



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

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniera Agroindustrial.

Título del Proyecto de Investigación:

**“EVALUACIÓN DEL COLOR CIEL*A*B* Y SENSOMETRÍA DE UNA BEBIDA
ALCOHÓLICA MACERADA CON *Theobroma cacao* L. Y MIEL DE ABEJA”**

Autora:

Joselyn Elizabeth Alcívar Vela

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Ángel Oliverio Fernández Escobar, MSc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2021



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Alcívar Vela Joselyn Elizabeth**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría, que no ha sido previamente presentada 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.

.....
Alcívar Vela Joselyn Elizabeth

C.C. 0802732073



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Ángel Fernández Escobar, MSc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que, la estudiante **Alcívar Vela Joselyn Elizabeth**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**EVALUACIÓN DEL COLOR CIEL*A*B* Y SENSOMETRÍA DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA MACERADA CON *Theobroma cacao* L. Y MIEL DE ABEJA**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

.....
Ing. Ángel Fernández Escobar, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

Quevedo, 22 de octubre de 2021

Ingeniera.

Sonia Esther Barzola Miranda, MSc.

DECANA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y LA PRODUCCIÓN.

Mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe del Proyecto de Investigación titulado “**EVALUACIÓN DEL COLOR CIEL*A*B*Y SENSOMETRÍA DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA MACERADA CON *Theobroma cacao* L. Y MIEL DE ABEJA**”, presentado por la estudiante **Alcívar Vela Joselyn Elizabeth**, egresada de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección, según resolución del Consejo Académico de la Facultad Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 92% y similitud en un 8%, de trabajo investigativo.

URKUND	
Documento	COLOR CIELAB Y SENSOMETRÍA DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA MACERADA CON CACAO Y MIEL DE ABEJA.pdf (D116006237)
Presentado	2021-10-21 21:03 (-05:00)
Presentado por	joselyn.alcivar2015@uteq.edu.ec
Recibido	afernandez.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	COLOR CIELAB Y SENSOMETRÍA DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA MACERADA CON CACAO Y MIEL DE ABEJA Mostrar el mensaje completo 8% de estas 31 páginas, se componen de texto presente en 15 fuentes.

Valido este documento para que la estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo a lo que establece el Reglamento.

Por su preferente atención que se digna dar a la presente, anticipo mis agradecimientos.

Cordialmente,

.....
Ing. Ángel Fernández Escobar, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EVALUACIÓN DEL COLOR CIEL*A*B* Y SENSOMETRÍA DE UNA BEBIDA
ALCOHÓLICA MACERADA CON *Theobroma cacao* L. Y MIEL DE ABEJA”**

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial.

Aprobado por:

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Fernanda Tirira Chulde, MSc.

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Abelardo Alderete Rendón, MSc.

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Robert Moreira Macías, MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2021

AGRADECIMIENTO

A Dios por proteger cada paso durante mi trayectoria universitaria.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por abrirme sus puertas y permitir mi formación académica dentro de sus aulas, a los docentes por sus enseñanzas y paciencia, a mis compañeros quienes estuvieron dispuestos a ayudar en los momentos que necesité.

Al Ing. Ángel Fernández Escobar, MSc., quién aparte de ser el director del Proyecto de Investigación, fue un amigo que con sus palabras inyectó los ánimos e impulso para seguir en el proceso.

Al PhD. Martin González Vélez, que incondicionalmente facilitó el colorímetro para el desarrollo de la investigación.

Al PhD. Amilkar Puris Cáceres, por su aporte en el procesamiento estadístico en las respuestas experimentales.

A mi madre Beatriz Vela, que fue mi apoyo indispensable a lo largo de mi carrera, sus sabios consejos, han sido mi inspiración en la lucha por alcanzar mis sueños.

A Milton Piuri, por ser la figura paterna que guio mis pasos para ser una mujer con valores y criterio formado.

Mi agradecimiento especial, va dirigido a Juan Pablo Jordán, quien me ha permitido contar con su apoyo incondicional, en toda circunstancia.

Joselyn Alcívar Vela

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón esta meta a Dios, quien me guio en el camino del bien, sin él nada hubiese sido posible. A mi madre, por sus bendiciones y apoyo incondicional para alcanzar la meta trazada. A mi hermana, quien moralmente me brindó la motivación de continuar. A mi pareja, quien me apoyó de manera incondicional y genera gratitud eterna. A mis hijos, con todo mi amor por ser la razón de la búsqueda del éxito.

Joselyn Alcívar Vela

RESUMEN

La evaluación del color en el espacio CIEL*A*B* en bebidas alcohólicas con envejecimiento acelerado no se ha establecido como un indicador de calidad que permita estandarizar los parámetros sensoriales, por lo que, la investigación tuvo por objeto evaluar el color a través del espacio CIEL*A*B* y sensometría de una bebida alcohólica macerada con almendras de *Theobroma cacao* L. y miel de abeja. La experimentación se realizó considerando tres factores (A*B*C), dos niveles cada uno y 3 repeticiones, donde: A, representa concentración de cacao CCN-51 (20 y 30%), B concentración de miel de abeja (1.25 y 2.50%) y, C el grado alcohólico final de la bebida (37 y 27 °GL). El cacao CCN-51 previamente tostado y la miel de abeja fue macerado en alcohol etílico redestilado de 84 °GL por 30 días, y, diluidos con agua destilada. Las variables dependientes seleccionadas para el estudio fueron las características cromáticas L*A*B* luego convertidas a L*C* h_{ab}^* . En sensometría se valoró el color - tonalidad, color - limpidez, aroma a cacao, calidad del aroma, impresión del licor (gusto-olfato) y fase post-gustativa (aceptabilidad). Las respuestas experimentales de colorimetría y sensometría fueron examinadas en el software estadístico SPSS, en el test Kolmogorov-Smirnov los datos no se distribuyeron de forma normal, en consecuencia, se aplicó test no paramétricos de Friedman y Holm en un software libre, determinando como el mejor tratamiento la combinación $a_0b_1c_1$, siendo 20% cacao CCN-51, miel de abeja 2.50% ajustado a 27 °GL, cuyos indicadores fueron luminosidad (L*) 0.049, pureza (C*) 0.012, tonalidad (h_{ab}^*) 63.46.

Palabras claves: bebidas alcohólicas, maceración, luminosidad, pureza, tonalidad.

ABSTRACT

The evaluation of the color in the CIEL*A*B* space in alcoholic beverages with accelerated aging has not been established as a quality indicator that allows standardizing the sensometric parameters, therefore, the research aimed to evaluate the color through the CIEL*A*B* space and sensometry of an alcoholic beverage macerated with Theobroma cacao L. almonds and honey. The experimentation was carried out considering three factors (A*B*C), two levels each and 3 repetitions, where: A represents the concentration of CCN-51 cocoa (20 and 30%), B the concentration of honey (1.25 and 2.50%) and C the final alcoholic strength of the drink (37 and 27 °GL). The previously roasted CCN-51 cocoa and honey were macerated in redistilled ethyl alcohol at 84 °GL for 30 days, and diluted with distilled water. The dependent variables selected for the study were the chromatic characteristics L*A*B* then converted to L*C*h_{ab}*. In sensometry, the color - tonality, color - clarity, cocoa aroma, quality of the aroma, impression of the liquor (taste-smell) and post-taste phase (acceptability) were evaluated. The experimental responses of colorimetry and sensometry were examined in the SPSS statistical software, in the Kolmogorov-Smirnov test the data were not distributed in a normal way, consequently, non-parametric Friedman and Holm tests were applied in free software, determining how the best treatment was the combination a₀b₁c₁, being 20% CCN-51 cocoa, 2.50% honey adjusted to 27 °GL, whose indicators were luminosity (L*) 0.049, purity (C*) 0.012, tonality (h_{ab}*) 63.46.

Keywords: alcoholic beverages, maceration, luminosity, purity, tonality.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Pág.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN 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
CÓDIGO DUBLIN	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	6
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Justificación	7

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual	9
2.1.1. Destilación.....	9
2.1.2. Redestilación.....	9
2.1.3. Maceración.....	9
2.1.4. Color.....	10
2.1.5. Luminosidad.....	10
2.1.6. Pureza del color.....	10

2.1.7. Tonalidad.....	10
2.1.8. Sensometría.....	11
2.2. Marco referencial.....	11
2.2.1. Bases científicas y teóricas de la temática.....	11
2.2.2 Estado del Arte.....	29

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.....	32
3.2. Tipo de investigación	32
3.3. Métodos de investigación	33
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	33
3.5. Diseño de la investigación.....	34
3.5.1. Factores de estudio.....	35
3.5.2. Hipótesis.....	35
3.5.3. Arreglo multifactorial A*B*C para la obtención del licor.....	37
3.5.4. Variables de estudio	38
3.6. Instrumentación de investigación	39
3.6.1. Manejo del experimento.....	39
3.7. Tratamiento de los datos.....	46
3.8. Recursos humanos y materiales.....	47
3.8.1. Recursos humanos.....	47
3.8.2. Materiales.....	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.....	51
4.1.1. Resultados del análisis de colorimetría a través del espacio CIEL*A*B* (luminosidad, L*; pureza del color, C* y tonalidad, h _{ab} *) del licor macerado	51
4.1.2. Resultados del análisis sensorial (fase visual, olfativa, gustativa y post-gustativa) del licor macerado	54
4.1.3. Rendimiento mediante balance de materia.....	58
4.1.4. Análisis químico del licor al tratamiento $a_{0b_1c_1}$	60
4.2. Discusión	61
4.2.1. Análisis de colorimetría del licor macerado.....	61
4.2.2. Análisis sensorial del licor macerado.....	61
4.2.3. Análisis químico del licor macerado	63

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	66
5.2. Recomendaciones	67

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.....	69
------------------------	----

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
Tabla 1. Principales congéneres con su respectivo punto de ebullición a 1 atm.....	14
Tabla 2. Composición de la miel de Apis mellifera	19
Tabla 3. Pruebas utilizadas en el análisis sensorial	24
Tabla 4. Factores de estudio en la obtención de un licor macerado con CCN-51	35
Tabla 5. Combinación de los Tratamientos propuestos para la obtención del licor	37
Tabla 6. Test de normalidad del análisis de colorimetría	51
Tabla 7. Ranking de valores del test de Friedman, análisis de colorimetría	52
Tabla 8. Resultados del test de Holm ($\alpha = 0.05$) para el análisis de colorimetría	52
Tabla 9. Descriptivos de CIEL*A*B* del mejor tratamiento del licor	53
Tabla 10. Test de normalidad del análisis sensorial	54
Tabla 11. Ranking de valores del test de Friedman, análisis sensorial.....	55
Tabla 12. Resultados del test de Holm ($\alpha = 0.05$) para el análisis sensorial	55
Tabla 13. Indicadores sensoriales establecidos por el panel de cata al mejor tratamiento.	56
Tabla 14. Análisis químico del licor.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
Figura 1. Espacio de color CIEL*A*B*	20
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención del alcohol etílico redestilado.....	40
Figura 3. Diagrama de flujo para el tostado de almendras de cacao CCN-51	42
Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención del licor macerado con cacao CCN-51.....	46
Figura 5. Indicadores sensoriales del mejor tratamiento $a_0b_1c_1$	57
Figura 6. Indicadores sensoriales en todos los tratamientos	57
Figura 7. Balance de materia para el alcohol etílico redestilado, considerando una parada en el destilador	58
Figura 8. Balance de materia para la obtención del licor	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
Anexo 1. Proceso de obtención del licor macerado	74
Anexo 2. Análisis colorimétrico, sensométrico y químico del licor macerado.....	76
Anexo 3. Cuadro general de resultados del Análisis de Colorimetría del licor macerado..	78
Anexo 4. Cuadro general de resultados del Análisis Sensorial del licor macerado	79
Anexo 5. Test de normalidad del Análisis de Colorimetría	80
Anexo 6. Test de Friedman y de Holm del Análisis de Colorimetría	80
Anexo 7. Test de normalidad del Análisis Sensorial.....	81
Anexo 8. Test de Friedman y de Holm del Análisis Sensorial	81
Anexo 9. Ficha sensorial	82
Anexo 10. Análisis de metanol (CG)	83

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“EVALUACIÓN DEL COLOR CIEL*A*B* Y SENSOMETRÍA DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA MACERADA CON <i>Theobroma cacao</i> L. Y MIEL DE ABEJA”				
Autor:	Alcívar Vela Joselyn Elizabeth				
Palabras clave:	Bebidas alcohólicas	Maceración	Luminosidad	Pureza	Tonalidad
Fecha de publicación:	2021				
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2021.				
	<p>RESUMEN</p> <p>La evaluación del color en el espacio CIEL*A*B* en bebidas alcohólicas con envejecimiento acelerado no se ha establecido como un indicador de calidad que permita estandarizar los parámetros sensométricos, por lo que, la investigación tuvo por objeto evaluar el color a través del espacio CIEL*A*B* y sensometría de una bebida alcohólica macerada con almendras de <i>Theobroma cacao</i> L. y miel de abeja. La experimentación se realizó considerando tres factores (A*B*C), dos niveles cada uno y 3 repeticiones, donde: A, representa concentración de cacao CCN-51 (20 y 30%), B concentración de miel de abeja (1.25 y 2.50%) y, C el grado alcohólico final de la bebida (37 y 27 °GL). El cacao CCN-51 previamente tostado y la miel de abeja fue macerado en alcohol etílico redestilado de 84 °GL por 30 días, y, diluidos con agua destilada. Las variables dependientes seleccionadas para el estudio fueron las características cromáticas L*A*B* luego convertidas a L*C*h_{ab}*. En sensometría se valoró el color - tonalidad, color - limpidez, aroma a cacao, calidad del aroma, impresión del licor (gusto-olfato) y fase post-gustativa (aceptabilidad). Las respuestas experimentales de colorimetría y sensometría fueron examinadas en el software estadístico SPSS, en el test Kolmogorov-Smirnov los datos no se distribuyeron de forma normal, en consecuencia, se aplicó test no paramétricos de Friedman y Holm en un software libre, determinando como el mejor tratamiento la combinación a₀b₁c₁, siendo 20% cacao CCN-51, miel de abeja 2.50% ajustado a 27 °GL, cuyos indicadores fueron luminosidad (L*) 0.049, pureza (C*) 0.012, tonalidad (h_{ab}*) 63.46.</p> <p>ABSTRACT</p> <p>The evaluation of the color in the CIEL*A*B* space in alcoholic beverages with accelerated aging has not been established as a quality indicator that allows standardizing the sensometric parameters, therefore, the research aimed to evaluate the color through the CIEL*A*B* space and sensometry of an alcoholic beverage macerated with <i>Theobroma cacao</i> L. almonds and honey. The experimentation was carried out considering three factors (A*B*C), two levels each and 3 repetitions, where: A represents the concentration of CCN-51 cocoa (20 and 30%), B the concentration of honey (1.25 and 2.50%) and C the final alcoholic strength of the drink (37 and 27 °GL). The previously roasted CCN-51 cocoa and honey were macerated in redistilled ethyl alcohol at 84 °GL for 30 days, and diluted with distilled water. The dependent variables selected for the study were the chromatic characteristics L*A*B* then converted to L*C*h_{ab}*. In sensometry, the color - tonality, color - clarity, cocoa aroma, quality of the aroma, impression of the liquor (taste-smell) and post-taste phase (acceptability) were evaluated. The experimental responses of colorimetry and sensometry were examined in the SPSS statistical software, in the Kolmogorov-Smirnov test the data were not distributed in a normal way, consequently, non-parametric Friedman and Holm tests were applied in free software, determining how the best treatment was the combination a₀b₁c₁, being 20% CCN-51 cocoa, 2.50% honey adjusted to 27 °GL, whose indicators were luminosity (L*) 0.049, purity (C*) 0.012, tonality (h_{ab}*) 63.46.</p>				
Descripción:	99 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URI:					

INTRODUCCIÓN

La investigación realizada tuvo como objetivo evaluar el color a través del espacio CIEL*A*B* y sensometría de una bebida alcohólica macerada con almendras de *Theobroma cacao* L. y miel de abeja, a través de una combinación de tratamientos de diseño experimental propuesto, con el que se determinó el mejor ensayo.

El cacao es una fruta con un aprovechamiento en procesos agroindustriales derivado a la fabricación de los derivados del cacao, como chocolate en barra, en polvo, bombones, entre otros [1]. Se escogió el cacao de la variedad CCN-51 en el estudio porque este cultivo se ha diversificado en todas las zonas cacaoteras del Ecuador, al ser un producto agrícola, resistente a las enfermedades como la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) además de tener alta productividad [2].

Se evaluó como respuestas experimentales la colorimetría y la aceptabilidad (evaluación sensorial) de la bebida macerada con *Theobroma cacao* L. (CCN-51), en donde se demostró desde el punto de vista estadístico, y se aceptó la hipótesis alternativa (Ha): *Cualquier concentración de cacao CCN-51 y miel de abeja macerado en alcohol étlico (aguardiente) redestilado dan diferentes resultados de color a través del espacio CIEL*A*B* y aceptabilidad (evaluación sensorial).*

La contextualización de la investigación se enfocó en la problematización, hipótesis, objetivos y la justificación del proyecto de investigación. La fundamentación teórica, recopiló conceptos de palabras claves y adentró la descripción de los licores macerados enfatizando el marco referencial en las respuestas experimentales, tales como: análisis de colorimetría (espacio CIEL*A*B), sensorial y químico (acidez, pH, °Brix, grado alcohólico (°GL), metanol) del licor.

La metodología de la investigación señaló que las muestras de alcohol etílico (aguardiente) se tomaron del sector cañicultor del cantón Pangua en la provincia de Cotopaxi, el cacao CCN-51 y la miel de abeja fueron provenientes de la zona del cantón Quevedo, provincia Los Ríos. Los métodos que se usaron en la investigación son: inductivo-deductivo, experimental, análisis-síntesis e hipotético-deductivo; se aplicó un diseño completo 2^n con tres factores A*B*C: concentración de cacao CCN-51, concentración de miel de abeja y grado alcohólico final del licor macerado.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del Problema

El alcohol etílico obtenido a partir de la destilación del mosto del jugo de caña de azúcar fermentado, más conocido como *aguardiente* por los cañicultores del cantón Pangua en la provincia de Cotopaxi y otros productores de este licor en el Ecuador, aunque también se dan denominaciones como *puntas*, *currincho*, *guanchaca*, entre otras, de acuerdo al lugar de producción; que sensorialmente tiene el sabor ligeramente ácido, unido a otros aspectos, los productores de esta bebida alcohólica no son acreedores de certificados de calidad, esto les dificulta su libre comercialización, y lo desarrollan de modo superficial, por lo que, fue necesario corregir esas características del licor.

El cacao de la variedad CCN-51 que se usó como materia prima para este fin, “*tiene una producción alrededor de 50 quintales por hectárea en las zonas de cultivo del Ecuador [3]*”, fue adquirido en el cantón Quevedo, provincia Los Ríos, en la investigación se desconoce la concentración a añadirse al alcohol etílico y el tiempo de maceración, por ende, se planteó un diseño experimental.

El proceso de redestilación del alcohol etílico (aguardiente) se realizó en los laboratorios de la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, donde existe un destilador de cuatro platos teóricos, de una capacidad nominal de 50 L y capacidad real de 35 L. Al destilado se determinó el grado alcohólico usando un alcoholímetro de Gay-Lussac. El análisis sensorial se llevó a cabo, mediante un grupo de 18 personas no experimentadas en cata, pero que recibió los lineamientos para tal propósito.

La determinación del contenido de metanol mediante cromatografía de gases (CG) aplicado al mejor tratamiento, se realizó en los laboratorios “QuímicaLabs Cia. Ltda.” del cantón Quito.

Diagnóstico

En la obtención de bebidas alcohólicas espirituosas como el ron, es común usar como principal materia prima la melaza un subproducto de la agro industrialización de la caña de azúcar [4], no así, el licor resultante de la maceración con las almendras de cacao tostado independientemente de la variedad que se emplee, por lo que constituye un problema a resolver el rendimiento que pueda dar en alcohol a partir de esta materia prima, y ¿cuáles son las variables a controlar?

Se conoce que las materias primas presentan anisotropía, es decir, son de composición variable y las variedades de cacao tienen distinta composición aun perteneciendo a la misma familia [4].

Para el caso puntual de esta investigación, al obtener licor de la maceración de la variedad en estudio considerando factores de estudio, se prevé que no tendrán las mismas características sensoriales entre los tratamientos.

Pronóstico

En la actualidad la mayoría de consumidores buscan nuevas experiencias al degustar de bebidas alcohólicas que satisfagan sus necesidades, a la vez de sentirse especial, cuyos licores son apropiadas en celebraciones, reuniones con amistades o cualquier otra ocasión que según el usuario pretenda consumir, y, en este caso ofertar un licor con sabor de cacao CCN-51.

El estudio pretendió brindar una alternativa dentro de la gama de oferta de licores que tienen los potenciales consumidores de bebidas alcohólicas garantizando su inocuidad.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuáles serán las concentraciones de cacao CCN-51 y miel de abeja para macerar en alcohol etílico (aguardiente) redestilado y obtener un licor con características de luminosidad, pureza del color y tonalidad (a través del espacio CIEL*A*B*), y, características sensoriales aceptables?

1.1.3. Sistematización del problema

La utilización de *Theobroma cacao L.* (CCN-51) y miel de abeja para dar características sensoriales aceptables, deriva una serie de interrogantes que constituyeron las preguntas de investigación, y éstas son:

¿Qué concentración de almendras de cacao CCN-51 tostadas será adecuado usar en la maceración con alcohol etílico (aguardiente) redestilado para la definición de luminosidad, pureza del color y tonalidad del licor de 37 y 27 °GL?

¿Qué aceptabilidad sensorial tendrá la bebida alcohólica macerada con almendras de cacao CCN-51 y miel de abeja en dosis de: 1.25% y el 2.50%.?

¿Cuál será el índice de rendimiento del licor macerado con almendras tostadas de CCN-51 y miel de abeja en dos grados alcohólicos del producto final?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el color a través del espacio CIEL*A*B* y sensometría de una bebida alcohólica macerada con almendras de *Theobroma cacao L.* y miel de abeja.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Utilizar concentraciones de 20% y 30% de almendras tostadas de cacao CCN-51 y macerar por 30 días en alcohol etílico redestilado de 84 °GL para la obtención de un licor de 37 y 27 °GL con características de luminosidad, pureza del color y tonalidad aceptables.
- Determinar la aceptabilidad sensorial de la bebida alcohólica macerada con almendras de cacao CCN-51 y miel de abeja en dosis de 1.25% y el 2.50%.
- Determinar el índice de rendimiento del licor macerado con almendras tostadas de CCN-51, y miel de abeja mediante balance de materia para conversión de materia prima a producto terminado y viceversa.

1.3. Justificación

De la fermentación de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), independientemente de la variedad, se obtiene por destilación simple un aguardiente espirituoso, y, los productores venden sin registro sanitario a intermediarios que comercializan al detal o a las industrias rectificadoras; pero, son pocos los que elaboran licores de sabores a partir de este aguardiente, teniendo una calidad no estandarizada. Razón, por la que, se proyectó realizar esta investigación aportando al desarrollo de esta industria brindando alternativas de nuevas formulaciones que justifican su desarrollo agroindustrial.

La bebida espirituosa, se realizó con alcohol etílico (aguardiente) producido en la parroquia El Corazón, cantón Pangua, provincia de Cotopaxi, el mismo que se sometió a rectificación mediante redestilación diluyendo previamente con agua. Mientras que, el cacao variedad CCN-51 de procedencia del cantón Quevedo, fue tostado consiguiendo las características organolépticas aceptables. La miel de abeja se añadió al licor aportando características de atemperante de sabor y fogsidad del espirituoso, se adquirió en el cantón Quevedo, provincia Los Ríos.

Se efectuaron análisis colorimétrico (color a través del espacio CIEL*A*B*, determinando la luminosidad, pureza del color y tonalidad), sensométrico (color - tonalidad, color - limpidez, aroma a cacao, calidad del aroma, impresión del licor: gusto-olfato y fase post-gustativa: aceptabilidad) mediante cata a un grupo de 18 personas no experimentadas, y, químicos (acidez, pH, °Brix, grado alcohólico, metanol), en los laboratorios de la UTEQ y laboratorio de análisis “QuímicaLabs Cia. Ltda.” logrando encontrar el mejor de los tratamientos del licor.

La investigación permitió desarrollar el proceso agroindustrial para la obtención de la bebida alcohólica espirituosa antes indicada, siendo apetecida por personas que gustan de estas, por diversión o simplemente por costumbres propias del consumidor, ofreciéndole, por lo tanto, un producto inocuo e idóneo para el consumo, satisfaciendo sus necesidades organolépticas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Destilación

La destilación consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasen a la fase de vapor, luego enfriar el vapor para recuperar estos componentes en forma líquida mediante condensación. El principal objetivo de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, es decir, separar los materiales volátiles de los no volátiles [5], [6].

Al referirse al aguardiente tradicional, el destilado sale del alambique con graduaciones muy elevadas, alrededor de los 90 °GL, por lo que, debe disminuirse el grado alcohólico permitiendo descender el vapor al envasarlo o hidratarlo con agua desmineralizada [7]. Los líquidos que se someten al proceso de destilación para obtener etanol pueden ser: vino, residuos de su elaboración, mezclas obtenidas por maceración de frutos o granos triturados que hayan sufrido una fermentación alcohólica previa o cuantos productos puedan producir alcohol [8].

2.1.2. Redestilación

Para obtener un alcohol más puro se suele realizar una segunda e incluso una tercera destilación. Cuando se destila por primera vez un vino o una cocción de malta como se utiliza para obtener whisky, se consigue un alcohol que tiene unos 25 °GL. En la segunda destilación, se eliminan los primeros y últimos vapores y solo se conservan los que se emiten al final de la ebullición; finalmente el alcohol etílico destilado alcanza 60 o 70 °GL [8].

2.1.3. Maceración

Proceso físico químico que utiliza alcohol etílico para la extracción de compuestos fenólicos como aromas, colorantes, sabores, entre otros, que se encuentran en materias primas, sean, plantas, vegetales o frutas. Los recipientes son un factor importante para la extracción, en la maceración, además del lugar, temperatura, y el tiempo de almacenamiento. Generalmente, la temperatura de extracción oscila entre 15 y 20 °C [9]. La naturaleza de los compuestos que se extraen, depende en gran medida de la materia prima y, del líquido de maceración a utilizar [5].

2.1.4. Color

CIELAB (Commission internationale de l'éclairage) forma un espacio tridimensional para describir todos los colores que describe el ojo humano. El espacio CIELAB, se encuentra definido por 3 vectores que son la luminosidad (L^*) $L^*= 0$ negro, $L^*=100$ blanco, la posición entre el verde y el rojo o cromaticidad rojo/verde, definida por a^* ($a^*<0$ verde, $a^*>0$ rojo) y b^* , cromaticidad amarillo/azul que se refiere a la posición entre amarillo y el azul ($b^*< 0$ azul, $b^*>0$ amarillo) [10].

2.1.5. Luminosidad

La luminosidad es el atributo de la sensación visual según la cual una superficie emite más o menos luz, sus valores varían, en cuanto el producto se encuentre más cerca del 0 este será más oscuro, mientras que si se acerca a 100 más luminoso será [11]

2.1.6. Pureza del color

Pureza, saturación, o croma, representa al atributo de la sensación visual según el cual una superficie parece mostrar más o menos tonalidad, es decir, el contenido de color de una superficie evaluada en proporción a su luminosidad [11]

2.1.7. Tonalidad

Es el atributo de la sensación visual, ángulo que mide la tonalidad, indicando la orientación relativa del color respecto al origen 0° . Si todo el círculo a^*b^* se divide en 360° , como cualquier circunferencia y el origen 0° se define en la posición a^* positiva y $b^*=0$, es decir, donde se ubicaría un color estrictamente rojo, moviéndose en sentido contrario a las agujas de un reloj, de modo que se encontraría un color estrictamente amarillo en 90° , un verde estricto en 180° y un azul estricto en 270° [11].

2.1.8. Sensometría

Análisis sensorial

Conjunto de técnicas y métodos que permiten medir a través de los sentidos todo lo que se percibe. El aroma de los aguardientes se describe como la interacción del sabor y el olor que imparte a cada individuo una experiencia sensorial agradable o no. En la evaluación sensorial, existen dos aparatos químicos-receptores, el gusto y el olfato, siendo el olfato mucho más importante a la hora de determinar las características de una bebida alcohólica, ya que su intervención es más directa, al percibir los vapores que se encuentran en el alimento, y porque en la deglución interviene de nuevo por vía retronasal. Por ello, se emplea el término anglosajón “flavour”, el cual tiene una percepción global y abarca términos castellanos cortos como olor o sabor [12].

2.2. Marco referencial

2.2.1. Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1.1. Producción de bebidas alcohólicas destiladas

a. Destilación artesanal

El jugo fermentado se vierte en un tanque y se calienta sobre un fuego de bagazo, el jugo se evapora y pasa por un alambique, (tradicionalmente de cobre, aunque actualmente son de acero inoxidable). El vapor ahora pasa a través de un tubo espiralado (serpentín), se usa agua fría de un arroyo cercano para enfriar el alambique y volver a condensar el vapor en un líquido transparente, se recolecta del otro extremo del alambique, conocido como "aguardiente" su contenido alcohólico es 60%, es transportado en tanques de plástico al punto de recolección local, a ser rectificado en una fábrica productora de alcohol con graduaciones entre 70 y 96% [13].

b. Destilación industrial

Comprende la destilación simple y fraccionada [13].

- **Destilación simple:** Se realiza en una sola etapa, cuando los dos componentes de una mezcla tienen una diferencia de al menos 80 °C entre sus puntos de ebullición, el líquido de mayor pureza es el que se desea obtener [13].
- **Destilación fraccionada:** Si la diferencia entre las temperaturas de ebullición de los componentes de una mezcla es inferior a 80 °C, la separación de ambos se realiza mediante destilaciones sencillas repetidas de los sucesivos destilados, o utilizando columnas de destilación fraccionada por las que se obtiene como destilado el producto más volátil [13].

Para las bebidas alcohólicas destiladas se obtendrá etanol (78.3 °C), por tener un punto de ebullición más bajo, antes que el agua (100 °C). Por esta razón, la bebida destilada es una mezcla de agua, etanol y otros compuestos volátiles, representando estos últimos aproximadamente el 1% de la mezcla total, varios de estos compuestos volátiles son responsables del aroma y sabor agradable del producto; no obstante, hay otros que producen un sabor desagradable e incluso pueden ser tóxicos en altas concentraciones [14].

El producto de la destilación, tanto en la forma de bajo grado como de grado alto, es siempre una mezcla hidroalcohólica (flegma) impura, que contiene prácticamente todas las sustancias volátiles en su composición. Las sustancias que acompañan al alcohol en las flegmas y consideradas impurezas son: alcoholes superiores, aldehídos, ésteres, aminas, ácidos y bases. Para obtener un alcohol libre de sustancias indeseables, es necesario someter las flegmas a un proceso de purificación denominado rectificación [15].

La rectificación es un proceso físico químico, que separa el alcohol en una mezcla hidroalcohólica concentrada y pura, libre de impurezas que lo acompañaban en las flegmas. El resultado de cualquier destilación en un proceso de rectificación se divide en tres fases: alcoholes de cabeza, cuerpo (corazón) y cola [15].

Los *alcoholes de cabeza* son de bajo punto de ebullición, están compuestos de ésteres y aldehídos de mayor volatilidad, *los del corazón* tienen un punto de ebullición intermedio entre el de cabeza y cola, compuesto principalmente de etanol (alcohol etílico); *los de la cola* corresponden a los alcoholes superiores, tienen un punto de ebullición más alto que el etanol, estos últimos se denominan "aceites fusel" (mezcla de alcoholes amílicos, ácidos grasos y ésteres; utilizado en pinturas, plásticos y barnices, y, en la fabricación de explosivos) [16].

En la industria licorera, la separación de estos compuestos se conoce como cortes, estos se separan en [17]:

- **Alcoholes de Cabeza “primer corte”**. Cuyo rango de temperatura es $T < 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, cuenta con alcoholes más volátiles, entre ellos el metanol [17].
- **Alcoholes del Corazón o cuerpo “segundo corte”**. El cual posee el compuesto de interés (etanol) tiene un rango de temperatura de $70\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ [17].
- **Alcoholes de Cola “último corte”**. Es la fracción final de destilado con los compuestos menos volátiles, como el conjunto de alcoholes de alto peso molecular, denominados aceites de fusel (propanol, butanol, etc.) que en su gran mayoría son los causantes de la resaca y se volatilizan a temperaturas $80\text{ }^{\circ}\text{C} < T$ [17].

El compuesto de interés que se encuentra en el *corazón* (cuerpo) del destilado es el *etanol* o *alcohol etílico*, este es un líquido incoloro, volátil con un olor característico y sabor picante cuyo punto de ebullición a 1 atm es de $78.3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al igual que el etanol, el metanol cuenta con las mismas propiedades organolépticas, sin embargo, su punto de ebullición a 1 atm es $65.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por lo que debe tenerse un control estricto en la temperatura a la hora de realizar los cortes antes mencionados. Especialmente, debido a que el principal peligro del metanol se debe a su oxidación en ácido fórmico, esta oxidación puede ser inhibida por etanol, al ser metabolizado de manera muy específica, desintoxica al organismo de metanol por medio de la respiración [17].

Por otro lado, dado que el *corazón* se obtiene a temperaturas cercanas al punto de ebullición del etanol, es importante mencionar que su concentración aumenta significativamente, teóricamente es la única sustancia que se volatiliza; esta concentración depende de la tecnología que se disponga, con diferentes alambiques se pueden lograr mejores corazones y concentraciones más elevadas [17].

Sin embargo, se podrá obtener hasta una concentración de 95.5% v/v (a 1 atm) debido a que allí se encuentra el punto azeotrópico de esta mezcla, en este punto la sustancia se comporta como si fuera una sustancia pura e inmiscible, es decir que su punto de rocío y burbuja son iguales y no es posible separar la sustancia [17].

El uso de alambiques de cobre, se encuentra vigente aún e incluso es utilizado en la producción de las bebidas más reconocidas como el coñac o Armagnac. Sin embargo, algunas industrias lo han sustituido por equipos de acero inoxidable al ceder a las presiones del mercado, y, si bien estos últimos equipos son más eficientes, las características organolépticas del destilado se ven afectadas [17].

Los congéneres (ver Tabla 1) son aquellos compuestos presentes en el mosto en muy pequeñas cantidades (diferentes a los alcoholes), generados por la fermentación y cuya proporción depende de las condiciones de fermentación y calidad de las materias primas empleadas [17].

Tabla 1. Principales congéneres con su respectivo punto de ebullición a 1 atm

Congéneres	Punto de ebullición (°C)
Etanal	20.2
Acetona	56.5
Acetato de etilo	77.1
2-propanol	82.0
1-propanol	97.1
Isobutanol	108.0
1-butanol	117.7
Ácido acético	117.9
2-metil-1-butanol	125.7
1-pentanol	131.2
3-metil-1-butanol	131.2
Lactato de etilo	151.0
Furfural	161.7
Octanoato de etilo	206.0
Decanato de etilo	241.0

FUENTE: [17].

ELABORADO: Autora

2.2.1.2. Añejamiento acelerado de licores

Maceración

Proceso de extracción sólido-líquido, donde la materia prima tiene una serie de compuestos solubles de interés que serán conferidos al líquido de extracción. El proceso de maceración genera dos productos que pueden ser empleados en función de las necesidades de uso, el sólido ausente de esencias o el propio extracto. La naturaleza de los compuestos extraídos depende de la materia prima utilizada, así como del líquido de extracción. Existen 2 métodos de maceración de acuerdo a la temperatura, en frío y en caliente [18].

- **Maceración en frío.** Radica en macerar en un recipiente sumergiendo el producto con la cantidad suficiente del solvente hasta cubrirlo completamente. Se lleva a cabo durante un periodo de tiempo largo, dependiendo de la materia prima, las ventajas de la maceración en frío consisten en la utilización de equipos simples que requieren cantidades mínimas de energía y en la capacidad de extraer la mayoría de las propiedades de lo que se macera, según el solvente, prácticamente en su totalidad sin alterarlo por efectos de temperatura. Sin embargo, se requieren periodos de tiempo extensos para lograr una extracción adecuada [18].
- **Maceración en caliente.** El medio a macerar es sometido a temperaturas elevadas y luego entra en contacto con el medio líquido, el tiempo requerido es más corto. Tiene la desventaja de que algunas propiedades del compuesto, se pierden. El tiempo de maceración en frío, por lo general tarda 3 meses, mientras que, la maceración en caliente reduce a 2 semanas el proceso [5].

Añejamiento

Esta etapa consiste en la permanencia de los destilados en barricas de roble, también conocidas como botas, proceso conocido como envejecimiento, crianza o añejamiento del aguardiente [19].

Métodos de añejamiento

Los métodos de añejamiento son aquellos cuyo objetivo se basa en otorgar a la bebida características físicas y químicas, que se desarrollan durante el tiempo de crianza. Los métodos son el añejamiento: tradicional y acelerado [20].

- **Añejamiento Tradicional.** Se basa en el almacenamiento de destilados y vinos en barricas de roble durante largos periodos de tiempo, cuyo objetivo es conseguir las características físico químicas y organolépticas que confiere la madera. Son almacenadas en lugares oscuros y frescos, donde el oxígeno pasa por los poros de la barrica con el fin de oxidar los alcoholes a aldehídos y estos en ácidos, el tiempo de envejecimiento está directamente relacionado con el cuerpo de la bebida. Las desventajas del envejecimiento convencional son, altos costos de producción, espacios de almacenamiento limitados, mermas por recipientes permeables, producto en stock por largos periodos, costos de transporte y falta de control de las variables de acondicionamiento [20].
- **Añejamiento acelerado.** Se denomina envejecimiento acelerado a cualquier técnica destinada a la elaboración de bebidas con las características organolépticas de un producto envejecido por métodos físico químicos que conduzcan a una reducción significativa del tiempo de elaboración de dicho producto. La principal ventaja del envejecimiento acelerado es la reducción de costos asociados a esta etapa, debido al menor volumen de producto almacenado necesario [21].

Los métodos acelerados, se basan en la combinación del método tradicional mediante el uso de *astillas, polvo, virutas o chips de madera de roble* y la aplicación de técnicas que potencian la extracción de los componentes presentes en la madera. Existen varios métodos estudiados para acelerar la crianza de vinos y destilados, desde los basados en la aplicación de la temperatura como es el caso de los tradicionales hasta los más avanzados, como el uso de *nanopartículas de oro* que actúan como catalizadores de reacciones, o la combinación de pequeñas cantidades de *oxígeno* con el uso de *virutas de madera* en el fluido. Todos estos métodos, solos o combinados, cumplen el principal objetivo, potenciar la extracción de los compuestos de la madera y, de este modo, acelerar las reacciones que le confieren las características típicas de una bebida añejada [20].

2.2.1.3. Agua para bebidas alcohólicas

El agua, uno de los principales ingredientes que forman parte de la materia prima de las bebidas alcohólicas, es quizás el componente que menos se tiene en cuenta al elaborar una bebida, al ser un ingrediente tan simple, se cree que no tendrá ningún efecto sobre la calidad final del producto, pero debido a los minerales presentes en su composición, resulta muy determinante en las características organolépticas en cuanto a su sabor, aroma y color [22].

Por lo tanto, debe ser utilizada cumpliendo con todos los parámetros básicos de potabilidad tales como: incolora, inodora y libre de sustancias enturbiantes [23]. Para la elaboración de bebidas alcohólicas es necesario emplear agua muy blanda, con el fin de evitar enturbiamientos en el producto terminado [22].

a. Características del agua

- Inodora
- Transparente
- Incolora
- No debe presentar amoníaco
- Debe contener las mínimas cantidades de compuestos clorados [22].

b. Dureza del agua

- Concentración de minerales en una determinada cantidad de agua, en particular el contenido de Ca y Mg, un alto contenido de estos minerales se denomina “dura” caso contrario es de baja dureza “blanda”. Existen 2 tipos de dureza [23].
 1. Dureza temporal: Los carbonatos hidrogenados se pueden eliminar al hervir el agua, también se libera el dióxido de carbono y se precipita CaCO_3 .
 2. Dureza permanente: Los sulfatos disueltos en el agua no se eliminan por medio de ebullición [23].

2.2.1.4. Tostado de cacao CCN-51

El tostado es una operación muy importante en el procesamiento del cacao, ya que determina en gran medida el color, aroma y sabor de los derivados del cacao. Durante el tostado, el color del cacao sufre pardeamiento adicional al observado durante las etapas previas de fermentación y secado. En este pardeamiento participan múltiples reacciones, como oxidaciones y polimerizaciones de polifenoles, degradación de proteínas y reacciones de Maillard. Por otro lado, las diferentes temperaturas y tiempos a los que se somete el grano durante el tostado tienen especial influencia en el aroma y el sabor [24].

Los precursores de aromas desarrollados durante la fermentación interactúan en el proceso de tostado para producir el deseado sabor a chocolate, por lo que el tostado se considera la operación tecnológica más importante en el procesamiento de los granos de cacao, por lo que optimizar las condiciones de tostado significa desenvolver el potencial aromático de las almendras al máximo [25].

Durante el tostado, la reacción de Maillard, conocida como “pardeamiento no enzimático”, juega un papel muy importante en la formación de los pigmentos marrones y el aroma del cacao. Los azúcares reductores son precursores del sabor carbonilo, formados principalmente por medio de la hidrólisis de la sacarosa por la acción de la invertasa y la hidrólisis enzimática de las antocianinas [25].

2.2.1.5. Miel de abeja y composición

La miel de abeja, líquido viscoso de color ámbar, es un producto versátil ampliamente utilizado en el ramo alimenticio, en la industria, en la medicina; para elaboración de mermeladas, jarabes, dulces de diversa índole, productos de belleza, así como también en las industrias de jabones especiales y para bebidas, licores, aperitivos, hidromiel, vinagre de miel, en la industria del tabaco es empleada en grandes cantidades [26].

Tabla 2. *Composición de la miel de Apis mellifera*

Componente en 100 g de miel	Estándar internacional (g)
Agua	17.1
Proteína	0.3
Cenizas	0.2
Azucares	82.4
Sacarosa	0.89
Glucosa	35.75
Fructosa	49.94
Sodio	4
Potasio	52
Calcio	6
Magnesio	2
Hierro	0.42
Cobre	0.036
Zinc	0.22

FUENTE: [26].

ELABORADO: Autora

2.2.1.6. Fundamentos del color de las bebidas determinadas a través del espacio CIEL*A*B*

Colorimetría CIEL*A*B*

El espacio de color CIELAB, referido también como espacio CIEL*A*B* actualmente, es uno de los espacios de color más populares y uniformes utilizado para evaluar el color del área de alimentos. Ampliamente utilizado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana. Los investigadores y los fabricantes lo utilizan para evaluar los atributos de color, identificar inconsistencias y establecer tolerancias de color [11].

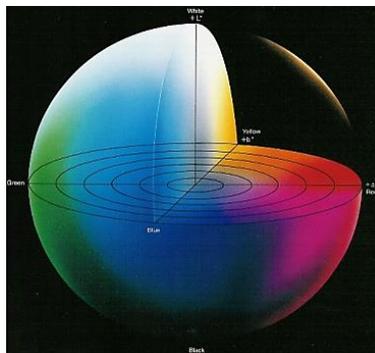
La tolerancia de color, puede definirse como la máxima diferencia de color admitida de los productos de fabricación en relación con un estándar que el consumidor considera ideal. Usando las coordenadas L*A*B*, los usuarios pueden correlacionar las diferencias numéricas de color con sus propias evaluaciones visuales [11].

Los valores de tolerancia deben definirse internamente o entre el proveedor y el consumidor y usarse en el control de calidad para determinar si la muestra pasa o no el proceso de inspección [11].

En el espacio CIEL*A*B* las coordenadas cromáticas (ver Figura 1) permiten una definición del color más precisa que los parámetros estándar. Este método para la medición de color se basa en tres coordenadas de color que permiten describir y situar cualquier color en el espacio: L* es la diferencia entre la luz (L*=100) y la oscuridad (L*=0), la componente A* representa la diferencia entre el verde (-a*) y el rojo (+a*) y la componente B* la diferencia entre el azul (-b*) y el amarillo (+b*) [27].

La versión cilíndrica del sistema L*A*B* se conoce como el espacio de color CIE L*h*C*, siendo C* la coordenada croma o saturación y h* es el ángulo de tono o matiz. El croma (C*) es la distancia perpendicular desde el eje de luminosidad (L*) comenzado desde el centro. El ángulo de tono (h*) comienza en el eje +a* (0°=rojo), continua hasta el eje +b* (90°=amarillo), el eje -a* (180°=verde) y el eje -b* (270°=azul) [28].

Figura 1. *Espacio de color CIEL*A*B**



FUENTE: [11].

Dónde los parámetros del espacio CIEL*A*B* significan lo siguiente [29]:

- (L*) Claridad
- (A*) Componente de color rojo/verde
- (B*) Componente de color azul/amarillo
- (C*) Croma – pureza
- (h_{ab}*) Tono
- [(A*, B*) o (C*, h_{ab}*)] Cromaticidad [29].

Los 3 primeros parámetros se obtienen directamente de la espectrometría, mientras que los últimos son magnitudes derivadas que se calculan en base a los anteriores.

1. Claridad (L^*): está directamente relacionada con la sensación visual de luminosidad, su símbolo es L^* .
2. Componente del color rojo/verde: su símbolo es A^* .
3. Componente del color amarillo/azul: representado como B^* [29].

De los valores anteriores, se obtienen matemáticamente parámetros: C^* y h_{ab}^* [29].

1. Croma o pureza (C^*): se define conforme a la siguiente función matemática (*Ecuación 1*): $C^* = \sqrt{A^{*2} + B^{*2}}$ [29].
2. Tono (h_{ab}^*): sus unidades son expresadas en grados sexagesimales ($^\circ$), representado matemáticamente (*Ecuación 2*): $h_{ab}^* = \text{tg}^{-1}\left(\frac{B^*}{A^*}\right)$

2.2.1.7. Fundamentos de la sensometría

La evaluación sensorial

Disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar aquellas respuestas a productos percibidas por los sentidos (vista, olfato, tacto, gusto y oído), implica la agrupación de los sentidos, involucra acciones interdisciplinarias (psicología, tecnología de alimentos, estadística y sociología) que permite establecer el vínculo entre las sociedades productoras de alimentos y el mercado a través de la interpretación de resultados [30].

No existe otro instrumento que pueda reemplazar la respuesta humana; por lo que, la evaluación sensorial es un factor esencial en cualquier estudio de alimentos [31]. En el caso de los alimentos, la percepción de los estímulos debe revisarse de manera independiente porque son una fuente compleja de estímulos. La presencia de un estímulo como el color en los alimentos puede afectar la percepción de otros como el aroma o el sabor. En cuanto al tipo de prueba a aplicarse, debe establecerse si es necesario el uso de escala y sus características; si se quiere un perfil sensorial (atributos sensoriales que presenta un determinado alimento), es fundamental definir cuidadosamente los atributos sensoriales y cómo evaluarlos [32].

Las inconsistencias en las respuestas sensoriales de los individuos ocurren debido a sus diferenciales fisiológicos y psicológicos, sin embargo, se pueden adquirir respuestas muy congruentes a través de procesos de entrenamiento. La adecuada ejecución de las metodologías de evaluación sensorial, permite la identificación y control de posibles sesgos y variaciones [33].

Objetivos y finalidad de la evaluación sensorial

Dentro de las industrias alimentarias es sumamente importante principalmente en varios aspectos [34].

- Control del proceso de producción: debido al cambio de un componente del alimento, formulación o utilización de máquinas modernas [34].
- Control durante la elaboración del producto: debe realizarse a cada una de las materias primas que ingresan al proceso, producto intermedio y terminado [34].
- Vigilancia del producto: es importante para la estandarización, vida útil y las condiciones para la comercialización o exportación, sus características sensoriales deben mantenerse durante el trayecto hasta su preparación y consumo [34].
- Influencia del almacenamiento: el producto en almacenamiento, se mantendrá en condiciones óptimas (temperatura, ventilación, tiempo de elaboración y almacenamiento, condiciones de apilamiento y rotación del producto) evitando la alteración en sus características sensoriales [34].
- Sensación experimentada por el consumidor: (grado de aceptación o rechazo), comparándolo con la competencia, un producto nuevo con diferentes formulaciones o modificación en los componentes para mejorarlo [34].

Cata de licores

Se tienen en consideración tres fases principales, la fase visual, olfativa y gustativa, para la evaluación organoléptica de los aguardientes [7].

1. Fase visual. En esta fase, se valoran la transparencia y el color, determinando este último a la tonalidad y la intensidad [7].

- La transparencia. El aguardiente debe ser totalmente transparente, brillante, cristalino, muy limpio, o en el caso contrario: claro, velado, opalescente, lechoso, turbio.
- El color (tonalidad e intensidad). Los aguardientes jóvenes son incoloros, los añejados tienen una tonalidad que varía desde el pajizo hasta caramelo, ámbar etc. [7].

2. Fase olfativa. Es el sentido más importante para clasificar los aguardientes. La fuerte concentración de alcohol etílico hace que ciertas sustancias sean más volátiles y permite que el olfato trabaje con sensaciones amplificadas respecto a las encontradas en la bebida. Los aromas se clasifican en [7]:

- Primarios: son procedentes de la variedad de alcohol base.
- Secundarios: son procedentes de la formación de los azúcares en alcohol por acción de las levaduras.
- Terciarios: son aquellos que se forman, durante la permanencia del aguardiente en las barricas de roble, generalmente son aromas a especias y frutos secos.
- Cuaternarios: debidos a la aromatización del aguardiente, predominan las sustancias olorosas aportadas por el vegetal, especias etc. [7].

Los parámetros para la valoración del aroma son [7]:

- Intensidad: valoración de la cantidad de aroma.
- Finura: es el parámetro que juzga la calidad de las sensaciones.
- Franqueza: grado de limpieza de las sensaciones.
- Fragancia: se utiliza para valorar la complejidad, la armonía, el bouquet.
- Persistencia: indica el tiempo de percepción de las sensaciones olfativas, debidas al aguardiente después de su degustación [7].

3. Fase gustativa. El gusto no es tan importante para el aguardiente como para el vino, los 4 sabores elementales son [7].

- Dulce: se percibe en la parte anterior de la lengua, debido al alcohol.
- Amargo: es percibido en la parte posterior de la lengua. Este sabor es producido por el cobre cedido por los alambiques.
- Ácido: participa en el equilibrio del aguardiente y es detectado en los bordes exteriores de la lengua.
- Salado: cuando se destila no tiene gusto salado, si los posee es debido a la aplicación de agua desmineralizada [7].

Pruebas sensoriales

La Tabla 3 describe las pruebas que se aplican con mayor frecuencia, para el análisis sensorial de bebidas destiladas [20].

Tabla 3. Pruebas utilizadas en el análisis sensorial

Tipo de prueba	Características del panel sensorial	Pregunta principal
Descriptivas	Seleccionados por su agudeza sensorial y motivada, personas entrenadas o altamente entrenadas.	¿Cuánto difieren los productos? ¿En que difieren los productos? ¿Qué atributos caracterizan al producto?
Discriminativas	Seleccionados por su agudeza sensorial, orientados al tipo de prueba y, eventualmente entrenados.	¿Son diferentes los productos?
Afectivas de Preferencia	Seleccionados por ser consumidores habituales del producto, personas no entrenadas.	¿Cuáles son los productos preferidos?
Afectivas Hedónicas		¿Gusta o disgusta el producto?

FUENTE: [20].

ELABORADO: Autora

Factores que influyen en el resultado sensorial

El análisis sensorial requiere que se considere como instrumentos de medición a los panelistas, que son variables a través del tiempo y entre sí mismos, y muy propensos al sesgo. Es necesario conocer cuáles son los factores psicológicos que pueden influir en un panelista, para disminuir esta variabilidad [31].

1. Factores psicológicos

- **Error de expectación.** Ocurre cuando los panelistas reciben demasiada información sobre los tipos de muestras antes de comenzar las pruebas, estos errores deben evitarse manteniendo en secreto la fuente de las muestras y obviando dar detalles previo a la prueba [31].
- **Error de habituación.** Se debe a la tendencia de entregar muestras que responden a una serie, la forma de disponer las muestras, puede influir sobre los juicios de los panelistas. Si el orden de presentación de las muestras es aleatorio, por panelista, los errores se pueden reducir al mínimo [31].
- **Error de estímulo.** Ocurre cuando los panelistas se ven influidos por diferencias entre las muestras (tamaño, forma o color) presentadas. Para minimizarlo, las muestras deberán ser similares, con respecto a todas las características, excepto en las características de evaluación [31].
- **Error de lógica.** Se presentan cuando 2 o más características de las muestras se asocian en la mente de los evaluadores, en el caso de la cerveza, saben que la cerveza negra tiende a tener un sabor más fuerte, por ende, el panelista indica un resultado en función de su percepción [31].
- **Error de contraste.** Al evaluar una muestra agradable antes de una desagradable los panelistas podrían dar a esta última una puntuación inferior. Estos errores, no se pueden eliminar pero, si se entregan muestras en diferente orden, se balancea para todo el panel [31].
- **Efecto de halo.** Ocurre al evaluar más de un atributo en la misma muestra, siendo conveniente evaluar cada atributo en muestras distintas [31].

- **Orden y presentación de las muestras.** Existen 5 tipos de sesgo: efecto de contraste, efecto de grupo, error de tendencia central, efecto patrón y, error de tiempo, deben minimizarse utilizando un balance y orden aleatorio en la presentación [31].

2. Sugestión por otros

Es necesario separar a los evaluadores en cabinas, para prevenir el juicio por las expresiones faciales que puedan tener los otros jueces, de modo que, la respuesta de los panelistas podría verse influenciada los demás [31].

2.2.1.8. Fundamentos de análisis químicos de licores

Metanol

Líquido transparente, volátil e inflamable con olor a alcohol puro, también denominado alcohol metílico (CH_3OH), su punto de ebullición es $65\text{ }^\circ\text{C}$. Está presente en el aguardiente, debido a la desesterificación por las pectinas esterases presentes en la caña de azúcar [35].

Método Cromatográfico

Método físico utilizado principalmente, para la separación de los componentes de una muestra, en la que se distribuyen entre dos fases, la estacionaria y la que está en movimiento. La fase estacionaria puede ser un sólido o un gel y puede estar empacada en una columna, esparcida en forma de capa o distribuida como una película. La fase móvil puede ser un gas o un líquido [36].

Puede cumplir 2 funciones básicas que no se excluyen mutuamente [37]:

- Separar los componentes de la mezcla, para obtenerlos más puros y que puedan ser utilizados luego (etapa final de muchas síntesis).
- Medir la proporción de los componentes de la mezcla (finalidad analítica). En este caso, las cantidades de material utilizadas son pequeñas [37].

Cromatografía de gases

Es una de las técnicas más utilizadas, se caracteriza por el hecho de que la muestra es inyectada en la cabeza de una columna cromatográfica e inmediatamente volatilizada [38].

Es la técnica analítica de separación de compuestos que permite la identificación, purificación y cuantificación de los componentes en base a las diferencias de volatilidad y solubilidad de la mezcla de los solutos a separar. Esta técnica ofrece un mejor poder de resolución para compuestos orgánicos volátiles, siendo considerada una de las técnicas más sensibles. Su principal limitación está en la labilidad térmica de los analitos, que deben ser estables a la temperatura requerida para su volatilización [39].

En cromatografía de gases (CG), la muestra se inyecta en la fase móvil, un gas inerte (comúnmente He). En esta fase, los distintos componentes de la muestra pasan por la fase estacionaria que se encuentra fijada en la columna [39].

2.2.1.9. Fundamentos de balance de materia

Los balances de materia y energía son una forma de contabilizar las entradas y salidas de los materiales en un proceso o una parte de él y pueden aplicarse a aquellos procesos donde las propiedades de las materias primas tienden a variar, para obtener productos estandarizados que sirven para satisfacer las necesidades de la sociedad [40].

Constituyen una herramienta fundamental para el desarrollo tecnológico de nuevos productos, para el control de la materia prima y para realizar los cálculos para la producción final [40].

Estas herramientas matemáticas consideran los diferentes caudales másicos de entrada (m_e) y salida (m_s) a un sistema expresados como kg de masa total o de un componente específico por unidad de tiempo. Para operar con los balances, se aplicará la “Ley de la Conservación de la Materia” o “Primer principio de la Termodinámica” que establece que la materia y la energía ni se crean ni se destruyen, sino que se transforman [41].

Ley de la conservación de la materia

La ley de conservación de la masa es una forma de expresión de un principio más general y se considera una de las leyes fundamentales en cualquiera de las ciencias naturales, al establecer un punto sumamente importante: “En toda reacción química la masa se conserva, es decir, la masa total de los reactivos es igual a la masa total de los productos” [40].

El balance total de materia

La ecuación (entrada = salida + acumulación) cuando se usa sobre la masa total de cada corriente ingresando o saliendo de un sistema representa un balance total de masa, se basa fundamentalmente en la ley de la conservación de la materia [40].

2.2.1.10. Marco legal

El desarrollo de la investigación, se sustentó en las siguientes normas de acuerdo a bebidas alcohólicas:

- NTE INEN 1837: Licores [42].
- NTE INEN 1932: Licores de frutas [43].
- NTE INEN 341: Determinación de la acidez [44].
- NTE INEN 340-2: Determinación del contenido de alcohol etílico [45].

2.2.2 Estado del Arte

Para la “Evaluación del color a través del espacio CIEL*A*B* y sensometría de una bebida alcohólica macerada con *Theobroma cacao L.* y miel de abeja” se tomó como referencia distintos trabajos afines al tema.

2.2.2.1. Caracterización físico química y sensorial en cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) Nacional y trinitario para la elaboración de una bebida alcohólica

En este proyecto de investigación plantearon el siguiente objetivo: determinar las características físico químicas y sensoriales de una bebida alcohólica de cascarilla de *Theobroma cacao L.* Nacional y trinitario, en el que se evaluaron 2 variedades de cacao (Nacional y trinitario) y 4 tiempos de envejecimiento (7 días; 15 días; 30 días y 45 días), manifestando que el mejor tratamiento con mayor aceptabilidad fue el TQ (cacao trinitario + 15 días de maceración), y el que mejores características sensoriales tiene fue el TT (cacao trinitario + 30 días de maceración), demostrando que la variedad trinitaria con 15 días de maceración es la formulación adecuada para la elaboración de la bebida alcohólica [46].

2.2.2.2. Elaboración de Licor Añejo con Almendras de Cacao Nacional (*Theobroma cacao L.*) residual de la clasificación para exportación

[47] realizaron un estudio en la revista InGenio Journal (Revista de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo), en la que plantearon el siguiente objetivo: evaluar el efecto de la maceración de residuos de almendras de cacao nacional en alcohol etílico rectificado para la obtención de licor añejo. Utilizaron diferentes concentraciones de cascarilla y almendras de cacao Nacional tostado y sin tostar, y fueron añadidas al alcohol etílico rectificado de 96.19 °GL contenidas en botellas de vidrio enrazadas a 4 L y se colocaron en maceración durante un tiempo de 6 meses; el licor añejado se redujo a 25 ± 1 °GL con una fracción de agua y otra de jarabe de sacarosa de 62.2 °Brix, en lo que respecta al análisis sensorial se consideró los atributos como color, olor, sabor a cacao y preferencia. Además, se realizó un diseño bifactorial completamente al azar y 3 repeticiones. Se usó el software estadístico SPSS, y, el test de Friedman. Del ADEVA se estableció como mejor tratamiento el T₂ (cacao Nacional tostado y en cantidad de 500 g) [47].

2.2.2.3. Factibilidad para la instalación de una industria procesadora de licor de cacao

En [48] mediante su trabajo de investigación (revista de investigación Gestion en el Tercer Milenio), plantearon como objetivo: evaluar la factibilidad en la instalación de una industria procesadora de licor de cacao y de esta manera contribuir al desarrollo productivo del Ecuador mediante el uso del cacao como materia prima de excelente producción. Finalizada la investigación se demostró que la instalación de una industria procesadora de licor de cacao, es factible desde el punto de vista de mercado, técnico, económico y financiero.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El alcohol etílico más conocido como aguardiente de caña se obtuvo de los trapiches del Sr. Galo Carrillo ubicado a 1000 msnm, en el Recinto Tablería de la Parroquia El Corazón, cantón Pangua en la provincia de Cotopaxi.

El cacao CCN-51 seco, se adquirió en la empresa “TA&TA CACAO” del Ing. Andrés Tapia, quien produce chocolate artesanal (chocolate de taza), ubicada en la parroquia San Camilo del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos.

La miel de abeja de la marca “Natural Honey” fue adquirida en Quevedo.

Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Bromatología ubicado en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) ubicada en el km 7 vía Quevedo - El Empalme, a 73 msnm. Recinto San Felipe, del Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos.

El análisis de metanol, se realizó en el laboratorio “QuímicaLabs Cia. Ltda.” en el cantón Quito, provincia Pichincha.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación en el que se basó el proyecto, es el siguiente:

– Investigación exploratoria

Se realizó una investigación exploratoria, debido a que, en la zona de estudio, no se han encontrado investigaciones basadas en la elaboración de bebidas alcohólicas maceradas con almendras tostadas de *Theobroma cacao* L. y como, su envejecimiento o añejamiento se realiza en barriles de roble durante largos periodos, se planteó usar la variedad CCN-51 en distintas concentraciones para la obtención del producto final, en el menor tiempo, logrando las características sensoriales de interés.

3.3. Métodos de investigación

En el desarrollo de la investigación se emplearon los siguientes métodos:

- **Método inductivo-deductivo:** Este método de investigación, permitió partir del problema establecido en el estudio, donde se aplicó el proceso de la destilación consiguiendo el alcohol etílico (aguardiente) redestilado, y, posteriormente la obtención de un licor macerado, al que se ajustó la graduación alcohólica de acuerdo al diseño experimental propuesto, el cual generó las soluciones respecto al problema planteado.
- **Método experimental:** Este método fue utilizado en el estudio, en donde, se estableció el efecto provocado en la mezcla de alcohol etílico (aguardiente) redestilado, cacao CCN-51 tostado (*Theobroma cacao* L.) y miel de abeja. Posteriormente se realizaron los respectivos ensayos, descritos en la Tabla 5 mediante los que se determinó al mejor tratamiento en función de sus atributos por colorimetría (luminosidad, pureza del color y tonalidad) y sensometría (análisis sensorial).
- **Método analítico-sintético:** En la investigación, el método analítico se centró en los diferentes problemas que presentó la elaboración del licor macerado, y que se identificaron mediante las preguntas establecidas en la sistematización del problema.
- **Método hipotético-deductivo:** En consecuencia, con base en las diferentes preguntas directrices de investigación antes definidas, se contrastó la siguiente hipótesis: “*Cualquier concentración de cacao CCN-51 y miel de abeja macerado en alcohol etílico (aguardiente) redestilado dan diferentes resultados de color a través del espacio CIEL *A*B* y aceptabilidad (evaluación sensorial)*”, a partir de la cual, a través de la información recopilada, procesada, e interpretada, resultaron conclusiones que fueron confrontadas con los hechos.

3.4. Fuentes de recopilación de información

En la redacción del trabajo de investigación, se examinaron diversas fuentes bibliográficas: libros, tesis, artículos científicos (SciELO, Redalyc, entre otros), Normas NTE INEN, etc., respaldando con datos bibliográficos la investigación.

3.5. Diseño de la investigación

Para el desarrollo del proyecto de investigación se formuló un diseño completo 2ⁿ y 3 repeticiones, evaluando el efecto de la interacción de los tratamientos. En el experimento se consideró 3 factores A*B*C, donde los factores en estudio se ordenaron de la siguiente manera: Factor A = cacao CCN-51 tostado (20 y 30%), Factor B = miel de abeja (1.25 y 2.50%) y Factor C = grado alcohólico (37 y 27 °GL), descritos en la Tabla 4.

Para los resultados de colorimetría y análisis sensorial se utilizó el software estadístico IBM SPSS Statistics 25, efectuando una prueba de normalidad, mediante el test Kolmogorov-Smirnov con 5% de error, consiguientemente se aplicó una prueba estadística que permitió evaluar la hipótesis nula (H₀) de igualdad, respecto a la distribución normal, al no existir normalidad en los valores obtenidos, se procedió al uso de pruebas no paramétricas como el test de Friedman y Holm en un software libre.

El test no paramétrico (test de Friedman) permitió identificar diferencias significativas entre los grupos, obteniendo el algoritmo (tratamiento) de mejor características en el Análisis de Colorimetría y Sensorial. Se aplicó el test de Holm de comparaciones múltiples, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, para determinar que el mejor algoritmo en cada caso tuvo un rendimiento significativamente diferente a los demás.

- **Test de Friedman y Holm.** Es un test estadístico no paramétrico apropiado para probar la hipótesis de que los datos de k muestras emparejadas se extraen de la misma población [49]. Jerarquiza los algoritmos por cada colección de datos separadamente y, en caso de empate asigna un rango promedio [50].

3.5.1. Factores de estudio

En la Tabla 4 se propusieron los siguientes factores para la investigación y cada tratamiento tuvo 3 réplicas.

Tabla 4. Factores de estudio en la obtención de un licor macerado con CCN-51

Factores	Simbología	Descripción
A: Cacao CCN-51	a ₀	C ₁ (20%)
	a ₁	C ₂ (30%)
B: Miel de abeja	b ₀	M ₁ (1.25%)
	b ₁	M ₂ (2.50%)
C: Grado alcohólico	c ₀	37 °GL
	c ₁	27 °GL

ELABORADO: Autora

3.5.2. Hipótesis

Se contrastaron las siguientes hipótesis, desarrolladas sobre la base de la investigación, considerando de esta manera hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1), así:

3.5.2.1. Hipótesis general de la investigación

(H_0): Cualquier concentración de cacao CCN-51 y miel de abeja macerado en alcohol etílico redestilado (aguardiente) dan iguales resultados de color a través del espacio CIEL*A*B* y aceptabilidad (evaluación sensorial).

(H_1): Cualquier concentración de cacao CCN-51 y miel de abeja macerado en alcohol etílico redestilado (aguardiente) dan diferentes resultados de color a través del espacio CIEL*A*B* y aceptabilidad (evaluación sensorial).

3.5.2.2. Hipótesis del test de Normalidad del análisis de colorimetría CIEL*A*B*

(H₀): Los datos del análisis de colorimetría: luminosidad, L*; pureza del color, C* y tonalidad, h_{ab}* en el licor de *Theobroma cacao* L. CCN-51 y miel de abeja, **se distribuyen de forma normal.**

(H₁): Los datos del análisis de colorimetría: luminosidad, L*; pureza del color, C* y tonalidad, h_{ab}* en el licor de *Theobroma cacao* L. CCN-51 y miel de abeja, **no se distribuyen de forma normal**

3.5.2.3. Hipótesis del test de Normalidad del análisis sensorial

(H₀): Los datos del análisis sensorial: color - tonalidad, color - limpidez, aroma a cacao, calidad del aroma, impresión del licor (gusto-olfato) y fase post gustativa (aceptabilidad) en el licor de *Theobroma cacao* L. CCN-51 y miel de abeja, **se distribuyen de forma normal.**

(H₁): Los datos del análisis sensorial: color - tonalidad, color - limpidez, aroma a cacao, calidad del aroma, impresión del licor (gusto-olfato) y fase post gustativa (aceptabilidad) en el licor de *Theobroma cacao* L. CCN-51 y miel de abeja, **no se distribuyen de forma normal.**

3.5.2.4. Hipótesis del test Friedman del análisis de colorimetría CIEL*A*B*

(H₀): Al usar cualquier concentración de cacao CCN-51 y miel de abeja macerado en alcohol etílico (aguardiente) redestilado para la obtención de una bebida alcohólica, no existe diferencia entre los valores de luminosidad, L*; pureza del color, C* y tonalidad, h_{ab}* en el conjunto de tratamientos.

(H₁): Al usar cualquier concentración de cacao CCN-51 y miel de abeja macerado en alcohol etílico (aguardiente) redestilado para la obtención de una bebida alcohólica, existe diferencia entre los valores de luminosidad, L*; pureza del color, C* y tonalidad, h_{ab}* en el conjunto de tratamientos.

3.5.2.5. Hipótesis del test Friedman del análisis sensorial

(H₀): Al usar cualquier concentración de cacao CCN-51 y miel de abeja macerado en alcohol etílico (aguardiente) redestilado para la obtención de una bebida alcohólica, no existe diferencia entre los valores de la fase visual, olfativa, gustativa y post-gustativa en el conjunto de tratamientos.

(H₁): Al usar cualquier concentración de cacao CCN-51 y miel de abeja macerado en alcohol etílico (aguardiente) redestilado para la obtención de una bebida alcohólica, existe diferencia entre los valores de la fase visual, olfativa, gustativa y post-gustativa en el conjunto de tratamientos.

3.5.3. Arreglo multifactorial A*B*C para la obtención del licor

Se utilizó el arreglo trifactorial A*B*C, de un diseño completo 2ⁿ y 3 repeticiones, con los niveles en A = 2, B = 2, C = 2 y R = 3 dando como resultado un total de 24 tratamientos.

El tamaño de la muestra fue de 3 litros de alcohol etílico (aguardiente) rectificado o redestilado. Se consideró como base 100% al alcohol etílico redestilado.

Tabla 5. *Combinación de los Tratamientos propuestos para la obtención del licor*

Nº	Simbología	Combinación de tratamientos
1	a ₀ b ₀ c ₀	C ₁ (20%)/M ₁ (1.25%)/37 °GL
2	a ₀ b ₀ c ₁	C ₁ (20%)/M ₁ (1.25%)/27 °GL
3	a ₀ b ₁ c ₀	C ₁ (20%)/M ₂ (2.50%)/37 °GL
4	a ₀ b ₁ c ₁	C ₁ (20%)/ M ₂ (2.50%)/27 °GL
5	a ₁ b ₀ c ₀	C ₂ (30%)/ M ₁ (1.25%)/37 °GL
6	a ₁ b ₀ c ₁	C ₂ (30%)/ M ₁ (1.25%)/27 °GL
7	a ₁ b ₁ c ₀	C ₂ (30%)/ M ₂ (2.50%)/37 °GL
8	a ₁ b ₁ c ₁	C ₂ (30%)/ M ₂ (2.50%)/27 °GL

ELABORADO: Autora

3.5.4. Variables de estudio

- **Análisis de colorimetría:** Coordenadas cromáticas en $L^*A^*B^*$, transformadas en $L^*C^*h_{ab}^*$.
 1. Luminosidad (L^*)
 2. Pureza del color (C^*)
 3. Tonalidad (h_{ab}^*).

- **Análisis sensorial:**
 1. Color: tonalidad
 2. Color: limpidez
 3. Aroma a cacao
 4. Calidad del aroma
 5. Impresión del licor (gusto-olfato)
 6. Fase post gustativa (aceptabilidad).

- **Análisis químico:**
 1. Acidez
 2. pH
 3. Sólidos solubles totales (°Brix)
 4. Grados alcohólicos (°GL)
 5. Metanol (cromatografía de gases).

3.6. Instrumentación de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Descripción del proceso para la obtención del alcohol etílico redestilado

a. Recepción

Se recibió 50 L de alcohol etílico de caña de azúcar, producido en los trapiches del Sr. Galo Carrillo, en recipientes plásticos de 20 L, luego se midió el grado alcohólico con un alcoholímetro de vidrio obteniéndose 54 °GL.

b. Dilución

Posteriormente se procedió a realizar una dilución hidroalcohólica de 20 L (62.5%) de alcohol etílico y 12 L (37.5%) de agua potable.

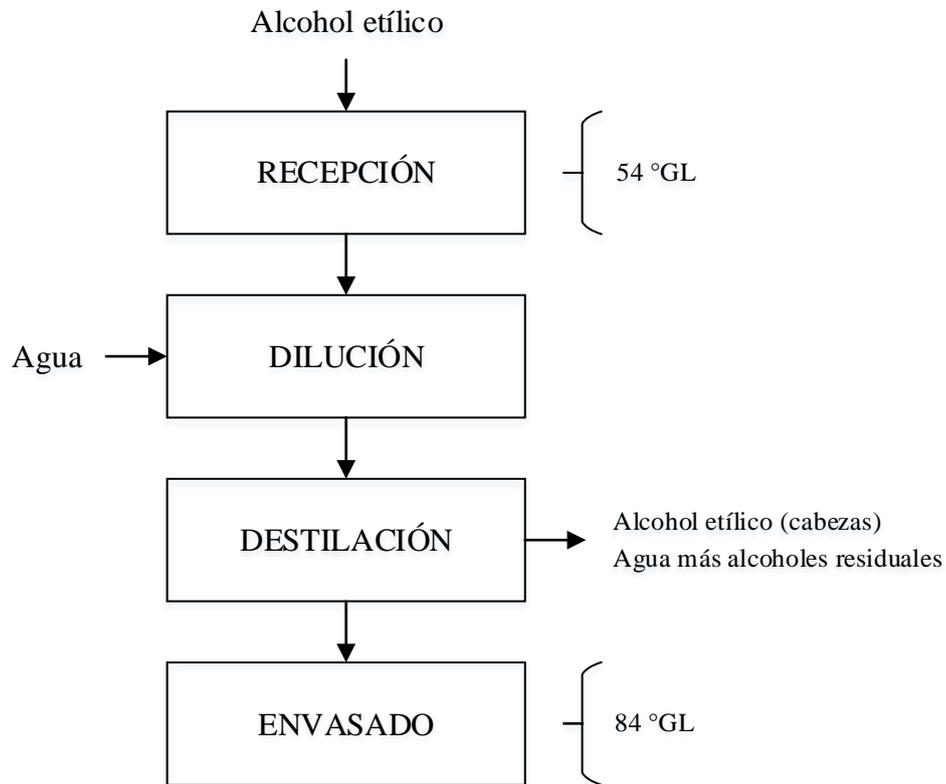
c. Destilación

Previamente se limpió el equipo, para garantizar la inocuidad del producto final en la operación. Por consiguiente, se dividió el proceso en 3 lotes, iniciando el primero con 32 L de la mezcla hidroalcohólica, y se empezó a destilar. Las fracciones de los alcoholes de cabeza (0.4 L) y el agua más los alcoholes residuales (19.6 L) fueron descartados por la presencia de sustancias tóxicas para el consumo humano (congéneres). El alcohol etílico también denominado cuerpo o corazón, fue el único alcohol de interés recolectado (12 L).

d. Envasado

El alcohol etílico redestilado de 84 °GL medido con el alcoholímetro de vidrio (Gay-Lussac), fue envasado en recipientes plásticos (canecas) de capacidad 20 L.

Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención del alcohol étílico redestilado



ELABORADO: Autora

3.6.1.3. Descripción del proceso del tostado de almendras de cacao CCN-51

a. Recepción y pesado

Se recibió y pesó 9.1 kg de almendras de cacao CCN-51 seco.

b. Selección

En esta operación, se realizó la selección de las mejores almendras, escogiendo las mejores almendras de cacao, descartando las almendras vanas e impurezas (todo material extraño como hojas secas, piedrillas, restos de cascarillas, etc.).

c. Pesado

Las mejores almendras tuvieron un peso de 7.2 kg.

d. **Tostado**

Se colocó 7.2 kg de cacao seleccionado, en un recipiente de acero inoxidable, luego se procedió a tostar a 125 °C, removiendo de forma constante con una paleta de madera.

e. **Enfriado**

Luego las almendras tostadas se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

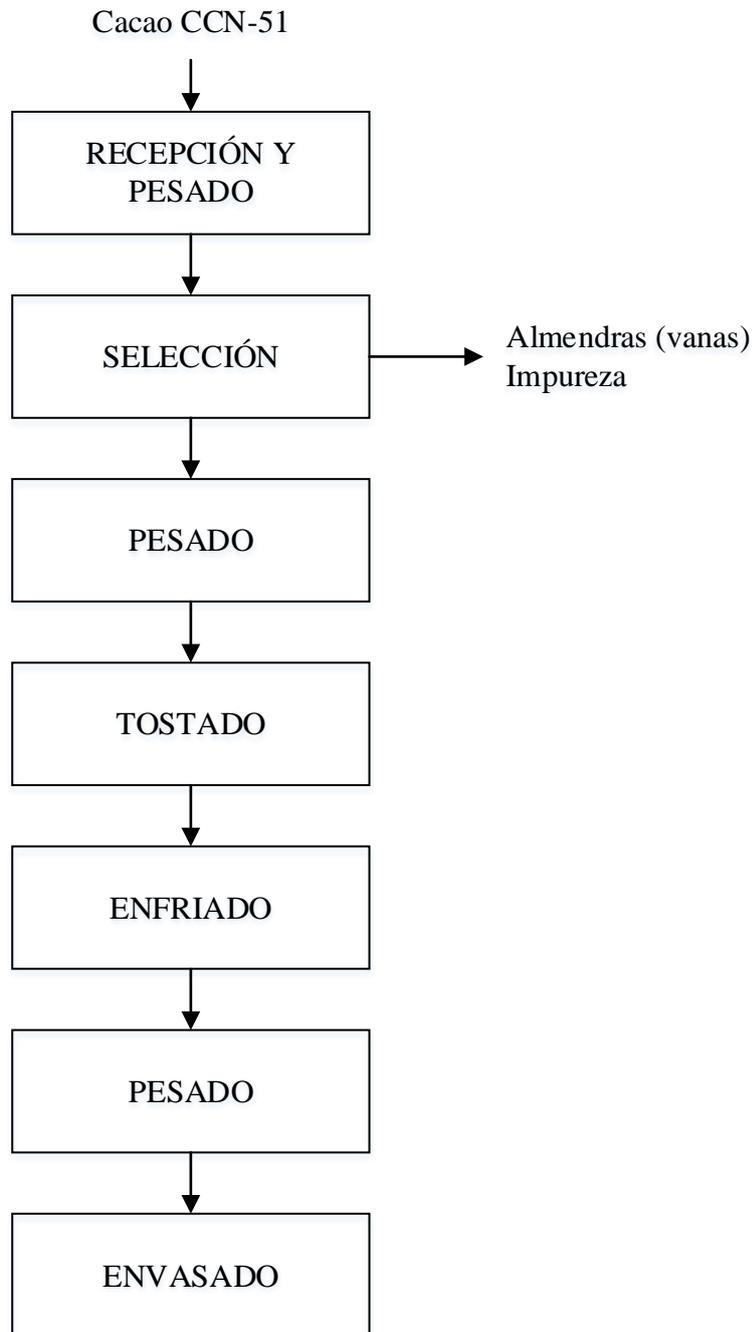
f. **Pesado**

Se pesan 6.8 kg de cacao tostado y frío.

g. **Envasado**

El cacao tostado fue colocado en bolsas plásticas ziploc, de acuerdo al diseño experimental planteado, a razón de 0.6 y 0.9 kg, para su uso posterior.

Figura 3. Diagrama de flujo para el tostado de almendras de cacao CCN-51



ELABORADO: Autora

3.6.1.4. Descripción del proceso para la obtención del licor

a. Dosificación

Se pesó la miel en la dosis de 0.075 kg planteada en el diseño experimental.

b. Mezclado

En esta etapa se mezcló 3 L del alcohol etílico redestilado de 84 °GL, seguido de 0.075 kg de miel de abeja y 0.6 kg de cacao CCN-51 tostado en frascos de vidrio de 4 L de capacidad, luego se agitó levemente para homogeneizar la mezcla.

c. Maceración

Consecutivamente se colocó el frasco en funda plástica negra, a fin de evitar reacciones por efecto del paso directo de la luz y se dejó en maceración por un tiempo de 30 días, en un lugar fresco, seco y oscuro, tiempo en que el alcohol extraído los componentes del cacao, que le otorgan las características sensoriales específicas al licor. Culminado el tiempo de maceración, se realiza una agitación leve.

d. Filtrado

Terminado el proceso de maceración, se procedió a filtrar el alcohol a fin de separarlo de las almendras de cacao CCN-51, y sólidos contenidos en el recipiente.

e. Dilución

En esta fase, se efectuó los cálculos según la regla de mezclas o cuadrados de Pearson, diluyendo 2.45 L de alcohol etílico macerado y 5.17 L de agua destilada, ajustando el grado alcohólico a 27 °GL.

f. Envasado

El licor macerado se envasó en botellas de vidrio transparentes 0.75 L de licor macerado de 27 °GL.

g. **Análisis colorimétrico, sensométrico y químico realizados al licor macerado**

Se detalla a continuación los análisis realizados al licor de cacao macerado:

- **Análisis colorimétrico del licor macerado.** La determinación de la colorimetría de la bebida alcohólica, fue efectuada mediante el uso de un colorímetro, medidor de color espectral, marca LUTRON RGB-1002, el procedimiento consistió en tomar una muestra de 200 mL de cada tratamiento y de sus réplicas, usando un vaso de precipitación (capacidad 250 mL), con el equipo calibrado se efectuó un disparo manteniendo inmóvil la muestra, las lecturas fueron tomadas por triplicado determinando la media. Aquellas lecturas proyectadas del área cromática RGB: Red - Green - Blue (rojo - verde - azul) se convirtieron en una plataforma en línea *ColorMine.org*, al espacio de color $L^*A^*B^*$, posteriormente se transformó las mismas en: luminosidad (L^*), pureza del color (C^*), y, tonalidad (h_{ab}^*), mediante el uso de las siguientes fórmulas:

1. Luminosidad: L^*
2. Pureza del color o croma: $C^* = \sqrt{A^{*2} + B^{*2}}$
3. Tonalidad: $h_{ab}^* = \arctg\left(\frac{B^*}{A^*}\right)$

- **Análisis sensométrico del licor macerado.** En el análisis de sensometría, se realizó una cata de la bebida alcohólica, donde se determinó al mejor tratamiento, mediante 18 jueces no entrenados, se entregó las muestras codificadas junto a la ficha de cata correspondiente, durante la evaluación cada juez usó de sus sentidos (vista, olfato, gusto), al pasar de muestra enjuagaban su boca con agua, y determinaron su aceptabilidad mediante los siguientes atributos:

1. Color - tonalidad
2. Color – limpidez
3. Aroma a cacao
4. Calidad del aroma
5. Impresión del licor (gusto-olfato)
6. Fase post-gustativa (aceptabilidad)

– Análisis químico del licor macerado

1. El método de titulación en base a la norma NTE INEN 341 [44], se usó para determinar la acidez total, adicionando 250 cm³ de agua destilada y neutralizada en un matraz Erlenmeyer de 500 cm³, 25 cm³ de muestra y 5 gotas de solución indicador (fenolftaleína), la solución NaOH (0.1 N) se utilizó como agente titulante previamente colocada en la bureta, se procedió a titular. La acidez total, se determinó utilizando la ecuación, posteriormente descrita:

$$AT = 2.4 \frac{V_1}{G}$$

Siendo:

AT = acidez total, expresada como ácido acético, en g/100cm³ de alcohol anhidro.

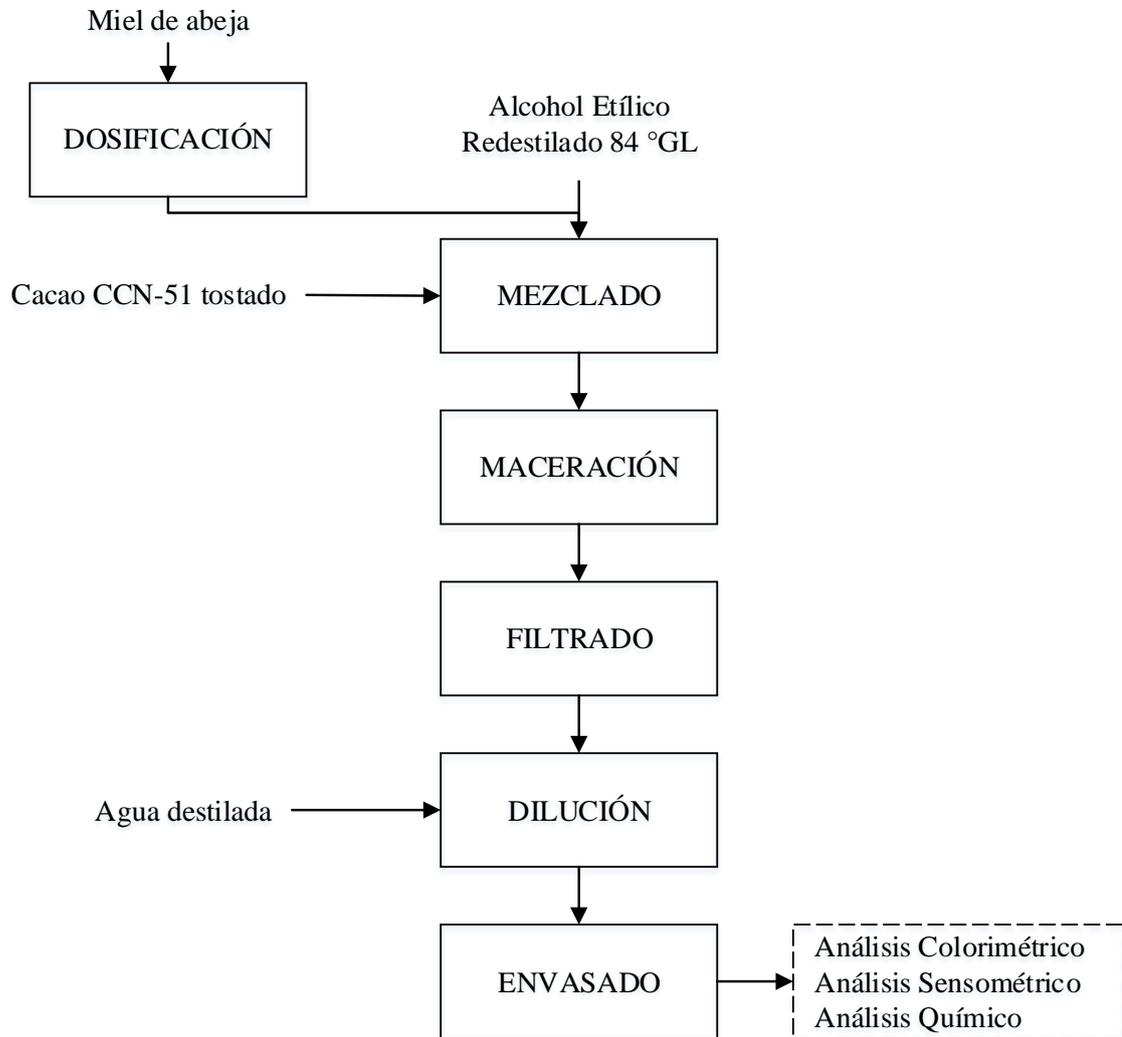
V_1 = volumen de solución de NaOH (0.1 N) usado en la titulación, en cm³.

G = grado alcohólico de la muestra.

2. Para la determinación del pH se utilizó un pH-metro digital marca OHAUS, modelo SARTER 3100 calibrado, los datos se obtuvieron directamente introduciendo el electrodo en la muestra.
3. Los sólidos solubles totales (°Brix) se determinaron utilizando un refractómetro de la marca CMALL PTY LTD, modelo RHB-50ATC con una escala de 0 a 50 %Brix, los datos se reportaron en °Brix, colocando 1 gota que este a 20 °C en el prisma del refractómetro, se observó la lectura indicada y se registró.
4. El método del alcoholímetro (Gay-Lussac) de la NTE INEN 340-2 [45] consistió en introducir suavemente el alcoholímetro (0 a 100 °GL) en la probeta graduada de 50 cm³, con un contenido de 35 cm³ de muestra, se agitó ligeramente para igualar la temperatura del sistema, ya estabilizado y flotando libremente, se tomó la lectura considerándose la base del menisco.

3.6.1.5. Proceso para la obtención del licor

Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención del licor macerado con cacao CCN-51



ELABORADO: Autora

3.7. Tratamiento de los datos

Las respuestas experimentales se sometieron al test de normalidad. Después de demostrar que los datos no se distribuyen de forma normal, se aplicó test no paramétricos como el de Friedman y Holm mediante el uso de un software libre, aplicando un nivel de confianza $\alpha = 0.05$, para los resultados obtenidos de las variables de estudio, analizadas en el licor macerado de la investigación, donde existió estadísticamente diferencias significativas entre los tratamientos, y se encontró el tratamiento de mejores características.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

El trabajo de investigación, fue realizado con la asistencia del Director del Proyecto de Investigación el Ing. Ángel Fernández Escobar, MSc., con quién se estableció el tema y se llevó a cabo el desarrollo del proyecto, junto con la estudiante Joselyn Elizabeth Alcívar Vela.

Los recursos humanos en calidad de profesionales de apoyo, con los que se contó fueron:

- PhD. Martín González, que facilitó el equipo Analizador de color RGB-1002 para el desarrollo del análisis de colorimetría.
- PhD. Amilkar Puris Cáceres, que contribuyó con un software libre para el test no paramétrico de Friedman y Holm.
- Ing. Lourdes Ramos, quien estuvo en la supervisión del análisis físico químico realizado en el laboratorio de Bromatología.

3.8.2. Materiales

3.8.2.1. Materia prima

- Alcohol etílico redestilado
- Almendras de cacao CCN-51 tostado.

3.8.2.2. Insumos

- Miel de abeja
- Agua destilada.

3.8.2.3. Equipos

- Destilador
- Colorímetro (Analizador de color) RGB-1002
- Termómetro
- pH-metro
- Estufa
- Refractómetro
- Equipo de titulación
- Baño de vapor (Baño María)
- Alcoholímetro de Gay-Lussac
- Balanza gramera.

3.8.2.4. Reactivos

- Fenolftaleína
- Alcohol neutro
- Solución de hidróxido de sodio al 0.1 N
- Agua destilada.

3.8.2.5. Equipos de protección

- Mandil
- Guantes
- Mascarilla
- Cofia.

3.8.2.6. Materiales de laboratorio

- Matraz Erlenmeyer de 250 y 500 mL
- Gotero
- Bureta graduada
- Probeta de 50 y 250 mL
- Vaso de precipitación de 100 mL.

3.8.2.7. Materiales de oficina

- Cuaderno
- Lápiz
- Computadora
- Calculadora
- Impresora
- Carpetas
- Teléfono celular.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Después de realizar la investigación “EVALUACIÓN DEL COLOR CIEL*A*B* Y SENSOMETRÍA DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA MACERADA CON *Theobroma cacao* L. Y MIEL DE ABEJA” se obtuvieron los siguientes resultados.

4.1.1. Resultados del análisis de colorimetría a través del espacio CIEL*A*B* (luminosidad, L*; pureza del color, C* y tonalidad, h_{ab}*) del licor macerado

Para la interpretación de los resultados de forma clara, se realizó un estudio estadístico (test de normalidad) y posteriormente se aplicó técnicas no paramétricas.

Tabla 6. Test de normalidad del análisis de colorimetría

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
a0b0c0	0.414	9	0.000
a0b0c1	0.414	9	0.000
a0b1c0	0.414	9	0.000
a0b1c1	0.414	9	0.000
a1b0c0	0.414	9	0.000
a1b0c1	0.414	9	0.000
a1b1c0	0.414	9	0.000
a1b1c1	0.414	9	0.000

ELABORADO: Autora

En los resultados reportados en la Tabla 6 se observó que, el test de normalidad del grupo de tratamientos no se distribuye de forma normal, por consiguiente, se rechazó la hipótesis nula de igualdad (H_0) de modo que, los valores de significancia de Kolmogorov-Smirnov son inferiores que 0.05 ($p < 0.05$), es decir, reflejaron un valor de cero (0).

Respecto a los resultados obtenidos y la conclusión del test de normalidad, se aplicó pruebas no paramétricas para determinar el mejor tratamiento, recurriendo al test de Friedman (ver Tabla 7).

Tabla 7. *Ranking de valores del test de Friedman, análisis de colorimetría*

Algorithm	Ranking
a ₀ b ₀ c ₀	7.222
a ₀ b ₀ c ₁	2.111
a ₀ b ₁ c ₀	4.611
a ₀ b ₁ c ₁	1.111
a ₁ b ₀ c ₀	4.277
a ₁ b ₀ c ₁	4.722
a ₁ b ₁ c ₀	6.666
a ₁ b ₁ c ₁	5.277

Valor calculado por el Test de Friedman: $1.356 \cdot 10^{-7}$

ELABORADO: Autora

La Tabla 7 evidenció que, el valor calculado del test de Friedman $1.356 \cdot 10^{-7}$ es menor que 0.05; es decir que, estadísticamente existe diferencia significativa (DS) por lo que se rechazó la hipótesis nula de igualdad (H_0) en consecuencia, posteriormente se realizó el test de Holm (ver Tabla 8) donde se determinó el mejor tratamiento.

Tabla 8. *Resultados del test de Holm ($\alpha = 0.05$) para el análisis de colorimetría*

i	algorithm	$z = (R_0 - R_i) / SE$	p	Holm / Hochberg / Hommel
7	a ₀ b ₀ c ₀	5.292	$1.207 \cdot 10^{-7}$	0.007
6	a ₁ b ₁ c ₀	4.811	$1.499 \cdot 10^{-6}$	0.008
5	a ₁ b ₁ c ₁	3.608	$3.080 \cdot 10^{-4}$	0.010
4	a ₁ b ₀ c ₁	3.127	0.001	0.012
3	a ₀ b ₁ c ₀	3.031	0.002	0.016
2	a ₁ b ₀ c ₀	2.742	0.006	0.025
1	a ₀ b ₀ c ₁	0.866	0.386	0.050

ELABORADO: Autora

En colorimetría, las comparaciones múltiples del test de Holm, de la columna p y Holm (valor $p <$ valor Holm) evidenciaron que el tratamiento 4 identificado con el algoritmo a₀b₁c₁ es significativamente mejor que los tratamientos simbolizados por a₀b₀c₀, a₁b₁c₀, a₁b₁c₁, a₁b₀c₁, a₀b₁c₀, a₁b₀c₀. Pero, a₀b₁c₁ no difiere significativamente del a₀b₀c₁.

La combinación de factores del tratamiento a₀b₁c₁ fue: cacao 20%, miel de abeja de 2.50% macerados en alcohol etílico de 84 °GL por 30 días y luego diluidos a 27 °GL con agua destilada.

El algoritmo a₀b₀c₁ que le sigue en orden al mejor tratamiento tuvo cacao 20%, miel de abeja de 1.25% macerados en alcohol etílico de 84 °GL por 30 días y luego diluidos a 27 °GL con agua destilada.

Las combinaciones de los tratamientos T₁, T₇, T₈, T₆, T₃ y T₅ discriminados por colorimetría pueden observarse en la Tabla 5.

Establecido como el mejor tratamiento el a₀b₁c₁ mediante colorimetría, en la Tabla 9 se reportaron los descriptivos de CIEL*A*B*.

Tabla 9. Descriptivos de CIEL*A*B* del mejor tratamiento del licor

MEJOR TRATAMIENTO	CIEL*A*B*	RÉPLICAS			
		R ₁	R ₂	R ₃	PROMEDIO
a ₀ b ₁ c ₁	L*	0.049	0.049	0.049	0.049 ± 8.5*10 ⁻¹⁸
	A*	0.005	0.006	0.005	0.005 ± 5.8*10 ⁻⁰⁴
	B*	0.011	0.011	0.010	0.011 ± 5.8*10 ⁻⁰⁴
	Luminosidad (L*)	0.049	0.049	0.049	0.049 ± 8.5*10 ⁻¹⁸
	Pureza del color (C*)	0.012	0.012	0.011	0.012 ± 5.8*10 ⁻⁰⁴
	Tonalidad (h _{ab} *)	65.556	61.39	63.435	63.46 ± 2.1*10 ⁺⁰⁰

ELABORADO: Autora

4.1.2. Resultados del análisis sensorial (fase visual, olfativa, gustativa y post-gustativa) del licor macerado

Se realizó un análisis estadístico (test de normalidad) con el fin de obtener una mejor interpretación de los resultados. Posteriormente se aplicó test no paramétricos.

Tabla 10. Test de normalidad del análisis sensorial

Kolmogorov-Smirnov			
	Estadístico	gl	Sig.
a0b0c0	0.182	18	0.118
a0b0c1	0.173	18	0.164
a0b1c0	0.123	18	0.200*
a0b1c1	0.221	18	0.020
a1b0c0	0.106	18	0.200*
a1b0c1	0.108	18	0.200*
a1b1c0	0.097	18	0.200*
a1b1c1	0.169	18	0.184

ELABORADO: Autora

En la Tabla 10 se observó que, en los resultados reportados por el test de normalidad, dentro del grupo de tratamientos existe un tratamiento (**a0b1c1**) que no se distribuye de forma normal, dado que el valor de significancia de Kolmogorov-Smirnov es menor que 0.05 ($p < 0.05$), en consecuencia, se rechazó la hipótesis nula de igualdad (H_0).

En base a los resultados del test de normalidad, y, debido a que “*calidad de un producto alimenticio según Kader (1985) se refiere cuando es superior en una o varias características del conjunto de parámetros físicoquímicos y sensoriales valorados objetiva o subjetivamente*” [51], se procedió a la aplicación de pruebas no paramétricas para determinar el mejor tratamiento, empleando el test de Friedman (ver Tabla 11).

Tabla 11. *Ranking de valores del test de Friedman, análisis sensorial*

Algorithm	Ranking
a ₀ b ₀ c ₀	5.694
a ₀ b ₀ c ₁	6.138
a ₀ b ₁ c ₀	4.388
a ₀ b ₁ c ₁	2.388
a ₁ b ₀ c ₀	3.722
a ₁ b ₀ c ₁	5.527
a ₁ b ₁ c ₀	4.055
a ₁ b ₁ c ₁	4.083

Valor calculado por el Test de Friedman: $4.343 \cdot 10^{-5}$

ELABORADO: Autora

En la Tabla 11 se observó que, el valor calculado del test de Friedman ($4.343 \cdot 10^{-5}$), es menor que 0.05 (valor $p < 0.05$); es decir, estadísticamente existe diferencia significativa (DS), rechazándose la hipótesis nula de igualdad (H_0), por lo tanto, se realizó el test de Holm para la determinación del mejor tratamiento (ver Tabla 12).

Tabla 12. *Resultados del test de Holm ($\alpha = 0.05$) para el análisis sensorial*

i	algorithm	$z = (R_0 - R_i) / SE$	p	Holm / Hochberg / Hommel
7	a ₀ b ₀ c ₁	4.592	$4.37 \cdot 10^{-6}$	0.007
6	a ₀ b ₀ c ₀	4.048	$5.155 \cdot 10^{-5}$	0.008
5	a ₁ b ₀ c ₁	3.844	$1.208 \cdot 10^{-4}$	0.010
4	a ₀ b ₁ c ₀	2.449	0.014	0.012
3	a ₁ b ₁ c ₁	2.075	0.037	0.016
2	a ₁ b ₁ c ₀	2.041	0.041	0.025
1	a ₁ b ₀ c ₀	1.632	0.102	0.050

ELABORADO: Autora

En sensometría, los resultados de comparaciones múltiples del test de Holm, de la columna p y Holm (valor $p < \text{valor Holm}$) demostró que el tratamiento 4 con simbología a₀b₁c₁ es significativamente mejor que el tratamiento 2 simbolizado por a₀b₀c₁, tratamiento 1 simbolizado por a₀b₀c₀, y tratamiento 6 simbolizado por a₁b₀c₁.

La combinación de factores del tratamiento $a_0b_1c_1$ fue: cacao 20%, miel de abeja de 2.50% macerados en alcohol etílico de 84 °GL por 30 días y luego diluidos a 27 °GL con agua destilada.

Aunque el valor medio del mejor tratamiento $a_0b_1c_1$ es menor al de los algoritmos $a_0b_1c_0$, $a_1b_1c_1$, $a_1b_1c_0$, $a_1b_0c_0$, no se pudo probar que la diferencia sea significativa.

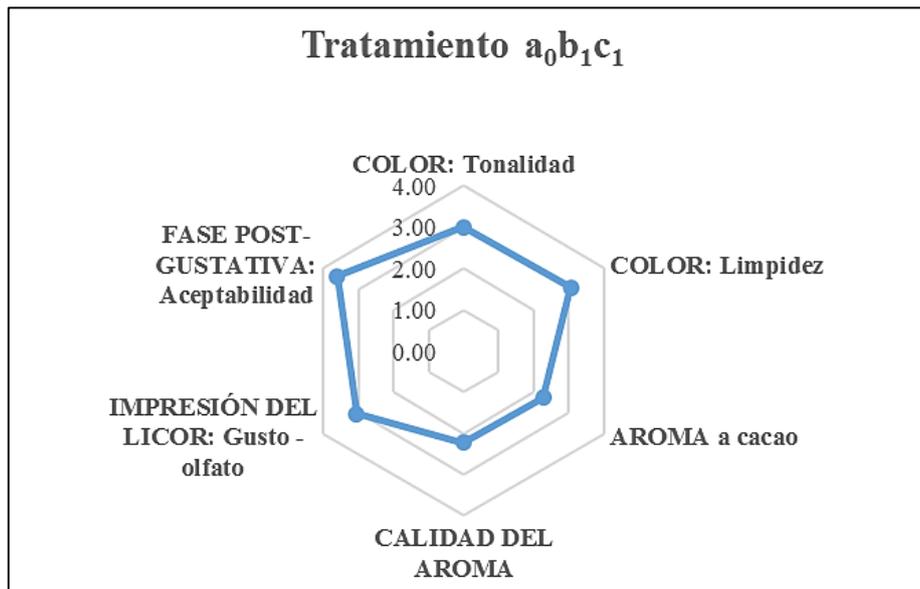
Establecido como el mejor tratamiento el $a_0b_1c_1$ desde el punto de vista sensorial, en la Tabla 13 se describieron los indicadores respectivos.

Tabla 13. *Indicadores sensoriales establecidos por el panel de cata al mejor tratamiento*

MEJOR TRATAMIENTO	COLOR: Tonalidad			COLOR: Limpidez			AROMA a cacao			CALIDAD DEL AROMA			IMPRESIÓN DEL LICOR: Gusto - olfato			FASE POST-GUSTATIVA: Aceptabilidad		
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃
$a_0b_1c_1$	3.06	3.00	2.94	3.11	3.00	3.06	2.33	2.28	2.22	2.28	2.22	2.17	3.06	3.00	3.11	3.67	3.61	3.56
	3.00 ± 0.060			3.06 ± 0.055			2.28 ± 0.055			2.22 ± 0.055			3.06 ± 0.055			3.61 ± 0.055		
	Amarillo dorado			Cristalino			Mediano			Agradable			Persistente			Aceptable: persistencia, armonía y franqueza		

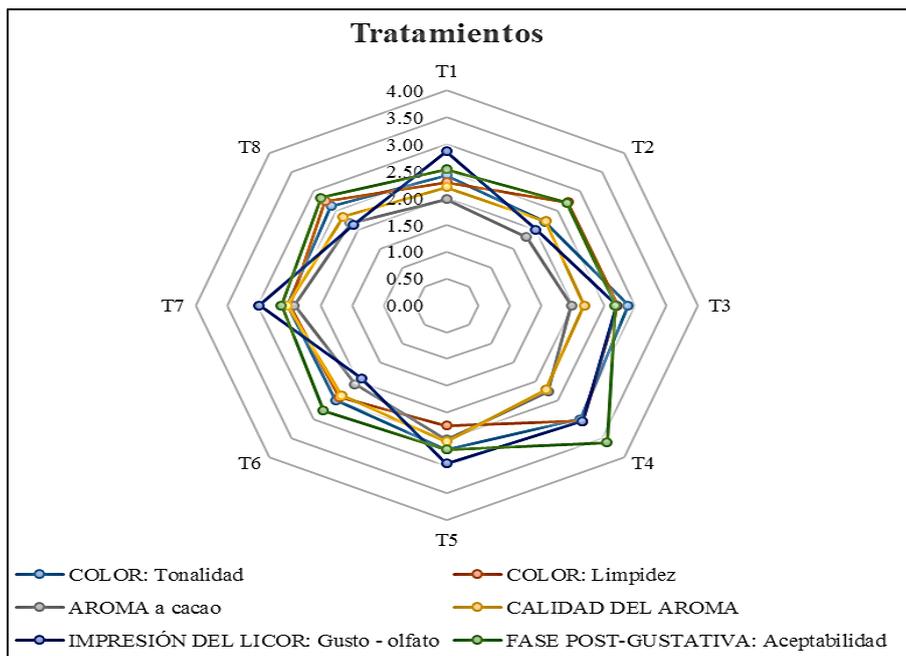
ELABORADO: Autora

Figura 5. Indicadores sensoriales del mejor tratamiento $a_0b_1c_1$



ELABORADO: Autora

Figura 6. Indicadores sensoriales en todos los tratamientos

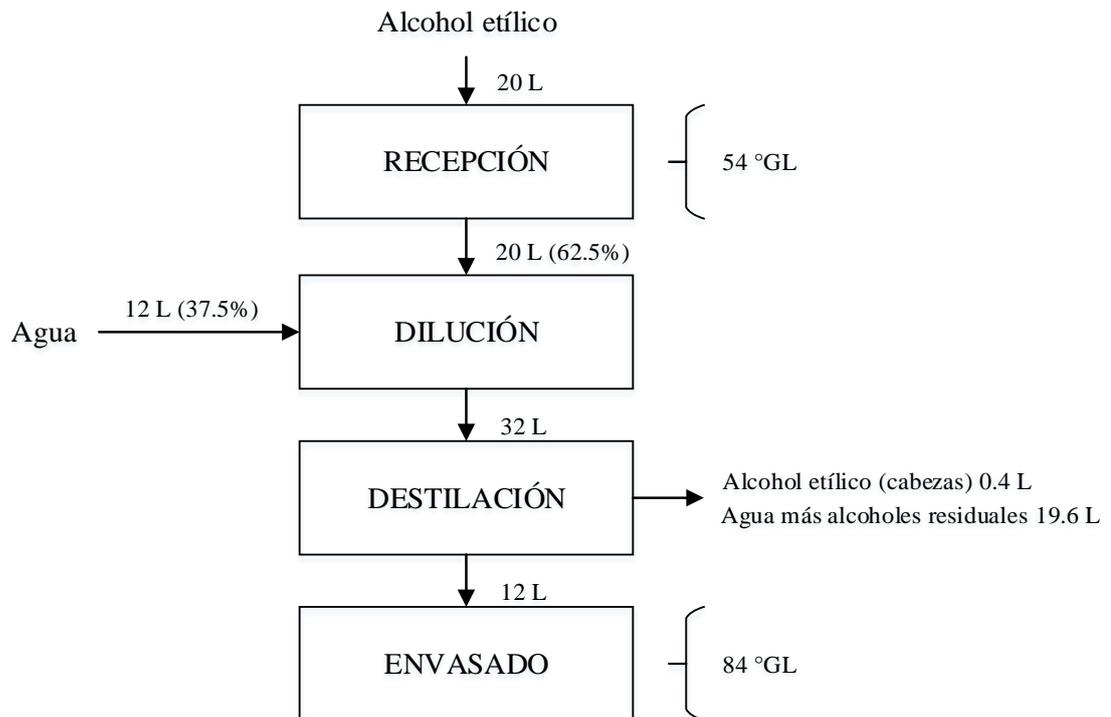


ELABORADO: Autora

4.1.3. Rendimiento mediante balance de materia

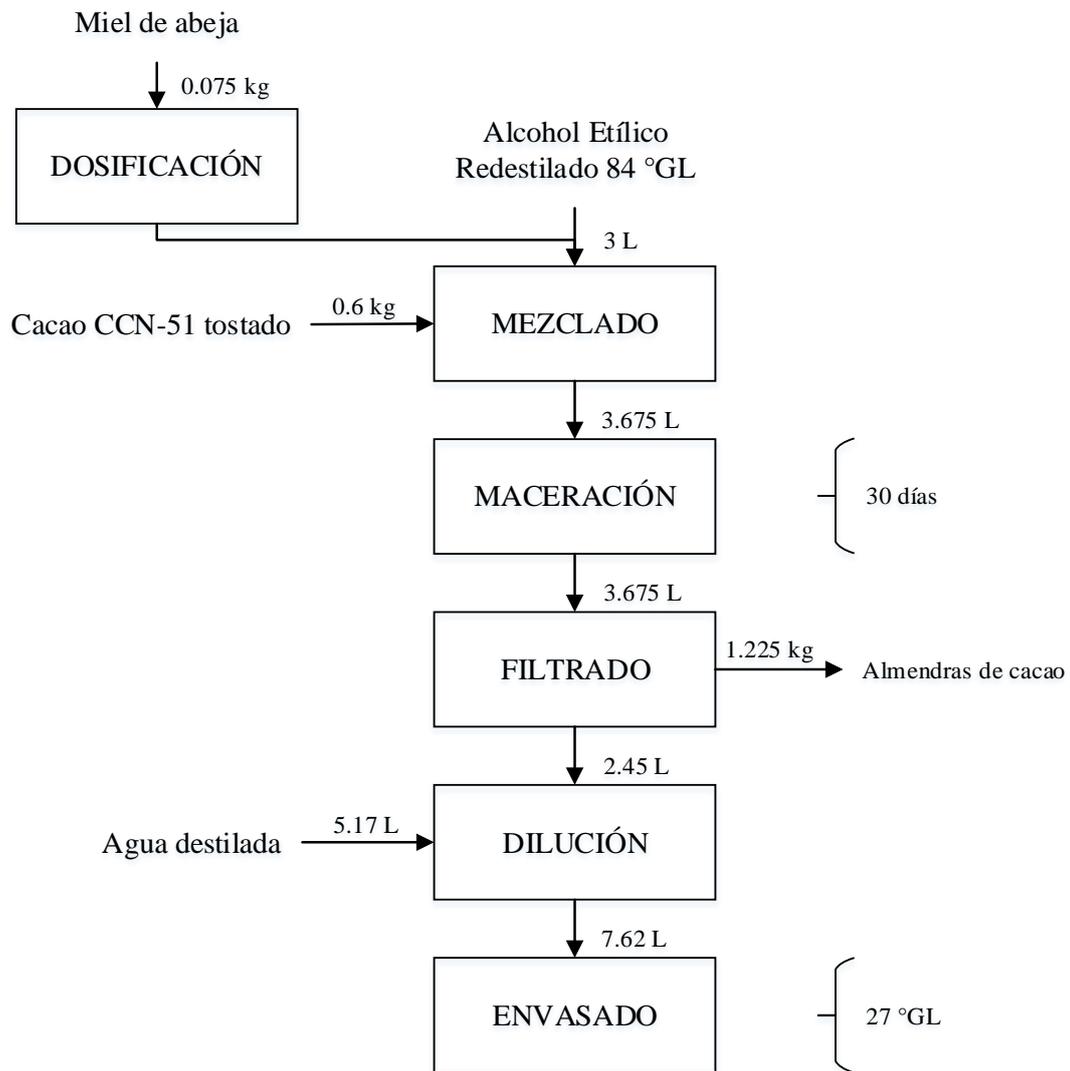
4.1.3.1. Balance al tratamiento aob1c1 (cacao 20%, miel de abeja 2.50% y 27 °GL)

Figura 7. Balance de materia para el alcohol etílico redestilado, considerando una parada en el destilador



ELABORADO: Autora

Figura 8. Balance de materia para la obtención del licor



ELABORADO: Autora

$$\text{Rendimiento} = \frac{V_i}{V_f} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{7.62 \text{ L}}{3.675 \text{ L}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 207\%$$

ELABORADO: Autora

4.1.4. Análisis químico del licor al tratamiento $a_0b_1c_1$

Tabla 14. Análisis químico del licor

TRATAMIENTO	PARÁMETRO	RÉPLICAS				
		R1*	R2*	R3*	PROMEDIO	
$a_0b_1c_1$	Acidez (g/100cm ³)	Total	0.19	0.18	0.18	0.18 ± 0.006
		Fija	0.19	0.18	0.18	0.18 ± 0.006
	pH	5.53	5.52	5.55	5.53 ± 0.015	
	Sólidos solubles totales (°Brix)	1.95	1.94	1.94	1.94 ± 0.006	
	Grado alcohólico (°GL)	27	27	27	27	
	Metanol (mg/100cm ³)**	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	

* Réplicas del tratamiento $a_0b_1c_1$.

** Contenido máximo 10mg/100cm³

ELABORADO: Autora

En la tabla 14 se reportó los resultados del análisis químico del tratamiento $a_0b_1c_1$ (20% cacao, 2.50% miel de abeja, diluido a 27 °GL), donde la *acidez total* con un valor medio de 0.18 ± 0.006 g/100cm³, la *acidez fija* reportó igual valor que *acidez total*, observándose ausencia de ácido acético en el licor macerado, respecto a pH 5.53 ± 0.015 valor promedio, los sólidos solubles totales (°Brix) con un valor promedio de 1.94 ± 0.006 °Brix; referente a grado alcohólico presentó una graduación promedio de 27 °GL, y, la concentración de metanol fue de <0.01mg/100cm³, cuyo valor se encuentra dentro la normativa vigente NTE INEN 1837:2016, donde el contenido máximo es 10mg/100cm³.

4.2. Discusión

4.2.1. Análisis de colorimetría del licor macerado

4.2.1.1. Espacio del color CIEL*A*B*

[52] en el estudio del vino de curuba “Son del Alba” obtuvieron los siguientes valores de las mediciones de color en el espacio CIEL*A*B*, así en: L^* 25.58; C^* 6.48 y h_{ab}^* 7.80. En la investigación del licor macerado, los datos obtenidos en coordenadas del espacio de color CIEL*A*B*, son: L^* 0.049; C^* 0.012 y h_{ab}^* 63.46, generando una coloración en tonos amarillos, se aclara que, esta discusión es referencial, por lo que, el estudio se ha realizado en condiciones completamente diferentes a las de la investigación y con un vino blanco inoculado con levadura durante la fermentación. En el licor estudiado se procedió de alcohol etílico (aguardiente) redestilado, y, maceración con cacao CCN-51 tostado más adición de miel de abeja, por lo tanto, los valores no concordaron.

4.2.2. Análisis sensorial del licor macerado

4.2.2.1. Color - Tonalidad

[46] en el licor de cascarilla de cacao Nacional y Trinitario, demostraron que el color varía con respecto a la valoración de los jueces de 2.02 a 2.41, señalando que el punto óptimo de maceración para obtener un mejor color, está en función de 7 y 45 días, con panelistas experimentados. La calificación global de los jueces en el licor macerado de cacao CCN-51 fue de 3.00 ± 0.060 con una tonalidad: amarillo dorado, según su apreciación (jueces no entrenados), color dado a 30 días de maceración.

4.2.2.2. Color - Limpidez

[53] en su investigación, usaron 500 mL de agua desmineralizada para diluir el alcohol etílico a una graduación alcohólica de 25 °GL. En la investigación se utilizó agua destilada como medio de dilución, obteniendo así un grado alcohólico de 27 °GL, deduciendo que la calidad del agua es un factor importante a la hora de diluir bebidas alcohólicas, debido a que, su composición influye en el producto terminado, genera turbidez, afectando directamente la calidad, la valoración de los jueces al licor fue de 3.06 ± 0.055 (limpidez: cristalino).

4.2.2.3. Aroma a cacao

[47] informan que el aroma a cacao obtuvo un valor superior (10.33) en cuanto al tratamiento con residuos de cacao nacional sin tostar y en la cantidad de 250 g. En la investigación, el aroma a cacao del tratamiento con 20% de cacao CCN-51 tostado, 2.50% de miel de abeja y diluido a 27 °GL con agua destilada, se obtuvo un valor promedio de 2.28 ± 0.055 (aroma: mediano), existiendo variación en los resultados debido a las diferentes escalas de calificación del análisis sensorial y a la percepción de los jueces.

4.2.2.4. Calidad del aroma

[46] en el licor de cascarilla de cacao Nacional y Trinitario, así mismo, indicaron que cuanto más tiempo se mantenga la cascarilla en maceración, el aroma del cacao será más prominente en el producto terminado, con una valoración de 2.54 en el tratamiento: cacao Nacional con 45 días de maceración. Lo reportado por los jueces en el licor de cacao CCN-51 tostado a 30 días de maceración, obtuvo un valor de 2.22 ± 0.055 (calidad del aroma: agradable).

4.2.2.5. Impresión del licor

[54] en su investigación de una bebida a base de maíz morado obtuvieron un valor de 3.58 en una escala de evaluación de 0 a 5. La impresión del licor macerado obtuvo un valor de 3.06 ± 0.055 (persistente) según la valoración de los jueces en una escala de 1 a 4.

4.2.2.6. Aceptabilidad

En [47] afirmaron que al ser el cacao tostado este desarrolla compuestos aromáticos conferidos al licor añejado (6 meses), por lo que la preferencia por el producto depende de las sensaciones que este produce en el consumidor. En el licor macerado con 20% de cacao CCN-51 tostado y miel de abeja al 2.50%, la aceptabilidad presentó un valor medio de 3.61 ± 0.055 (Aceptable: persistencia, armonía y franqueza) con un tiempo de maceración por 30 días. Por otro lado, [55] manifestaron que la apariencia proporcionó valores de 5.00 a 3.00 en el estudio de la bebida fermentada de mandarina king.

4.2.3. Análisis químico del licor macerado

4.2.3.1. Acidez

[56] en el licor dulce elaborado con diferentes partes del fruto de la piña, se reportó un valor de acidez total: $0.63 \text{ g}/100\text{cm}^3$, por lo contrario, en el licor macerado con cacao tostado y miel de abeja se obtuvo un valor promedio de $0.18 \pm 0.006 \text{ g}/100\text{cm}^3$ siendo más bajo que el mencionado anteriormente, lo que indica una cantidad mínima de ácido acético en el producto de estudio.

4.2.3.2. pH

[55] obtuvieron un valor de pH 3.88 en el tratamiento con zumo sin pulpa y pectinasa, en el vino de mandarina. Lo anterior difiere de acuerdo a los datos de la investigación, donde se obtuvo un valor promedio de $\text{pH } 5.53 \pm 0.015$ respecto al licor macerado con cacao y miel de abeja. En la investigación de [9] sobre los aperitivos de cáscaras de mandarina y hojas de higo, se reportó un valor de pH 5.12 en el aperitivo de cáscara de mandarina y un pH 7.1 en el aperitivo de hojas de higo, siendo valores intermedios al del estudio.

4.2.3.3. Sólidos solubles totales (°Brix)

[46] durante su estudio, obtuvieron un valor promedio de 13.27 °Brix, en el licor de cascarilla de cacao, deduciendo que el alcohol ayuda al cacao a extraer los azúcares presentes, a lo que se suma la adición de panela (20% en su formulación), mientras que, en la obtención del licor macerado de cacao CCN-51 tostado y la adición de miel de abeja (2.50%), se reportó un valor promedio de 1.94 ± 0.006 °Brix, los mismos que difieren en su concentración de sólidos solubles totales, al ser el producto un licor seco.

4.2.3.4. Grado alcohólico (°GL)

En la investigación [47] la graduación alcohólica tuvo leve variación debido a los errores de exactitud y precisión de parte del analista para mezclar los componentes del licor añejado, el cual debía tener 25 ± 1 °GL, pero, hubo inestabilidad en los tratamientos, dando valores como 24.66 ± 0.26 °GL, del tratamiento: cacao residual tostado, en una dosis de 500 g. [57] en el licor tipo brandy obtuvieron una graduación de 36 ± 0.09 °GL del tratamiento: tipo de alcohol y porcentaje de pasas. Valores que difieren según la materia prima empleada en la maceración, así como el proceso aplicado. En el licor macerado, se obtuvo una graduación alcohólica de 27 °GL.

4.2.3.5. Concentración de metanol

En el licor macerado no se reportó concentraciones excedidas de metanol, que infrinjan lo estipulado (límite permitido) en la norma NTE INEN 1837:2016, obteniendo valores de $<0.01\text{mg}/100\text{cm}^3$ cuyo valor está muy por debajo de los límites. En cuanto al estudio de [58] en el licor de papaya y maracuyá, la concentración de metanol que se obtuvo mediante el análisis de cromatografía de gases (CG), se encontró por debajo de los parámetros establecidos por la norma NTP 211.009 (100mg/100mL), donde obtuvieron un valor de 77.27 mg/100 mL.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En función de los objetivos planteados en el proyecto de investigación, se plasmaron las siguientes conclusiones:

- La combinación a₀b₁c₁ que corresponde a 20% de cacao CCN-51, 2.50% de miel de abejas y 27 °GL fue seleccionado como el mejor, cuyos indicadores de colorimetría fueron: luminosidad (L*) de 0.049, pureza del color (C*) de 0.012 y tonalidad (h_{ab}*) de 63.46, definiendo que la tonalidad de color ubicada dentro del plano cromático +b* +a* es amarilla.
- En sensometría el licor macerado con cacao CCN-51 y miel de abeja, también fue seleccionado como el mejor tratamiento la combinación a₀b₁c₁, cuyos valores fueron: color - tonalidad amarillo dorado 3.0, color - limpidez cristalina 3.1, medianamente aroma a cacao 2.3, calidad del aroma agradable 2.2, persistente impresión (gusto-olfato) 3.06, y, fue aceptable con una persistencia, armonía y franqueza valorada con 3.6.
- El tratamiento determinado como el mejor, mediante los parámetros de colorimetría y sensometría dio un rendimiento de licor del 207%.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar agua ablandada de buena calidad, es decir, que químicamente reúna los requisitos para diluir el alcohol macerado y bajar la graduación alcohólica para evitar enturbiamientos en el producto final.
- Además, es recomendable que se realicen más análisis, sobretodo determinación de productos congéneros (furfural, metanol y alcoholes superiores) por cromatografía de gases, ajustándose a la normativa vigente NTE INEN 2014.
- Asimismo, se propone se realice una investigación para darle valor agregado a las almendras de cacao que quedan como residuos al filtrar el alcohol macerado.
- Buscar alternativas de uso de las fracciones del destilado (puntas y colas).

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- [1] F. León, J. Calderón y E. Mayorga, «Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador,» *Revista Ciencia UNEMI*, vol. IX, n° 18, Junio 2016.
- [2] J. Ochoa, *Anecacao*, 2019.
- [3] C. Alvarado, F. Morales y M. Carrillo, «Comparación económica de un sistema de plantación de cacao semitecnificado en dos zonas productoras del Ecuador,» *Revista Ciencia e Investigación*, vol. I, n° 4, p. 13, Diciembre 2016.
- [4] J. Ahumada, M. Gámez y C. Valdez, «EL CONSUMO DE ALCOHOL COMO PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA,» *Ra Ximhai*, vol. XIII, n° 2, Julio - Diciembre 2017.
- [5] A. Briones, D. García y P. Oña, «Destilación artesanal de dos licores: uno a base de palmiche (*Euterpe oleracea*) y otro a base de arazá (*Eugenia stipitata*), frutas nativas de la Amazonía.,» pp. 23, 28, Junio 2018.
- [6] J. Ahumada, M. Gámez y C. Valdez, «El consumo de alcohol como problema de salud pública,» *Ra Ximhai*, vol. XIII, n° 2, p. 14, Julio-Diciembre 2017.
- [7] K. Calle, «Diseño e implementación de un manual de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la fábrica de aguardiente artesanal destilería Mayte en el Cantón Morona, Provincia Morona Santiago,» pp. 25-32, 2017.
- [8] K. Cussianovich, «Obtención y caracterización de aguardiente de 40 °GL a partir de gaseosas y néctar de descarte,» p. 25, 2016.
- [9] I. Pineda, A. Pérez y C. Rojas, «Desarrollo y optimización de aperitivos de cáscaras de mandarina y hojas de higo,» pp. 12, 42, 2019.
- [10] P. Sánchez, A. Herrero y C. Reguera, «Estudio del extracto acuoso de pimentones con técnicas exploratorias y análisis de su posible adulteración con colorantes artificiales,» p. 4, Febrero 2019.
- [11] P. Talens, «Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB,» *RiuNet (Repositorio Institucional UPV)*, pp. 1-4, 22 Junio 2017.
- [12] E. Concha, «Aprovechamiento de las cabezas del destilado de pisco de uva negra criolla mediante redestilación para la elaboración de anisado,» 2018.
- [13] F. Chalco, A. Pinto y Z. Trujillo, «Infraestructura física para la obtención de aguardiente de caña de azúcar en el centro de investigación Santo Tomás de Abancay,» pp. 37-39, 2018.
- [14] J. Lima, «Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller procedente del distrito de San Bartolomé, Huarochirí-Lima,» p. 21, 2017.

- [15] V. Caballero Merino, T. Tirado Varela y W. Reyes Lázaro, «Caracterización de las flegmas para la identificación de la mayor cantidad de aceite fusel en una columna rectificadora,» pp. 17-18, 2016.
- [16] R. Ormaza, «Efecto de la hoja de mandarina (*Citrus reticulada* L.) proveniente de tres pisos altitudinales en el redestilado del aguardiente de caña de azúcar,» 2019.
- [17] D. Marín y J. Díaz, «Obtención de licores destilados a partir de frutos exóticos nacionales,» pp. 3-4, 2020.
- [18] F. R. Cajum Ku, K. Zarza Amador y J. E. Poot Chi, «Obtención de licor de Chile X-cat (*Capsicum annuum*) mediante maceración alcohólica,» *Revista de Simulación y Laboratorio*, vol. V, nº 17, p. 4, Diciembre 2018.
- [19] R. De la Vega, «Diseño de una columna de destilación continua para la obtención de holandas destinadas a elaboración de Brandy de Jerez,» p. 30, Septiembre 2017.
- [20] Á. Quevedo, «Optimización del proceso de añejamiento acelerado de aguardiente de la provincia de Pastaza,» pp. 19-23, Febrero 2020.
- [21] D. Guillén, M. d. C. Rodríguez, M. d. V. García, C. García, M. M. Sánchez, R. Merino y M. Delgado, «Sistema y procedimiento para el envejecimiento acelerado de vinos y destilados,» p. 2, Septiembre 2017.
- [22] Á. Vicuña, «Elaboración de una bebida artesanal de baja graduación alcohólica a base de la miel de abeja (*Apis mellífera*) y fruta capulí (*Prunus salicifolia*),» pp. 21-22, 2019.
- [23] D. J. Chamorro Tovar y D. J. Cárdenas Romay, «Evaluación de la producción de Vodka artesanal "La Destilería" haciendo uso de *Passiflora edulis* (Maracuyá) como fruta adicional,» p. 22, 15 Febrero 2021.
- [24] J. Saucedo, «Determinación del contenido de teobromina en licor de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los clones ICS-95 y CCN-51,» pp. 13-14, 2019.
- [25] R. Garay Vega, «Influencia de la temperatura de tostado en la capacidad antioxidante de la cascavilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 aprovechado para elaborar filtrante,» p. 6, 2019.
- [26] J. Estrada Jiménez, «Procesamiento y vida en anaquel de miel de abejas peruanas,» p. 9, 2017.
- [27] A. López y A. R. Di Sarli, «EL MODELO CIELAB, LAS FÓRMULAS DE DIFERENCIA DE COLOR Y EL USO DE LA NORMA EUROPEA EN 12878 EN MORTEROS Y HORMIGONES COLOREADOS,» *Ciencia y Tecnología de los Materiales*, nº 6, p. 43, 2016.
- [28] B. Martínez, «Efecto de la sustitución de SO₂ por extracto de raspón en la calidad del vino Tempranillo,» p. 34, Junio 2019.
- [29] M. García, «Análisis del contenido polifenólico en vinos tintos mediante lengua electrónica, FTIR y UV-vis,» pp. 20-21, Julio 2017.

- [30] N. Zuluaga, «El análisis sensorial de alimentos como herramienta para la caracterización y control de calidad de derivados lácteos,» p. 41, 2017.
- [31] M. A. Osorio, «Técnicas modernas en el análisis sensorial de los alimentos,» pp. 3-4-12-15, 2018.
- [32] P. Severiano, «¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?,» *Interdisciplina*, vol. VII, nº 19, p. 51, Septiembre-Diciembre 2019.
- [33] R. Argüello, «Evaluación sensorial de la combinación de acidulantes con una mezcla binaria edulcorante, aplicada en dos bebidas carbonatadas y estudio de su estabilidad,» p. 28, Junio 2016.
- [34] I. Agudelo, «Propuesta para la implementación del laboratorio de análisis sensorial para liberación de jarabes terminados y bebidas no alcohólicas en el área de calidad de una empresa multinacional de consumo masivo,» pp. 32-33, 2018.
- [35] K. Calvache y K. Toro, «Evaluación de la presencia de congéneres en el aguardiente de caña de azúcar producido en la provincia del Azuay,» p. 15, Febrero 2020.
- [36] H. Zumbado Fernández, *Análisis instrumental de los alimentos*, La Habana: Editorial Universitaria (Cuba), 2021, p. 171.
- [37] A. Corzo, *Técnicas de Análisis en Química Orgánica - CROMATOGRAFÍA*, Primera ed., Santiago del Estero: Universidad Nacional de Santiago del Estero - UNSE, 2019, pp. 9-24.
- [38] D. Borroto Mato, M. Lorenzo Izquierdo, R. García Gutiérrez y A. Reyes Linares, «Aspectos generales sobre la determinación de alcoholes superiores en bebidas alcohólicas,» *Redalyc*, vol. LI, nº 3, p. 61, Septiembre-Diciembre 2017.
- [39] R. Challos Chata, «Determinación de metanol y etanol por cromatografía de gases en vinos tintos elaborados en el distrito de Calana, Tacna - 2020,» p. 35, 2021.
- [40] L. Cedeño Sares, *Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos.*, Primera ed., Machala: UTMACH, 2018, pp. 44-50.
- [41] J. A. Cárcel Carrión, M. Castelló Gómez, P. Fito Suñer, A. Heredia Gutiérrez, N. Sanjuán Pellicer y J. Tarrazó Morell, «Balance de Materia de un componente en Régimen Transitorio,» *RiuNet*, pp. 1-2, 1 Junio 2020.
- [42] NTE INEN 1837, «Bebidas Alcohólicas. Licores. Requisitos,» Septiembre 2016.
- [43] NTE INEN 1932, «Bebidas alcohólicas. Licores de frutas. Requisitos,» Julio 1992.
- [44] NTE INEN 0341, «Bebidas alcohólicas. Determinación de la acidez,» nº Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Marzo 1978.
- [45] NTE INEN 0340-2, «Bebidas alcohólicas. Determinación del contenido de alcohol etílico. Método del alcoholímetro de vidrio,» Agosto 2016.
- [46] C. Álava y J. Vera, «Caracterización físico-química y sensorial en cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional y trinitario para la elaboración de una bebida alcohólica,» pp. 45-47, 2020.

- [47] Á. Fernández, G. Hidalgo, V. Vélez, N. Villegas y J. Marcía, «Elaboración de Licor Añejo con Almendras de Cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) residual de la clasificación para exportación,» *InGenio Journal*, vol. IV, n° 2, Julio 2021.
- [48] J. Muñoz Murillo, R. Párraga Álava, M. Zambrano Vélez, P. Alcívar Mendoza y V. Zambrano Rodríguez, «Factibilidad para la instalación de una industria procesadora de licor de cacao,» *Gestión en el Tercer Milenio*, vol. XXII, n° 44, Diciembre 2019.
- [49] A. Álvarez y Dianne, «Metaheurísticas aplicadas al problema de planificación de células de soldadura robotizadas,» p. 48, Julio 2021.
- [50] H. González, G. Santos, F. Campos y C. Morell Pérez, «Evaluación del algoritmo KNN-SP para problemas de predicción con salidas compuestas,» *Revista Cubana de Ciencias Informáticas - RCCI*, vol. X, n° 3, p. 176, Julio - Septiembre 2016.
- [51] W. Geronimo V, «EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTES EN EL CULTIVO DE *Prunus persica* (L.) Batsch “melocotonero” EN HUARAL,» p. 14, 2020.
- [52] J. Soto, S. Charry y C. Amorocho, «Evaluación del comportamiento del color del vino artesanal de curuba “Son del Alba”,» *Revista Ingeniería y Región*, vol. XXVI, pp. 4-19, Julio-Diciembre 2021.
- [53] V. Mendoza Pico, R. García Mujica y C. A. Morales Paredes, «Producción de licor de pétalos de rosas en régimen semicontinuo,» *Revista Científica "INGENIAR"*, vol. II, n° 4, 10 Julio 2019.
- [54] J. Alcívar y Á. Fernández, «Evaluación sensorial de una bebida alcohólica a base de maíz morado (*Zea mays* L.) con adición de aguardiente rectificado,» pp. 46-47, 2020.
- [55] Á. M. Pinargote y J. Villarreal, «Evaluación del proceso fermentativo de la mandarina king (*Citrus nobilis* L.) aplicando bentonita, albumina y pectinasa para su clarificación,» p. 75, 2016.
- [56] J. Azuero y P. Manobanda, «Elaboración de un licor dulce a base de diferentes partes del fruto de la piña (*Ananas comosus*) cultivada en el cantón El Pangui,» p. 27, Febrero 2020.
- [57] N. Becerra y G. García, «Formulación de una bebida alcohólica tipo brandy,» p. 25, Septiembre 2017.
- [58] D. Zeta y C. Quito, «Obtención y caracterización de licor a partir de la papaya (*Carica papaya* L.) y maracuyá (*Passiflora edulis* form. *Flavicarpa*),» pp. 74-75, 2018.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Proceso de obtención del licor macerado



Destilación



Tostado



Mezclado



Maceración



Filtrado



Dilución



Envasado

Anexo 2. Análisis colorimétrico, sensorial y químico del licor macerado

Análisis de colorimetría



Análisis sensorial



Análisis químico



Acidez total



pH



Sólidos solubles totales



Grado alcohólico

Anexo 3. Cuadro general de resultados del Análisis de Colorimetría del licor macerado

Réplica	Combinación de tratamientos																							
	a ₀ b ₀ c ₀			a ₀ b ₀ c ₁			a ₀ b ₁ c ₀			a ₀ b ₁ c ₁			a ₁ b ₀ c ₀			a ₁ b ₀ c ₁			a ₁ b ₁ c ₀			a ₁ b ₁ c ₁		
	L*	a*	b*																					
R1	0.057	0.002	0.019	0.05	0.004	0.011	0.052	0.002	0.013	0.049	0.005	0.011	0.051	0.005	0.017	0.057	0.003	0.014	0.053	0.002	0.019	0.056	0.003	0.015
R2	0.056	0.001	0.019	0.05	0.004	0.011	0.052	0.001	0.015	0.049	0.006	0.011	0.05	0.004	0.016	0.059	0.004	0.019	0.053	0.003	0.019	0.061	0.004	0.017
R3	0.056	0.002	0.018	0.051	0.004	0.013	0.053	0.002	0.015	0.049	0.005	0.01	0.054	0.004	0.019	0.054	0.003	0.012	0.055	0.002	0.019	0.055	0.003	0.014

ELABORADO: Autora

Réplica	Combinación de tratamientos																							
	a ₀ b ₀ c ₀			a ₀ b ₀ c ₁			a ₀ b ₁ c ₀			a ₀ b ₁ c ₁			a ₁ b ₀ c ₀			a ₁ b ₀ c ₁			a ₁ b ₁ c ₀			a ₁ b ₁ c ₁		
	L*	C*	h _{ab} *																					
R1	0.057	0.019	83.991	0.050	0.012	70.017	0.052	0.014	81.254	0.049	0.012	65.556	0.051	0.018	73.610	0.056	0.014	77.905	0.053	0.019	83.991	0.056	0.016	78.690
R2	0.056	0.019	86.987	0.050	0.012	70.017	0.052	0.015	86.186	0.049	0.012	61.390	0.050	0.016	75.964	0.059	0.019	78.111	0.053	0.019	81.027	0.061	0.018	76.759
R3	0.056	0.018	83.660	0.051	0.014	72.897	0.053	0.015	82.405	0.049	0.011	63.435	0.054	0.019	78.111	0.054	0.012	75.964	0.055	0.019	83.991	0.055	0.014	77.905

ELABORADO: Autora

Anexo 4. Cuadro general de resultados del Análisis Sensorial del licor macerado

Atributo sensorial	Réplica	Combinación de tratamientos							
		$a_0b_0c_0$	$a_0b_0c_1$	$a_0b_1c_0$	$a_0b_1c_1$	$a_1b_0c_0$	$a_1b_0c_1$	$a_1b_1c_0$	$a_1b_1c_1$
COLOR Tonalidad	R1	2.28	2.06	2.83	3.06	2.22	2.44	2.78	2.50
	R2	2.33	2.06	3.11	3.00	2.89	2.44	2.39	2.56
	R3	2.67	2.50	2.72	2.94	2.94	2.61	2.44	2.78
COLOR Limpidez	R1	2.39	2.83	2.83	3.11	2.33	2.22	2.28	2.72
	R2	2.22	2.78	2.61	3.00	2.39	2.33	2.61	2.78
	R3	2.28	2.56	2.72	3.06	2.00	2.72	2.61	2.72
AROMA a cacao	R1	1.78	1.67	1.67	2.33	2.17	1.72	2.22	2.11
	R2	2.11	1.83	2.00	2.28	2.56	2.28	2.67	2.06
	R3	2.06	1.89	2.28	2.22	2.78	2.22	2.39	2.33
CALIDAD DEL AROMA	R1	2.28	2.22	2.00	2.28	2.56	2.11	2.50	1.89
	R2	2.28	2.11	2.11	2.22	2.50	2.67	2.72	2.56
	R3	2.06	2.33	2.44	2.17	2.56	2.33	2.39	2.56
IMPRESIÓN DEL LICOR: Gusto-olfato	R1	2.67	2.06	2.39	3.06	2.67	1.72	2.94	2.17
	R2	2.94	2.06	2.39	3.00	3.17	1.94	3.11	2.00
	R3	3.00	1.89	3.33	3.11	3.00	2.11	2.89	2.17
FASE POST-GUSTATIVA: Aceptabilidad	R1	2.67	2.72	2.50	3.67	2.50	2.67	2.72	2.89
	R2	2.61	2.67	2.72	3.61	2.83	2.61	2.56	2.72
	R3	2.33	2.72	2.83	3.56	2.72	3.06	2.61	2.89

ELABORADO: Autora

Anexo 5. Test de normalidad del Análisis de Colorimetría

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a ₀ b ₀ c ₀	0.414	9	0.000	0.627	9	0.000
a ₀ b ₀ c ₁	0.414	9	0.000	0.627	9	0.000
a ₀ b ₁ c ₀	0.414	9	0.000	0.631	9	0.000
a ₀ b ₁ c ₁	0.414	9	0.000	0.631	9	0.000
a ₁ b ₀ c ₀	0.414	9	0.000	0.630	9	0.000
a ₁ b ₀ c ₁	0.414	9	0.000	0.623	9	0.000
a ₁ b ₁ c ₀	0.414	9	0.000	0.624	9	0.000
a ₁ b ₁ c ₁	0.414	9	0.000	0.623	9	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo 6. Test de Friedman y de Holm del Análisis de Colorimetría

Table 1: Average Rankings of the algorithms

Algorithm	Ranking
a ₀ b ₀ c ₀	7.222222222222221
a ₀ b ₀ c ₁	2.111111111111111
a ₀ b ₁ c ₀	4.611111111111111
a ₀ b ₁ c ₁	1.111111111111112
a ₁ b ₀ c ₀	4.277777777777777
a ₁ b ₀ c ₁	4.722222222222222
a ₁ b ₁ c ₀	6.666666666666666
a ₁ b ₁ c ₁	5.277777777777779

Table 2: Holm / Hochberg Table for $\alpha = 0.05$

<i>i</i>	algorithm	$z = (R_0 - R_i) / SE$	<i>p</i>	Holm / Hochberg / Hommel
7	a ₀ b ₀ c ₀	5.292377467571569	1.2073636393335248E-7	0.0071428571428571435
6	a ₁ b ₁ c ₀	4.811252243246882	1.4998757939291731E-6	0.0083333333333333333
5	a ₁ b ₁ c ₁	3.6084391824351623	3.0804470562770323E-4	0.01
4	a ₁ b ₀ c ₁	3.127313958110473	0.0017641143019265404	0.0125
3	a ₀ b ₁ c ₀	3.031088913245535	0.002436734808989055	0.0166666666666666666
2	a ₁ b ₀ c ₀	2.7424137786507217	0.006098945931214374	0.025
1	a ₀ b ₀ c ₁	0.8660254037844387	0.3864762307712326	0.05

Anexo 7. Test de normalidad del Análisis Sensorial

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a ₀ b ₀ c ₀	0.182	18	0.118	0.950	18	0.428
a ₀ b ₀ c ₁	0.173	18	0.164	0.922	18	0.142
a ₀ b ₁ c ₀	0.123	18	0.200*	0.980	18	0.949
a ₀ b ₁ c ₁	0.221	18	0.020	0.871	18	0.018
a ₁ b ₀ c ₀	0.106	18	0.200*	0.989	18	0.998
a ₁ b ₀ c ₁	0.108	18	0.200*	0.971	18	0.811
a ₁ b ₁ c ₀	0.097	18	0.200*	0.975	18	0.892
a ₁ b ₁ c ₁	0.169	18	0.184	0.913	18	0.098

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo 8. Test de Friedman y de Holm del Análisis Sensorial

Table 1: Average Rankings of the algorithms

Algorithm	Ranking
a ₀ b ₀ c ₀	5.694444444444445
a ₀ b ₀ c ₁	6.138888888888889
a ₀ b ₁ c ₀	4.388888888888875
a ₀ b ₁ c ₁	2.388888888888884
a ₁ b ₀ c ₀	3.722222222222223
a ₁ b ₀ c ₁	5.527777777777778
a ₁ b ₁ c ₀	4.055555555555556
a ₁ b ₁ c ₁	4.083333333333334

Table 2: Holm / Hochberg Table for $\alpha = 0.05$

<i>i</i>	algorithm	$z = (R_0 - R_i) / SE$	<i>p</i>	Holm / Hochberg / Hommel
7	a ₀ b ₀ c ₁	4.59279326771846	4.3735226679335945E-6	0.0071428571428571435
6	a ₀ b ₀ c ₀	4.048462213766642	5.1555255416977374E-5	0.008333333333333333
5	a ₁ b ₀ c ₁	3.8443380685347104	1.2087827192136829E-4	0.01
4	a ₀ b ₁ c ₀	2.449489742783177	0.014305878435429647	0.0125
3	a ₁ b ₁ c ₁	2.075262143191305	0.03796224597822726	0.016666666666666666
2	a ₁ b ₁ c ₀	2.0412414523193165	0.0412268333371636	0.025
1	a ₁ b ₀ c ₀	1.6329931618554527	0.10247043485974927	0.05

Anexo 9. Ficha sensorial



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

FICHA DE CATA

Catador: Edad: Fecha:

INDICACIONES GENERALES: Sírvase realizar la cata de ocho muestras de una bebida alcohólica macerada con cacao CCN-51. Marque con una X en la celda que corresponda la muestra y el atributo a evaluar. Recuerde enjuagar la boca con una pequeña cantidad de agua después de realizado la cata, para que el resultado sea lo más real posible.

COLOR: Tonalidad									
CALIF	CARACTERÍSTICAS	TR11	TR21	TR31	TR41	TR51	TR61	TR71	TR81
1	Amarillo pajizo								
2	Amarillo pálido								
3	Amarillo dorado								
4	Ambarino								

COLOR: Limpidez									
CALIF	CARACTERÍSTICAS	TR11	TR21	TR31	TR41	TR51	TR61	TR71	TR81
1	Turbio								
2	Opaco								
3	Cristalino								
4	Característico								

FASE OLFATIVA: Vía nasal.									
AROMA a cacao									
CALIF	CARACTERÍSTICAS	TR11	TR21	TR31	TR41	TR51	TR61	TR71	TR81
1	Débil								
2	Mediano								
3	Fuerte								
4	Muy fuerte								

CALIDAD DEL AROMA									
CALIF	CARACTERÍSTICAS	TR11	TR21	TR31	TR41	TR51	TR61	TR71	TR81
1	Desagradable								
2	Agradable								
3	Original								
4	Fino								

FASE GUSTATIVA									
IMPRESIÓN DEL LICOR: Gusto - olfato									
CALIF	CARACTERÍSTICAS	TR11	TR21	TR31	TR41	TR51	TR61	TR71	TR81
1	Suave								
2	Armónico								
3	Persistente								
4	Ardiente característico								

FASE POST-GUSTATIVA: Aceptabilidad									
CALIF	CARACTERÍSTICAS	TR11	TR21	TR31	TR41	TR51	TR61	TR71	TR81
1	Desagradable								
2	Ni agrada ni desagrada								
3	Agrada moderadamente								
4	Aceptable: persistencia, armonía y franqueza								

OBSERVACIONES
.....
.....

Anexo 10. Análisis de metanol (CG)



INFORME DE RESULTADOS

INF.AQ

3246b

Cliente	JOSELYN ELIZABETH ALCÍVAR VELA	Lote	----
Dirección	Cantón Quevedo, Parroquia 7 de Octubre, Provincia Los Ríos	Fecha Elaboración	----
		Fecha Vencimiento	----
Muestreado por	El Cliente	Fecha Recepción	4/8/2021
Muestra de	Bebida alcohólica	Hora Recepción:	12:12:00
Descripción	Bebida alcohólica macerada con cacao CCN-51 (a0b1c1)	Fecha Análisis:	6/8/2021
		Fecha Entrega:	3/8/2021
		Código/# Control	a0b1c1

Color:	Característico
Olor	Característico
Estado:	Líquido
Contenido Declarado:	200ml
Material de Empaque:	Frasco de vidrio

RESULTADOS AREA QUIMICA

SUB OT	3246b
--------	-------

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO	
METANOL	mg/100cc	<0,01	MS/INEN 2014	*

Nota: "Los ensayos marcados (*) no estan incluidos en el alcance de la acreditacion del SAE"
(MS) Metodo subcontratado

Dra. Pamela Jacome
DIRECTOR DEL LABORATORIO



Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.
Documento firmado con respaldo de seguridad Quick Response Code