso de fermentación: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

Durante el proceso de fermentación, los azúcares se convierten en alcohol etílico y dióxido de carbono (Orozco, 2010).

Los microorganismos unicelulares (levaduras) presentes en las frutas pertenecen al género *Saccharomyces*. De manera simplificada, el proceso de la fermentación alcohólica es:

Figura 1.

Flujograma: Proceso de fermentación alcohólica



2.1.8. Variables de la Fermentación Alcohólica

2.1.8.1. Grados Brix

Se los deben controlar desde la pre fermentación, de acuerdo a la concentración de la levadura, la cual debe estar alrededor de 5 ° Brix. Para medir el Alcohol potencial del mosto, se puede utilizar la formula $Ap = 0.059$ multiplicado por gramos, lo que equivale % volumen = $(0.6757$ por los grados ° Brix). Este proceso tiene dos fases:

Fase 1: Al iniciarse el proceso, se miden los grados Brix antes y después de adicionar la levadura, el mosto debe estar a temperatura ambiente.

Fase 2: Al finalizar la fermentación, es importante medir las condiciones finales del proceso para determinar qué cantidad de azúcar se ha transformado en alcohol.

2.1.8.2. Temperatura y Tiempo de Fermentación.

La temperatura debe mantenerse en un rango de 28 °C a 34 °C. Se recomienda esta temperatura porque, según la bibliografía consultada, una temperatura por debajo de los 28 °C podría afectar negativamente a los microorganismos, mientras que una temperatura superior a los 34 °C puede causar su mortalidad y permitir la proliferación de bacterias no deseadas, esto resultaría en un bajo contenido alcohólico(Chipre Plasencio Teresa Maria, 2021).

2.1.9. Levadura

Las levaduras cumplen un papel fundamental en la elaboración de bebidas alcohólicas, ya que transforman la glucosa y otros azúcares en alcohol en ausencia de oxígeno. Estos

microorganismos unicelulares, a diferencia de los mohos que crecen en la superficie de los productos, las levaduras se desarrollan dentro de los líquidos (Centeno-Satán, 2018).

2.1.9.1. Levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Saccharomyces cerevisiae es la levadura más utilizada a nivel industrial para la producción de etanol debido a sus características destacadas. Es fácil de manipular y recuperar, no requiere condiciones estrictas de cultivo, tiene un costo relativamente bajo y tolera altas concentraciones de etanol. Además, produce pocos subproductos durante la fermentación, es osmotolerante, puede fermentar grandes cantidades de azúcares y mantiene una alta utilidad celular, lo que facilita su reciclaje. También posee propiedades de floculación y sedimentación que optimizan su procesamiento posterior (Sanchez & Coello, 2020).

2.1.9.2. Levadura *Saccharomyces pastorianus*

Saccharomyces pastorianus también conocida como “bottom-fermenting yeast” (levadura de fermentación baja), recibe el nombre porque al finalizar el proceso sedimenta en el fondo del fermentador. Sin embargo, esto no significa que la levadura lager sea más floculante. Por el contrario, *S. pastorianus* es menos floculante que la mayoría de las cepas *S. cerevisiae* y tiende a permanecer en suspensión en el mosto durante mayor tiempo (Sampaolesi, 2020).

2.1.9.3. Tipo de Levadura

En la industria existen dos tipos de levaduras utilizadas: la levadura húmeda o prensada, que se conserva solo por un corto período de tiempo o bajas temperaturas, y la levadura seca que puede almacenarse durante largos períodos bajo condiciones climáticas desfavorables.

La levadura seca ha sido deshidratada, eliminando la mayor parte del agua que contiene, dejando alrededor del 10% de agua en el producto final. Una de sus características favorables es que su poder fermentativo es efectivo a cualquier temperatura, manteniendo sus propiedades naturales. Por esta razón, muchas destilerías utilizan la levadura seca, ya que a escala industrial se ha comprobado que tiene una alta capacidad para reproducirse (Mejía-Barajas *et al.*, 2016).

2.1.9.4. Condiciones para el crecimiento de levaduras

Las condiciones que requieren las levaduras para su desarrollo óptimo (González-Salazar, 2021).

- Nutrientes: Hidratos de carbono, proteínas, vitaminas y sales minerales.
- Humedad: El pH óptimo para las levaduras varía entre 4,5 a 5,0; pero existen levaduras que pueden crecer de 3 a 7,5.
- Temperatura: No son muy resistentes a los cambios de temperatura, el rango adecuado está entre 20 a 30°C, si la temperatura está por debajo de grado de congelación o superior a los 45°C las levaduras mueren.
- Oxígeno: Son anaeróbicas, pueden vivir con o sin presencia de aire.
- Acidez del medio.

2.1.10. Destilación

La destilación es un proceso natural que utiliza variaciones de temperatura para separar uno o más componentes de un líquido. Este método se aplica ampliamente en industrias que refinan petróleo, desalinizan agua y producen licor, cerveza o vino (Rodríguez, 2015). Como operación unitaria basada en el equilibrio líquido-vapor, en la destilación la fase gaseosa contiene una alta concentración de componentes ligeros, mientras que la fase líquida tiene una alta concentración de componentes pesados. El objetivo de este proceso es separar una mezcla para obtener sus componentes con un cierto grado de pureza (Medina-Leaños *et al.*, 2011).

2.1.11. Proceso de destilación

La destilación comienza cuando la mezcla se calienta hasta alcanzar su punto de ebullición, aproximadamente entre 78,5 a 81°C. A esta temperatura el líquido se evapora y pasa a través de un tubo llamado refrigerante o condensador el cual mantienen al vapor a una temperatura muy baja, este vapor se condensa lentamente y se acumula con las sustancias más volátiles del líquido inicial. El líquido antes de destilar se denomina destilando, el líquido después de ser destilado es el residuo o remanente y el que se recoge se llama destilado (Centeno-Satán, 2018).

Para obtener un alcohol apto para el consumo, es esencial separar las fracciones de la destilación: cabeza, corazón y cola. La cabeza, que se destila al inicio, contiene sustancias tóxicas como acetona y metanol, conocidas como "alcohol malo", debido a sus bajos puntos de ebullición (56.6°C y 64.7°C, respectivamente), por lo que todo lo que se destila antes de los 81°C debe ser descartado. Entre 81°C y 91°C se extrae el corazón, la fracción deseada que contiene etanol

("alcohol bueno") junto con compuestos aromáticos del mosto fermentado, haciéndolo apto para el consumo. Finalmente, cuando la temperatura alcanza entre 92°C y 95°C, se obtiene la cola, compuesta por aceites y alcoholes de fusel, los cuales no son tóxicos, pero tienen un sabor desagradable y contribuyen a la resaca, por lo que se eliminan del producto final. (Asclepius-Merlai, 2016).

2.1.12. Tipos de destilación

Según (Muñoz-Pinto, 2016) Siempre que se tenga una mezcla de dos o más componentes que se diferencien suficientemente en sus puntos de ebullición, se podrá separar en sus componentes por destilación. Se pueden distinguir cuatro tipos principales de destilación.

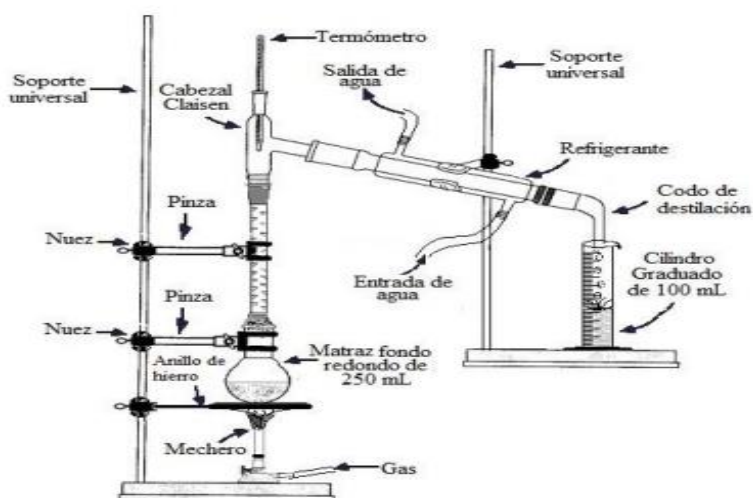
- Destilación simple.
- Destilación por arrastre de vapor.
- Destilación fraccionada.
- Destila con al vacío.

2.1.13. Bebida alcohólica destilada

Las bebidas destiladas, como el coñac, brandy, whisky, ron, ginebra y vodka, son el resultado de eliminar parte del agua contenida en las bebidas fermentadas mediante calor a través de la destilación. El principio básico de este proceso radica en que el alcohol se evapora a 78 grados, mientras que el agua lo hace a 100 grados, lo que resulta en bebidas con mayor contenido alcohólico que las fermentadas (Monereo *et al.*, 2016).

Figura 2.

Aparato de destilación fraccionada



Nota: tomado de (Muñoz, 2016).

2.1.14. El alcohol etílico

El alcohol etílico se encuentra en las bebidas alcohólicas, es una sustancia incolora, de olor agradable, el cual se obtiene mediante la fermentación, y destilación del mosto azucarado, se lo obtiene naturalmente gracias a la acción de levaduras sobre frutas, caña de azúcar, maíz, cenada, sorgo, papa (Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria, 1992).

2.1.15. Aguardiente

El aguardiente es una bebida alcohólica de gran concentración, elaborada mediante la destilación del mosto fermentado de melaza de caña, cereales, orujo (Orozco, 2010). Durante el proceso de fermentación, se producen alcoholes de diferentes longitudes, siendo los más comunes el etanol y el metanol. Se considera al aguardiente como una de las bebidas alcohólicas con una alta concentración, seca o aromática, que resulta de la destilación de mostos o pastas fermentadas, que pueden provenir de granos, caña, entre otros. Dependiendo del lugar de procedencia, el aguardiente recibe diversos nombres, como cañazo, punta, entre otros (Zambrano, 2021).

Según la norma INEN 338, (1992, p. 3), las bebidas alcohólicas como productos aptos para el consumo humano, mediante procesos de fermentación, destilación, preparación o mezcla de procesos, de origen vegetal, excepto productos con fines farmacéuticos.

2.1.16. Agua desmineralizada

El agua desmineralizada, también conocida como agua demi, es aquella de la cual se han eliminado sales y minerales. En la industria de los licores, se emplea para ajustar el contenido alcohólico obtenido tras la destilación, hasta alcanzar el nivel deseado por el fabricante, una vez logrado el porcentaje de alcohol adecuado, se procede al embotellado en recipientes de vidrio transparente, que son ideales para preservar las propiedades organolépticas del producto final (Gutiérrez, 2020)

2.1.17. Maceración

Son bebidas alcohólicas aromatizadas, elaboradas a partir de la mezcla y maceración de frutas o hierbas seleccionadas en alcohol o bebidas de alta graduación. Este proceso permite que los sabores y aromas de los ingredientes se integren profundamente. Después de la maceración, se combinan con azúcares, lo que da como resultado una bebida dulce. Así, se obtiene una bebida que combina las notas naturales de las frutas o hierbas con un toque de dulzura, ofreciendo una experiencia sensorial distintiva (Vera pinto, 2009).

2.1.18. Fundamento de la maceración

La maceración se basa en el movimiento, intercambio y distribución uniforme de sustancias solubles en una mezcla hidroalcohólica. Durante este proceso, las materias primas se extraen y permanecen en la solución hasta alcanzar un punto de equilibrio, que depende directamente de la relación entre el componente y el alcohol en la mezcla y las condiciones de temperatura y tiempo durante la maceración (Pineda, 2019).

2.1.19. Tiempo de maceración

El tiempo de maceración se refiere al período necesario para extraer color y compuestos químicos de interés de los componentes a macerar. En el caso de sólidos gruesos, como cáscaras o cortezas, el tiempo de maceración puede oscilar entre 2 y 30 días, debido a la densidad y

dureza de estos materiales, que necesitan más tiempo para liberar sus compuestos en la solución hidroalcohólica. En cambio, para sólidos delgados, como hierbas u hojas secas, este tiempo varía de 2 a 20 días (Ortiz, 2014).

2.1.20. Técnicas de maceración.

Maceración en frío. Es un proceso en macerar un producto en líquido y dejarlo por un tiempo determinado, así se concentran sabores, aromas y demás características del producto a macerar. Al ser una maceración fría en que solo es agua se extrae todas las propiedades del producto requerido (Sánchez, 2022).

Maceración en calor. Es el mismo proceso que la maceración fría, el tiempo de macerado varía por el tiempo que se mantiene de maceración en frío, al utilizar el calor se acelera el proceso, sin embargo, esta técnica no se obtiene buenos resultados por lo que no extrae completamente las esencias del producto a macerar (Sánchez, 2022)

2.3. Marco referencial

2.3.1. Antecedentes investigativos

Según (Sosa et al., 2024), la fermentación se llevó a cabo utilizando 1 L de pulpa de guayaba, esterilizada e inoculada según lo descrito previamente. Este proceso se realizó a 26 °C en reposo, hasta que más del 90 % de los azúcares reductores fueron consumidos por las levaduras inoculadas. Se tomaron muestras para su análisis cada 72 horas, las cuales fueron sometidas a análisis para evaluar la reducción de azúcares y otros parámetros relevantes, asegurando así la calidad y consistencia del proceso.

Según (Ambindei *et al.*, 2023), se realizaron pruebas de destilación para concentrar el aroma y separar el alcohol del agua; el agua tiene un punto de ebullición de 100 °C y el etanol de 78.5 °C. Se montó un dispositivo de destilación simple y se separó el etanol del mosto fermentado. Después de eso, se realizó la dilución del destilado mediante la adición de vino clarificado no destilado o agua destilada, considerando el contenido alcohólico deseado de 40°. En la muestra diluida con agua destilada, se introdujo una corteza tostada (200 °C durante 5 min) de *Cupressus sempervirens* (ciprés) en el brandy joven. La maduración o envejecimiento se realizó durante seis semanas a 20 °C.

Según los estudios realizados por (Sosa *et al.*, 2024). De acuerdo con el consumo de azúcares y la producción de etanol registrados, la levadura *K. marxianus* presentó una mejor capacidad fermentativa de pulpa de guayaba que la levadura *S. cerevisiae*. Por lo tanto, la fermentación alcohólica con la cepa *K. marxianus* UMPe-1 representa una opción viable para el uso, transformación y valorización de esta fruta.

Según (Cabrera y Cuenca, 2012), se realizaron pruebas para desarrollar una bebida alcohólica variando tres niveles de pulpa (bajo, medio y alto) en el mosto inicial, manteniendo constantes las demás condiciones experimentales (temperatura, tiempo de fermentación y tipo de levadura). Se utilizó Uvaferm BC (*Saccharomyces cerevisiae bayanus*) en las fermentaciones y se monitorearon los sólidos solubles (SS), pH y acidez titulable (AT) a lo largo del proceso. Los resultados indicaron que la cantidad de pulpa no influye significativamente en la velocidad de fermentación. Sin embargo, se observó que un contenido bajo de pulpa proporciona un perfil sensorial más distintivo de la fruta en la bebida, lo cual resultó en una mayor aceptación por parte de los consumidores.

Según (TAIPE, 2016), para la determinación de los parámetros óptimos en la obtención de aguardiente del fruto de guayaba (*Psidium guajava L*), se determinó en la investigación la composición físico-química del fruto de guayaba, concerniente a Sólidos solubles (13.5), pH (4.10), Acidez titulable (2.84) y Densidad (1.085). Estos valores sirvieron como base para optimizar el proceso de destilación y asegurar la producción de un aguardiente de alta calidad.

Según (Téllez *et al.*, 2012), la destilación de las muestras de fermentación se utilizaron matraces de destilación de 1L, cada carga se realizó con 700 ml del medio final de la fermentación (conocido en la industria con el término de mosto muerto) se destiló a una temperatura de 90 °C y se retiraron los primeros 3.0 ml del condensado (fracción referida como "cabezas"). Por cada 700 ml de mosto muerto, se recuperaron 200 ml de ordinario (primera destilación), al ordinario se le determinó la riqueza alcohólica para establecer el volumen a recuperar en la segunda destilación. Los 600 ml de ordinario que se obtuvieron, se destilaron nuevamente a 90 °C, retirándose 3.0 ml y se recuperó el volumen de tequila que resultó después de determinar la riqueza alcohólica en los mostos ordinarios, dependiendo de las combinaciones y la concentración de alcohol en el mosto final.

Durante una investigación Lázaro *et al.*, (2010) iniciaron en el año 2000 con una empresa para la elaboración de licor, para aprovechar la fruta que era poco comercializada por lo cual era desperdiciada y no le daban ningún valor comercial en el mercado. Lleva 15 años produciendo este tipo de licores, la cual consiste en la extracción del fruto y fermentación que es una técnica de proceso químico donde las levaduras al ser agentes naturales actúan contra o atacan a los componentes del licor. Se selecciona las mejores frutas, siendo las de pulpa rosada las más utilizadas por mayor contenido de azúcar.

Según Cerda (1996), “La guayaba es originaria de Brasil, se cultiva en climas tropicales y subtropicales, esta fruta fue introducida a nuestro país, donde ha prosperado adaptándose a diversas condiciones climáticas” (pp. 38-42).

Durante la investigación, se elaboró un licor artesanal a base de guayaba, iniciando con las etapas de molienda, macerado, fermentación, clarificación, preparación del vino y destilación. La guayaba contiene dos compuestos importantes dentro de la elaboración, la pectina y pectina, las cuales favorecen la liberación del zumo que contiene azúcar que ayuda a la fermentación. Durante la etapa se mantuvo una temperatura constante, para su fermentación le agregaron levadura de cepa seleccionada “*saccharomyces cerevisiae*”.

Según (Alcívar-Bravo *et al.*, 2019). El mosto para la fermentación debe tener un grado Brix entre 16° y 20°, ya que si el grado Brix es muy bajo el grado alcohólico será pobre, así también si el los Brix son superiores al límite no permite que los microorganismos actúen correctamente en el líquido azucarado

Según (Guzmán, 2013, p. 12). La temperatura adecuada para que la fermentación de azúcares se realice varía entre 24 y 32 °C, siendo 27° la ideal, pues si la temperatura es muy baja retrasa el tiempo de fermentación o a la vez si excede los 40° de temperatura la levadura deja de actuar y se detiene la fermentación.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los Laboratorios de Biología y Microbiología ubicado en el Campus “La María” de la UTEQ (Cantón Mocache – Recinto San Felipe, Km 7 ½ vía Quevedo - el Empalme, en el cantón Mocache de la Provincia de Los Ríos), cuya situación geográfica es 1°3′24” de latitud sur y 79°25′24” de longitud oeste a una altura de 73 msnm. Todos los análisis físico- químicos serán realizados en el laboratorio de bromatología de la UTEQ.

Figura 3.

Ubicación geográfica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Campus “La María”



Nota: Tomado de (Google Maps, 2023).

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación Descriptiva

La investigación se centró en un enfoque descriptivo, ya que permitió detallar las características físicoquímicas y sensoriales del aguardiente de guayaba obtenido. Mediante la observación y la medición de variables como el grado alcohólico, pH, acidez, compuestos volátiles y aceptación sensorial, se analizaron los cambios que ocurrieron en el producto final en función de las condiciones de fermentación, el tipo de levadura utilizada y el proceso de maceración. De esta manera, se logró describir cómo estos factores influyeron en la calidad del aguardiente,

especialmente en su perfil aromático y sabor, asegurando un producto con características óptimas para su posible comercialización.

3.2.2. Investigación Experimental

Este método fue empleado debido a la manipulación de las variables independientes, como el tipo y porcentaje de levadura utilizada en la fermentación, con el objetivo de evaluar su efecto en las propiedades del aguardiente de guayaba, mediante este enfoque, se determinó con precisión la influencia de cada factor sobre el rendimiento de etanol, la composición química y las características sensoriales del destilado, permitiendo establecer las condiciones óptimas para su producción.

3.3. Métodos de la investigación

3.3.1. Método inductivo

Este método permitió analizar los resultados específicos obtenidos en las pruebas de laboratorio, como la influencia del tipo de levadura y las condiciones de fermentación en la composición química y sensorial del aguardiente de guayaba, a partir de estos análisis, se lograron establecer conclusiones generales aplicables a la optimización del proceso de producción y maceración, con el fin de mejorar la calidad del producto final.

3.3.2. Método estadístico

Los datos obtenidos fueron recopilados, organizados y procesados utilizando el software estadístico InfoStat, lo que permitió una interpretación más precisa de los resultados, este análisis facilitó la identificación clara y visual de las diferencias entre los diversos tratamientos aplicados.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. Fuentes primarias

Las fuentes primarias provienen directamente de la experimentación y recolección de datos propios generados en el proceso experimental.

3.4.2. Fuentes secundarias

Incluyen información previamente publicada en libros, artículos científicos, revistas especializadas, bases de datos académicas, normativas para bebidas alcohólicas y otras que aborden temáticas relacionados con la investigación.

3.5. Diseño de la investigación

Se aplicaron dos diseños experimentales, uno para el rendimiento en la obtención de etanol en el proceso de fermentación, acá se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B, donde el FA (dos tipos de levaduras *S. cerevisiaes* – *S. pastorianu*) y el Factor B (tres concentraciones de levaduras 0,10% – 0,16% – 0.26%), el segundo diseño fue aplicado a la maceración, se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B, donde el Factor B (tres estados de la fruta para maceración: deshidratada 12,5 g, deshidratada 25 g, deshidratada 50 g)) y el Factor B (dos tiempos de maceración: 10 y 20 días) ambos diseños tuvieron tres repeticiones cada una.

3.5.1. Diseño experimental para el rendimiento en la obtención de etanol en el proceso de fermentación.

3.5.2. Factores de estudio

Tabla 3.

Factores de estudio para la obtención de Etanol

FACTORES	NIVELES
FA (Tipo de levadura)	<i>S. cerevisiaes</i> - <i>S. pastorianus</i>
FB (Concentración de levadura g/L)	0,10% – 0,16% – 0.26%

Tabla 4.

Combinación de los tratamientos a efectuar en el rendimiento del etanol

TRATAMIENTOS	COBINACIÓN
T1	<i>S. cerevisiae</i> -0.10%
T2	<i>S. cerevisiae</i> -0.16%
T3	<i>S. cerevisiae</i> -0.26%
T4	<i>S. pastorianus</i> -0.10%
T5	<i>S. pastorianus</i> -0.16%
T6	<i>S. pastorianus</i> -0.26%

Tabla 5.

Esquema del análisis de varianza para el rendimiento en la obtención de etanol

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	F-valor	P-valor
Factor A	SC_A	$(t_a - 1) = 1$	CM_A	F_A	P_A
Factor B	SC_B	$(t_b - 1) = 2$	CM_B	F_B	P_B
Interacción A x B	SC_AB	$(a - 1)(b - 1) = 2$	CM_AB	F_AB	P_AB
Error	SC_Error	$ab(n - 1) = 12$	CM_Error		
Total	SC_Total	$abn - 1 = 17$			

Nota. FA = Tipo de levadura, FB = Concentración de levadura.

ELABORADO: AUTOR

Modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (puede ser rendimiento de etanol, perfil aromático, etc.)

μ = Media general

α_i = Efecto de la i-ésima tipo de levadura

β_j = Efecto de la j-ésima concentración de levadura

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre tipo de levadura y la concentración de levadura

ϵ_{ijk} = Error experimental

3.5.3. Tipo de diseño experimental para la maceración**3.5.4. Factores de estudio****Tabla 6.**

Factores de estudio para la maceración

FACTORES	NIVELES
FA (Cantidad de la fruta para la maceración)	Deshidratada 12,5 g
	Deshidratada 25 g
	Deshidratada 50 g
FB (Tiempo de maceración)	10 días, 20 días

Tabla 7.

Combinación de los tratamientos a efectuar en la maceración

TRATAMIENTOS	COMBINACIÓN
T1	Deshidratada 12,5 g -10 Días
T2	Deshidratada 12,5 g -20 Días

TRATAMIENTOS	COMBINACIÓN
T3	Deshidratada 25 g - 10 Días
T4	Deshidratada 25 g - 20 Días
T5	Deshidratada 50 g - 10 Días
T6	Deshidratada 50 g - 20 Días

Tabla 8.

Tabla de Anova de la maceración.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	F-valor	P-valor
Factor A	SC_A	$(2 - 1) = 1$	CM_A	F_A	P_A
Factor B	SC_B	$(3-1) = 2$	CM_B	F_B	P_B
Interacción A x B	SC_AB	$(2 - 1)(3 - 1) = 2$	CM_AB	F_AB	P_AB
Error	SC_Error	$2*3(3 - 1) = 12$	CM_Error		
Total	SC_Total	$2*3*3 - 1 = 17$			

Nota. FA = Cantidad de la fruta, FB = Tiempo de maceración.

ELABORADO: AUTOR

Modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (características organolépticas)

μ = Media general

α_i = Efecto del i-ésimo cantidad de la fruta

β_j = Efecto del j-ésimo tiempo de maceración

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la cantidad de la fruta y el tiempo de maceración

ϵ_{ijk} = Error experimental

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Obtención de materia prima

La materia prima, guayaba (*Psidium Guajava*) se obtuvo de huertas tradicionales pertenecientes a la provincia de Los Ríos, luego se trasladaron hasta el laboratorio de biología y microbiología, ubicada en el Km 7.5 vía Quevedo – Mocache.

3.6.2. Procesamiento de las muestras.

Para obtener alcohol etílico a partir de guayabas maduras, se inició con la recepción, pesado y lavado de las frutas, seguidas de su pelado, troceado y extracción de la pulpa para facilitar la liberación de azúcares. Se realizó esterilización a 120 °C por 15 minutos en la autoclave. Posteriormente, la preparación del mosto de cada tratamiento se inició mezclando la pulpa (1L), agua (2L) y azúcar (250 G), para inocularse con levaduras tipo *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces pastorianus*. Durante el proceso de fermentación, se realizó un seguimiento controlado de los principales parámetros fisicoquímicos con el objetivo de evaluar la evolución del medio y la eficiencia del proceso. La fermentación tuvo una duración total de 7 días, período en el cual se registraron los siguientes cambios, indicando los datos del mejor tratamiento (T6).

pH: El valor inicial fue de 3.91, descendiendo a 3.24 al finalizar la fermentación. Esta disminución indica una acidificación progresiva del medio, atribuida a la producción de ácidos orgánicos como resultado de la actividad microbiana, principalmente levaduras y/o bacterias ácido-lácticas. El descenso del pH es un indicador favorable de fermentación activa y de generación de condiciones antimicrobianas naturales.

Temperatura: La temperatura inicial fue de 26.5 °C y la final de 27.6 °C. Este ligero incremento térmico es consistente con la generación de calor metabólico propio de los procesos

fermentativos. Las condiciones térmicas se mantuvieron dentro de un rango óptimo para el desarrollo de los microorganismos involucrados.

Grados Brix: El contenido de sólidos solubles (° Brix) presentó una reducción significativa, pasando de 15° a 1°, lo cual evidencia un consumo casi total de los azúcares fermentables. Este resultado confirma la efectividad del proceso fermentativo y sugiere una conversión adecuada de los azúcares en etanol.

Posteriormente, se destiló a 78,5 °C para obtener el alcohol al 90%, luego se procede hacer una dilución con agua para reducir su grado alcohólico al 19 %, luego se incorporó cantidades diferentes de guayaba deshidratada para su maceración entre 10 y 20 días para luego su filtración y finalmente el producto es envasado y almacenado.

3.6.3. Determinación de parámetros fermentativos.

Para determinar los parámetros fermentativos en la producción de alcohol etílico a partir de guayabas, específicamente el pH y la reducción de los grados Brix, se inició con la preparación del mosto de guayaba, seguida de la estabilización inicial para la toma de mediciones de pH y grados Brix antes del inicio de la fermentación, las mediciones fueron realizadas diariamente mediante un potenciómetro calibrado y un refractómetro, con el fin de monitorear los cambios en el pH y la concentración de azúcares, respectivamente, todos los datos fueron registrados de manera sistemática para su posterior análisis estadístico, el cual incluyó pruebas de correlación para evaluar la relación entre la disminución de los grados Brix y los cambios de pH. Se establecieron criterios de finalización de la fermentación basados en valores objetivo de grados Brix o en la estabilización del pH, en caso de detectarse desviaciones significativas, se realizaron ajustes en las condiciones de fermentación según fuera necesario.

3.6.4. Extracción de alcohol

El alcohol fue extraído mediante destilación fraccionada y, en caso de requerirse una mayor pureza, se llevó a cabo una rectificación. El destilado fue filtrado y su concentración ajustada mediante la adición de agua destilada. Finalmente, se realizaron pruebas de laboratorio para asegurar que el alcohol cumpliera con los estándares de calidad, ajustando el proceso según

fuera necesario, este método garantizó la eficacia y reproducibilidad en la producción de alcohol etílico a partir de guayabas.

3.6.5. Medición de producción de alcohol en el proceso de fermentación

Para medir la producción de alcohol durante el proceso de fermentación de guayabas, se estableció un cronograma de muestreo desde el inicio hasta la finalización de la fermentación. Se extrajeron muestras del tanque de fermentación utilizando técnicas asépticas y equipos esterilizados para evitar contaminación. Estas muestras fueron sometidas a un proceso de destilación simple para separar el alcohol etílico, y el volumen de alcohol obtenido fue medido mediante probetas calibradas.

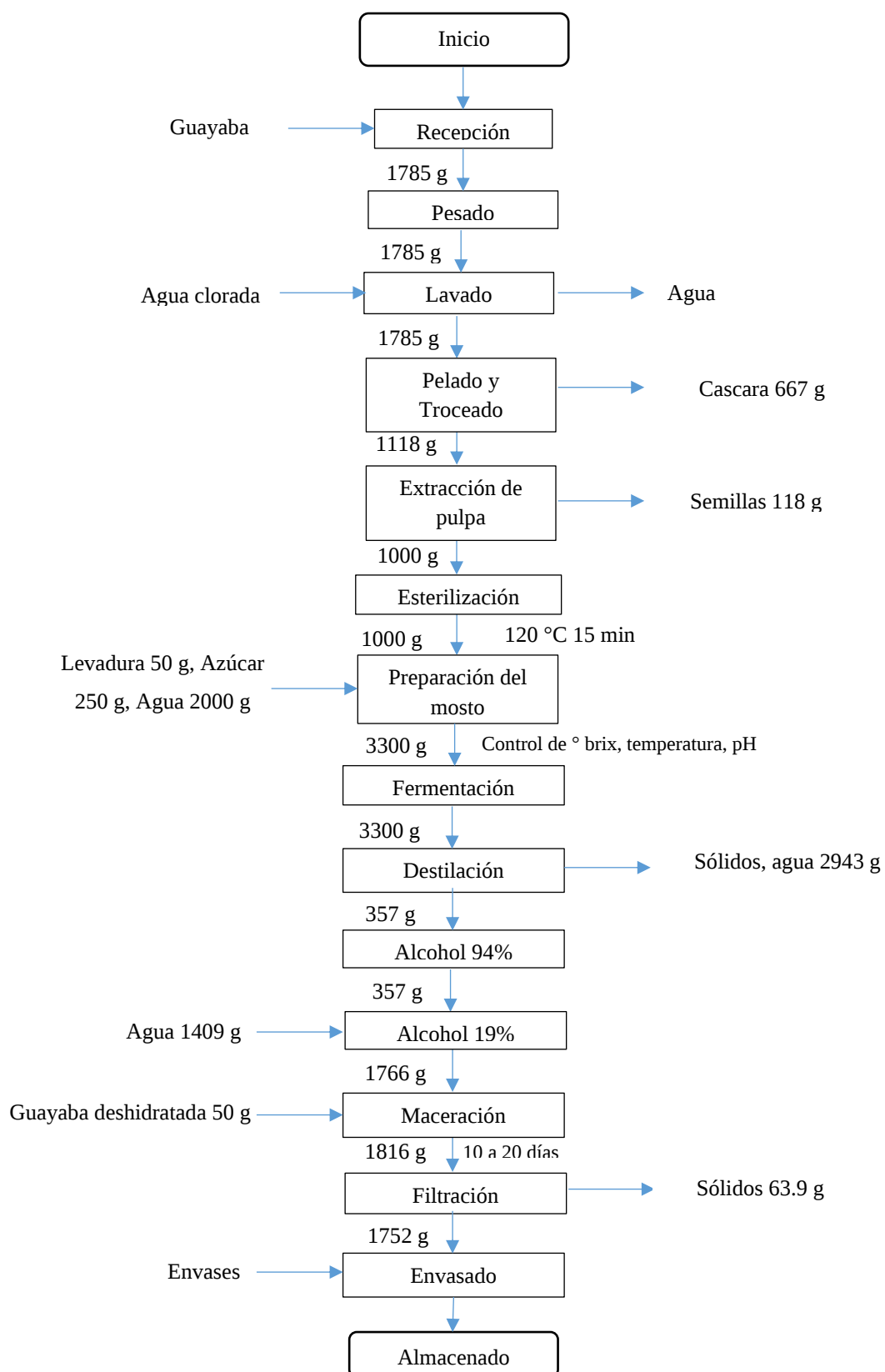
Todos los datos de volumen y las condiciones de cada muestreo fueron registrados en una hoja de cálculo para su posterior análisis estadístico, lo que permitió evaluar la tasa de producción de alcohol y la eficiencia del proceso fermentativo. Con base en los resultados obtenidos, se realizaron los ajustes necesarios en la fermentación para optimizar la producción. Finalmente, se elaboraron informes detallados que incluyeron los resultados de las mediciones, análisis de tendencias y recomendaciones para mejorar futuras fermentaciones.

3.6.6. Procedimiento experimental para la elaboración del aguardiente

1. Se preparó el aguardiente base utilizando las condiciones óptimas determinadas en el experimento anterior.
2. El aguardiente fue dividido en lotes para cada tratamiento.
3. Se prepararon los trozos de guayaba deshidratados.
4. Se inició la maceración según los tratamientos establecidos.
5. Se llevaron a cabo evaluaciones sensoriales.

Este proceso permitió evaluar cómo la cantidad de la fruta deshidratada y el tiempo de maceración afectaron las características organolépticas del aguardiente de guayaba, proporcionó información sobre el tiempo óptimo de maceración para cada tipo de fruta, aspecto crucial para maximizar la calidad del producto final.

3.6.7. Diagrama de flujo de la elaboración de la bebida alcohólica



3.6.7.1. Balance de materia

Para la siguiente investigación se evaluó el rendimiento de la producción de aguardiente de guayaba, considerando los cálculos correspondientes.

Rendimiento de alcohol

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{357 \text{ g}}{3300 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 10.81 \% \text{ de alcohol al } 94\%$$

Dilución para destilado de alcohol del 94% a un 19%

Formula:

C1 = 94 % Inicial

C2 = 19 % Final

V1 = volumen inicial 357 g

V2 = volumen final

$$V2 = \frac{C1 * V1}{C2} = \frac{94 * 357}{19} = 1766 \text{ g}$$

$$V_{\text{agua}} = V2 - V1 = 1766 - 357 = 1409 \text{ g}$$

Rendimiento de alcohol total diluido al 19%

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{1766 \text{ g}}{3300 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 53.5 \% \text{ de alcohol diluido al } 19\%$$

Rendimiento del alcohol total macerado

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{1752 \text{ g}}{3300 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 53.0 \% \text{ de alcohol macerado al } 19\%$$

3.6.8. Análisis físico químicos

En el estudio se aplicaron los siguientes análisis físico químicos:

3.6.9. pH

Para determinar el pH, se efectuó mediante los procedimientos establecidos por la Norma NTE INEN 389 (1985). Utilizando un pH-metro, la muestra se colocó en un vaso de precipitación. Posteriormente, se limpió el electrodo del pH-metro con agua destilada y se sumergió en la muestra durante unos segundos, asegurando que el electrodo no tocara las paredes del recipiente. Los datos obtenidos fueron tomados meticulosamente y luego registrados.

Equipos y materiales

- pH – metro
- Vaso de precipitación

Procedimiento

Se lo determino por el método potenciométrico, con un pH-metro digital, colocando 50 mL de la muestra en un vaso de precipitación, sumergiendo el electrodo del pH-metro en la muestra y esperando que los datos digitalizados en la pantalla del equipo se estabilicen (Bustillos-Sánchez & Cochero-Murillo, 2022).

3.6.10. Grados brix

Se efectuó de acuerdo a lo establecido en la Norma NTE INEN 380 (1985), literal 5, inciso 5.1, para productos líquidos se empleó un refractómetro. La muestra fue previamente

homogeneizada y con ayuda de una pipeta se colocaron dos gotas directamente sobre el prisma del refractómetro, los valores obtenidos se expresaron en grados Brix (° Brix).

Equipo

- Brixómetro

Procedimiento

Para su determinación, se tomó una cantidad específica de muestra en un vaso de precipitado y, posteriormente, se depositaron de 2 a 3 gotas en el brixómetro, asegurando que cubrieran completamente la base de cristal. A continuación, se puso en funcionamiento el equipo y se esperó hasta que la lectura apareciera en la pantalla digital (Moreno, 2021).

3.6.11. Grados Alcohólicos

Equipo

- Destilador
- Matraz aforado
- Alcohólímetro de Gay-Lussac
- Termómetro
- Probeta graduada
- Calentador eléctrico

Procedimiento

Para determinar grados alcohólicos se efectuó en base de la norma técnica ecuatoriana NTC-INEN 340-1994, en la que se indica que el método alcoholimétrico de Gay-Lussac, consiste en realizar una destilación simple de la bebida y medir el contenido de alcohol en el destilado utilizando un alcohólímetro calibrado a 20 °C.

3.6.12. Acidez

La determinación de la acidez se realizó conforme a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 341 (1978), específicamente en el literal 7, inciso 7.2. Para ello, se midieron 50 mL de agua destilada y 10 mL de la muestra utilizando una probeta, y se mezclaron

en un matraz. Posteriormente, se añadieron tres gotas de fenolftaleína como indicador, procediéndose a la titulación con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, agregándola gota a gota bajo agitación constante. El punto final de la titulación se determinó cuando la solución adquirió un color rosa pálido persistente. Finalmente, se efectuaron los cálculos correspondientes de acidez utilizando la ecuación indicada por la norma técnica.

Formula:

$$\% \textbf{Acidez} (\text{ác citrico}) = \frac{[V_{NaOH} * N_{NaOH} * F_{acido} * 100]}{V_{muestra}}$$

Dónde:

V: volumen en mL consumido de solución de NaOH 0.1N.v (mL)

N: normalidad de la solución de NaOH (N)

Fac: factor expresado en gramos del ácido predominante del producto

Vm: peso total de la muestra

3.6.13. Análisis por Cromatografía de gases (CG-FID)

Se analizó el contenido de metanol según como lo indica la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2014 (2015).

Procedimiento

El aguardiente analizado presentó un contenido de metanol de 38,12 mg/100 cm³, con un grado alcohólico inicial del 94%. Posteriormente, se realizó una dilución con agua para ajustar el contenido alcohólico al 19%, lo que redujo la concentración de metanol a 7,7 mg/100 cm³. Este valor se encuentra dentro del límite establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1837 (2016), que permite un máximo de 10 mg/100 cm³, lo que indica que el consumo de esta bebida es seguro. Según Destanoglu y Ateş (2019), el metanol es altamente tóxico en concentraciones elevadas, ya que en el organismo se transforma en formaldehído y ácido fórmico, compuestos que pueden causar depresión del sistema nervioso central y daños severos a la retina. La dosis letal de metanol varía entre individuos, pero se estima que la ingestión de 10 a 20 ml puede provocar efectos adversos en la salud, mientras que cantidades entre 30 y 100 ml pueden resultar mortales.

3.6.14. Compuestos Fenólicos

Equipos

- Reactivo de Folin-Ciocalteu
- Carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 7,5%
- Solución estándar de ácido gálico (Patrón de calibración)
- Espectrofotómetro (longitud de onda 765 nm)
- Pipetas y matraces aforados
- Microtubos o tubos de ensayo
- Agua destilada

Procedimiento

Para este proceso se utilizó el método gálico, se preparó una curva de calibración con ácido gálico en concentraciones de 0 a 100 mg/L, mezclando 0,5 mL de cada solución con 2,5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu diluido (1:10) y 2 mL de carbonato de sodio al 7,5%, incubando 30 minutos en oscuridad. Luego, se trató la muestra de guayaba de la misma manera y se midió la absorbancia a 765 nm en el espectrofotómetro, comparando con la curva de calibración.

3.6.15. Parámetros sensoriales

Para la evaluación sensorial de la bebida destilada de guayaba macerada, se aplicó una encuesta a 25 personas utilizando una ficha estructurada con una escala de 1 a 5 para cada atributo, se evaluaron los parámetros de color, claridad/brillo, intensidad del aroma a guayaba, calidad del aroma, dulzura percibida, percepción alcohólica, equilibrio de sabor, cuerpo, astringencia y aceptabilidad global. Los participantes realizaron la evaluación mediante degustación en condiciones controladas, y los datos obtenidos fueron registrados y tabulados para su análisis estadístico.

3.7. Tratamientos de los datos

En el análisis estadístico se aplicaron modelos adecuados a los diseños factoriales empleados en ambas fases del estudio. En la etapa de fermentación se utilizó un diseño factorial 2×3 , con dos factores fijos: tipo de levadura y concentración de inóculo. En la etapa de maceración se trabajó con un diseño factorial 3×2 , con los factores concentración de guayaba deshidratada y tiempo de maceración. Para los datos cuantitativos se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y

comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 5 %. Para los atributos sensoriales, por tratarse de variables ordinales, se emplearon pruebas no paramétricas, como la prueba de Kruskal-Wallis, seguida de comparaciones múltiples de rangos para identificar diferencias significativas entre tratamientos. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software InfoStat versión 2020.

3.8. Recursos humanos y materiales

Tabla 9.

Recursos humanos y materiales para la realización del proyecto de investigación

Recursos humanos	
Tesista: Carlos Daniel Viteri Burgos	
Tutor: Ing. Rojas Uribe Loguard Smith, Msc	
Colaborador: Ing. Cedeño Moreira Ángel Virgilio, Msc.	
Materia Prima	Reactivos
- Guayabas	- Agua destilada
- <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	- Medio Papa Dextrosa Agar (PDA)
- <i>Saccharomyces pastorianus</i>	
Equipos	Materiales
- Alambique	- Probeta
- Medidor de alcohol(densímetro)	- Matraz
- Balanza	- Vasos de precipitados
- Medidor de pH (pH-metro)	- Pipetas
- Matraz	- Recipientes de plástico de 4 L
- Microscopio	- Placas Petri
- Refractómetro con escala ° Brix	- Cuchillo

ELABORADO: AUTOR

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición fisicoquímica y concentración de polifenoles totales de la guayaba

La caracterización fisicoquímica de la guayaba (*Psidium guajava*) en madurez comercial se realizó midiendo los parámetros de ° Brix, pH, acidez titulable y concentración de compuestos fenólicos, los valores obtenidos se presentan en la tabla 10.

Tabla 10.

Características fisicoquímicas y polifenoles de la guayaba por Folin-Ciocalteu. 1000 ppm

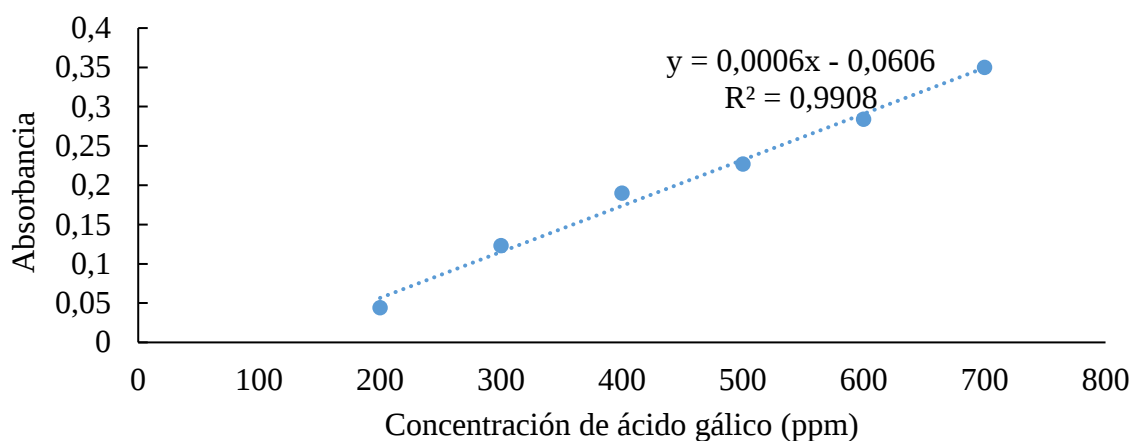
Muestra	° Brix	pH	Acidez (% ácido cítrico)	Concentración de Fenoles Totos
M1	6,4	3,72	0,28	1,005 mg GAE/L
M2	6,5	3,34	0,27	1,019 mg GAE/L
M3	6,2	3,34	0,27	1,035 mg GAE/L

Nota: GAE/L = equivalentes de ácido gálico por litro

En la tabla 10 se reflejan los ° Brix, los cuales presentaron valores entre 6,2 y 6,5, indicando un contenido moderado de azúcares en la guayaba dentro de su madurez comercial, el pH que se obtuvo fue de 3,34 a 3,72, lo que indica un nivel de acidez adecuado para la fermentación alcohólica. Así mismo, la acidez titulable varió siendo el valor más bajo 0,27 y el valor más alto 0,28, lo que contribuye a la percepción sensorial de la fruta y puede influir en el proceso de fermentación. En cuanto a los compuestos fenólicos, las muestras en estudio presentaron concentraciones entre 1,005 mg GAE/L y 1,035 mg GAE/L, valores que indican un buen contenido de metabolitos secundarios, los cuales pueden desempeñar un papel importante en la estabilidad y perfil sensorial de bebidas fermentadas.

Figura 4.

Curva de calibración para la determinación de compuestos fenólicos en guayaba



La relación entre la concentración de compuestos fenólicos y la absorbancia obtenidos a una distancia de onda de 780 nm, fue evaluada mediante una curva de calibración utilizando ácido gálico como patrón, obteniéndose una ecuación de regresión lineal ($y = 0,0006x - 0,0606$) con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,9908, lo que demuestra una excelente linealidad en la determinación de fenoles totales. Estos resultados indican que la guayaba en madurez comercial presenta características fisicoquímicas favorables para su uso en la producción de bebidas alcohólicas, con adecuados niveles de azúcares y compuestos fenólicos que pueden contribuir a la calidad del producto final (Figura 4).

Discusión:

Parámetros como ° Brix, pH, acidez titulable y fenoles son fundamentales para evaluar la calidad y el potencial de la fruta en procesos industriales, como la producción de bebidas alcohólicas; el contenido de ° Brix indica la concentración de azúcares solubles, es ligeramente inferior al reportado en otras investigaciones como la de Lara *et al.*, (2009) que encontraron valores de ° Brix entre 9 y 10 en pulpas de guayaba, esta diferencia podría atribuirse a variaciones en las condiciones de cultivo, la variedad de guayaba o el estado de madurez en el momento de la cosecha. El pH registrado en este estudio es ligeramente bajo que el rango de 3.9 a 4.6 reportado por los autores mencionados, un pH más bajo puede influir en la estabilidad microbiológica y en las características sensoriales del producto final, aspectos cruciales en la elaboración de bebidas fermentadas, respecto a la acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido cítrico,

se encuentra en el rango de 0.27% a 0.28%, valores inferiores a los reportados por Lara et al. (2009), quienes encontraron una acidez entre 0.56% y 0.96%. La acidez es un factor determinante en el sabor y la percepción sensorial de la fruta y sus derivados.

Los resultados obtenidos en el análisis de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu indicaron concentraciones entre 1,005 y 1,035 mgEAG/g de muestra fresca de guayaba. Estos valores reflejan un contenido moderado de compuestos fenólicos en la matriz estudiada y son coherentes con las condiciones experimentales aplicadas, que incluyeron una única extracción en metanol sin ajustes de pH ni fases sucesivas.

Según el estudio realizado por Restrepo-Sánchez *et al.*, (2009), el contenido de polifenoles totales en guayaba roja puede variar ampliamente dependiendo de varios factores, incluyendo el sistema de extracción, la relación extractante/muestra, la temperatura y el número de lavados. En condiciones optimizadas con extracciones múltiples a 50 °C, pH ácido y solventes mixtos (metanol y acetona acuosa)— se alcanzaron valores de hasta 626 mg EAG/100 g de muestra fresca, equivalentes a 6,26 mgEAG/g.

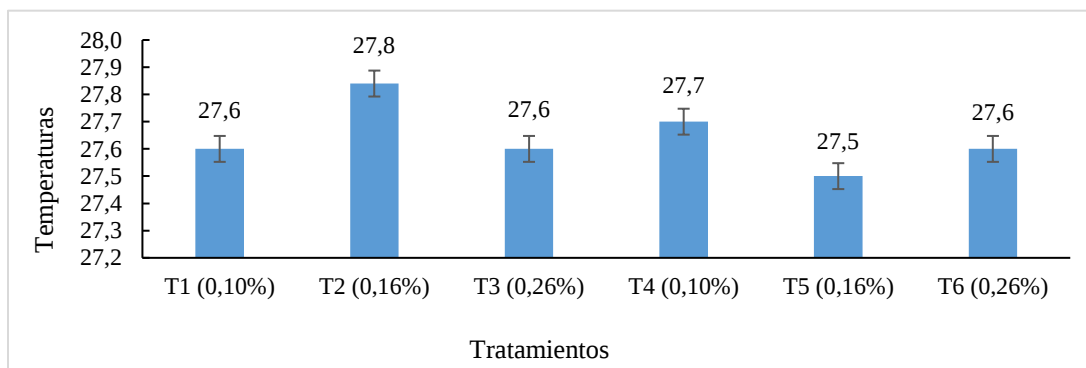
En comparación, las concentraciones obtenidas en este estudio se sitúan en el extremo inferior del rango reportado en la literatura. No obstante, la metodología aplicada es válida para evaluaciones preliminares y de tamizaje de antioxidantes fenólicos, demostrando que la guayaba analizada posee una cantidad medible y consistente de compuestos fenólicos bajo condiciones estándar. Cabe destacar que un aumento en la eficiencia de extracción, como el uso de mezclas de solventes, control de pH y temperatura, podría incrementar significativamente los valores obtenidos (Restrepo-Sánchez *et al.*, 2009).

4.2. Condiciones de fermentación

4.2.1. Temperatura

Figura 5.

Temperaturas registradas en los diferentes tratamientos durante la fermentación.



El tratamiento T2 (0,16%) presentó la temperatura más alta con 27,8°C, seguido de T4 (0,10%) con 27,7°C. Los tratamientos T1 (0,10%), T3 (0,26%) y T6 (0,26%) registraron valores similares de 27,6°C, mientras que T5 (0,16%) tuvo la menor temperatura con 27,5°C. Las diferencias en temperatura pueden estar relacionadas con la actividad metabólica de las levaduras, lo que influye en la eficiencia del proceso fermentativo, la presencia de barras de error indica la variabilidad de los datos, sugiriendo estabilidad en las mediciones (Figura 5).

Discusión

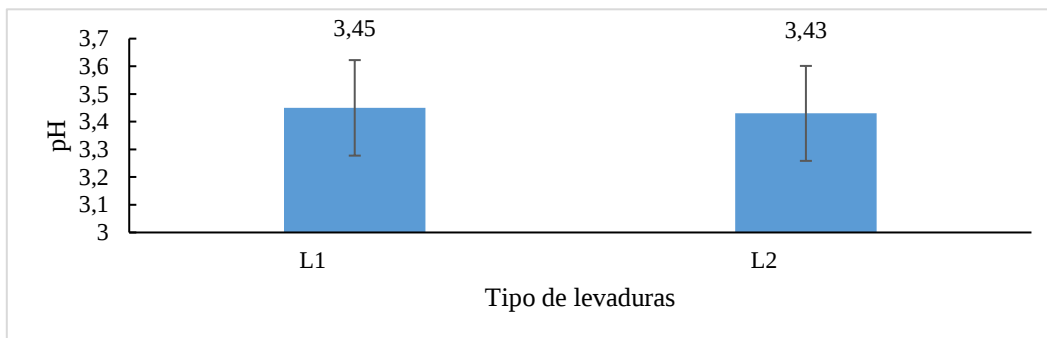
La temperatura es un factor determinante en el proceso fermentativo, ya que influye directamente en la actividad metabólica de las levaduras, afectando el rendimiento y la calidad del etanol producido, en este estudio, se observaron diferencias mínimas en las temperaturas de fermentación entre los tratamientos evaluados, Suarez et al., (2015) menciona que estudios previos han establecido que temperaturas superiores a 28°C pueden inducir estrés térmico en las levaduras, afectando negativamente su viabilidad y rendimiento, por lo tanto, mantener la temperatura de fermentación en un rango óptimo es esencial para evitar la disminución de la eficiencia fermentativa. El estudio de López *et al.* (2012) compararon la eficiencia fermentativa de *Kluyveromyces marxianus* UMPe-1 y *Saccharomyces cerevisiae* Pan1, encontrando que la primera produjo etanol con rendimientos del 94% y 96% en pruebas piloto e industriales, respectivamente, mientras que la segunda mostró rendimientos del 76% y 70%, resaltan la

importancia de un control preciso de la temperatura para garantizar la eficiencia y estabilidad en la producción de aguardiente de guayaba.

4.2.2. pH obtenidos durante la fermentación

Figura 6.

Valores promedio de pH obtenidos durante la fermentación del aguardiente de guayaba utilizando dos tipos de levadura (L1 y L2).



El análisis del pH en función del tipo de levadura utilizada muestra valores similares entre L1 y L2, con una ligera diferencia en los valores medios, L1 presentó un pH promedio de 3.45, mientras que L2 registró un valor de 3.43, con rangos de variabilidad similares según las barras de error representadas en la figura. Esto indica que ambas levaduras mantienen una dinámica de acidificación del medio similar durante el proceso fermentativo, esto que sugiere que la elección entre L1 y L2 en la fermentación del aguardiente de guayaba no afectaría significativamente el control del pH, permitiendo flexibilidad en la selección del inóculo en función de otros parámetros de interés, como la eficiencia de conversión de azúcares o la producción (Figura 6).

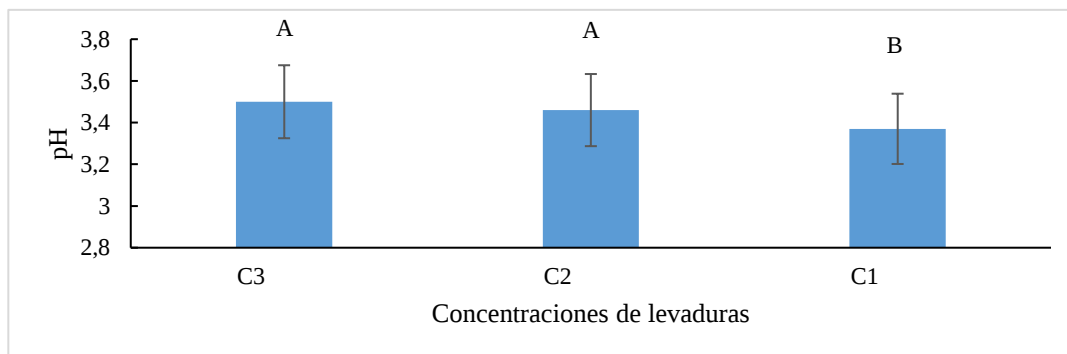
Discusión

El pH es un factor determinante en la fermentación alcohólica, ya que influye en la actividad y viabilidad de las levaduras. Según Suarez et al., (2016) *Saccharomyces cerevisiae* prospera en medios ligeramente ácidos, con un pH óptimo entre 4,5 y 6,5. En el caso específico de la guayaba, Caicedo et al. (2023) observaron que el pH del ensilado de esta fruta se estabiliza alrededor de 3,74 a 3,76 durante la fermentación, lo que sugiere que las levaduras utilizadas pueden adaptarse a este rango ácido, por lo tanto, mantener el pH dentro de estos rangos es esencial para optimizar la eficiencia del proceso fermentativo y garantizar la calidad del producto final.

4.2.3. pH en función de diferentes concentraciones de levadura

Figura 7.

Valores promedio de pH en función de diferentes concentraciones de levadura (C1, C2 y C3) durante la fermentación del aguardiente de guayaba.



La figura 7 muestra los valores promedio de pH en función del tipo de levadura y su concentración durante la fermentación del aguardiente de guayaba. Los tratamientos C3 y C2 presentaron valores de pH similares, alrededor de 3.5, con una variabilidad comparable según las barras de error y sin diferencias significativas entre ellos. En cambio, el tratamiento C1 mostró un valor de pH promedio ligeramente más bajo, alrededor de 3.4, y se observó una diferencia estadísticamente significativa con respecto a los tratamientos C3 y C2. Estos resultados indican que una mayor concentración de levadura no afecta significativamente el pH del medio en comparación con concentraciones intermedias, pero las concentraciones más bajas como C1 podrían tener un impacto en la acidificación del proceso fermentativo. Esto podría deberse a una actividad metabólica diferente en función de la cantidad de inóculo utilizado.

Discusión

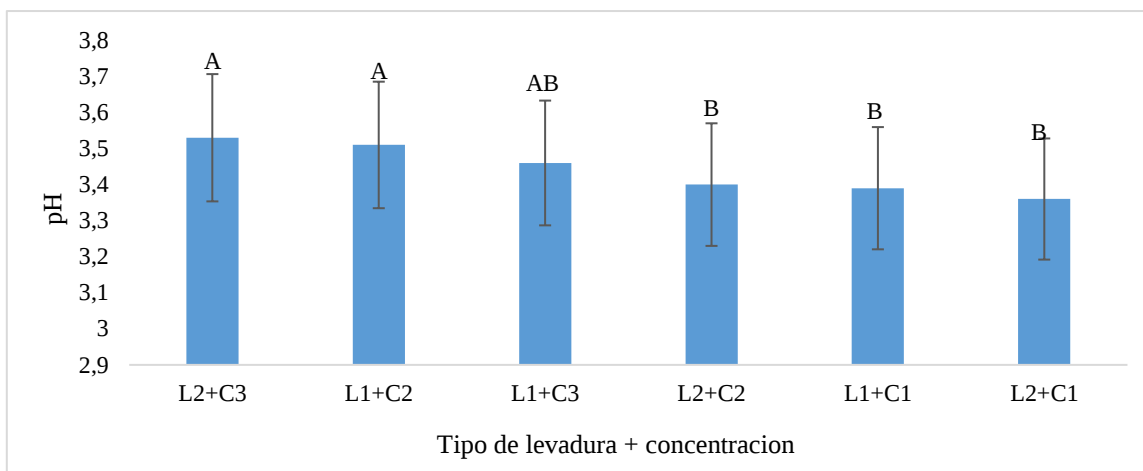
El aumento de la concentración de levadura en el proceso fermentativo del licor de guayaba se reflejó en una mayor producción alcohólica. Esto coincide con el estudio de Nikhanj y Kocher (2015), donde se determinó que el tamaño óptimo del inóculo de *S. cerevisiae* era del 9% (v/v), ya que valores superiores reducen la producción de etanol debido a un mayor consumo de sustrato para el crecimiento celular. De manera similar, en otro estudio sobre la fermentación alcohólica de guayaba, Nikhanj y Kocher (2011) optimizaron la fermentación con un inóculo del 6 al 8% y encontraron que un incremento excesivo de la levadura no siempre se traduce en

mayor producción alcohólica debido a la competencia por nutrientes y la auto inhibición causada por el etanol.

4.3.3. pH en función del tipo de levadura y su concentración

Figura 8.

Valores promedio de pH en función del tipo de levadura (L1 y L2) y su concentración (C1, C2 y C3) durante la fermentación del aguardiente de guayaba.



Se observa diferencias significativas entre los tratamientos, las combinaciones L2+C3 y L1+C2 presentaron los valores de pH más altos que van de 3.51 hasta 3.53, la combinación L1+C3 mostró un valor intermedio de 3.46 lo que sugiere una ligera diferencia respecto a los tratamientos con mayor pH. Por otro lado, las combinaciones con menor concentración de levadura (L2+C2, L1+C1 y L2+C1) presentaron valores de pH más bajos, alrededor de 3.3 hasta 3.4, estos resultados indican que tanto el tipo de levadura como la concentración influyen en la estabilidad del pH durante la fermentación, donde mayores concentraciones tienden a mantener un pH más elevado (Figura 8).

Discusión

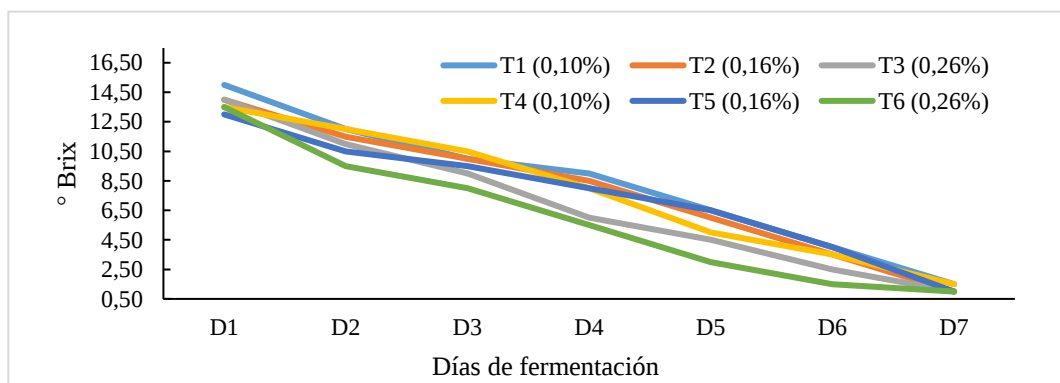
Aunque la interacción entre el tipo de levadura y la concentración resultó significativa en diferentes niveles de pH, diversos estudios han señalado que la combinación de levaduras no convencionales con *S. cerevisiae* puede potenciar la fermentación, Sosa-Aguirre *et al.* (202) evaluaron el uso de *Kluyveromyces marxianus* en la fermentación alcohólica de guayaba y encontraron que, si bien esta levadura produce menos etanol que *S. cerevisiae*, aporta compuestos aromáticos beneficiosos para el perfil sensorial del producto final. Estos hallazgos

sugieren que, aunque *S. cerevisiae* es la mejor opción en términos de rendimiento alcohólico, la combinación con otras levaduras puede mejorar las propiedades organolépticas del licor de guayaba.

4.3.4. Grados Brix durante la fermentación del aguardiente con diferentes concentraciones de dos especies de levaduras

Figura 9.

*Evolución de los ° Brix durante la fermentación del aguardiente de guayaba con diferentes concentraciones de *Saccharomyces pastorianus* y *Saccharomyces cerevisiae*.*



Durante la fermentación los valores de ° Brix disminuyeron gradualmente en todos los tratamientos, reflejando el consumo de azúcares debido a la actividad fermentativa de *Saccharomyces pastorianus* y *Saccharomyces cerevisiae*. En los primeros tres días, los tratamientos con menor concentración de levadura (T1: 0,10%, T2: 0,16%, T4: 0,10% y T5: 0,16%) presentaron valores de ° Brix más elevados, mientras que los tratamientos con mayor concentración (T3: 0,26% y T6: 0,26%) mostraron una reducción más rápida de los sólidos solubles. Desde el cuarto día, los tratamientos con mayor concentración de levadura continuaron disminuyendo rápidamente, alcanzando 2,5 ° Brix al día siete, lo que sugiere una fermentación más acelerada, al finalizar la fermentación todos los tratamientos convergieron a valores similares, indicando que una mayor concentración de levadura acelera la conversión de azúcares en las primeras etapas (Figura 9).

Discusión

Durante la fermentación alcohólica, la disminución de los grados ° Brix refleja el consumo de azúcares por las levaduras. Según Díaz y Alarcón (2020), una mayor concentración de inóculo acelera esta reducción en las primeras etapas, en este estudio, los tratamientos con mayor concentración de levadura mostraron una caída más rápida en ° Brix, lo que coincide con los hallazgos de Moreno (2021) en la fermentación del zumo de melón, al finalizar, todos los tratamientos convergieron a valores similares, indicando que la conversión total de azúcares se completa al término del proceso, independientemente de la concentración inicial de levadura.

4.3. Grados alcohólicos del Licor de Guayaba Destilado

Tabla 11.

Análisis de la varianza de los grados alcohólicos

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	808,28	5	161,66	4,32	0,0177
Factor A	401,39	1	401,39	10,72	0,0067
Factor B	404,78	2	202,39	5,41	0,0212
Interacción A × B	2,11	2	1,06	0,03	0,9723
Error	449,33	12	37,44	-	-
Total	1257,61	17	-	-	-

Tabla 12

Análisis estadístico del Factor A

a	Medias	n	E.E.	
a1	70,56	9	2,04	A
a0	80	9	2,04	B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 13.*Análisis estadístico del Factor B*

b	Medias	n	E.E.	
b0	70	6	2,5	A
b1	74,33	6	2,5	AB
b2	81,5	6	2,5	B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Tabla 14.***Análisis estadístico de la interacción entre los factores A x B*

a	b	Medias	n	E.E.	
a1	b0	65,67	3	3,53	A
a1	b1	69,67	3	3,53	A
a0	b0	74,33	3	3,53	AB
a1	b2	76,33	3	3,53	AB
a0	b1	79	3	3,53	AB
a0	b2	86,67	3	3,53	B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los resultados del ANOVA muestran que el modelo tiene una significancia estadística global ($p = 0,0177$), con un coeficiente de determinación R^2 de 0,64 y un R^2 ajustado de 0,49, lo que indica que aproximadamente el 49% de la variabilidad en los grados alcohólicos se explica por los factores estudiados.

El efecto del tipo de levadura (Factor A) es significativo ($p = 0,0067$), con un valor F de 10,72. Esto indica que existe una diferencia estadística en la producción de alcohol entre *S. pastorianus* (a1) y *S. cerevisiae* (a0). La prueba de Tukey revela que *S. cerevisiae* genera un mayor contenido alcohólico ($80,00 \pm 2,04$) en comparación con *S. pastorianus* ($70,56 \pm 2,04$), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

El efecto de la concentración de la levadura (Factor B) también es significativo ($p = 0,0212$). Se observa una tendencia creciente en los grados alcohólicos conforme aumenta la concentración de levadura. La prueba de Tukey muestra que la concentración más baja (C1, 0,10%) produce

un menor contenido alcohólico ($70,00 \pm 2,50$), mientras que la concentración más alta (C3, 0,26%) genera los mayores valores de alcohol ($81,50 \pm 2,50$), con diferencias significativas entre C1 y C3.

El análisis muestra que la interacción entre el tipo de levadura y la concentración no es significativa ($p = 0,9723$). Esto implica que el efecto de la concentración de levadura sobre los grados alcohólicos no depende del tipo de levadura utilizada. Sin embargo, la prueba de Tukey indica que el mayor rendimiento alcohólico ($86,67 \pm 3,53$) se obtiene con *S. cerevisiae* a la concentración C3 (0,26%), mientras que la combinación de *S. pastorianus* con C1 (0,10%) produce los menores valores de alcohol ($65,67 \pm 3,53$).

Discusión

Efecto del Tipo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* vs. *Saccharomyces pastorianus*), los resultados obtenidos indican que *S. cerevisiae* genera un mayor contenido alcohólico que *S. pastorianus* en la fermentación del licor de guayaba. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Nikhanj y Kocher (2015), quienes utilizaron *S. cerevisiae* MTCC 11815 para la producción de vino de guayaba y encontraron que esta cepa logró una producción de etanol del 13,8% (v/v) en seis días de fermentación.

Por otro lado, *S. pastorianus* es una levadura lager tradicionalmente empleada en la fermentación de cervezas a temperaturas más bajas, lo que puede explicar su menor eficiencia en la producción de etanol en este estudio. En la revisión de Kocher y Nikhanj (2011), se menciona que el rendimiento de etanol de *S. cerevisiae* en fermentaciones de guayaba puede optimizarse con ajustes en la concentración de inóculo y temperatura, lo cual es clave para su superioridad frente a otras cepas.

4.4. Cepas de levaduras en proceso de fermentación

Tabla 15.

Estadística descriptiva por cepa y concentración

Tratamiento	Media	DE	Min	Max
S. cerevisiae 0.10%	438.57	267.94	138	862
S. cerevisiae 0.16%	478.71	284.11	140	923
S. cerevisiae 0.26%	734	409.61	225	1335
S. pastorianus 0.10%	109.71	61.27	37	207
S. pastorianus 0.16%	259.57	123.96	106	456
S. pastorianus 0.26%	410.71	265.93	120	795

Tabla 16.

ANOVA de tres vías

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Valor p
Cepa	1	2247218.27	2247218.27	8185.90	<0.001
Concentración	2	965842.19	482921.10	1759.40	<0.001
Día	6	1871032.48	311838.75	1135.89	<0.001
Cepa: Concentración	2	51233.77	25616.89	93.31	<0.001
Cepa: Día	6	178690.86	29781.81	108.48	<0.001
Concentración: Día	12	48235.29	4019.61	14.64	<0.001
Cepa: Concentración: Día	12	13857.02	1154.75	4.21	<0.001
Residuos	30	8236.12	274.54		

Tabla 17.*Prueba de Tukey para las comparaciones múltiples*

Comparación	Diferencia	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado
<i>S. cerevisiae</i> vs <i>S. pastorianus</i>	347.18	328.91	365.45	<0.001
0.26% vs 0.16%	245.73	222.95	268.51	<0.001
0.26% vs 0.10%	339.48	316.70	362.26	<0.001
0.16% vs 0.10%	93.75	70.97	116.53	<0.001
Día 1 vs Día 7	519.33	483.07	555.59	<0.001
Día 1 vs Día 4	274.83	238.57	311.09	<0.001
<i>S. cerevisiae</i> : 0.26% vs <i>S. pastorianus</i> : 0.26%	418.43	388.11	448.75	<0.001
<i>S. cerevisiae</i> : 0.16% vs <i>S. pastorianus</i> : 0.16%	298.57	268.25	328.89	<0.001
<i>S. cerevisiae</i> : 0.10% vs <i>S. pastorianus</i> : 0.10%	324.55	294.23	354.87	<0.001

Tabla 18.*Comparación del modelo lineal vs el exponencial*

Tratamientos	Descripción	R² Modelo Lineal	R² Modelo Exponencial
T1	<i>S. cerevisiae</i> 0.10%	0.927	0.984
T2	<i>S. cerevisiae</i> 0.16%	0.925	0.979
T3	<i>S. cerevisiae</i> 0.26%	0.931	0.977
T4	<i>S. pastorianus</i> 0.10%	0.924	0.993
T5	<i>S. pastorianus</i> 0.16%	0.931	0.986
T6	<i>S. pastorianus</i> 0.26%	0.936	0.989

Tabla 19.*Parámetros estimados del modelo exponencial*

Tratamiento	Descripción	Intercepto (β_0)	Pendiente (β_1)	Error estándar β_1	Valor p
T1	<i>S. cerevisiae</i> 0.10%	6.896	-0.292	0.022	<0.001
T2	<i>S. cerevisiae</i> 0.16%	6.979	-0.300	0.026	<0.001
T3	<i>S. cerevisiae</i> 0.26%	7.355	-0.285	0.026	<0.001
T4	<i>S. pastorianus</i> 0.10%	5.491	-0.276	0.014	<0.001
T5	<i>S. pastorianus</i> 0.16%	6.217	-0.235	0.017	<0.001
T6	<i>S. pastorianus</i> 0.26%	6.808	-0.300	0.019	<0.001

La Tabla 15 muestra la estadística descriptiva de la fermentación según la cepa de levadura y su concentración, *Saccharomyces cerevisiae* presentó valores de media más altos en todas las concentraciones, alcanzando un valor de 1335 como media máxima en 0,26%, en contraste, *Saccharomyces pastorianus* registró menores valores medios, con 109,71 en media mínima en 0,10%, la desviación estándar fue mayor en *S. cerevisiae*, indicando mayor variabilidad.

La Tabla 16 muestra el ANOVA de tres vías para el efecto de la cepa, la concentración de levadura y el tiempo de fermentación en la variable de respuesta. Se observa que los tres factores principales (cepa, concentración y día) tienen efectos altamente significativos ($p < 0.001$), indicando que influyen en la fermentación, las interacciones Cepa $\times$ Concentración, Cepa $\times$ Día y Concentración $\times$ Día también son significativas, lo que sugiere que los factores no actúan de manera independiente. La interacción Cepa $\times$ Concentración $\times$ Día presentó un efecto menor pero significativo ($p < 0.001$), reflejando una influencia combinada en la fermentación.

La Tabla 17 presenta los resultados de la prueba de Tukey para comparaciones múltiples, evaluando diferencias significativas entre las variables analizadas. Se observa que la cepa *Saccharomyces cerevisiae* mostró diferencias significativas con *Saccharomyces pastorianus* (diferencia = 347.18, $p < 0.001$), las comparaciones entre concentraciones de levadura reflejan diferencias significativas, destacando la mayor diferencia entre 0.26% vs. 0.10% (339.48, $p <$

0.001). En términos de tiempo, se evidencia una variación significativa entre Día 1 y Día 7 (519.33, $p < 0.001$). Todas las comparaciones muestran p-valores < 0.001 , confirmando diferencias estadísticamente significativas en los factores analizados.

La Tabla 18 muestra la comparación del modelo lineal y el modelo exponencial en función del coeficiente de determinación (R^2) para cada tratamiento de fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces pastorianus*. En todos los casos, el modelo exponencial presentó un R^2 mayor en comparación con el modelo lineal, indicando un mejor ajuste de los datos, el tratamiento con *S. pastorianus* al 0,10% (T4) mostró el mayor R^2 en el modelo exponencial (0.993), mientras que el menor valor se observó en *S. cerevisiae* al 0,26% (T3) con 0.977. Estos resultados sugieren que el comportamiento de la fermentación sigue mejor un patrón exponencial que lineal.

La Tabla 19 presenta los parámetros estimados del modelo exponencial, incluyendo el intercepto (β_0), la pendiente (β_1), el error estándar y el valor p para cada tratamiento de fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces pastorianus*. Se observa que el tratamiento con *S. cerevisiae* al 0,26% (T3) tuvo el mayor intercepto (7.355), mientras que *S. pastorianus* al 0,10% (T4) presentó el menor intercepto (5.491). Todas las pendientes (β_1) fueron negativas, indicando una disminución en la variable analizada a lo largo del tiempo, los valores p (< 0.001) en todos los tratamientos confirman que los coeficientes son estadísticamente significativos dentro del modelo.

Discusión

El análisis revela que la cepa de levadura, su concentración y el tiempo de fermentación influyen significativamente en la producción de aguardiente de guayaba. *Saccharomyces cerevisiae* mostró mayor eficiencia fermentativa, logrando una reducción más rápida de sólidos solubles y una mayor producción de etanol en comparación con *Saccharomyces pastorianus*. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Ruiz-Marín *et al.* (2016), quienes demostraron la capacidad de *S. cerevisiae* para producir etanol de manera eficiente a partir de residuos orgánicos, resaltando su versatilidad en diferentes sustratos. Además, la concentración de levadura y el tiempo de fermentación presentaron interacciones significativas, sugiriendo que una mayor concentración de levadura acelera la fermentación, pero el tiempo óptimo debe

ajustarse para evitar la producción de compuestos indeseados. Suárez-Machín *et al.* (2015) señalaron que la selección adecuada de la cepa de levadura y su concentración impactan directamente en la calidad del producto final, afectando el perfil aromático y la estructura del destilado.

Por otro lado, el análisis del ajuste del modelo lineal y exponencial mostró que el modelo exponencial tiene un mejor coeficiente de determinación (R^2) en todos los tratamientos, lo que sugiere que el comportamiento de la fermentación sigue un patrón no lineal. Rodríguez y Martínez (2009) destacaron que el crecimiento y metabolismo de las levaduras en medios fermentativos pueden describirse mejor mediante modelos exponenciales debido a su comportamiento en la conversión de azúcares en etanol. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para optimizar la producción de aguardiente de guayaba, alineándose con prácticas enológicas que buscan equilibrar eficiencia y calidad.

4.5. Efecto de maceración

El proceso de maceración con trozos de guayaba se evaluó en seis tratamientos con diferentes cantidades de fruta y tiempos de maceración, específicamente: 12,5 g en 10 y 20 días, 25 g en 10 y 20 días, y 50 g en 10 y 20 días. Se observó que el aumento en la cantidad de guayaba y el tiempo de maceración influirán significativamente en la intensificación del aroma y sabor del aguardiente. El tratamiento 6 (50 g por 20 días) resultó ser el más efectivo, logrando una mayor concentración de compuestos aromáticos y un perfil sensorial más intenso y equilibrado. En segundo lugar, el tratamiento 3 (25 g por 10 días) también mostró una mejora notable en las características organolépticas, aunque con menor intensidad que el tratamiento 6. Estos resultados indican que la maceración prolongada con una mayor cantidad de guayaba optimiza la transferencia de compuestos responsables del aroma y sabor, mejorando la calidad del producto final.

Discusión

El proceso de maceración con trozos de guayaba se evaluó en seis tratamientos con diferentes cantidades de fruta y tiempos de maceración: 12,5 g en 10 y 20 días, 25 g en 10 y 20 días, y 50 g en 10 y 20 días, se observó que el aumento en la cantidad de guayaba y el tiempo de maceración influyeron significativamente en la intensificación del aroma y sabor del

aguardiente, el tratamiento con 50 g durante 20 días resultó ser el más efectivo, logrando una mayor concentración de compuestos aromáticos y un perfil sensorial más intenso y equilibrado. Estos resultados coinciden con lo reportado por Madrera et al., (2003), quienes destacaron que una mayor cantidad de fruta y un tiempo prolongado de maceración optimizan la transferencia de compuestos responsables del aroma y sabor, mejorando la calidad del producto final.

Además, el tratamiento con 25 g durante 10 días también mostró una mejora notable en las características organolépticas, aunque con menor intensidad que el tratamiento anterior. Este hallazgo es consistente con lo señalado por Pando et al., (2020), quienes indicaron que la maceración con cantidades moderadas de fruta y tiempos más cortos puede mejorar las características sensoriales del licor, aunque la intensidad del aroma y sabor puede ser menor en comparación con tratamientos con mayor cantidad de fruta y tiempo de maceración.

Estos resultados sugieren que la maceración prolongada con una mayor cantidad de guayaba optimiza la transferencia de compuestos responsables del aroma y sabor, mejorando la calidad del producto final, esto es respaldado por los resultados de Pando *et al.*, (2017), quienes señalaron que la utilización de frutas en cantidades adecuadas y tiempos de maceración óptimos son fundamentales para obtener licores artesanales de alta calidad.

4.6. Análisis sensométricos

4.6.1. Color

Este atributo conto con la escala de 1 = Muy claro, 5 = Muy oscuro

Tabla 20.

Comparación de las medias en InfoStat mediante Tukey del atributo de color de la bebida

Tratamiento	Media	Grupo
4	1.64	A
1	2.04	AB
2	2.72	BC
5	2.72	BC
3	3.08	CD
6	3.32	D

La Tabla 20 presenta la comparación de medias del atributo color de la bebida mediante la prueba de Tukey en InfoStat, utilizando una escala de 1 = Muy claro a 5 = Muy oscuro. El tratamiento 4 mostró la menor media (1.64), indicando que fue el más claro, seguido por el tratamiento 1 con un valor de 2.04. Los tratamientos 2 y 5 obtuvieron una media de 2.72, mientras que el tratamiento 3 alcanzó 3.08, por último, el tratamiento 6 presentó la mayor media (3.32), siendo el de tonalidad más oscura, estos datos sugieren una variación progresiva del color en función de la cantidad de guayaba y el tiempo de maceración, lo que indica una mayor extracción de compuestos que influyen en la coloración del aguardiente.

Discusión

El color en licores macerados está directamente influenciado por la concentración de polifenoles, antocianinas y melanoidinas que se liberan en el proceso de maceración. Estudios previos han demostrado que un tiempo de maceración superior a 15 días aumenta la concentración de compuestos pigmentarios derivados de la fruta, resultando en un color más intenso y oscuro (Kocabey *et al.*, 2016). Además, la oxidación de estos compuestos contribuye a tonalidades más oscuras, especialmente en muestras con tiempos de maceración prolongados. Investigaciones en vinos han demostrado que los antocianos y otros fenoles juegan un papel clave en la estabilidad del color a lo largo del tiempo (Liu *et al.*, 2018).

4.6.2. Claridad y Brillo

Este atributo conto con la escala de 1 = Cristalino, 5 = Muy turbio

Tabla 21.

Comparación de medias del atributo de claridad y brillo mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Comparación	Diferencia	Valor-p	Significativo
Tratamiento 6 vs. 1	1.32	0.008**	Sí
Tratamiento 6 vs. 4	0.92	0.032*	Sí
Tratamiento 3 vs. 2	0.64	0.112	No

La tabla 21 presenta la comparación de medias del atributo claridad y brillo del aguardiente, evaluado mediante la prueba de Kruskal-Wallis, la escala utilizada varió de 1 cristalino a 5 muy turbio, se identificaron diferencias significativas en algunas comparaciones, la mayor diferencia se observó entre tratamiento 6 y tratamiento 1, con un valor de 1.32 y un $p = 0.008$, lo que indica que el tratamiento 6 fue percibido como más turbio en comparación con el tratamiento 1. asimismo, la comparación entre tratamiento 6 y tratamiento 4 mostró una diferencia de 0.92 con un $p = 0.032$, lo que también es significativo. por otro lado, la comparación entre tratamiento 3 y tratamiento 2 no presentó diferencias significativas ($p = 0.112$), los datos de los resultados muestran que la cantidad de guayaba y el tiempo de maceración pueden influir en la percepción de turbidez del aguardiente, posiblemente debido a la extracción de compuestos en suspensión durante el proceso.

Discusión

El aumento en la turbidez está relacionado con la liberación de partículas coloidales, pectinas y otros compuestos solubles durante la maceración. En estudios de destilados de ciruela, se ha demostrado que la turbidez puede deberse a la presencia de ésteres de ácidos grasos y otros compuestos volátiles insolubles a bajas temperaturas (Balcerek et al., 2019). Además, la presencia de cationes metálicos también puede afectar la formación de turbidez en bebidas alcohólicas.

4.6.3. Intensidad aroma a Guayaba

Este atributo conto con la escala de 0 = Ausente, 4 = Muy intenso

Tabla 22.

Comparación de medias del atributo de intensidad aroma a guayaba mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Comparación	Diferencia	Valor-p	Significativo
Tratamiento 6 vs. 1	1.36	0.012*	Sí
Tratamiento 6 vs. 2	1.24	0.028*	Sí
Tratamiento 4 vs. 1	0.98	0.045*	Sí

Nota: el * indica que hay significancia estadística.

La tabla 22 muestra la comparación de medias del atributo intensidad del aroma a guayaba en la bebida, evaluado mediante la prueba de Kruskal-Wallis, la escala utilizada varió de 0 ausente a 4 muy intenso. se identificaron diferencias significativas entre varios tratamientos, la mayor diferencia se observó entre tratamiento 6 y tratamiento 1 (1.36, $p = 0.012$), lo que indica que el tratamiento con mayor tiempo y cantidad de maceración tuvo una mayor intensidad aromática, de igual manera la comparación entre tratamiento 6 y tratamiento 2 mostró una diferencia de 1.24 con un $p = 0.028$, y entre tratamiento 4 y tratamiento 1 una diferencia de 0.98 con $p = 0.045$, ambas significativas, estos resultados indican que la cantidad de guayaba y el tiempo de maceración impactan directamente en la percepción del aroma en el aguardiente.

Discusión

Los compuestos responsables del aroma en los licores frutales incluyen ésteres y terpenos, los cuales son extraídos en mayor cantidad durante maceraciones prolongadas. En un estudio sobre el impacto de la maceración en vinos de mora, se observó que tiempos de maceración prolongados favorecen la extracción de compuestos volátiles clave, pero pueden reducir la percepción de aromas frutales frescos debido a la transformación de algunos compuestos (Liu et al., 2018). En guayabas, los ésteres como el acetato de hexilo y el acetato de butilo han sido identificados como los principales compuestos volátiles que definen su aroma (Quijano & Pino, 2007).

4.6.4. Calidad de aroma

Este atributo conto con la escala de 1 = Muy desagradable, 5 = Muy agradable

Tabla 23.

Comparación de medias del atributo calidad de aroma mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Comparación	Diferencia	Valor-p	Significativo
Tratamiento 6 vs. 5	1.52	0.003**	Sí

Comparación	Diferencia	Valor-p	Significativo
Tratamiento 3 vs. 5	1.20	0.018*	Sí

Nota: * hay significancia estadística, ** alta significancia estadística

La tabla 23 presenta la comparación de medias del atributo calidad de aroma en la bebida, evaluado mediante la prueba de Kruskal-Wallis, la escala utilizada varió de 1 muy desagradable a 5 muy agradable. se encontraron diferencias significativas en ambas comparaciones, la mayor diferencia se observó entre tratamiento 6 y tratamiento 5 (1.52, $p = 0.003$), lo que indica que el tratamiento con mayor tiempo y cantidad de maceración obtuvo una mejor percepción del aroma, la comparación entre tratamiento 3 y tratamiento 5 mostró una diferencia de 1.20 con un $p = 0.018$, lo que también es significativo, los datos encontrados indican que el proceso de maceración prolongada y con mayor cantidad de guayaba mejora la calidad del aroma percibido por los catadores. Estos resultados coinciden con lo reportado por Quijano y Pino (2007), quienes identificaron a los ésteres volátiles como compuestos claves en el aroma de la guayaba, los cuales son altamente sensibles a las condiciones de maceración. Liu et al. (2018) también demostraron que una maceración prolongada en frutas tropicales como la mora potencia la liberación de compuestos volátiles, aunque un exceso puede alterar el perfil sensorial fresco. En este caso, el tratamiento 6 logró un equilibrio favorable, sin indicios de sobresaturación aromática, lo que respalda el uso combinado de tiempo y concentración para maximizar la percepción positiva del aroma.

Discusión

El balance entre los compuestos aromáticos es fundamental para la calidad sensorial del licor. Estudios han demostrado que la maceración afecta la composición aromática de vinos, favoreciendo la formación de compuestos volátiles terciarios durante la fermentación y el envejecimiento (Sánchez-Córdoba et al., 2021). En bebidas alcohólicas, la calidad del aroma está influenciada no solo por la concentración de compuestos aromáticos, sino también por su equilibrio con los compuestos amargos y ácidos (Ickes & Cadwallader, 2017).

4.6.5. Dulzura

Este atributo conto con la escala de 1 = Insípido, 5 = Muy dulce

Tabla 24.

Comparación de medias del atributo de dulzura mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Comparación	Diferencia	Valor-p	Significativo
Tratamiento 4 vs. 3	1.60	0.001**	Sí
Tratamiento 4 vs. 1	1.32	0.005**	Sí

Nota: ** alta significancia estadística

La tabla 24 presenta la comparación de medias del atributo dulzura en la bebida, evaluado mediante la prueba de Kruskal-Wallis, la escala utilizada varió de 1 insípido a 5 muy dulce. Como se muestra en la Tabla 24, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. La mayor diferencia se observó entre tratamiento 4 y tratamiento 3 (1.60, $p = 0.001$), lo que indica que el tratamiento 4 fue percibido como significativamente más dulce que el tratamiento 3, la comparación entre tratamiento 4 y tratamiento 1 mostró una diferencia de 1.32 con un $p = 0.005$, lo que también es significativo, los resultados evidencian que la cantidad de guayaba y el tiempo de maceración influyen en la percepción de dulzura del aguardiente, posiblemente debido a la extracción de azúcares y compuestos aromáticos de la fruta. La percepción de dulzura se asoció con la concentración de sólidos solubles iniciales en la fruta, medida en ° Brix (Tabla 10). Aunque los ° Brix disminuyeron por efecto de la fermentación, una mayor cantidad de guayaba deshidratada en la maceración podría haber reintroducido azúcares residuales. Esto explicaría por qué el tratamiento 4, con mayor contenido de fruta, fue percibido como más dulce. Esta tendencia también fue señalada por Mulani et al. (2021), quienes observaron que la maceración con frutas parcialmente deshidratadas puede incrementar la percepción de dulzura por liberación de azúcares no fermentables.

Discusión

La percepción de dulzura no solo depende del contenido de azúcar, sino también de la acidez y el cuerpo, la guayaba influye en la dulzura de las bebidas alcohólicas principalmente a través de su contenido de azúcar y el proceso de fermentación. Mulani *et al.*, (2021) mencionan que la guayaba tiene un alto contenido de azúcar, lo que la hace adecuada para la producción de bebidas

alcohólicas, durante la fermentación, el azúcar se convierte en alcohol, lo que puede reducir la dulzura del producto final, sin embargo, si la fermentación no es completa, puede quedar azúcar residual, manteniendo cierta dulzura en la bebida

4.6.6. Cuerpo

Este atributo conto con la escala de 1 = Muy ligero, 5 = Muy denso

Tabla 25.

Comparación de medias del atributo cuerpo mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Comparación	Diferencia	Valor-p	Significativo
Tratamiento 6 vs. 1	1.44	0.008**	Sí
Tratamiento 4 vs. 1	1.28	0.014*	Sí

Nota: * hay significancia estadística, ** alta significancia estadística

La tabla 25 presenta la comparación de medias del atributo cuerpo del aguardiente, evaluado mediante la prueba de Kruskal-Wallis, se identificaron diferencias significativas en ambas comparaciones, la mayor diferencia se observó entre tratamiento 6 y tratamiento 1, con un valor de 1.44 y un $p = 0.008$, lo que indica que el tratamiento 6 presentó un mayor cuerpo en comparación con el tratamiento 1, de manera similar, la comparación entre tratamiento 4 y tratamiento 1 mostró una diferencia de 1.28, con un $p = 0.014$, indicando también es estadísticamente significativo. estos resultados indican que la maceración prolongada con una mayor cantidad de guayaba incrementa la percepción de cuerpo del aguardiente, posiblemente debido a una mayor extracción de compuestos estructurales y fenólicos durante el proceso.

Discusión

El cuerpo en licores se refiere a la composición y características sensoriales de las bebidas alcohólicas, que son influenciadas por diversos componentes químicos y procesos de producción, este concepto es crucial para la industria de bebidas alcohólicas, ya que afecta tanto la calidad del producto como la experiencia del consumidor, está determinado por una mezcla de agua, etanol y una variedad de sustancias aromáticas y de sabor, como ácidos, ésteres, alcoholes, aldehídos y cetonas. Estos microconstituyentes juegan un papel decisivo en el sabor y la calidad del licor (Tang *et al.*, 2010). El estudio efectuado por Kocabey *et al.*, (2016)

demonstraron que las maceraciones prolongadas incrementan la densidad y la percepción de cuerpo en bebidas alcohólicas.

4.6.7. Percepción alcohólica

Este atributo conto con la escala de 1 = Muy bajo, 5 = Muy alto

Tabla 26.

Comparación de las medias en InfoStat mediante Tukey al 0.5% del atributo Percepción alcohólica de la bebida

Tratamiento	Media	Grupo
1	2.68	A
3	2.64	A
2	2.84	AB
4	3.04	BC
5	3.12	BC
6	3.24	C

La Tabla 26 muestra la comparación de las medias del atributo de la percepción alcohólica, se evidencia diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento 6 alcanzó la media más alta (3.24), seguido por los tratamientos 5 (3.12) y 4 (3.04), lo que indica una mayor percepción sensorial del componente alcohólico en estas formulaciones, los tratamientos 1 (2.68) y 3 (2.64) obtuvieron las medias más bajas, reflejando una percepción alcohólica inferior, el tratamiento 2 presentó una media intermedia de 2.84, sin diferencias marcadas respecto a algunos de los tratamientos de menor y mayor intensidad, los resultados sugieren que las modificaciones en la formulación, posiblemente relacionadas con la concentración de etanol u otros compuestos volátiles, influyeron en la percepción sensorial del alcohol en la bebida, mostrando una tendencia creciente desde los tratamientos 1 y 3 hacia el tratamiento 6.

Discusión

La percepción del alcohol está influenciada por la interacción del etanol con otros compuestos sensoriales. Estudios previos han demostrado que el aumento en el contenido de etanol puede

intensificar la percepción de calor y amargor, lo que afecta la aceptación sensorial (Ickes & Cadwallader, 2017). En comparación con estos estudios, los resultados obtenidos en esta investigación confirman que la percepción alcohólica aumenta con la concentración de guayaba deshidratada y el tiempo de maceración, sugiriendo una mayor extracción de compuestos etanólicos.

4.6.8. Equilibrio de sabor

Este atributo conto con la escala de 1 = Desbalanceado, 5 = Perfectamente equilibrado

Tabla 27.

Comparación de medias del atributo equilibrio de sabor mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Comparación	Diferencia	Valor-p	Significativo
Tratamiento 6 vs. 5	1.68	<0.001**	Sí
Tratamiento 6 vs. 2	1.40	0.002**	Sí

Nota: ** alta significancia estadística

La Tabla 27 presenta la comparación de medias del atributo equilibrio de sabor del aguardiente, evaluado mediante la prueba de Kruskal-Wallis, la escala utilizada varió de 1 desbalanceado a 5 perfectamente equilibrado, se encontraron diferencias significativas en ambas comparaciones. la mayor diferencia se observó entre tratamiento 6 y tratamiento 5, con un valor de 1.68 y un $p < 0.001$, lo que indica que el tratamiento 6 fue percibido como significativamente más equilibrado en comparación con el tratamiento 5, la comparación entre tratamiento 6 y tratamiento 2 mostró una diferencia de 1.40 con un $p = 0.002$, lo que también es significativo, estos resultados muestran que la maceración con una mayor cantidad de guayaba y un tiempo prolongado favorecen un mejor equilibrio de sabor en el aguardiente.

Discusión

El equilibrio de sabor en bebidas alcohólicas está relacionado con la armonización entre dulzura, acidez y percepción alcohólica. En comparación con estudios previos, los resultados obtenidos

muestran que tiempos de maceración más prolongados mejoran la percepción del equilibrio sin afectar la intensidad del alcohol (Sánchez-Córdoba et al., 2021).

4.6.9. Astringencia

Este atributo conto con la escala de 1 = Sin astringencia, 5 = Muy astringente

Tabla 28.

Comparación de medias del atributo astringencia mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Comparación	Diferencia	Valor-p	Significativo
Tratamiento 4 vs. 1	0.88	0.016*	Sí
Tratamiento 6 vs. 2	0.76	0.042*	Sí

Nota: * hay significancia estadística

La Tabla 28 presenta la comparación de medias del atributo astringencia del aguardiente, evaluado mediante la prueba de Kruskal-Wallis, la escala utilizada varió de 1 sin astringencia a 5 muy astringente, se encontraron diferencias significativas en ambas comparaciones, la mayor diferencia se observó entre tratamiento 4 y tratamiento 1, con un valor de 0.88 y un $p = 0.016$, indicando que el tratamiento 4 presentó un mayor nivel de astringencia en comparación con el tratamiento 1, la comparación entre tratamiento 6 y tratamiento 2 mostró una diferencia de 0.76 con un $p = 0.042$, lo que también es significativo, estos resultados sugieren que el tiempo de maceración y la cantidad de guayaba pueden influir en la percepción de astringencia del aguardiente, posiblemente debido a la mayor extracción de compuestos fenólicos y taninos.

Discusión

La astringencia en bebidas alcohólicas está relacionada con la extracción de taninos y compuestos fenólicos. En estudios de licores, se ha observado que tiempos de maceración prolongados pueden aumentar la percepción de sequedad en boca, afectando la aceptabilidad del producto (Liu et al., 2018).

4.6.10. Aceptabilidad Global

Este atributo conto con la escala de 1 = Me desagrada mucho, 5 = Me gusta mucho

Tabla 29.

Comparación de medias en InfoStat mediante Tukey al 0.5% del atributo aceptabilidad global

Tratamiento	Media	Grupo
6	3.72	A
3	3.60	AB
1	3.40	BC
4	3.24	CD
2	3.12	DE
5	3.12	DE

La Tabla 29 presenta la comparación de medias del atributo aceptabilidad global del aguardiente, evaluado mediante la prueba de Tukey al 0.5% en InfoStat, la escala utilizada varió de 1 Me desagrada mucho a 5 Me gusta mucho, se observa que el tratamiento 6 obtuvo la mayor media (3.72), lo que indica una mayor aceptación sensorial y lo ubica en el grupo con mejor calificación, le sigue el tratamiento 3 con una media de 3.60, mientras que el tratamiento 1 obtuvo un puntaje de 3.40, los tratamientos con menor puntuación fueron tratamiento 2 y tratamiento 5, ambos con una media de 3.12, los resultados evidencian que la cantidad de guayaba y el tiempo de maceración influyen en la preferencia del consumidor, destacándose el tratamiento 6 como el más aceptado sensorialmente. La mayor aceptabilidad global observada en el tratamiento 6 puede atribuirse a la combinación de mayor cuerpo (Tabla 25) y dulzura equilibrada (Tabla 24). Como han señalado Ickes y Cadwallader (2017), la percepción armónica entre dulzor, cuerpo y aromas volátiles define en gran medida la preferencia del consumidor en bebidas alcohólicas.

Discusión

La aceptabilidad global está determinada por la interacción de múltiples atributos sensoriales, incluyendo color, aroma, dulzura, cuerpo y equilibrio de sabor. Estudios previos en licores han demostrado que los consumidores prefieren perfiles bien equilibrados en cuanto a dulzura y

acidez, así como una intensidad aromática agradable (Sánchez-Córdoba *et al.*, 2021). En este estudio, el tratamiento 6 mostró una combinación óptima de características sensoriales, lo que explica su mayor puntuación en aceptabilidad.

Comparando estos resultados con la literatura, se ha observado que la maceración prolongada puede mejorar la percepción sensorial de los licores debido a la extracción progresiva de compuestos aromáticos y fenólicos que influyen en la complejidad del sabor (Kocabey *et al.*, 2016). Sin embargo, un tiempo excesivo de maceración también puede incrementar la percepción de astringencia y amargor, reduciendo la aceptación por parte de los consumidores (Liu *et al.*, 2018).

En relación con la percepción alcohólica, los resultados indican que el tratamiento 6, a pesar de tener la mayor percepción de alcohol ($M = 3.24$), no afectó negativamente la aceptabilidad global. Esto concuerda con estudios que sugieren que la percepción alcohólica en bebidas fermentadas puede ser mitigada por una adecuada proporción de compuestos aromáticos y azúcares residuales (Ickes & Cadwallader, 2017).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La guayaba utilizada como materia prima presentó características fisicoquímicas adecuadas para el proceso fermentativo, con valores promedio de sólidos solubles entre 6,2 y 6,5 ° Brix, pH entre 3,31 y 3,34, acidez titulable de 0,275 a 0,282 % de ácido cítrico, y contenido de compuestos fenólicos totales entre 1,005 y 1,035 mg GAE/L. Estos parámetros indican un fruto maduro, con potencial fermentativo y capacidad de aportar compuestos bioactivos al producto final.

Las condiciones de fermentación evaluadas permitieron determinar que la temperatura, el pH y la concentración de levadura influyen significativamente en la producción de etanol, se observó que temperaturas moderadas y un pH controlado optimizan la actividad fermentativa, evitando la producción de compuestos indeseados, una mayor concentración de levadura aceleró el proceso en las primeras etapas, aunque al final los tratamientos convergieron a valores similares de ° Brix. Estos hallazgos confirman que un manejo adecuado de estas variables es esencial para maximizar el rendimiento alcohólico del aguardiente de guayaba.

Los resultados mostraron diferencias en el desempeño de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces pastorianus*, con variaciones en la velocidad de consumo de azúcares y producción de etanol. *Saccharomyces cerevisiae* presentó un proceso fermentativo más eficiente en términos de conversión de azúcares y estabilidad del pH, mientras que *Saccharomyces pastorianus* mostró una fermentación más lenta, evidenciando que *S. cerevisiae* es la levadura más adecuada para la producción de aguardiente de guayaba, garantizando una mayor eficiencia en la transformación de los azúcares y una mejor calidad del destilado final.

La maceración con trozos de guayaba deshidratada generó diferencias sensoriales significativas en atributos como calidad e intensidad de aroma, dulzura, cuerpo y equilibrio de sabor. El tratamiento con 50 g de fruta deshidratada durante 20 días obtuvo la mejor puntuación global en la evaluación sensorial (3,72/5), y mostró mayor aceptación entre los catadores. Estas mejoras pueden atribuirse a la liberación de compuestos volátiles y no volátiles desde la matriz deshidratada hacia el aguardiente, lo que confirma que este tipo de maceración es una estrategia efectiva para enriquecer el perfil sensorial del producto final.

5.2. Validación de la hipótesis

Con base en los análisis estadísticos aplicados en las etapas de fermentación y maceración, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en varios atributos clave del aguardiente de guayaba, especialmente en calidad e intensidad del aroma, equilibrio de sabor y aceptabilidad global. Estas diferencias, asociadas directamente al tipo de levadura empleada y a las condiciones de maceración con fruta deshidratada, demuestran que el proceso optimizado sí generó mejoras medibles en las características sensoriales del producto final. En consecuencia, los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0), que planteaba la inexistencia de diferencias significativas, y aceptar la hipótesis alternativa (H_a): la optimización del proceso de obtención de aguardiente de guayaba y la maceración sí generan mejoras significativas en las características de aroma y sabor del producto final.

5.3. Recomendaciones

Evaluar el impacto de diferentes temperaturas, tiempos de fermentación y concentraciones de levadura para maximizar la producción de etanol y mejorar la eficiencia del proceso, garantizando un aguardiente de mayor calidad.

Dado que *Saccharomyces cerevisiae* presentó mejor rendimiento en la fermentación, se sugiere estudiar el desempeño de otras cepas comerciales y nativas, con el fin de identificar aquellas que maximicen la conversión de azúcares y aporten características sensoriales distintivas.

Es recomendable ampliar la investigación en la maceración con diferentes tiempos, temperaturas y métodos de extracción de compuestos aromáticos, lo que permitirá potenciar aún más el perfil sensorial del aguardiente y mejorar su aceptación en el mercado.

Es importante evaluar cómo evolucionan las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del aguardiente de guayaba durante el almacenamiento, considerando factores como la luz, temperatura y tipo de envase, con el objetivo de garantizar una mayor vida útil del producto.

Para potenciar su comercialización, se recomienda realizar estudios de preferencia del consumidor, identificando mejoras en el perfil de sabor y aroma, además de evaluar la viabilidad

económica del aguardiente de guayaba en el mercado, considerando costos de producción y estrategias de diferenciación.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Alba Lizeth González Salazar. (2021). Análisis teórico de las fases de crecimiento de *saccharomyces cerevisiae* con mediación de las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento.
- Alcívar-Bravo, A., Barreiro-Cobeña, J., Navia-Mendoza, J., Velásquez-Bazurto, S., & Vences-Muñoz, W. (2019). Obtención De Alcohol a Partir De La Fermentación Anaerobia Del Mosto De Uva. Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada «Yachasun», 3(5), 1-7.
- Ambindei, W. A., Kekel, E., Ndasi, N. P., & Jong, N. E. (2023). Optimization of the pulp ratio of *Ananas comosus*, *Citrullus lanatus* and *Psidium guajava* and fermentation time in the production of a “fruit brandy.” Heliyon, 9(4), e14910. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14910>
- Arrazola, G., Alvis, A., & Romero, P. (2016). Caracterización fisicoquímica y propiedades térmicas de guayaba agría (*Psidium araca* L.) cultivadas en zona del San Jorge y Sinú. Agron Colomb, 34(1Supl), S740-S741.
- Asclepius Merlai. (2016). Destilación urbana.
- Balcerek, M., Pielech-Przybylska, K., Dziekońska-Kubczak, U., Patelski, P., & Różański, M. (2019). Effect of filtration on elimination of turbidity and changes in volatile compounds concentrations in plum distillates. Journal of Food Science and Technology, 56(4), 2049-2062. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03682-0>
- Bones Choez, M. N. (2024). Evaluación de la actividad antimicrobiana y antioxidante depolifenoles obtenidos de la semilla de Macambo (*Theobroma bicolor*) mediante dos métodos de extracción.
- Cabrera- Stephanie; Cuenca, M. Q. M. (2012). Efecto de la proporción de pulpa en el mosto para la producción de bebida alcohólica de guayaba (*Psidium guajava*). 19(4), 1–4.
- Caicedo, W., Valle, S., Caicedo, L., & Caicedo, M. (2023). Características químicas del ensilado de fruta de guayaba madura (*Psidium guajava* L.) para su uso en porcinos en condiciones de la Amazonía ecuatoriana. Cuban Journal of Agricultural Science, 57.

- Centeno Satán Mayra Jannrth. (2018). Obtención de alcohol etílico mediante el proceso de fermentación y destilación del jugo de caña de maíz (*Zea mays*) para el empleo como base de relleno enbombonería.
- Chipre Plasencio Teresa Maria. (2021). Elaboración de alcohol etílico a partir del corazón de la mazorca del choclo.
- De Alimentos, C. (n.d.). Universidad Politécnica Estatal del Carchi Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.
- Destanoglu, O., & Ates, İ. (2019). Determination and evaluation of methanol, ethanol and higher alcohols in legally and illegally produced alcoholic beverages. *Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry*, 6(1), 21–32. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.481384>
- Díaz, P. J. Y., & Alarcón, L. Y. R. (2020). Determinación de parámetros de fermentación para la obtención de una bebida alcohólica a base de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). Universidad Nacional de Jaén.
- Guallichico-Paucar, R. B. (2022). Investigación de las características fisicoquímicas y nutricionales de la especie *Psidium guajava* L. (guayaba) de las variedades latinoamericanas de mayor exportación (Número 8.5.2017). <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/angka-konsumsi-ikan-ri-naik-jadi-5648-kgkapita-pada-2022>
- Gutiérrez, K. E. (2020). Proceso para la elaboración de destilado de piña. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12252/1/UDLA-EC-TLG-2020-9.pdf>
- Ickes, C. M., & Cadwallader, K. R. (2017). Effects of ethanol on flavor perception in alcoholic beverages. *Chemosensory Perception*, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12078-017-9238-2>
- Kocabey, N., Yilmaztekin, M., & Hayaloglu, A. A. (2016). Effect of maceration duration on physicochemical characteristics, organic acid, phenolic compounds and antioxidant activity of red wine from *Vitis vinifera* L. Karaoglan. *Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 1234-1245. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2335-4>

- Kocher, G. S., & Nikhanj, P. (2011). Status of wine production from guava (*Psidium guajava* L.): A traditional fruit of India. *African Journal of Food Science*, 5(16), 851-860. <https://doi.org/10.5897/AJFSX11.008>
- Kocher, G. S., & Nikhanj, P. (2015). Fermentative Production of Guava-Wine Using *S. cerevisiae* MTCC 11815. *Current Nutrition & Food Science*, 11(1), 21-30. DOI: 10.3174/15704013186854408900058.
- Lara, C., Nerio, L. S., & Oviedo, L. E. (2009). Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba. *Vitae*, 16(1), 13-23.
- Liu, S., Liu, E., Zhu, B., Chai, B., Liu, R., Gao, Q., & Zhang, B. (2018). Impact of maceration time on colour-related phenolics, sensory characteristics and volatile composition of mulberry wine. *Journal of the Institute of Brewing*, 124(3), 345-357. <https://doi.org/10.1002/jib.476>
- Lopez, A. L., Pérez, A. L y Campos, J. G. (2012). Estudio comparativo de rendimiento y contenido de compuestos volátiles en un proceso de elaboración de Tequila a nivel industrial. *Ciencia Nicolaita*, (57), 41-52.
- Madrera, R. R., Suárez Valles, B., & Picinelli Lobo, A. (2003). Chemical and sensorial aroma characterization of freshly distilled cider spirits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(25), 7385-7390.
- Medina-Leaños, R., Segovia-Hernández, J. G., & Félix-Flores, M. G. (2011). Desempeño dinámico de secuencias de destilación reactivas térmicamente acopladas en diferentes condiciones de operación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1), 23–43.
- Mejía-Barajas, J. A., Montoya-Pérez, R., Cortés-Rojó, C., & Saavedra-Molina, A. (2016). Levaduras Termotolerantes: Aplicaciones Industriales, Estrés Oxidativo y Respuesta Antioxidante. *Informacion Tecnologica*, 27(4), 3–16. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400002>
- Miranda Cruz, J. J. (2017). Evaluación de una bebida alcohólica destilada a partir de dos variedades de camote (*Ipomoea batatas*) utilizando dos tipos de enzimas. 1-62. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4100>

- Monereo Megías, S., Arnoriaga Rodríguez, M., Lucía Olmedilla Ishishi, Y., & cación Martínez de Icaya, P. (2016). Nutrición Hospitalaria Correspondencia. Nutr Hosp, 33, 37–40. <https://doi.org/10.20960/nh.343>
- Mora Loor, J. L., Cabrera Casillas, D. O., Alarcon Mite, A. I., & Garcia Larreta, F. S. (2022). Estudio comparativo de polifenoles o fenoles totales y actividad antioxidante de la cascara citrus sínensis. RECIAMUC, 6(3), 459-469. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.459-469](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.459-469)
- Moreno, S. E. A. (2021). Efecto de la criomaceración de la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y guayaba (*Psidium guajava*) en el color de una bebida alcohólica en el espacio cie l*a*b. 593, 1–2.
- Moreno, V. (2021). Estudio del efecto de la concentración de levadura en la fermentación alcohólica del zumo de melón (*Cucumis melo* L.). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Mulani, S. A., Tamboli, F. A., More, H. N., Kolekar, Y. S., & Mali, N. (2021). Formulation and evaluation of medicated guava (*Psidium guajava* L.) wine using *Saccharomyces crevices* Var. HAU 1. Indian J Pharm Pharmacol, 8(2), 168-170.
- Muñoz Pinto, F. (2016). Laboratorio de química. Ingeniería Forestal-régimen anual.
- Narvaez Guerrero, B. A. (2020). Estudio comparativo del rendimiento de la producción de bioetanol mediante métodos de extracción de primera y segunda generación a partir de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). 1–125.
- Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria, I. 338. (1992). BEBIDAS ALCOHOLICAS.
- NTE INEN 2014. (2015). Bebidas Alcohólicas. Determinación de productos congéneres por cromatografía de gases. Instituto Ecuatoriano de Normalización
- Organización Mundial de la Salud. (2019). Informe sobre la situación mundial del alcohol y la salud 2018.
- Orozco, J. M. de C. (2010). Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad. AAPAUNAM Academia, Ciencia y Cultura, 42–52.

- Ortiz, G. (2014). Desarrollo de licores macerados de fruta, con un sistema de comercialización no tradicional con mejora de procesos en la empresa ron catan. Universidad De Las Americas, 99.
- Palomino Pacheco, M., Guija Poma, E., & Lozano Reyes, N. (2009). Propiedades antioxidantes de la guayaba *Psidium guajava*. Rev Soc Quím Perú, 75(2).
- Pando Bedriñana, R., Mangas Alonso, J. J., & Suárez Valles, B. (2017). Evaluation of autochthonous *Saccharomyces bayanus* strains under stress conditions for making ice ciders. LWT - Food Science and Technology, 85, 202-208.
- Pineda, I. (2019). Desarrollo y optimización de aperitivos de cáscaras de mandarina y hojas de higo. Universidad de Azuay, 111 pag.
- Quijano, C. E., & Pino, J. A. (2007). Characterization of volatile compounds in guava (*Psidium guajava* L.) varieties from Colombia. Revista CENIC. Ciencias Químicas, 38(3), 367-370.
- Restrepo-Sánchez, D. C., Narváez-Cuenca, C. E., & Restrepo-Sánchez, L. P. (2009). Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez-Santander, Colombia. Química Nova, 32(6), 1517–1522. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000600021>
- Rodríguez, J. (2015). Obtención de las funciones de transferencia de las temperaturas del tope y fondeo de una destilación binaria. Revista Digital de Investigación y Postgrado, 5(2), 795–802.
- Rodríguez, L., & Martínez, A. (2009). Evaluación de la producción de etanol utilizando cepas recombinantes de *Saccharomyces cerevisiae* a partir de melaza de caña de azúcar. Ingeniería e Investigación, 29(3), 16-23.
- Ruiz-Marín, A., Canedo-López, Y., Narváez-García, A., & Robles-Heredia, J. C. (2016). Producción de etanol por *Saccharomyces cerevisiae* y *Zymomonas mobilis* coinmovilizadas: propuesta para el uso de desechos orgánicos. Agrociencia, 50(5), 551-563.

- Sampaolesi Sofía. (2020). Estudio de las propiedades tecnológicas, antimicrobianas, antifúngicas y secuestrantes de aflatoxina de los subproductos de la industria cervecera artesanal.
- Sánchez Alverca, J. K. (2022). Propuesta de un licor artesanal a base de guayaba (*Psidium*).
- Sanchez, D. D., & Coello, C. D. (2020). Bebida Alcohólica Tipo Vodka Obtenida Del Camote (*Ipomoea batata* L.).
- Sánchez-Córdoba, C., Durán-Guerrero, E., & Castro, R. (2021). Olfactometric and sensory evaluation of red wines subjected to ultrasound or microwaves during their maceration or ageing stages. *LWT - Food Science and Technology*, 144, 111228. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111228>
- Sandy Enid Aguirre Moreno. (2021). Efecto de la criomaceración de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y guayaba (*Psidium guajava*) en el color de una bebida alcohólica en el espacio CIE L*a*b.
- Sangerman-Jarquín, D. M., Larqué Saavedra, B. S., Navarro Bravo, A., Schwentesius de Rindermann, R., Damián Huato, M. Á., & Cuevas Sánchez, J. A. (2013). Producción de guayaba [*Psidium guajava* (L.) Burm.] en el Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(7), 1081-1093.
- Sosa, C., Campos, J., Mejía, J., García, D., & Santiago, C. (2024). Fermentación alcohólica de guayaba (*Psidium guajava* L.) por *Kluyveromyces marxianus*. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 12(23), 1–7.
- Sosa-Aguirre, C. R., Campos-García, J., Mejia-Barajas, J. A., García-Hernández, D., & Santiago-Barajas, C. I. (2024). Fermentación alcohólica de guayaba (*Psidium guajava* L.) por *Kluyveromyces marxianus*. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 12(23), 104-110.
- Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N. A., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2015). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *Revista ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 49(2), 15-22.

- Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N. A., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 50(1), 20-28.
- TAIPE, K. R. J. (2016). Universidad Nacional Hermilio Valdizán Escuela De Post Grado. Eficacia Del Proceso Inmediato En El Delito de Omision a La Asistencia Familiar En El Juzgado de Flagrancia - Distrito Judicial de Huancavelica ,2016., 2 015, 1–106.
- Tang, D. W., Xie, Y. Q., Zhu, F. Y., Wang, W., Zhu, H., & Tang, C. (2010). Relations between microconstituents in liquor and the development of liquor flavor techniques. *Liquor-Making Sci Technol*, 5, 78-81.
- Téllez, P., Peraza, F. A., Feria, A., & Andrade, I. (2012). Optimización del proceso de fermentación para la producción de tequila, utilizando la metodología de superficie de respuesta (MSR). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 52(33), 12–15.
- Torres, V. (2010). Determinación del potencial nutritivo y funcional de guayaba (*Psidium guajava* L.), cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) y camu camu (*Myrciaria dubia* Vaugh). Director, 121.
- Verapinto Cruz, M. del C. (2009). Elaboración de Destilado de Pera y Derivados.
- Yam, J., Villaseñor, C., Romantchik, E., Soto, M., & Peña, M. (2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4), 74–82.
- Zambrano Rosado Nel Alfredo. (2021). Caracterización Química De Aguardiente De Caña Artesanal Elaborado En El Cantón Cumandá. 26–28.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1.

Proceso de fermentación de guayaba de 6 tratamientos para la obtención de aguardiente.



Anexo 2.

Proceso para caracterizar composición fisicoquímica de la guayaba en ° Brix, pH , Acidez y Compuestos fenólicos.



Anexo 3.

Proceso para determinar compuestos fenoles en la guayaba



Anexo 4.

Proceso para evaluar las sepas de levaduras en la fermentación



Anexo 5.

Conteo de levaduras para determinar su uso en el proceso de fermentación



Anexo 6.

Proceso de fermentación terminada con su respectiva filtración para proceder a la destilación y obtener el aguardiente.



Anexo 7.

Proceso de destilación fraccionada para la obtención del aguardiente de guayaba



Anexo 8.

Aguardiente obtenido por destilación fraccionada



Anexo 9.

Segundo proceso de destilación para la obtención del aguardiente de guayaba.



Anexo 10.

Proceso de dilución que nos permite ajustar la concentración de alcohol al 19 %.



Anexo 11.

Proceso de concentraciones de guayaba deshidratada para su posterior maceración a 10 y 20 días.



Anexo 12.

Proceso de envasado y almacenado.



Anexo 13.

Normativa INEN para bebidas alcohólicas

CDU: 663.5
 CIIU: 3131

INEN

AL 04.02-101

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	BEBIDAS ALCOHOLICAS DEFINICIONES	INEN 338 Cuarta Revisión 1992-07
1. OBJETO 1.1 Esta norma establece las definiciones relacionadas con bebidas alcohólicas y sus materias primas. 2. DEFINICIONES 2.1 Advokat. Es la bebida alcohólica, aromatizada o no, obtenida a partir del alcohol etílico, cuyos elementos principales son la yema de huevo, la clara de huevo y el azúcar o la miel. También puede denominarse Advocaat, Advocat, Licor de huevo o Ponche de huevo. 2.2 Aguardiente anisado. Es el producto que se obtiene destilando una maceración de anís (común, estrellado o su mezcla) en aguardiente rectificado, con o sin adición de otras sustancias aromáticas o también mezcla de aguardientes rectificados con esencias naturales de anís, seguida o no de destilación. 2.3 Aguardiente añejado. Es el aguardiente de caña rectificado que ha sido sometido a un proceso de añejamiento en barril de roble. 2.4 Aguardiente de caña rectificado. Es el producto obtenido mediante la fermentación alcohólica y destilación de jugos y otros derivados de la caña de azúcar, sometido a rectificación, de modo que conserve sus características organolépticas. También podrá denominarse Aguardiente ó Aguardiente de caña. 2.5 Aguardiente de cereales. Es el producto obtenido mediante destilación de un mosto fermentado de cereales, a menos de 95°GL a la temperatura determinada por la Norma INEN 340, y con caracteres organolépticos procedentes de la materia prima utilizada. 2.6 Aguardiente de frutas. Es la bebida alcohólica obtenida mediante la destilación de una o más frutas carnosas o de mostos de dichos frutos, fermentados o macerados. También puede denominarse Aguardiente de fruta ó Aguardiente de seguido del nombre de la fruta o frutas que hayan sido utilizadas en su elaboración. 2.7 Aguardiente de hollejo de fruta. Es la bebida alcohólica obtenida por destilación de hollejo de frutas fermentado. 2.8 Aguardiente de orujo. Es la bebida alcohólica obtenida mediante destilación de orujos de uva fermentados. También puede denominarse Orujo ó Aguardiente de orujo de uva.		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3899 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

DESCRIPTORES: Bebidas espirituosas, alcoholes, aguardientes, licores, fermentación, destilación, maceración, definiciones.

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

INEN 340 *Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico*

INEN 1675 *Alcohol etílico rectificado extraneutro. Requisitos.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Manual de Legislación para la Inspección de calidad de alimentos. *Bebidas alcohólicas Primera y Segunda parte.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 1986.

Norma cubana 82 03 *Industrias de fermentación. Bebidas alcohólicas. Términos y definiciones.* Comité Estatal de Normalización, La Habana, 1984.

Norma ICONTEC 222. *Bebidas alcohólicas. Definiciones generales.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá. 1974.

Norma argentina IRAM 14 558. *Productos de licorería. Definiciones.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1964.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 338 Cuarta Revisión	TÍTULO: BEBIDAS ALCOHOLICAS. DEFINICIONES	Código: AL 04.02-101
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. 225 de 1988-05-20 publicado en el Registro Oficial No. 949 De 1988-06-03 Fecha de iniciación del estudio: 1991-05-20	

Fechas de consulta pública: 1975-06-26 a 1978-08-11

Subcomité Técnico: AL 04.02 **Bebidas Alcohólicas**

Fecha de iniciación: 1991-10-17

Fecha de aprobación: 1991-11-28

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Dra. Consuelo Alvario-Presidenta

Econ. Carlos Rosero-Vicepresidente
Ing. Luis Bonilla
Dr. Teodoro Vega
Dr. Guido Martínez
Econ. Claudio Patino
Dr. Manuel Vega
Ing. Carlos Zapata
Ing. Mauricio Burbano
Ing. Alberto Salvador
Ing. Marco Proaño
Sr. Adolfo Espinosa
Sr. Hugo Ricaurte
Ing. Manuel Auquilla
Sr. Wilem Kubes
Dra. Rosa de León
Ing. Marco Terán
Ing. César Jara H.-Secretario Técnico

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE
LEOPOLDO IZQUIETA PEREZ, GUAYAQUIL
ALCOHOLES
ALCOCORP
DACA
DACA
DACA
EASA-CELYASA
ILSA
ILSA
ILREPSA-ADILE
BIOINGENIERIA
ANDINA DE LICORES
VIHURI
ZHUMIR
ILVICO
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, QUITO
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
INEN

Otros trámites: ♦⁴ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1992-07-08

Oficializada como: OBLIGATORIA
Registro Oficial No. 38 del 1992-10-01

Por Acuerdo Ministerial No. 443 del 1992-08-27

Anexo 14.

Análisis de metanol de la bebida de Guayaba



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-IN.108087a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	BURGOS SEGOVIA CARLOS DANIEL
Dirección:	QUEVEDO CALLE ROSITA PAREDES Y MIGUEL POZO
Teléfono:	0967306805

DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DE LA MUESTRA			
Descripción:	DESTILADO DE GUAYABA		
Lote:	---	Contenido declarado:	300ml
Fecha de elaboración:	---	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de recepción:	2025/01/24	Hora de recepción:	10:14:16
Fecha de análisis:	2025/01/29	Fecha de emisión:	2025/02/03
Material de envase:	Vidrio		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Líquido	Conservación:	Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

RESULTADO INSTRUMENTAL

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
%Metanol	38.12	mg/100 cm ³ AA	MIN-24	NTE INEN 2014:2015/ CG-FID
Contenido de Alcohol	94	%	MIN-06	NTE INEN 340:2016 / Método alcoholímetro vidrio

Nota 1: ** Los ensayos/ la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por LABPARREÑO, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis. Posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

Quím. Mercedes Parra
Jefe División Físico Químico -
Instrumental



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/1

RIN-7.8-01 / Edición RG: 08

Anexo 15.

Ficha de evaluación sensorial - bebida de guayaba macerada

Nombre: _____

Fecha: _____

Parámetro	Descripción	Escala de Evaluación	Tratamiento.1	Tratamiento.2	Tratamiento.3	Tratamiento.4	Tratamiento.5	Tratamiento.6
Color	Intensidad del color desde ámbar claro hasta ámbar oscuro.	1. Ámbar muy claro 2. Ámbar claro 3. Ámbar medio 4. Ámbar oscuro 5. Ámbar muy oscuro						
Claridad / Brillo	Presencia de partículas en suspensión y transparencia.	1. Cristalino 2. Ligeramente turbio 3. Moderadamente turbio 4. Turbio 5. Muy turbio						
Intensidad del aroma a guayaba	Percibida en nariz antes de la degustación.	1. Ausente 2. Débil 3. Moderado 4. Intenso 5. Muy intenso						
Calidad del aroma (agradabilidad)	Evaluación hedónica del aroma.	1. Muy desagradable 2. Desagradable 3. Neutro 4. Agradable 5. Muy agradable						
Dulzura percibida	Evaluación del dulzor de la bebida.	1. Insípido 2. Poco dulce 3. Moderadamente dulce 4. Dulce 5. Muy dulce						
Percepción alcohólica	Intensidad del alcohol en boca.	1. Muy bajo 2. Bajo 3. Moderado 4. Alto 5. Muy alto						
Equilibrio de sabor	Armonía entre dulzor, alcohol y aroma.	1. Desbalanceado, 2. Ligero desequilibrio 3. Moderadamente equilibrado 4. Bien equilibrado, 5. Perfectamente equilibrado						
Cuerpo	Sensación de densidad y textura en boca.	1. Muy ligero 2. Ligero 3. Medio 4. Denso 5. Muy denso						
Astringencia	Sensación de sequedad en boca.	1. Sin astringencia 2. Ligeramente astringente 3. Moderadamente astringente 4. Astringente, 5. Muy astringente						
Aceptabilidad Global	Evaluación final del producto.	1. Me desagrada mucho 2. Me desagrada moderadamente 3. Ni me gusta ni me disgusta 4. Me gusta moderadamente 5. Me gusta mucho						