



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

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

Título del Proyecto de Investigación:

**“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN EN LICOR
ESPIRITUOSO CON HOJAS DE MANDARINA (*Citrus reticulata*) Y
HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*)”**

Autor:

Chancay González Robert Alexander

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Alim. Ángel Fernández Escobar M. Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS

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

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

Chancay Gonzalez Robert Alexander

C.C. # 171648636-8



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Alim. Ángel Fernández Escobar, MSc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que, el estudiante Chancay González Robert Alexander, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN EN LICOR ESPIRITUOSO CON HOJAS DE MANDARINA (*Citrus reticulata*) Y HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*)”**, previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Alim Ángel Fernández Escobar, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

La suscrito, Ing. Ángel Fernández Escobar, MSc., mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe del proyecto de investigación cuyo tema es **“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN EN LICOR ESPIRITUOSO CON HOJAS DE MANDARINA (*Citrus reticulata*) Y HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*)”** presentado por el estudiante Chancay Gonzalez Robert Alexander egresado 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 8%, de trabajo investigativo.

URKUND	
Dokument	ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN EN LICOR ESPIRITUOSO CON HOJAS DE MANDARINA (<i>Citrus reticulata</i>) Y HIERBA LUISA (<i>Cymbopogon citratus</i>)" (1).docx (D60504282)
Inskickat	2019-12-07 13:01 (-05:00)
Inskickad av	José Villarroel (jvillarroel@uteq.edu.ec)
Mottagare	jvillarroel.uteq@analysis.arkund.com
Meddelande	Visa hela meddelandet
8% av det här c:a 42 sidor stora dokumentet består av text som också förekommer i 9 st källor.	

Valido este documento para que las mencionadas estudiantes de la carrera sigan con los trámites pertinentes, de acuerdo a lo que establece el reglamento.

Por su atención deseo significar mis agradecimientos.

Cordialmente;

.....
Ing. Alim Ángel Fernández Escobar, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE
SUSTENTACIÓN**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“Estandarización del proceso de obtención en licor espirituoso con hojas de
mandarina (*Citrus reticulata*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*)”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Agroindustrial.

Aprobado por:

Dr. Juan Alejandro Neira Mosquera Ph. D
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. José Villarroel Bastidas, MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Ruth Torres Torres, MSc

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2019

AGRADECIMIENTO

Dios es quien logró que esto sucediera, y por ello le estaré eternamente agradecido, además de brindarme el apoyo tangible en esta vida que es mi familia, quienes estuvieron conmigo en las buenas y malas.

A mi hermana quien con sus locuras y ocurrencias me apoyaba en la distancia, y que siempre además de hermanos somos mejores amigos.

A mamita, que a pesar estar en contra de que saliera de la ciudad, acepto mi decisión apoyándome incondicionalmente, además de brindarme todo su amor durante toda mi vida. Que nunca me haga falta.

A Papito quien siempre ha estado cuando lo necesito, solucionándome los problemas en que me metía por ignorante, pero nunca se negó a sacarme de problemas, siempre me ha ayudado económicamente, y cuando más lo necesito está ahí. Que nunca me haga falta.

A mis amigos que generé en estos años, y de a ver vivido tantas experiencias tanto buenas como malas pero juntos, que siempre trabajábamos en equipo. Génesis Vélez, Fernanda Barrionuevo, Jennifer Pinargote, Kenya Guerra, Yomara Carrera, Rudy Ibarra, Jordy Fernández, Kevin Zapata, Génesis Vanegas y Yuri Vera. Siempre los recordaré. Muchas veces una gran amistad puede comenzar con un “préstame 5 dólares por favor”

A Goku por siempre demostrarme siempre hay que ser el mejor pero no creérselo, a Naruto por indicarme que es esfuerzo y perseverancia supera al talento. Agradezco a los Niños Elegidos que me inculcaron los valores y el significado especial en cada uno de ellos, haciéndome llorar pero que comprendí lo importante que son tus acciones en esta vida. Agradezco a Batman quien me demostró que desde la oscuridad se puede ascender y que mueres siendo un héroe o vives lo suficiente para volverte un villano. A Deadpool que me demostró de manera muy divertida que no hay que ser amargado ni aburrido.

Robert Alexander Chancay Gonzalez

DEDICATORIA

Esta meta se la dedico a mi familia y mi perrita que les prometí que sería alguien grande en la vida y aunque falta mucho por recorrer, este es el inicio de nuevos objetivos para devolver un poco de todo el apoyo y amor que me dedicaron. Mis padres han trabajado y sufrido por mí a causa de mis irresponsabilidades, sin embargo me brindaron la confianza para lograr la culminación de mi carrera, quiero que estén orgullosos de mí por ser un profesional como ellos soñaban.

Robert Alexander Chancay Gonzalez

RESUMEN

A lo largo de nuestra historia la presencia de bebidas alcohólicas han tenido un impacto desde las civilizaciones más antiguas hasta la industrialización y generación de licores con valor agregado. La investigación se realizará en los talleres agroindustriales y laboratorios del campus “La María”. La obtención de la materia prima que es el jugo de caña a ser fermentado será provenientes de la jurisdicción del Cantón Pangua (El Corazón), mientras las hojas de mandarina y hierba luisa fueron obtenidas en la finca experimental. El estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la madurez y concentraciones de hojas de mandarina mezcladas con hierba luisa en la absorbancia de la bebida alcohólica espirituosa, siendo parte de sus caracteres evaluados mediante un análisis sensorial. Su destilación se realizará mediante un destilador de columna simple de acero inoxidable y su análisis de absorbancia fue realizado mediante un espectrofotómetro. A medida que se tabularon los datos realizando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), se logró determinar al mejor tratamiento a_2b_0 (0,16% de hojas de mandarina maduras con Hierbaluisa) destacando favorables características sensoriales y una absorbancia de 0,91 a 354 nm estableciendo como un matiz azul en la bebida espirituosas. La composición del licor demostró una concentración de 4,67 mg/100 cm³ en metanol convirtiéndose en un producto de riesgo mínimo para el consumidor. Los resultados de la investigación generó resultados positivos obteniendo 3 tratamientos cristalinos y 6 de matiza azulado cumpliendo los objetivos de la misma.

Palabras clave: Matiz, Destilación, Absorbancia, Cromatografía, Aceite esencial

ABSTRACT

Oil

TABLA DE CONTENIDO

Declaración de autoría y sesión de derechos	i
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	ii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iii
Director del proyecto de investigación.....	iii
Certificado de aprobación por tribunal de sustentación	iv
Agradecimiento	v
Dedicatoria	vi
Resumen	vi
Abstract.....	viii
Código dublin	xviii
Introducción.....	1

CAPÍTULO I.

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General	6
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. Justificación	7
1.4. Hipótesis	8

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Teórico.....	9
2.1.1. Historia de Licores y Aguardientes en Ecuador	9
2.1.2. Bebidas espirituosas	9

2.1.3.	Licor Pájaro Azul	12
2.1.4.	Bebidas alcohólicas	12
2.1.5.	Fundamentos de Espectrofotometría UV	14
2.1.6.	La Caña de Azúcar	17
2.1.7.	Hojas de Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>)	21
2.1.8.	Hierba Luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	24
2.1.9.	Fundamentos de análisis sensorial	25
2.1.10.	Destilación.....	28
2.1.11.	Destilación alcohólica	28
2.1.12.	Tipos de destilación.....	29
2.1.13.	Etanol.....	32
2.1.14.	Fermentación alcohólica.....	32
2.1.15.	Fundamentos de la cromatografía de gases	33
2.2.	Marco conceptual.....	34
2.2.1.	Destilación alcohólica	34
2.2.2.	Destilación continua simple	35
2.2.3.	Bebidas alcohólicas	35
2.2.4.	Aguardiente	35
2.2.5.	Aperitivos	36
2.2.6.	Bebidas espirituosas	36
2.2.7.	Extracción.....	36
2.2.8.	El espectro electromagnético.....	36
2.2.9.	Longitud de onda y frecuencia	36
2.3.	Marco referencial	37

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización.....	42
------	-------------------	----

3.2.	Tipo de Investigación.....	43
3.2.1.	Investigación Exploratoria	43
3.2.2.	Investigación Descriptiva	43
3.2.3.	Investigación Experimental.....	43
3.2.4.	Investigación Bibliográfica	44
3.3.	Método de Investigación.....	44
3.4.	Fuentes de Recopilación de Información.....	44
3.5.	Diseño de la Investigación	45
3.6.	Manejo específico del experimento	45
3.6.1.	Características del experimento de elaboración del licor espirituoso	45
3.6.2.	Modelo matemático.....	46
3.6.3.	Factores de estudio	46
3.6.4.	Tratamientos.....	46
3.6.5.	Análisis estadístico	47
3.6.6.	Variables de estudio	48
3.7.	Análisis Físico químico de la bebida espirituosa.....	48
3.8.	Perfil sensorial de la bebida espirituosa.....	50
3.9.	Balance de materia.....	50
3.10.	Materiales y Equipos	55
3.10.1.	Materia Prima y Reactivos	55
3.10.2.	Equipos y Materiales	55
3.10.3.	Equipos de laboratorio.....	56
3.11.	Proceso de obtención del jugo de caña (mosto).....	56
3.12.	Proceso de elaboración de la Bebida Espirituosa	57
3.13.	Análisis Físico químico del jugo de caña	58

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados	65
4.1.1.	Análisis de varianza de la absorbancia de la bebida espirituosa	65
4.1.2.	Análisis de varianza en el análisis sensorial de la bebida espirituosa	69
4.1.3.	Pruebas de significancia en el factor A (concentraciones de hojas de mandarina)	72
4.1.4.	Pruebas de significancia en el Factor B (índice de madurez de hojas de mandarina)	73
4.1.5.	Pruebas de significancia en la Interacción AxB (concentraciones e índices de madurez de hojas de mandarina)	74
4.1.6.	Balance de materia en la elaboración de la bebida espirituosa	75
4.1.7.	Cromatografía de gases al tratamiento a ₂ b ₀ (0,16% de HMM).....	80
4.1.8.	Potencial de hidrogeno (pH) en el mosto fermentado de caña.....	80
4.1.9.	Solidos solubles (°Brix) del mosto fermentado de caña.....	81
4.1.10.	Acidez titulable del jugo de caña	81

CAPÍTULO V.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.	Discusión	80
5.1.1.	Absorbancia.....	80
5.1.2.	Resultados obtenidos en el análisis sensorial de la bebida espirituosa	81
5.1.3.	Balance de materia de la bebida espirituosa.....	83
5.1.4.	Graduación alcohólica del mejor tratamiento	83
5.1.5.	Concentración de metanol en la bebida espirituosa	84
5.1.6.	Resultados obtenidos del mosto de caña de azúcar	84
5.2.	Tratamiento de las hipótesis	85

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.	Conclusiones.....	92
6.2.	Recomendaciones	93

CAPITULO VI.

BIBLIOGRAFÍA

7.1.	Bibliografía	94
------	--------------------	----

CAPÍTULO VII.

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.	pag.
Tabla 1. Diferentes regiones del espectro Ultravioleta y visible y sus rangos o zonas	16
Tabla 2. Composición química en porcentaje (%), de la caña y el jugo.	18
Tabla 3. Descripción botánica	22
Tabla 4. Taxonomía.....	24
Tabla 5. Factores de estudio que intervienen en la destilación del licor.	46
Tabla 6. Combinación de los Tratamientos propuestos para la destilación del licor.	47
Tabla 7. Esquema de análisis de varianza.	47
Tabla 8. Equipos e instrumentos utilizados para la elaboración del licor espirituoso.....	56
Tabla 9. Anova de la absorbancia en la bebida espirituosa	65
Tabla 10. Anova de la percepción en Matices de color azul	69
Tabla 11. Anova de la percepción del olor.....	70
Tabla 12. Anova de la percepción del sabor.....	70
Tabla 13. Anova de la impresión del licor.....	71
Tabla 14. Concentración de metanol al mejor tratamiento por cromatografía de gases (CG)	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico.	pag.
Gráfico 1. Prueba de significancia en el factor A (concentraciones de hojas de mandarina), en función a la absorbancia.	65
Gráfico 2. Prueba de significancia en el factor B (madurez de hojas de mandarina), en función a la absorbancia.	66
Gráfico 3. Prueba de significancia en la interacción AB (concentraciones de hojas de mandarina, índice de madurez de las mismas), en función a la absorbancia.	67
Gráfico 4. Barrido de longitud de onda en una bebida espirituosa comercial.....	68
Gráfico 5. Barrido de longitud de onda en el mejor tratamiento de bebida espirituosa.	68
Gráfico 6. Diagrama de proceso del tratamiento a ₂ b ₀ (0,16% de HMM)	79
Gráfico 7. Promedio general de acidificación del mosto fermentado de caña.	80
Gráfico 8. Promedio general del consumo de azúcares en función al tiempo.....	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustracion.	pag.
Ilustración 1. Curva Espectral	15
Ilustración 2. Formas, márgenes y desarrollo del peciolo en hojas de cítricos.	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Gráfico.	pag.
Anexo 1. Graficas de todas las muestras en consumo de grados brix del jugo de caña....	102
Anexo 2. Proceso de elaboración y análisis de la bebida espirituosa.....	106
Anexo 3. Resultados de concentración de metanol del mejor tratamiento.....	108
Anexo 4. Resultados de concentración de metanol de puntas extraído.....	109
Anexo 5. Informe de cromatografía de gases en hojas de mandarina maduras.....	110
Anexo 6. Ficha de análisis sensorial.....	113
Anexo 7. Índice de madurez de las cañas de investigación.....	115
Anexo 8. Rendimiento en las unidades experimentales de la investigación	116
Anexo 9. Grado alcohólico de la bebida espirituosa en función a lo solidos solubles.....	116

CÓDIGO DUBLIN

Título:	ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN EN LICOR ESPIRITUOSO CON HOJAS DE MANDARINA (<i>Citrus reticulata</i>) Y HIERBA LUISA (<i>Cymbopogon citratus</i>)”				
Autor:	Chancay Gonzalez Robert Alexander				
Palabras clave:	Matiz	Destilación	Absorbancia	Cromatografía	Aceite esencial
Fecha de publicación:					
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2019.				
	RESUMEN: A lo largo de nuestra historia la presencia de bebidas alcohólicas han tenido una gran índole desde las civilizaciones más antiguas hasta la industrialización y generación de licores con valor agregado. La investigación se realizará en los talleres agroindustriales y laboratorios del campus “La María”. La obtención de la materia prima que es el jugo de caña a ser fermentado será provenientes de la jurisdicción del Cantón Pangua (El Corazón), mientras las hojas de mandarina y hierba luisa fueron obtenidas en la finca experimental. El estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la madurez y concentraciones de hojas de mandarina mezcladas con hierba luisa en la absorbancia de la bebida alcohólica espirituosa, siendo parte de sus caracteres evaluados mediante un análisis sensorial. Su destilación se realizara mediante un destilador de columna simple de acero inoxidable y su análisis de absorbancia fue realizado mediante un espectrofotómetro. A medida que se tabularon los datos realizando un diseño completamente al azar (DCA), se logró determinar al mejor tratamiento a2b0 (0,16% de hojas de mandarina maduras con Hierbaluisa) como la mejor unidad experimental que cumple con las características sensoriales y una absorbancia de 0,91 a 354 nm estableciendo como un matiz azul en la bebida espirituosas. La composición del licor demostró una concentración de 4,67 mg/100 cm³ en metanol convirtiéndose en un producto inocuo para el consumidor. Los resultados de la investigación genero resultados positivos obteniendo 3 tratamientos cristalinos y 6 con buenas características dentro de los objetivos de la misma. ABSTRACT: Throughout our history the presence of alcoholic beverages has had an impact from the oldest civilizations to the industrialization and generation of liquors with added value. The research will be carried out in the agroindustrial workshops and laboratories of the “La María” campus. The obtaining of the raw material that is the juice of cane to be fermented will be coming from the jurisdiction of the Canton Pangua (The Heart), while the tangerine and lemongrass leaves were obtained in the experimental farm. The study aims to determine the effect of maturity and variations of tangerine leaves mixed with lemongrass on the absorption of the spirit alcoholic beverage, being part of its characters evaluated by a sensory analysis. Its distillation will be carried out using a simple stainless steel column distiller and its absorption analysis was carried out using a spectrophotometer. As the data made were a completely randomized block design (DBCA), the best a2b0 treatment (0.32% of ripe tangerine leaves with Hierbaluisa) was determined highlighting favorable sensory characteristics and an absorbance of 0.91 a 354 nm establishing as a blue hue in the spirits drink. The composition of the liquor showed a concentration of 4.67 mg / 100 cm³ in methanol becoming a minimum irrigation product for the consumer. The results of the research generated positive results, obtaining 3 crystalline treatments and 6 of bluish hue fulfilling the objectives of the same.				
Descripción:	123 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URI:	(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)				

INTRODUCCIÓN

Las bebidas alcohólicas han estado presentes a lo largo de nuestra historia, y es más antigua de lo que muchos piensan más de 5.000 años a.c, originándose desde civilizaciones remotas de nómadas, hasta la cultura Egipcia donde la fermentación daba lugar en barriles de agua con panes que caían accidentalmente y se producía esta reacción fisicoquímica, extendiéndose por el mar Egeo hasta Europa donde perfeccionaron la técnica y desarrollaron el vino y la cerveza, conjuntamente la destilación del alcohol era indefinidamente poco conocida hasta finales del siglo XVI, dando origen a diversos licores aromatizados y madurados hasta nuestra actualidad [1].

En Sudamérica la presencia de las bebidas alcohólicas se presentan desde el descubrimiento de américa en 1492; siendo años más tarde las colonizaciones de parte de España y Portugal donde el vino y la cerveza los más consumidos posteriormente con los principios de destilación se presentaron el wiski y el ron [2]. Previamente a esto no hay antecedentes escritos o patentados que se consumía bebidas alcohólicas nuestros ancestros, sin embargo las culturas hoy en día rinden testimonio que se consumía líquidos fermentados con tubérculos perenes de la zona como la yuca, papa, o de gramínea como el maíz [1].

En el Ecuador actualmente se consume muchos las bebidas alcohólicas como cerveza, vino y licores destilados famosos (wiski, ron, brandi, entre otros). Pero existen muchos licores originarios de nuestro país desde la chicha de jora en la Sierra; la chicha de arroz con piña y panela de la Costa y la chicha de yuca en el Oriente hasta licores destilados muy famosos como las Puntas que es un alcohol puro de caña, los licores aromatizados y con valor agregado en su destilación como el tradicional Pájaro Azul de la provincia de Bolívar o mezclados con frutas como el Canelazo en la provincia de Pichincha [3].

Esta investigación es importante, orientada a la estandarización en el proceso de cocción del mosto de jugo de caña, con el uso de hojas de mandarina y hierba luisa para su posterior destilación, donde el proceso es exhaustivo y controlado con el fin de obtener un licor que resalte, sobre todo en las características sensoriales del licor destilado, evaluando los mejores tratamientos y concentraciones adecuadas con la finalidad de producir un licor destilado seguro y agradable.

El propósito de esta investigación está enfocada al mejoramiento del proceso de obtención de una bebida alcohólica similar al pájaro azul que es un licor estandarizado y muy conocido en la provincia de Bolívar, pero no muy conocido en otras provincias del país, presentando el método de adición de hojas de una especie frutal y medicinal. Cabe señalar que el proyecto es tecnológicamente viable, lo que garantiza el éxito de los cañicultores de todos los sectores, que están dispuestos a desarrollar este tipo de bebida en base a bebidas espirituosas comerciales.

CAPÍTULO I.
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El consumo de licores espirituosos en nuestro país es una práctica muy común, pero de forma artesanal sin observar sus componentes que la integran como colorantes y saborizantes no integran el respaldo de normativas o reglamentos, obviando sus registros de sanidad entre otros requisitos que nos garantice que el licor es confiable para su consumo. En el mismo caso los productores conjuntamente con los comerciantes procesan y distribuyen sin los cuidados mínimos de buenas prácticas de manufactura que van a repercutir en la calidad del licor.

El problema radica en la falta de estandarización en el proceso de obtención de licores espirituosos (compuestos) que son de escasa información científica; resguardado con mucho recelo por parte de los productores, existiendo una variación en la cantidad y calidad de los ingredientes que se utiliza para proporcionar la peculiaridad especial de cada bebida, provocando que la producción de un lote de bebida no sea similar al del lote anterior o del siguiente tanto química física y sensorialmente del licor, tomando como referencia las bebida pájaro azul [4].

Según Diario el Universo y El Comercio En el año 2011 comenzaron los primeros registros sobre intoxicaciones en nuestro país por consumo de alcohol adulterado, pero no fue hasta el 2017 que hubo 16 personas fallecidas y más de 12 afectadas por el consumo del alcohol adulterado en Quito [5]. En Guayaquil en el 2018 una persona falleció y dos resultaron afectadas por el consumo de alcohol metílico en un bar de la ciudad [6]. Las investigaciones reflejan que la cadena ilegal de adulteración tiene origen en las zonas rurales de las Provincias de Cotopaxi, Chimborazo y Bolívar, estas cifras son alarmantes generadas por su precio accesible de 0,15 0,50 ctv la botella, siendo muy atractivo para su comercialización [4].

.

- **Diagnóstico**

Las bebidas espirituosas han sido obtenidas desde antaño por nuestros ancestros en la utilización de hojas de mandarina, hierba luisa en la mayoría de cañicultores. La falta de una estandarización del proceso de obtención de este tipo de bebidas repercute en el producto final y por consecuencia en su consumo, las características más notables en este tipo de licores son sensoriales produciendo una aceptabilidad de esta bebida, y por este mismo hecho es que la ausencia del uso estándar de ingredientes para su elaboración produce un licor específico con sus propias características y de carácter complicado para su similar producción de otro lote que tendrá otras características al del licor anterior.

Actualmente el procesamiento y consumo del este licor es muy habitual en nuestro país, sobre todo en las provincias de Cotopaxi y Bolívar, artesanalmente separan el licor conocido como puntas del total del licor aproximadamente un 2 al 5 % del volumen estimado de destilado a obtener. Las adulteraciones de los licores artesanales es un secreto a voces que se realiza en el canal de comercialización, mas no a nivel de productor primario.

Al referir a Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), los jugos de caña no reciben un proceso de pre limpieza, ni clarificación adecuados; son fermentados en tachos al aire libre (fermentación aerobia). En el mosto se presentan impurezas como cucarachas, moscas, entre otros insectos, convirtiéndolo en desagradable para quienes visitan *in situ* los trapiches. La inserción de productos vegetales y de origen animal en la cocción del licor deben estar estandarizados, otra dificultad es su confiabilidad en su consumo debido a su falencia en su denominación de origen.

- **Pronóstico**

La falta de una normativa vigente que regularice la producción de este licor es importante, Según diario el Comercio la comercialización en la actualidad es posible siga siendo adulterado por algunos comerciantes y puede provocar en el transcurso de los años más afectaciones en la salud de personas, tal vez no masivamente ni cifras alarmantes, pero si repercusiones en jóvenes y

adultos bebedores con tal de abaratar costos y generar más ingresos [4]. Tradicionalmente en Manabí lo llaman “currincho”; en Guayaquil, “guanchaca”; en el norte de la Sierra, “punta”. En Cotopaxi y otras áreas del país es “aguardiente”, “puro”, “fuerte” o, simplemente, “trago” [7].

La estandarización del proceso productivo de obtención de bebidas espirituosas, encamina en un futuro no muy lejano a eliminar la restricción de comercialización libre de esta bebida alcohólica, pues únicamente hay que demostrar que si se puede fabricar este producto con poca presencia de metanol y alcoholes superiores y a su vez que se encuentren dentro de lo permisible por la normativa general vigente.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo estandarizar la concentración de hojas de (*Citrus reticulata*) mandarina mezcladas con (*Cymbopogon citratus*) hierba luisa, durante el proceso de destilación para obtener una bebida espirituosa con características sensoriales aceptables?

1.1.3. Sistematización del problema

La producción de licor espirituoso es especial por sus características sensoriales y color de matiz azul, por lo tanto, técnicamente se usan hojas de mandarina y hierba luisa para brindar dicha característica, por lo que se establecen ciertas preguntas:

¿Qué efecto tendrá la madurez de las hojas de mandarina mezcladas con hierba luisa, en la absorbancia y calidad sensorial de un licor espirituoso obtenido a partir del mosto fermentado del jugo de caña de azúcar?

¿Cuáles serán las concentraciones de hojas de mandarina y hierba luisa, en la cocción del mosto fermentado de caña de azúcar al momento de destilarse para obtener el licor espirituoso de matiz azul?

¿Qué rendimientos en alcohol se obtendrá desde el proceso fermentativo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Estandarizar las concentraciones de hojas de mandarina (*Citrus reticulata*) y de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), en la producción de licor espirituoso.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de la madurez y concentración de hojas de mandarina mezcladas con hierba luisa en la absorbancia de la bebida alcohólica espirituosa obtenida del mosto fermentado del jugo de caña de azúcar.
- Establecer la aceptabilidad de la bebida alcohólica espirituosa mediante análisis sensorial.
- Realizar un balance de materia en base al consumo de sustrato por parte de las levaduras para la determinación del rendimiento de alcohol o bebida espirituosa.
- Analizar las concentraciones de metanol mediante cromatografía de gases, para descartar riesgos del licor hacia el consumidor.

1.3. Justificación

El licor espirituoso se obtiene de dos formas: (a) una es la artesanal en la cual el pequeño cañicultor usa hojas de mandarina y hierba luisa en concentraciones basadas en el conocimiento ancestral de manera empírica, por lo que estos productores llevan muchos años practicándolo, sin necesidad de la intervención de metodologías y tecnologías de producción; y, (b) el sector industrial centra producción con aditivos alimentarios y operaciones unitarias tecnificadas teniendo un mayor mercado en el país que los artesanales.

Debido a su falta de estandarización y normas vigentes para su comercialización genera desconfianza en el consumidor, quienes buscan otros productos de la familia de licores que si tienen procesos normalizados de fabricación y éstos son: “vodka”, “ron”, “whisky”, caña manabita, etc., afectando la posibilidad de brindar valor agregado a la caña de azúcar, que con simples cambios en lo tradicional y aplicando buenas prácticas de manufactura podría proyectarse a un posicionamiento con éxito de bebidas espirituosas en distintas provincias del Ecuador.

La presente investigación está orientado a la estandarización en el proceso de cocción del mosto de jugo de caña, con el uso de hojas de mandarina y hierba luisa para su posterior destilación, y rectificación que encamine a mejorar las características sensoriales del licor destilado, evaluando los mejores tratamientos y concentraciones adecuadas con la finalidad de producir un licor seguro y agradable. Se enfoca al mejoramiento del proceso de obtención de una bebida alcohólica similar al pájaro azul, el método de adición de hojas de una especie frutal (mandarina) y otra considerada medicinal (hierba luisa). Cabe señalar que el proyecto es tecnológicamente viable, lo que garantiza el éxito de alrededor de 5000 cañicultores artesanales que están entre las provincias del Guayas, Cañar, Los Ríos, Imbabura, Cotopaxi y Pichincha.

1.4. Hipótesis

Una vez identificado y definido el problema, se plantean las hipótesis, mismas que se desarrollan sobre la base de la investigación, de esta manera hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_1), con las cuales se intenta adelantar una explicación teórica del problema y con ello facilitar la solución práctica. Estas hipótesis se plantean como las respuestas esperables a la pregunta que hemos planteado.

- (H_0):** La madurez y concentración de hojas de mandarina mezcladas con hierba luisa añadidas en una segunda destilación al aguardiente obtenido previa destilación primaria del mosto de caña de azúcar no tienen variabilidad en los valores de absorbancia, ni en las características sensoriales del licor espirituoso.
- (H_1):** La madurez y concentración de hojas de mandarina mezcladas con hierba luisa añadidas en una segunda destilación al aguardiente obtenido previa destilación primaria del mosto de caña de azúcar si tienen variabilidad en los valores de absorbancia, y en las características sensoriales del licor espirituoso.

CAPÍTULO II.
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Historia de Licores y Aguardientes en Ecuador

Es famosa en la serranía la Chicha de Jora, que es una deliciosa bebida hecha con fermento de maíz de jora, una variedad especial de maíz endulzada con panela. Otra chicha es la que se hace con quinua, panela y se la fermenta con piña. En la costa preparan chicha de arroz con piña y panela. La chicha adquiere su sabor característico por la fermentación de la fruta con el dulce de caña (panela), la canela, clavo de olor y pimienta dulce [8].

Es crucial manifestar que las famosas puntas son muy apreciadas por propios y extraños, que es el alcohol puro de caña, de Bucay (Guayas), Nanegalito, Nono (Pichincha), Pallatanga (Chimborazo), Tababuela (Imbabura), Puyo (Pastaza) y el tradicional licor Pájaro Azul de la provincia de Bolívar [8]. Existe la elaboración de preparados a base de alcohol con frutas, que lo hacen domésticamente. En Quito es común un brindis con el Canelazo, consistente en agua de canela con naranjilla, azúcar y alcohol. No puede faltar en las fiestas de Quito. Se sirve muy caliente [3].

2.1.2. Bebidas espirituosas

Son las bebidas alcohólicas obtenidas por destilación de productos de origen agrícola, con al menos un 15% de volumen alcohólico. Por origen agrícola entendemos el que ha sido obtenido por la destilación, previa fermentación, de uno o varios productos agrícolas como uva, cereales, remolacha, patata, caña de azúcar [9]. Son bebidas alcohólicas que se producen mediante la destilación y/o rectificación de mostos fermentados procesados anteriormente [10].

Su contenido alcohólico presente está en función a las bebidas de la cual procede la destilación en líquidos azucarados fermentados [10]. Sobresaliendo el aguardiente, los licores en general, extractos de ponche y bebidas mixtas (mistelas) alcohólicas [10]. El grado alcohólico de las bebidas espirituosas debe tener como mínimo 15°GL. Existen variedades diversas de bebidas espirituosas, en relación a las materias primas destiladas, de los ingredientes aromatizantes o de

los complementos usados en su elaboración [10]. El licor se define como una bebida espirituosa obtenida por maceración o mezcla de diversas sustancias; generalmente un licor está compuesto de alcohol, agua, azúcar y esencias aromáticas variadas [11].

- **Historia de las bebidas espirituosas**

Existen fuentes que sitúan dicha práctica en la civilización egipcia, pero si hemos de atenernos a las referencias escritas, las primeras donde se menciona la destilación del alcohol aparecen en la China del siglo IV [9]. Según los historiadores, hay constancia de la invención de primitivos alambiques por dos mujeres que son consideradas sabias de la antigüedad: Hipatia de Alejandría y María la Judía [9]. A ambas se les atribuye la invención de los primeros métodos de destilación. Sin embargo, hemos de considerar maestros de este arte a los árabes [9].

En este caso, la primera referencia registrada del uso del alambique se la disputan los galenos Abul Kadim y Fahzes, quienes ejercían su profesión en el s. X. A nuestra cultura le corresponde el honor de contar con los primeros textos, del siglo XIII, que dejan constancia de una destilación, atribuidos al filósofo Ramón Llull [9]. También originario de nuestro país y de ese mismo siglo es Arnau de Vilanova, médico que habría destilado por primera vez pensando en el consumo humano del producto, al someter a este proceso al vino sobrante [9].

- **Producción de bebidas espirituosas**

El proceso de producción de las bebidas espirituosas comienza con la fermentación, que es la transformación natural del azúcar contenido en frutas y cereales en etanol. Sigue la destilación, proceso por el que se separa el alcohol del resto de componentes del líquido fermentado, obteniéndose así el alcohol etílico agrícola, materia prima común a todas las bebidas espirituosas. La destilación se puede realizar mediante el uso, bien de alambiques, bien de alquitaras, bien de columnas de rectificación [9].

El alambique o la alquitara calienta el líquido obtenido en la fermentación de los productos agrícolas en la parte del alambique conocida como "caldero" o "retorta". El agua hierve a 100

grados, pero el alcohol solo a 80, por lo que será el primero en separarse por evaporación y ascender por un serpentín refrigerado [9]. Al enfriarse, este vapor se vuelve a transformar en líquido pero con mayor concentración de alcohol y muchas menos impurezas. Con el fin de obtener un alcohol aún más refinado, se pueden realizar varias destilaciones.

Los alambiques utilizados para la destilación de bebidas son de cobre, dado que es un buen conductor del calor y no transmite sabor alguno [9]. Las bebidas espirituosas pueden pasar por un envejecimiento que, además de aumentar su sabor y características organolépticas propias, añade las de los barriles de madera -normalmente de roble- donde se envejecen [9].

El envejecimiento puede ser estático, cuando la bebida permanece todo el proceso en la misma barrica, o dinámico, cuando se va trasladando de una a otra según el criterio del productor [9]. También es frecuente la mezcla de productos de distintas procedencias o años, como ocurre en el sistema de criaderas y soleras característico del brandy de Jerez, en el que periódicamente se saca un porcentaje del contenido de cada uno de los barriles para rellenar otros [9].

- **Tipos de bebidas espirituosas**

Existen categorías concretas de bebidas espirituosas, entre las cuales encontramos algunas tan populares como el brandy, el anís, el whisky, el ron, el vodka o el gin, a las que daremos su espacio propio en el presente manual. Cada categoría exige ciertos requisitos para poder incluir una bebida en ella, como son la materia prima, la graduación mínima, las cualidades organolépticas, el número de destilaciones o el tiempo de envejecimiento [9].

- Aguardientes
- Anís
- Brandy
- Gin
- Licores secos, semisecos, dulces, cremas o escarchados
- Ron
- Vodka

- Whisky o whiskey
- Pacharán
- Otras bebidas espirituosas no Europeas [9].

2.1.3. Licor Pájaro Azul

Este licor posee como principal característica un matiz azul violeta, de sabor dulce y con una graduación alcohólica alta, está fabricado a base de fruta, licor de caña, anís, patas y carne de pollo, y hojas de mandarina, este último le da sus tonos azules [12]. El “Pájaro Azul” es el licor más célebre de Bolívar y “Sin Pájaro Azul” no hay fiesta, según productores, intermediarios y consumidores [13].

Cuenta la prensa que en 1985, un doctor que hizo las prácticas en la zona rural de Guaranda y se llevó el licor por galones”; después de varios días señaló que luego de la ingesta, sus amigos habían volado como pájaros”, desde ahí, su denominación [13]. Su origen ancestral es de Guaranda y es tradicional dentro de sus emocionantes carnavales. El Carnaval se conforma de la mayor fiesta de la ciudad y la provincia a la que pertenece, su festejo es renombrada tanto nacional como internacionalmente [3].

2.1.4. Bebidas alcohólicas

El alcohol generado por fermentación se destina en gran parte a la preparación de bebidas alcohólicas, las bebidas alcohólicas para consumo humano se consiguen por destilación del etanol producido por fermentación de los componentes azucarados de las materias primas, su contenido alcohólico varía mucho, entre 20 y 50 volúmenes por ciento principalmente [14]. El aroma no está determinado por el etanol, sino por los productos secundarios de la fermentación; su factor gustativo y olfativo se debe a productos de extracción y destilación de plantas y frutas, y también contribuyen al sabor los zumos de frutas, aceites esenciales y esencias naturales [14].

2.1.4.1. Antecedentes

La destilación de alcohol etílico era poco o nada conocida hasta fines del siglo XVI. Siendo los griegos tanto como romanos que solo tenían conocimiento en la fabricación de vino, otorgando un valor agregado incluyendo hierbas aromáticas para darles una nota fragante [1]. Quizás uno de ellos es el pionero conocido hoy como Vermut, cuya demanda mundial es sorprendente. Además, hacen algunas bebidas con una alta graduación de jugo de frutas y azúcar siendo similares a las de hoy en día que conocemos el nombre de jarabe [1].

Los recuerdos históricos nos dicen que la Reina de Saba ya tenía el secreto para preparar un jarabe muy similar a la Granadina, porque en estas civilizaciones no hay indicios de que el arte de hacer espíritus estuviera obsesionado [1]. Es probable que fueran los químicos árabes de alto rango (alquimistas), en el siglo X el término "alambique" o "alambique" se compone de dos palabras árabes [1].

2.1.4.2. Clasificación

Las bebidas alcohólicas que están integradas por el proceso de destilación durante su transformación podemos dividirlos en tres grupos principales:

Aguardiente: las que se generan por la destilación del vino, del orujo, de los cereales, de la caña u otros componentes orgánicos similares, entre ellas resaltan el whisky, coñac, gin, ginebra, rum, cañas y bebidas anisadas [1]. Otra definición establece que es el producto formado por medio de una fermentación alcohólica y posteriormente por destilación de jugos y otros sustratos originados de la caña de azúcar de tal manera que conserve sus propiedades organolépticas [15].

Licores: Son las bebidas destiladas, detalladas universalmente como aguardientes y licores; sin embargo, la destilación conforma a la mayoría de licores que superen los 20° de graduación alcohólica [16]. Los materiales de los que se inicia para la elaboración de un licor destilado, son fuentes de alimentos dulces naturales como la caña de azúcar, la miel, leche, frutas maduras, entre otros, y aquellos que pueden ser transformados en melazas y azúcares [16]. Estas bebidas

son mayoritariamente azucaradas, de las cuales se les añaden diversos componentes aromáticos que son conjuntamente destilados en el alambique. Muchos de ellos son producidos desde hace mucho tiempo atrás y su metodología de elaboración es celosamente guardada, entre ellos distinguiéndose el Chartreuse, el Benedictine, El Gran Marnier, Curacao, Cacao, Kümel, entre otros [1].

Es la bebida alcohólica derivada del mezclado o rectificación de alcohol etílico, extra neutro o aguardiente rectificado de caña, con la adición de aditivos autorizados de uso alimentario; generados a partir de la destilación, infusión, percolación o maceración; pudiendo edulcorarse con azúcares o miel, coloreados con sustancias de uso permitido [17].

- **Licor seco.** Producto que contiene menos de 10 g/L de azúcares.
- **Licor semiseco.** Producto cuyo contenido de azúcares está comprendido entre 10 y 50 g/L.
- **Licor dulce.** Producto cuyo contenido de azúcares está comprendido entre 50 y 250 g/L.
- **Licor crema o crema.** Producto de consistencia viscosa que contiene más de 250 g/L de azúcares.
- **Licor escarchado.** Producto sobresaturado de azúcar [17].

Aperitivos: se obtienen indistintamente por destilación o al agregar alcohol a mezclas de diversas sustancias aromáticas y hierbas astringentes. Esta bebida se toma generalmente como estimulante del apetito, entre ellas el vermouth, los quinados, bitters, amaros [1].

2.1.5. Fundamentos de Espectrofotometría UV

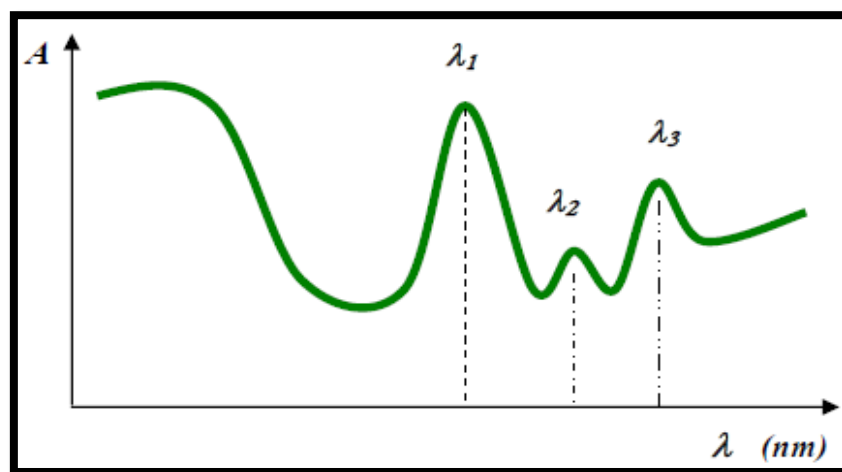
La espectrofotometría es el método de análisis más utilizado y se basa en la correlación entre la absorción de luz a través de un componente y su concentración [18]. Cuando la luz monocromática (de una sola longitud de onda) actúa sobre un medio homogéneo, una parte de la luz incidente es absorbida y otra parte transmitida, que podría calentarse a la intensidad del haz de luz utilizado por los peones [18].

Po es la intensidad de la luz incidente y P La intensidad del haz de luz transmitido. Dependiendo del compuesto y del tipo de absorción a medir, la sonda puede estar en una fase específica, sólida o gaseosa [18]. En las regiones visibles y ultravioleta del espectro electromagnético, la muestra experimental generalmente se disuelve para formar una solución, cada sustancia tiene su propio espectro de absorción, cada sustancia absorbe una cantidad diferente de radiación que otro compuesto [18].

Selección de longitud de onda de trabajo

La longitud de onda operativa correspondiente suele estar en la longitud de onda, en la extinción de la sustancia a analizar, y se le da la designación lambda máxima (λ_{max}). Para seleccionar λ_{max} . Si se crea un espectro de absorción o una curva espectral, se crea el espectro de absorción o el espectro de absorción o una curva espectral [19].

Ilustración 1. Curva Espectral



Fuente: Santos Serkovic, Jaimes (2006) Introducción a la Espectro Fotometría en el análisis de Alimentos Recopilación del curso.

Color

El color es una propiedad importante de una sustancia. El color de la materia está relacionado con su absortividad o reflexividad. El ojo humano ve el color complementario al que se absorbe [18].

Tabla 1. Diferentes regiones del espectro Ultravioleta y visible y sus rangos o zonas

Rango de longitudes de Onda (nm)	Color absorbido
100-190	Ultravioleta del vacío Ninguno
190-380	Ultravioleta Cercano Ninguno
380-435	Violeta Amarillo-Verde
435-480	Azul Amarillo
480-500	Verde-Azul Naranja-Rojo
500-560	Verde Púrpura
560-580	Amarillo-Verde Violeta
580-595	Amarillo Azul
595-650	Naranja Verde-Azul
650-780	Rojo Azul-Verde

Fuente: Owen, Tony. (2000) Fundamentos de la espectroscopía UV-visible moderna.

Espectrofotómetros

El espectrofotómetro mide la respuesta para toda la gama espectral visible, midiendo de forma más amplia, es considerado más preciso que el colorímetro, siendo capaz de captar más información de la muestra estudiada [20]. Un espectrofotómetro tiene como objetivo comparar, para cada longitud de onda, la energía incidente con la reflejada sobre la muestra [20]. Estos instrumentos de medición pueden variar en algunas características, sin embargo todos deben contener los siguientes elementos:

- ⇒ Fuente de energía radiante: procedente de una fuente de luz, en este caso una lámpara de deuterio y tungsteno.
- ⇒ Monocromador: selecciona las radiaciones de una determinada longitud de onda (filtros, prismas).

- ⇒ Compartimientos: espacios donde se alojan los recipientes transparentes (cubetas o tubos) donde contienen las muestras, los materiales de dichos recipientes son vidrio, cuarzo o plástico transparente.
- ⇒ Detector de luz y amplificador que convierta las señales luminosas en señales eléctricas.
- ⇒ Registrador o sistema de lectura de datos [20].

- **Modelo de color CIE XYZ**

Fue propuesto en 1931 por la CIE, se definió considerando que todos los colores visibles pueden definirse por valores positivos, matemáticamente el modelo puede ser descrito como el componente de luminancia (Y) acompañado de dos coordenadas. El sistema CIE XYZ actualmente es usado como referencia para definir los colores que percibe el ojo humano, incluyendo otros espacios de color. Las coordenadas en este espacio son generalmente llamados X y Y que se derivan de XYZ usando las ecuaciones [21].

2.1.6. La Caña de Azúcar

La Caña de Azúcar es un cultivo Agroindustrial de gran índole en el Ecuador por el volumen de producción y generación de empleo directo. Según datos estadísticos del MAGAP (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca); en nuestro país se siembran 72.000 hectáreas de las cuales el 20% está destinado a la fabricación de panela mientras que el 80% se destina a la producción de azúcar y alcohol etílico que se genera a partir del juego de caña y la melaza en proporciones adecuadas, compuestas en todo el territorio nacional [22].

La consideración de la caña de azúcar en Sudamérica es uno de sus fundamentales productos de manufactura, con relación a nuestro país (Ecuador) su representación tiene su rango específico aunque en un grado menor [22]. En base a los datos del Banco Central, nos establece, que: la elaboración de la caña de azúcar atribuye con el 1,4% al Producto Interno Bruto (PIB) nacional, generando más de 30.000 fuentes de empleo directo y 80.000 indirectos específicamente en la temporada seca de su cosecha (de julio a diciembre) [22].

- **Composición Química**

La Caña está constituida principalmente por jugo y fibra, la misma que es la parte insoluble en agua (H₂O) conformada por celulosa, la que al mismo tiempo se conforma de azúcares simples como la Glucosa (Dextrosa). Los sólidos solubles (°Brix) en agua indicada como porcentaje y conformada por la sacarosa [23]. Los azúcares reductores y otros componentes, generalmente se les conoce como °Brix. La relación que existe entre los azúcares reductores y el contenido de sacarosa presente en el jugo se denomina pureza del jugo compuesto [23].

El contenido “aparente” de sacarosa, expresado como un porcentaje en peso y determinado por polarimetría, se conoce como “Pol” [23]. Los sólidos solubles desemejantes de la sacarosa, que contempla los azúcares reductores como la glucosa y la fructuosa y otras sustancias orgánicas e inorgánicas, se denominan usualmente “No Pol” o “No Sacarosa”, los cuales corresponden porcentualmente a la discrepancia entre °brix y Pol [23].

Tabla 2. Composición química en porcentaje (%), de la caña y el jugo.

CONSTITUYENTE QUÍMICO	PORCENTAJE (%)
EN LOS TALLOS	
Agua (H ₂ O)	70-76
Solidos (minerales)	24-30
Solidos solubles (°Brix)	10-16
Fibra (seca)	14-17
EN EL JUGO	
Hidrato de carbono	
-Sacarosa	75-92
-Glucosa	2-4
-Fructosa	2-4
-Polisacáridos (almidones)	0.0001-0.05
Sales	
-Inorgánicos	3.0-3.4

-Orgánicos	1.5-4.5
Ácidos Orgánicos	1-3
Aminoácidos	1.5-5.5
Proteínas	0.5-0.6

Fuente: J. E. Larrahondo. (2010) composición de la caña de azúcar.

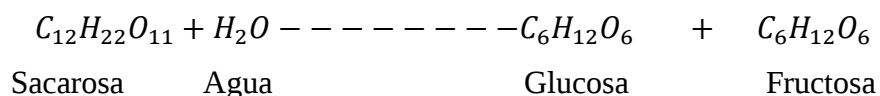
Siendo la caña la principal materia prima está constituida de fibra y jugo, donde la fibra se designa a un grupo muy amplio de polisacáridos, de los estimados estructurales que no son aprovechadas metabólicamente por el humano, son la fracción de sustancias insolubles en agua que tiene provecho no sólo por su cantidad sino también por su naturaleza, y el jugo como una solución diluida e impura del Azúcar (Sacarosa). La calidad y contenido del jugo va a ser dependiente de un mayor grado de la materia prima directa originaria [23].

Los niveles altos de porcentaje de fibra dificultan la extracción del jugo almacenado en las células del tejido parenquimatoso del tallo, lo que significa obligar a efectuar un excelente acondicionamiento de la materia prima para su molienda, intentando en lo mayor posible obtener una desintegración y ruptura de las células que componen el jugo. Un bajo contenido % de fibra resulta por su parte negativa, debido a que la cantidad de bagazo se disminuye, afectando el balance energético [23].

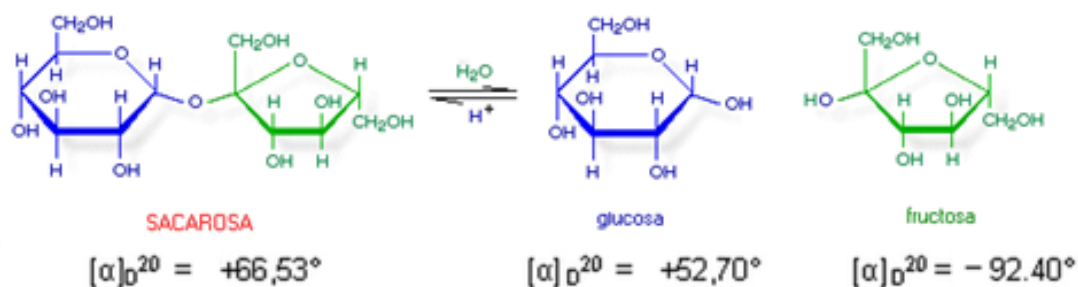
Los sólidos solubles están representados por sustancias orgánicas e inorgánicas y por los azúcares que lo componen. La sacarosa, la glucosa y la fructosa con constituyente de los azúcares, otorgando a la primera el mayor porcentaje, el cual puede alcanzar valores aproximados al 18%. Los otros azúcares del jugo aparecen en proporciones variables, son consecuencia del estado de maduración de la materia prima [23].

La sacarosa se hidroliza fácilmente en sustratos ácidos, en conforme a la siguiente reacción:

Con las fórmulas generales de los azúcares:



Con las fórmulas estructurales de los azúcares:



En conforma a esta reacción hidrolítica es denominada con el nombre de Inversión y los Monosacáridos: Glucosa y Fructosa producidas tienen el nombre de azúcares reductores. Altas concentraciones de dichos azúcares en los tallos manifiestan un estado de inmadurez o madurez fisiológica, con la presencia de algunas sustancias indeseables de polisacáridos (almidones). En el caso de Cañas maduras, los azúcares reductores favorecen relativamente poco en la mayor recuperación de sacarosa en forma de cristales [23].

En la caña de azúcar el compuesto normal es la glucosa, que en cualquier fase de desarrollo de la planta, y se halla en menor o mayor cantidad en el jugo [24]. La fructosa se encuentra presente en las cañas de madurez fisiológica, donde es su mayor concentración, y va disminuyendo conforme siga madurándose la planta [24]. Las sustancias Inorgánicas que representan las cenizas, tienen como elementos principales: magnesio, azufre, hierro, zinc sílice, potasio, fósforo, calcio, sodio, aluminio, cobre, entre otros. Sin embargo, posteriormente de la cosecha, una gran proporción de estos azúcares son un sustrato para la acción de varios microorganismos, transformándose en otros productos tales como ácidos volátiles de bajo peso molecular, no deseables para el proceso de fermentación o acción de las levaduras, debido a la producción de etanol con la aplicación de cañas jóvenes (cañas inmaduras) o en estado de senescencia [24].

En este caso, el potasio (K) es el mineral que se genera en mayor cantidad entre el contenido mineral del jugo, debido a su elevada solubilidad en agua [23]. En la producción de alcohol lo que más importa es la concentración de azúcares totales y directamente fermentables (sacarosa, glucosa y fructuosa) [24].

- **Jugo de Caña**

El jugo de caña es un líquido viscoso, de coloración opaca que cambia del marrón al verde oscuro. Su composición varía en función de la variedad, la edad, condiciones atmosféricas, fitosanidad, el suelo, el manejo agronómico, entre otros [25]. La caña de azúcar posee una serie de componentes que otorgan color al jugo, tales como la clorofila y los compuestos fenólicos, cuya presencia puede establecer, por distintas vías, el desarrollo de otros compuestos de color [25]. Uno de los cambios más significativos en el jugo de la caña de azúcar después de la extracción es el oscurecimiento inmediato, que se relaciona con la producción de melanoidinas, de la reacción de Maillard mediante los azúcares reductores, las proteínas y aminoácidos presentes en la caña de azúcar [25].

La sacarosa es el compuesto esencial del jugo y en correlación con ello se ha dado a conocer valores de energía digerible tan altos como 15.35 kJ/g de masa seca, explicando por lo tanto, su alta digestibilidad [26]. El jugo de caña contiene entre 15 y 20% de sólidos totales, de los cuales alrededor del 80% son azúcares solubles, principalmente sacarosa, es libre de contenido fibroso y bajo en proteína por lo que es una fuente básicamente energética. El jugo de caña de azúcar es considerado 3.8 veces más energético que un cereal [26].

2.1.7. Hojas de Mandarina (*Citrus reticulata*)

El género *Citrus* L. (***Rutaceae*, *Aurantioideae***) comprende varias especies de árboles frutales de mayor influencia económica mundial. Es autóctono de las zonas tropicales del sur y sudeste de Asia hasta las zonas templadas de China, Australia e islas del Pacífico sudoccidental. Posee una extensa historia de domesticación, y variedades ampliamente difundidas en cultivo, cuantiosas veces, se han introducido en las zonas cálidas y templado cálidas del mundo [27].

Los árboles de mandarina son pequeños de 2-4m de altura, hojas unifoliadas, pecíolos con pequeñas alas y unidos con la vaina de la hoja; las flores son de tonalidad blanca, simples y situadas en las axilas de las hojas, ovario compuesto de 10 a 14 partes; su fruto es un tipo específico de baya (hesperidio), la raíz pivotante con muchas raíces secundarias, las semillas pueden ser monoembrionicas y poliembrionicas [28]. Aunque la mandarina es un grupo

suficientemente amplio, la superficie determinada a nivel mundial es menor que la de la naranja. Expertos en el tema han pretendido clasificar la mandarina en distintas especies o categorías:

- *C. unshiu* (Marcovitch) Mandarinino Satsuma
- *C. deliciosa* (Tenora) Mandarinino Común
- *C. nobilis* (Loureiro) Mandarinino King
- *C. reticulata* (Blanco) Mandarinino común y otros mandarinos [29].

Tabla 3. Descripción botánica

Tipo:	Fruta.
Nombre común:	Mandarina.
Nombre científico:	Citrus Reticulatis Blanco
Género:	Citrus
Familia:	Rutaceae.
Subfamilia:	Aurantioidea.
Origen:	Asia.

Fuente: Padrón Chávez. (2007) Variedades comerciales de cítricos para Nuevo León y Tamaulipas.

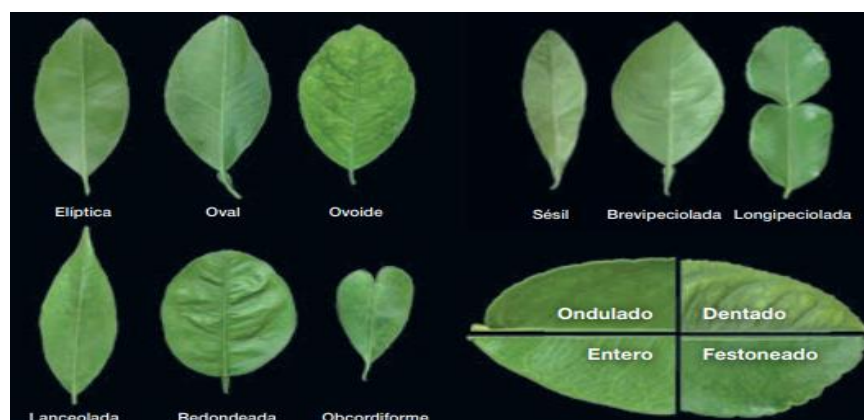
Los cítricos son plantas continuamente verdes, por lo no cambian todas sus hojas al mismo tiempo, las desecha aleatoriamente, es por esta razón que siempre esta frondosamente verde [30]. Las hojas son esbeltas de tipo lanceolada; es decir se es semejante a la punta de una lanza de color verde presentando unos aromas cítricos y formados por una vena central de gran volumen [30]. En el árbol perduran su follaje durante todo un año antes de ser removidas, las mismas son parte fundamental del árbol, siendo este el órgano donde se realiza el proceso de fotosíntesis al recibir rayos UV (luz Solar), conjuntamente con el proceso de respiración vegetal [30].

Las hojas jóvenes muestran un verde más claro que las adultas, a excepción de los limones y cidros, que son violáceas y únicamente se oscurecen al cesar el desarrollo de la brotación. La forma varía de oval a oblonga existiendo gran variación en cuanto al tamaño de unas y otras especies de mandarino, la vena central es sobresaliente y va convirtiéndose en más difusa según se aproxima al ápice. En el haz existen glándulas de aceite junto a la superficie [31].

Según la especie varía el canto de la hoja; puede ser entero aserrado dentado ondulado o festoneado [31], el uso de las hojas en infusiones tratan infecciones gastrointestinales (cólico, dispepsia, hipo, náusea, gastralgia, indigestión), nerviosas (cefalea, desvanecimientos, epilepsia, excitación nerviosa, insomnio, palpitaciones), respiratorias (asma, bronquitis, gripe, resfrío, tos, tosferina), cardíacas y urinarias, hipertensión y fiebre. Su aceite esencial tiene actividad fungicida contra *Colletotrichum acutatum* causante de la caída precoz del fruto [32].

Toda la planta posee aceite esencial y flavonoides (principios astringentes), en el caso de las hojas maduras o adultas pueden contener alcaloides, taninos y monoterpenos [32]. Del mandarino la industria extrae dos aceites esenciales distintos, principalmente el petitgrain de las hojas, distinguido por el alto contenido de N-metilantranilato de metilo, y el aceite esencial de la corteza (cascara) con hidrocarburos terpénicos en altas concentraciones y su grupo odorante conformado por la agrupación de aldehídos, alcoholes y ésteres, conteniendo una pequeña cantidad de N-metilantranilato de metilo [33].

Ilustración 2. Formas, márgenes y desarrollo del peciolo en hojas de cítricos.



Fuente: Arcillo & Medina. (2015) Los cítricos.

2.1.8. Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*)

Es una hierba de la familia Poaceae (gramínea), originaria del sureste de Asia, pero en la actualidad crece alrededor del mundo, primordialmente en las regiones tropicales, subtropicales y sabanas; conocida comúnmente en relación a los países como te limón-citronela-lemongrass hierba luisa-caña santa entre otros, es una planta perenne que se desarrolla formando densos grupos de hojas hasta 3 m de altura, con rizomas cortos [34]. Sus hojas son erguidas, glabras planas de 5 a 15 mm de ancho y más de 1 m de largo, con un borde superior cerrado en la base, bordes rugosos y lígulas membranosas o áridas de 4 a 5 mm de largo, inflorescencias erectas, habitualmente en pares de racimos. [34]

Durante muchos años ha sido de gran fuente medicinal en diferentes países a través del mundo [35]. La planta puede conseguir hasta 2m de altura, crece en macollo compacto y constituido por un gran número de tallos cortos que sobresalen de rizomas pequeños. Las hojas tienen entre 0.3 y 1 m de largo y 10 a 150 mm de ancho, con cantos duros y el nervio central fuerte. La industria usa las hojas y los tallos tiernos [35]. Crece adecuadamente en una gama de suelos, pero genera mayor productividad cuando se dan en suelos fértiles de textura medianamente ligera (franco a franco arenoso) y con correcta capacidad retentiva de agua [35]. En tierras arenosas se tiene mayor producción de follaje pero menor aceite esencial, sin embargo tolera las condiciones de mal drenaje desarrollándose bien en zonas con temperatura media entre 22 y 28°C [35].

Tabla 4. Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Especie:	Citratus
Clase:	Liliopsida
Familia:	Poaceae
Género:	Cymbopogon Spreng

Fuente: Shah, Shri, Panchal, Sharma, & Singh. (2011) Base científica para el uso terapéutico de *Cymbopogon citratus*, stapf hierba de limón.

En medicina tradicional, *Cymbopogon citratus* es usada en forma de infusión como anticatarral, antiespasmódico, hipotensor, antipirético y tranquilizante [36]. Los estudios farmacológicos realizados en diferentes unidades experimentales han señalado varias propiedades de esta hierba, así mismo los extractos preparados de esta planta han mostrado reacciones anti fúngica contra *Epidermophyton floccosum*, *Trichophyton rubrum* y *Candida albicans*, inhibiendo microorganismos como: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella typhi* [36].

Tiene funciones antioxidantes, hipocolesterolémica, sedante, antiinflamatoria, hipoglicemiante, así como inhibición de la fase prematura de hepatocarcinogénesis en ratas. Además, tres C-glicosilflavonoides de las hojas de *Cymbopogon citratus* manifestaron efecto inhibitorio específico de la oxidación de LDL, logrando ser beneficiosos para prevenir o atenuar la aterosclerosis [36]. Por otra parte, el aceite esencial de hierba luisa han demostrado múltiples actividades biológicas como antifúngica, bactericida contra *Helicobacter pylori*, antibacteriana contra *Listeria innocua*, ansiolítico, sedativo y anticonvulsivante, y anticonvulsivante [36].

- **Componentes Activos**

Químicamente la composición del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) varía según su origen, y fuente de suelo que este cultivada afectando los compuestos como hidrocarburos terpenos, alcoholes, cetonas, ésteres y aldehídos se han registrado como componentes de la planta [37].

El principal aceite esencial, el citral un aceite volátil con fuerte fragancia de limón, es una combinación de dos estereoisomérica monoterpeno aldehídos de acción antibacteriana (75-85%), antihistamínico, fungicida, expectorante, anticancerígeno [37].

2.1.9. Fundamentos de análisis sensorial

El Instituto de Alimentos de los Estados Unidos (IFT) define la evaluación sensorial como "la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a esas características de los alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista,

el olfato, el gusto, el tacto y el oído [38]. El análisis sensorial o evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales son a través de los sentidos [39].

- **Captación sensorial**

La percepción se define como "la interpretación de la sensación, es decir, la conciencia sensorial". La sensación se puede medir con métodos psicológicos y estímulos mediante métodos físicos o químicos [40].

- **Percepción de color**

La medición del color se puede analizar utilizando escalas de color. La escala debe cubrir todos los tonos e intensidades posibles para la evaluación, colocados en orden creciente de intensidad o valor, y asignar valores numéricos a cada punto de la escala [41].

- **Percepción de aroma**

Esta propiedad consiste en la percepción de las sustancias olorosas o aromáticas de un alimento después de haberlo puesto en la boca. Estas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe y los accesos, a través de la trompa de Eustaquio, a los centros sensoriales del olfato [41].

- **Percepción del sabor**

El sabor está influenciado por el color y la textura; Básicamente, el análisis del perfil de sabor consiste en la descripción detallada y la medición de todos y cada uno de los componentes o notas del sabor de un producto alimenticio [41].

- **Pruebas de aceptación**

Estas pruebas son aquellas en las que se expresa la reacción subjetiva al producto, indicando si le gusta o no, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Primero, es necesario determinar si uno simplemente quiere evaluar la preferencia o el grado de satisfacción, o si también quiere saber cuál es la aceptación del producto entre los consumidores, pero también otros destinados a saber si a la persona le gustaría o no adquirir el producto [42].

- **Pruebas descriptivas**

Estas pruebas permiten conocer las características del producto alimenticio y los requisitos del consumidor [43]. A través de las pruebas descriptivas, se realizan los cambios necesarios en las formulaciones hasta que el producto contiene los atributos para que el producto tenga una mayor aceptación del consumidor [43]. Las pruebas analíticas descriptivas se clasifican en: escalas de clasificación de atributos y pruebas de análisis descriptivas [43].

- **Pruebas Afectivas**

Las pruebas afectivas son aquellas en las que el juez expresa su reacción subjetiva al producto, indicando si le gusta o no, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Es necesario, en primer lugar, determinar si se desea simplemente evaluar la preferencia o el grado de satisfacción, o si también se quiere saber cuál es la aceptación del producto entre los consumidores [41].

- **Pruebas discriminativas**

Son aquellos en los que no es necesario conocer la sensación subjetiva que un alimento produce a una persona, pero se desea establecer si hay una diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia [41].

2.1.10. Destilación

La destilación es un proceso natural que implica variar la temperatura para separar uno o más componentes que están juntos de un líquido [44]. La destilación se usa ampliamente en las industrias que refinan el petróleo, desalinizan el agua, producen licor, cerveza o vino, y producen muchos productos químicos que se usan en los hogares y fábricas [44]. La destilación es una operación química que consisten en separar, por medio del calor, los distintos componentes de un líquido [45]. El fenómeno que permite esta operación, es el de los distintos puntos de ebullición que tienen las distintas sustancias, las que se van evaporando ordenadamente a medida que aumenta la temperatura [45].

La Ley define los destilados como productos de la destilación de sustancias azucaradas fermentadas [45]. Las sustancias que contienen azúcares, fermentan por la acción de las levaduras. La fermentación transforma los azúcares en alcohol. Por tanto, las sustancias “azucaradas fermentadas” a que alude la Ley son simplemente sustancias alcohólicas. Como ocurre con el vino, la sidra o la cerveza [45].

2.1.11. Destilación alcohólica

Terminada la fermentación el mosto muerto (muerte celular) se destila en los alambiques de acero inoxidable o cobre. El producto de la destilación es el vapor que ha sido condensado el cual es rico en alcoholes. En la destilación para licores generalmente se realiza una primera destilación en la que se obtiene un producto de graduación alcohólica del 20% V/V, es decir que la destilación continua hasta que el producto haya llegado normalmente a 20 grados alcohólicos. A este producto se lo denomina ordinario [46].

El producto destilado está compuesto por una serie de compuestos alcohólicos e impurezas volátiles, los cuales son destilados en una segunda destilación con fraccionamiento térmico. Las temperaturas de fraccionamiento corresponden a las temperaturas de ebullición de las sustancias que comprenden el ordinario, siendo el más abundante el etanol. [46]

2.1.12. Tipos de destilación

Clasificación en relación al grado de vaporización. Basándose en el método de formación del vapor, las operaciones de destilación se clasifican en continuas, simples y discontinuas simples esencialmente, y respectivamente se dividen a continuación [46].

- **Destilación continua simple**

La destilación simple es una operación unitaria en la cual se produce la vaporización de un material mediante la aplicación de energía calórica; el método es utilizado en la industria de capacidad moderada y pequeña, con el fin de separar parcialmente los componentes más volátiles de mezclas de líquidos miscibles o mostos fermentados [46]. Regularmente, la mezcla líquida es cargada en lotes a un recipiente de capacidades diversas y sometida a ebullición mediante el intercambio de calor por convección [46].

Los gases que se desprenden se descartan continuamente, ocurre el cambio de estado a condensación y conjuntamente se recolectan sin ceder lugar a ninguna condensación parcial ni retorno al recipiente en donde se produce el calentamiento y ebullición de dicha mezcla [46].

La primera fracción del destilado será la más rica en componentes volátiles y conforme siga la destilación, el producto evaporado se va empobreciendo continuamente, siendo así los vapores pueden recolectarse en varios lotes (fracciones), Consiguiendo así una serie de productos destilados de diferente grado de pureza, la composición del líquido en el equipo de destilación permanece constante y lo mismo ocurre con la composición de los gases desprendidos [46].

- **Destilación Fraccionada**

Procedimiento para separar mezclas de diferentes líquidos en relación con sus distintos puntos de ebullición [47], siendo variante de la destilación simple que aplica principalmente para separar líquidos con punto de ebullición adyacentes [48]. La principal distinción que tiene es el uso de una columna de división o más mencionado de fraccionamiento, la misma que permite un mayor contacto entre los vapores que ascienden (sube) con el líquido condensado que

desciende (baja), esto es debido a la utilización de diferentes "platos", con perforaciones de diferentes diámetros [48].

Se facilita el intercambio de calor entre los vapores (que ceden) y los líquidos (que reciben) [48]. Ese intercambio provoca un intercambio de masa, donde los líquidos de menor punto de ebullición se transformen en vapor, y los vapores con mayor punto de ebullición cambien al estado líquido [48].

- **Destilación al vacío**

Se realiza a presiones bajas, en estas condiciones los puntos de ebullición disminuyen algunos productos de punto de ebullición mayor que se degradan si se destilan a presión normal pueden en cambio ser destilados al vacío a baja temperatura sin sufrir descomposición o degradación de sus componentes [47].

- **Destilación azeotrópica**

En química, la destilación azeotrópica es una de las técnicas utilizada para fragmentar un azeótropo en la destilación, siendo una de las destilaciones más habituales con un azeótropo es la mezcla etanol-agua. Usando métodos normales de destilación, el etanol solo puede purificarse aproximadamente un 95% [48].

- **Destilación por arrastre de vapor**

Se lleva a cabo la vaporización específica del componente volátil de una mezcla formada por éste y otros "no volátiles", logrando mediante la inyección de vapor de agua directamente en el interior de la mezcla a destilar, llamándose este "vapor de arrastre", pero su objetivo no es la de "arrastrar" el componente volátil, sino condensarse en el matraz creando otra fase inmiscible que concederá su calor latente a la mezcla con el fin de lograr su evaporación [48].

Siendo el caso, se tendrán la presencia de dos fases insolubles prolongadamente en la destilación (orgánica y acuosa), en consecuencia, cada líquido se comportará de manera como si el otro no estuviera presente, ejerciendo da uno de ellos su propia presión de vapor y corresponderá a la de un líquido puro a una temperatura de referencia [48]. El requisito fundamental para que este tipo de destilación que al ser aplicado al componente volátil como la impureza debe ser insolubles en agua, debido a esto el producto destilado volátil establecerá dos capas en la condensación, permitiendo la separación del agua con el producto que se requiere fácilmente [48].

- **Destilación mejorada**

Cuando constan dos o más compuestos en una mezcla que poseen puntos de ebullición relativamente cercanos, es decir, volatilidad relativa menor a 1 y que genera una mezcla no ideal es necesario tomar en consideración otras alternativas que a diferencias de la destilación convencional estas son más económicas como:

- Destilación extractiva
- Destilación reactiva [48].

- **Destilación molecular centrífuga.**

Si una columna larga que contiene en su interior una mezcla de gases que fueron cerrados herméticamente colocados en posición vertical, se produce una separación parcial de los vapores como resultado de la gravedad [48]. En una centrifugadora de alta velocidad, las fuerzas de separación de los componentes más ligeros en función a lo más pesados son miles de veces mayores que las de la gravedad, logrando la separación más eficaz., se aplica más en metales [48].

2.1.13. Etanol

Los alcoholes son una serie de compuestos que comprenden un grupo hidroxilo, -OH, unido a una cadena carbonada; este grupo OH está unido en forma covalente. Se clasifican en monohidroxílicos, dihidroxílicos y trihidroxílicos, siendo el metanol y el etanol alcoholes monohidroxílicos [16]. El etanol o alcohol etílico, de fórmula C_2H_5OH , es un líquido cristalino e incoloro, con olor agradable característico y un sabor a quemado [49].

Regularmente el etanol tiene concentraciones por destilación de disoluciones diluidas. En el uso comercial contiene un 5% de agua, mientras que el restante 95% es de etanol en volumen, ciertos agentes deshidratantes separan el agua residual y producen etanol en su totalidad. El etanol tiene las siguientes características físicas químicas:

- Punto de fusión de $-114,1\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Punto de ebullición de $78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Densidad relativa de $0,789\text{ g/cc}$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [49].

2.1.14. Fermentación alcohólica

Producción de etanol se lleva a cabo por la acción de enzimas provistas por la levadura y favorecida por acción de los fosfatos adicionados por medio de una series de reacciones. Los trabajos de Gay Lussac condujeron a determinar la siguiente ecuación de la fermentación alcohólica:

Las levaduras transforman el azúcar invertido en alcohol etílico y dióxido de carbono. Por lo habitual, se utilizan las siguientes ecuaciones para calcular la recuperación teórica (RT) y la eficiencia de la fermentación (EF) [50].

$$RT = \text{Total de azúcar fermentable} * 0,64 \frac{\text{mL de alcohol}}{\text{g de azúcar fermentable}}$$

De acuerdo con la ecuación de Gay-Lussac, 1 g de glucosa produce 0.64 mL de etanol.

$$\%EF = \frac{\text{recuperación real}}{\text{Recuperación teorica}} \times 100$$

Durante la fermentación alcohólica, aparte de la formación de alcohol etílico, se forman microcomponentes, y los de mayor trascendencia son: alcoholes superiores, esterres, ácidos orgánicos y aldehídos, ya que son los que en mayor proporción aparecen en los destilados [50].

2.1.15. Fundamentos de la cromatografía de gases

La cromatografía es un método físico de separación en el cual los componentes a ser separados son distribuidos entre dos fases, una de las cuales es estacionaria mientras la otra se mueve en una dirección definida. Los componentes son separados por sus diferentes tasas de migración (IUPAC) [51]. La cromatografía puede ser clasificada por su utilidad y en base al material que se utilice como eluyente para separar los solutos. De acuerdo a su utilidad la cromatografía se clasifica en: analítica, utilizada para determinar los químicos presentes en una mezcla y en que concentración; y preparativa, utilizada para purificar grandes cantidades de químicos [51].

En la química analítica, los científicos utilizan la cromatografía de gases (GC) para separar y analizar compuestos que pueden evaporar sin descomponerse [52]. A menudo, emplean la GC para analizar la pureza de una determinada sustancia o para separar los componentes de una mezcla y determinar la cantidad relativa presente de cada uno de ellos [52]. Los científicos usan la GC para realizar análisis cuantitativos y cualitativos de analitos volátiles [52].

El instrumento utilizado, al que se denomina cromatógrafo de gases, utiliza una fase móvil y una fase estacionaria. Es decir, un gas móvil transporta la muestra a lo largo de un soporte estacionario (una pieza de vidrio o metal a la que se conoce como columna) ubicado en el interior del instrumento [52].

- **Mecanismos de la cromatografía**

El movimiento de las sustancias durante la cromatografía es el resultado de dos fuerzas oponibles, la fuerza de manejo de la fase móvil y la fuerza resistente o acción de retardo del solvente. La fuerza de manejo mueve las sustancias del origen de la columna en dirección del flujo de la fase móvil. La acción de retardo impide el movimiento de las sustancias arrastrándolas del flujo y adhiriéndolas al adsorbente [52]. Las moléculas se encuentran alternando entre estar pegadas al adsorbente o despegadas en el flujo, esto da como consecuencia que pese a que el flujo es constante, solo una fracción de las moléculas se está moviendo [52]. Las sustancias que se mueven más lentamente es porque están siendo unidas más fuertemente a la fase estacionaria, mientras que aquellas que se mueven más rápidamente es porque son menos solubles o de poca afinidad [52].

La habilidad de tener una migración diferencial entre los componentes de la mezcla es el resultado de la selectividad del sistema cromatográfico. El flujo de la fase móvil no es selectivo en el sentido de que no afecta el movimiento de los solutos [52]. Como parte del sistema cromatográfico, sin embargo, la fase móvil debe ser un poco selectiva para ayudar a la absorción de los solutos con la fase estacionaria [52]. La fase estacionaria también juega un papel importante dentro del cromatograma debido a su acción resistiva como una fuerza selectiva de la velocidad de flujo de los solutos [52].

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Destilación alcohólica

Terminada la fermentación el mosto muerto (muerte celular) se destila en los alambiques de acero inoxidable o cobre. El producto de la destilación es el vapor que ha sido condensado el cual es rico en alcoholes. El producto destilado está compuesto por una serie de compuestos alcohólicos e impurezas volátiles, los cuales son destilados en una segunda destilación con fraccionamiento térmico. Las temperaturas de fraccionamiento corresponden a las temperaturas

de ebullición de las sustancias que comprenden el ordinario, siendo el más abundante el etanol [46].

2.2.2. Destilación continua simple

Es una operación en la cual se produce la vaporización de un material por la aplicación de calor; el método es empleado en la industria de capacidad moderada y pequeña, para llevar a cabo separaciones parciales de los componentes más volátiles de mezclas de líquidos miscibles [46].

2.2.3. Bebidas alcohólicas

El alcohol obtenido por fermentación se destina en gran parte a la preparación de bebidas alcohólicas. Las bebidas alcohólicas para consumo humano se obtienen por destilación del etanol producido por fermentación de las sustancias azucaradas de las materias primas. El contenido alcohólico varía mucho, entre 20 y 50 volúmenes por ciento principalmente (en ocasiones más). El aroma no está determinado por el alcohol sino por los productos secundarios de la fermentación; el sabor se debe a productos de extracción y destilación de plantas y frutas, y también contribuyen al sabor los zumos de frutas, aceites esenciales y esencias naturales [14].

2.2.4. Aguardiente

Las que se obtienen por la destilación del vino, del orujo, de los cereales, de la caña u otras sustancias similares. Se destacan entre ellas el whisky, coñac, gin, ginebra, rum, cañas y anisados [1]. Es el producto formado por medio de una fermentación alcohólica y posteriormente por destilación de jugos y otros sustratos originados de la caña de azúcar de tal manera que conserve sus propiedades organolépticas [15].

2.2.5. Aperitivos

Se obtienen indistintamente por destilación o adición de alcohol a mezclas de diversas sustancias aromáticas y hierbas amargas. Esta bebida se toma generalmente como estimulante del apetito, entre ellas el vermouth, los quinados, bitters, amaros [1].

2.2.6. Bebidas espirituosas

Son las bebidas alcohólicas obtenidas por destilación de productos de origen agrícola, con al menos un 15% de volumen alcohólico. Por origen agrícola entendemos el que ha sido obtenido por la destilación, previa fermentación, de uno o varios productos agrícolas como uva, cereales, remolacha, patata, caña de azúcar [9].

2.2.7. Extracción

La extracción del jugo se lleva a cabo en los molinos y consiste en la compresión de la fibra de caña entre cilindros de gran tamaño llamados mazas, dicho jugo se escurre por la llanura de los molinos y cae en una batea ubicada debajo de los molinos, a lo largo del trapiche [53].

2.2.8. El espectro electromagnético

La radiación ultravioleta (UV) y visible comprende sólo una pequeña parte del espectro electromagnético, que incluye otras formas de radiación como radio, infrarrojo (IR), cósmica y rayos X [18].

2.2.9. Longitud de onda y frecuencia

La radiación electromagnética puede considerarse una combinación de campos eléctricos y magnéticos alternos que viajan por el espacio con un movimiento de onda [18].

2.3. Marco referencial

- **CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE METANOL EN TRES BEBIDAS ALCOHÓLICAS TRADICIONALES PRODUCIDAS, EN DIFERENTES LOCALIDADES EN EL CANTÓN ECHEANDIA PROVINCIA BOLÍVAR**

Yajaira Belén Buena García y Luis Orlando Collay Yanchaliquin afirman que la producción de bebidas alcohólicas artesanales en Guaranda, Chimbo, San Miguel, Caluma, Echeandia que conforman la provincia de Bolívar se hacen a mano, y en su mayor parte se han elaborado clandestinamente bajo cualquier regulación, que ha creado una serie de complicaciones técnicas y legales que se convierten en un ataque para la salud y la vida de las personas que lo consumen sin garantías ni estándares de calidad. Los licores son bebidas alcohólicas obtenidas de la destilación de mostos de guarapo fermentados de la caña de azúcar. En su proceso de fermentación, se generan alcoholes de diferentes longitudes, siendo la mayor concentración de etanol y metanol. Los alcoholes superiores (isopropanol, propanol, isobutanol, isoamilo, amilo) proporcionan en menor cantidad las características distintivas de cada bebida alcohólica. En este estudio preliminar, se evaluaron los niveles de metanol en tres espíritus (Blue Bird, Pata de Vaca, Puro) en tres localidades del cantón Echeandia (Limón, La Cena, Santa Lucía), para evaluar si la producción de bebidas alcohólicas Handcrafted cumple con requisitos de salud y protección del consumidor. Las muestras fueron recolectadas de tres productores importantes identificados en las ubicaciones de: Limón, La Cena, Santa Lucía. La cuantificación de metanol, alcoholes superiores, Furfural, se realizó de acuerdo con la Cromatografía de gases del Estándar INEN 2014, en todas las bebidas alcohólicas artesanales (Blue Bird, Pata de Vaca, Puro) se encontraron trazas de metanol dentro del estándar permitido por el INEN 362 de metanol de $10 \text{ mg} / 100 \text{ cm}^3$ de alcohol absoluto; Alcoholes superiores en el Puro de la localidad el registro Limón $165,1 \text{ mg} / 100\text{cm}^3$ de alcohol absoluto que excede los límites establecidos por la Norma INEN 362 de $150 \text{ mg} / 100\text{cm}^3$ de alcohol absoluto para Brandy; demostrando que estos productos son seguros para el consumo humano sin exceso de metanol [54].

- **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA, ENVASADORA Y COMERCIALIZADORA DE LICORES DE SABORES EN LA CIUDAD DE GUARANDA, COMO UN MEDIO DE ATRACTIVO TURÍSTICO.**

Luz Estefanía Guadalupe García y Edison Ricardo Sanchez Estevez estudiaron un análisis efectuado de la mejor alternativa que sería creación de una empresa productora, envasadora de licores de sabores en Guaranda, como medio de atractivo turístico, para potencializar las tradiciones que identifican a esta hermosa ciudad como son los diferentes tipos de bebidas entre ellas las más tradicionales los licores de sabores con un valor agregado en cuanto al sabor, en vista de que se producirán en base a frutas típicas del sector tropical de la Provincia de Bolívar. En lo que respecta al estudio de mercado podemos destacar el análisis realizando a fin de conocer las preferencias de nuestro potencial mercado, tomando en cuenta la población de Guaranda, desagregando la muestra de quienes por ser mayores de 18 años pueden consumir nuestros licores, observando los gustos y preferencias, frecuencia de consumo y el valor que estarían dispuestos a pagar por los licores de sabores que se producirían. En el estudio técnico se analizó todos los factores que determinan la localización, capacidad real e instalada del proyecto, esto nos permitió tener una visión más amplia de cuantas unidades de licor produciríamos mensualmente y anualmente con la finalidad de justificar el valor que invertiríamos por este concepto. Una vez que se contó con todos los insumos que nos permita efectuar el estudio financiero, se determinaron los rubros de inversión como son los activos corrientes para establecer nuestro capital de trabajo, herramienta fundamental para la puesta en marcha del presente estudio, finalmente se realizaron las proyecciones de costos, gastos, estado de pérdidas y ganancias, flujo de caja para el respectivo análisis de índices financieros, adicional se realizó el análisis de la TMAR, VAN, TIR, costo - beneficio que nos ayudara a la toma de decisiones. Como capítulo final y no menos importante se establecieron medidas para minimizar los efectos que podrían considerarse negativos en cuanto al impacto social y ambiental que el estudio de factibilidad podría generar [55].

- **ANÁLISIS DEL ORIGEN Y VARIEDADES DEL AGUARDIENTE PÁJARO AZUL Y EL CONSUMO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.**

Jeanett Escobar Baquerizo, indica por medio de la presente investigación se busca realzar una de la bebidas típicas artesanales que se elabora de generación en generación, proveniente de una de las provincias más pequeña del país como es la provincia de Bolívar, en especial de los cantones de Guaranda y Caluma, en donde se consume con mayor frecuencia en la fiestas de Carnaval siendo ésta la fiesta mayor en donde las danzas tradicionales, gastronomía, bebidas, vestimentas, la música y las coplas, son sin duda un atractivo turístico y cultural. El deseo de que ésta bebida y sus tradiciones sean conservadas, es sin duda nuestra principal preocupación, es allí en donde se encuentra el sentido de conservar y analizar el origen y composición de este Aguardiente “Pájaro Azul”. Para poder establecer la identidad y variedades del Aguardiente Pájaro Azul se utilizó, la metodología de la investigación siendo el método cualitativo, que permitió mediante las técnicas de la entrevista y el cuestionario, dar una mirada más profunda al origen y las variedades del mismo permitiendo saber cuál es el estado de esta actividad agropecuaria. Mediante el método cuantitativo se utilizó la técnica de la encuesta en donde cuyos resultados dieron porcentajes positivos al consumo y conocimiento del Aguardiente Pájaro Azul en la Ciudad de Guayaquil, con estos métodos se pudo recopilar información fresca e importante [56].

- **PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL LICOR PÁJARO AZUL, PARA CONVERTIRLO EN PRODUCTO EXPORTABLE CON ESTÁNDARES DE CALIDAD**

Diana Sofía Abad Revelo, genero un proyecto de elaboración de un plan de mejora en el proceso de producción del licor Pájaro Azul, para convertirlo en un producto exportable con estándares de calidad. Se realizó un estudio de campo en la zona de Echeandía donde existe un gran potencial, esto se hizo con el propósito de mejorar los procesos de producción en la elaboración del licor Pájaro Azul. El proyecto tiene como finalidad impulsar la producción y exportación de este licor, ya fomentará el trabajo en la zona; impulsará las mejoras investigativas en el proceso productivo para producir un licor de calidad; dará realce e

importancia a la producción de esta bebida, ya que es un ícono cultural de la región y por ende de los ecuatorianos; que puede ser manejado como idea exportable internacionalmente y sería un orgullo el poder posicionar este producto en mercados internacionales y llevar una parte de las raíces culturales al exterior. Se han analizado todos los subprocesos de producción en los cuales se implementaron mejoras para aumentar la calidad en la producción del licor Pájaro Azul, convirtiéndolo en producto exportable; se aplicaron análisis de mudas de producción y 5S dentro del proceso. Gracias a la colaboración de todo el personal, se logró capacitarlos en las diferentes áreas de trabajo de manera ordenada y organizada, los mismos que fueron agrupados para que puedan cumplir con un trabajo a ritmo cronometrado; con una secuencia ordenada y lógica de subprocesos; obteniendo los siguientes beneficios: reducción del manejo de insumos y materias primas, optimización de recursos y tiempos en el proceso, especialización y diversificación de la mano de obra, inserción de cultura de trabajo con calidad. Se insertó el trabajo con calidad dentro de cada uno de los procesos, haciendo que los empleados trabajen con un plus en cada una de sus áreas. Con el análisis de mudas de producción, revisamos el Análisis de matriz productiva y se identificaron los cuellos de botella; se dieron directrices para eliminarlos o por lo menos reducirlos a mediano plazo, con la nueva estructuración de la planta que no estaba integrada y se perdía tiempo en el traslado de los insumos; sin ritmo de trabajo en secuencia; además se invirtió en insertar más tecnología con la compra de 2 nuevas maquinarias. Se apoyó además el trabajo con la presentación y aceptación del nuevo bosquejo de la planta de producción, con el propósito de integrar la planta de procesos. Gracias a la aplicación de la herramienta de las 5s, se hicieron cambios en cuanto a crear un ambiente de trabajo organizado, limpio y seguro, y que todos los procesos de producción estén basados en principios de calidad, ofreciendo un buen producto. Como resultado de todo el esfuerzo a todo nivel en la organización, se aplicó la Norma INEN 1837, y normas de calidad al licor producido, el mismo que cumplió con la calidad requerida para ser exportado, convirtiéndolo en un proyecto rentable [57].

- **LA IDENTIDAD DEL LICOR ARTESANAL PÁJARO AZUL Y SU INFLUENCIA EN LA DECISIÓN DE COMPRA ENTRE LAS PERSONAS DE 18 A 25 AÑOS DE EDAD DE LA CIUDAD DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR, AÑO 2015**

Rivera García Katherynn Mishel Nuestro país posee una gran cantidad de bebidas típicas ancestrales que han pasado de generación en generación en las diferentes provincias de la costa y sierra ecuatoriana, siendo consumida en fiestas populares, tradicionales y familiares. Pero el deseo de conservar el sentido tradicionalista que lleva implícito en su sabor y características, se ha visto opacado por la falta de estrategias de venta, la ausencia de calidad y normas técnicas requeridas que garanticen la calidad del producto. Intentado dar una solución al problema se realizó la presente investigación planteándose como objetivo el determinar los rasgos de identidad del licor pájaro azul a través del análisis de su influencia en la decisión de compra de los jóvenes, para establecer una marca propia del licor que lo ayude a destacarse de otros productos y mejore su comercialización. Se utilizaron métodos de investigación cualitativos y cuantitativos que ayudaron a determinar los rasgos para la creación de una identidad, cuyos resultados se lograron establecer como conclusiones para el desarrollo una marca y su respectivo manual de uso basándose en el concepto, necesidad, importancia, significación, cromática, estilos y tipologías que se han producido anteriormente. A través de la creación de la identidad del pájaro azul se podrá ofrecer un producto industrializado que se diferencie de la competencia, con un precio accesible, distribuido a través de mayoristas y con estrategias de venta que permita posicionarse en la preferencia del consumidor [58].

CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La investigación se realizó en los talleres Agroindustriales, laboratorios de Química y Suelos del campus “La María”, Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 vía Quevedo - El Empalme. Cantón Mocache, Los Ríos, Ecuador.

La obtención de la materia prima que es el jugo de caña a ser fermentado fue proveniente del Recinto Pucará en la jurisdicción de la Parroquia El Corazón perteneciente al Cantón Pangua ubicado a una altura promedio de 1200 msnm de la provincia de Cotopaxi. Mientras que, las hojas de mandarina (*Citrus reticulada*) fueron recolectadas en el campus “La María”, cultivo que se encuentra a 56 msnm.

Condiciones Meteorológicas

Las condiciones meteorológicas donde se desarrollará la presente investigación se detallan en la tabla 4.

Tabla 4: Condiciones meteorológicas aproximadas del cantón Mocache.

Datos Meteorológicos	Valores Promedio
Humedad Relativa (%)	85.84
Temperatura °C	25.47
Precipitación (mm anual)	2223.85
Heliofania	898.66
Zona ecológica	Bosque semi húmedo tropical

Fuente: Datos según la Estación Meteorológicas del INAMHI ubicada en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP 2017.

Elaborado: INIAP [59]

3.2. Tipo de Investigación

Aunque el método científico es uno, existen diversas formas de identificar su práctica o aplicación en la investigación; de modo que se puede clasificar de diversas maneras, y, la forma más común es aquella que pretende ubicarse en el tiempo (según dimensión cronológica) y distingue entre la investigación de las cosas pasadas (histórica), de las cosas del presente (descriptiva) y de lo que puede suceder (experimental). Se plasmará una investigación exploratoria, descriptiva y experimental; dado que en la actualidad el conocimiento sobre licores destilados es mucho, sin embargo, acerca del licor espirituoso no muchos exactamente y menos de sus procesos estandarizados o implantaciones en tecnologías.

3.2.1. Investigación Exploratoria

Se aplicó este tipo de investigación debido a la escasa información, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, que fue basada en el diagnóstico realizado a algunos de los cañicultores de Pangua y permitió conocer la practica ancestral.

3.2.2. Investigación Descriptiva

Ésta fue aplicada a la presente, debido a sus respuestas experimentales que fueron procesadas estadísticamente para poder describir los datos y características de la población o fenómeno estudiado y así se pudo responder a las preguntas típicas de la investigación descriptiva.

3.2.3. Investigación Experimental

Se denomina experimental a esta investigación ya que se ejecutaron ensayos que ayudaron a estandarizar la concentración del uso de hojas de mandarina con diferentes estados de madurez, mezclados con hierbaluisa para la obtención de un licor espirituoso de características sensoriales y color visual aceptable.

3.2.4. Investigación Bibliográfica

Se utilizó para recopilar información de artículos científicos, libros y normas referentes a la elaboración de licores, que permitan desarrollar los métodos y realizar comparaciones para el presente estudio.

3.3. Método de Investigación

Método Inductivo – Deductivo

Se utilizó este método para generar soluciones partiendo de un problema ya establecido, el mismo que permitió conseguir una estandarización del licor espirituoso obtenga sus características sensoriales adecuadas exento de riesgo para el consumidor.

Métodos Estadísticos

Se cuantificaron, ordenaron y tabularon los datos obtenidos mediante análisis realizados, los mismos que permitieron hallar los resultados plasmados en este documento.

Método Experimental

Se desarrollaron mediante un diseño de Bloques completamente al azar (DBCA), factorial de A*B y sus datos tabulados en función a un análisis de varianza; teniendo la necesidad de realizar una prueba de significancia TUKEY. Este análisis estadístico se realizó en el programa STATGRAPHICS Centurion XVI versión 16.1.03 e INFOSTAT.

3.4. Fuentes de Recopilación de Información

Esta investigación, se realizó utilizando información obtenida de diferentes fuentes, a continuación se presentan algunas:

Fuentes Primarias

- Pre-ensayos.

- Trabajo de campo.
- Pruebas piloto
- Visitas a productores

Fuentes Secundarias

- Libros.
- Artículos científicos.
- Tesis.
- Críticas literarias.
- Cuadros estadísticos que contengan varios autores.

3.5. Diseño de la Investigación

Los experimento se desarrolló bajo un Diseño de Bloques completamente al azar (DBCA), diseño factorial AxB. Por lo general los diseños experimentales se programan aleatoriamente para evitar el efecto lurking de las variables o sea para que no se propaguen los errores de un experimento a otro y garantice la replicabilidad de experiencias. Prueba de significación: Para la diferenciación estadística de los tratamientos se utilizó la prueba de rangos de Tukey al 5 % (95 % de probabilidad de acierto y 5 % como margen de error).

3.6. Manejo específico del experimento

3.6.1. Características del experimento de elaboración del licor espirituoso

- Número de tratamientos: 9
- Número de repeticiones: 3
- Unidades experimentales: 27

3.6.2. Modelo matemático

Las fuentes de variación para la investigación se efectuaron con el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}.$$

Donde:

μ = Efecto global

A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A; $i = 1, \dots, a$

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B; $j = 1, \dots, b$

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre los factores A y B

R_k = Efecto de la replicación del experimento; $K = 1, \dots, r$

E_{ijk} = residuo o error experimental [60].

3.6.3. Factores de estudio

Los factores de estudio que intervinieron en esta investigación fueron los siguientes:

Tabla 5. Factores de estudio que intervienen en la destilación del licor.

Factores	Simbología	Descripción
A: Concentraciones de hojas usadas	a_0	0,08%
	a_1	0,12%
	a_2	0,16%
B: Estado de madurez de las hojas	b_0	Hojas maduras (HMM)
	b_1	Hojas tiernas (HMT)
	b_2	Mezcla de hojas (MHM)

Fuente: Autor.
Elaborado: Autor.

3.6.4. Tratamientos

Se utilizó el arreglo factorial A*B, con los niveles en A=3 y B=3 y r=3 dando como resultado un total de 27 tratamientos.

Tabla 6. Combinación de los Tratamientos propuestos para la destilación del licor.

Nº	SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
1	a_0b_0	C_1H_1 con HMM
2	a_0b_1	C_1H_1 con HMT
3	a_0b_2	C_1H_1 con MHM
4	a_1b_0	C_2H_2 con HMM
5	a_1b_1	C_2H_2 con HMT
6	a_1b_2	C_2H_2 con MHM
7	a_3b_0	C_3H_3 con HMM
8	a_3b_1	C_3H_3 con HMT
9	a_3b_2	C_3H_3 con MHM

Fuente: Autor.
Elaborado: Autor.

3.6.5. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos de los datos se efectuaron mediante el análisis de varianza (ADEVA), que es una técnica empleada para analizar la variación total de las respuestas experimentales, descomponiéndolas en porciones significativas e independientes, atribuibles a cada una de las fuentes de variabilidad presentes y la variación causal (aleatoria).

Tabla 7. Esquema de análisis de varianza.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Razón de varianza
Tratamiento	SCR	(r-1)	2	CMR= SCR/(r-1)
A*B				
Factor A	SCA	(a-1)	2	CMA= SCA/ (a-1) CMA/CME
Factor B	SCB	(b-1)	2	CMB= SCB/(b-1) CMB/CME
A*B	SC(AB)	(a-1)(b-1)	4	CM(AB)= SC(AB)/ (a-1)(b-1) CM(AB)/CME
Error	SCE	(ab-1)(r-1)	16	CME= SCD/(ab-1)(r-1)

Repeticiones	SCR	(r-1)	2	CMR= SCR/(r-1)
Total	SCT	(a*b*r-1)	26	

Fuente: Autor.
Elaborado: Autor.

3.6.6. Variables de estudio

- pH
- Acidez
- Absorbancia
- °GL
- Etanol
- Metanol

3.7. Análisis Físico químico de la bebida espirituosa

- **Grados alcohólicos**

La relación conjunta entre alcohol etílico (etanol) contenido en una mezcla hidroalcohólica, medido a temperatura de 20 °C y el volumen total de la mezcla medido a la misma temperatura, se realizó el siguiente procedimiento:

- Destilar el mosto
- Tomar una muestra de 250 ml en una probeta graduada
- Producto destilado, tomar la temperatura y dejar que baje a los 20 °C
- Lavar el alcoholímetro y secarlo bien
- Introducirlo en la probeta y dejar que flote por densidad, estabilizándose y que flote libremente sin adherencias a las paredes de la probeta
- Tomar lectura de la muestra considerando la base del menisco en la graduación expresado en GL [61].

- **Concentración de metanol**

Con la finalidad de obtener una bebida espirituosa con baja presencia de alcohol industrial (metanol), que erradique el riesgo por intoxicación se ejecutó el siguiente procedimiento:

- Colocar 2 mL de solución de permanganato de potasio en un matraz volumétrico de 50 mL y enfriar en un baño de agua con hielo.
- Añadir 1 mL de la muestra preparada y dejar en reposo, dentro del baño helado, durante 30 min.
- Decolorar con una pequeña porción de bisulfito de sodio seco y adicionar 1 mL de la solución de ácido cromotrópico.
- Añadir 15 mL de ácido sulfúrico, lentamente y con agitación; luego, colocar en un baño de agua caliente (60 °C a 75 °C) durante 15 min; enfriar.
- Adicionar agua destilada hasta tener aproximadamente 50 mL; mezclar y llevar a volumen con agua destilada a temperatura ambiente.
- Inyectar de 1 µL de solución patrón, en base a programador de temperatura, equipado con un detector de ionización de llama (FID) y un integrador u otro sistema de método de datos capaz de medir las áreas de los picos [62].

- **Absorbancia y transmitancia**

El estudio se realizó mediante un espectrofotómetro DR 3900, contiene frascos para muestras con etiquetas inteligentes se pueden rastrear fácilmente con el sistema opcional de ID de muestra RFID de Hach, que elimina las confusiones con las muestras y brinda una mejor trazabilidad d estas, realizando el siguiente procedimiento [63].

- Agregar agua destilada en un cuarzo 10 ml
- Macerar el equipo en cero con la muestra de agua destilada hasta que nos 0 de absorbancia
- Preparar la muestra con el alcohol a medir lavando cuidadosamente 3 veces con el mismo alcohol
- Agregar 10 ml de la muestra a analizar
- Escoger la opción e muestra ID para registrarla

- Efectuar el escaneo de la longitud de onda ajuntando de 320 nm a 450 de 1 a 1
- Determinar la λ_{max} y tomar resultados
- Repetir el proceso con los demás tratamientos [63].

3.8. Perfil sensorial de la bebida espirituosa

Se evaluaron 4 perfiles sensoriales del producto, reuniendo características especiales para la determinación del mejor tratamiento, por la aceptabilidad.

La determinación del mejor tratamiento se lo efectuó por medio de una prueba discriminatoria, dejando a libre albedrío por los catadores de seleccionar la muestra que prefieran en función a los tratamientos de estudio. Las características evaluadas son las siguientes:

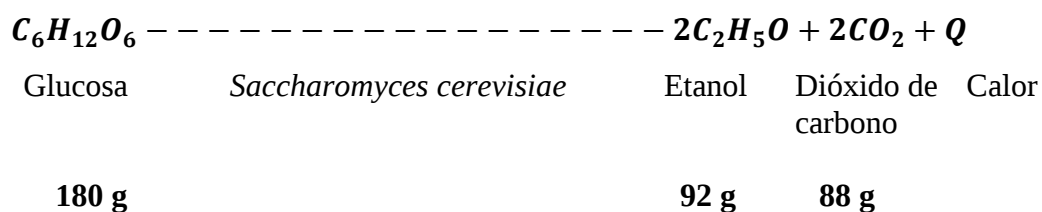
Fase visual	Fase olfativa	Fase gustativa	Impresión del licor
Cristalino	Floral	Suave	Equilibrado
Opaco	Frutal	astrogente	armónico
Turbio	Vegetales	Ardiente	Agradable
Matices de color azul	Espicias		Elegante

Fuente: autor

Su análisis se estableció con variables cualitativas donde sobresalen 2 características de cada fase sensorial comprendiendo 1 como valor menor y 4 o 3 como valor mayor, dependiendo a cuantas características tenga la fase, facilitando el procesamiento de datos en el análisis estadístico.

3.9. Balance de materia

Para esta investigación se realizó un rendimiento en la producción de la bebida espirituosa que consta con varias ecuaciones y factores. Para poder calcular cuánto etanol produjo el mosto fermentado de caña en función al tiempo. Se ajustó la reacción química con la siguiente ecuación general de cálculo en las masas moleculares de la glucosa y del etanol:



A partir de la estequiometría de la reacción podemos deducir que 180 g de glucosa (1 mol) producen 92 g de etanol (2 mol) y 88g de bióxido de carbono (2mol).

Se estableció la densidad del mosto de caña fermentado, por ello se determina un coeficiente de correlación de para la ecuación siguiente:

- Brix iniciales del jugo caña: 18,8
- Brix finales del jugo de caña: 7,6

$$(DJ) = 1008 + 4,15 (BRf) - 0,60 T$$

Donde:

DJ = Densidad del jugo en (kg/l).

BRf = Solidos solubles final (°Brix)

T = Temperatura 25 °C [64].

Una vez obtenido la densidad del mosto fermentado se utiliza la siguiente ecuación:

$$\rho = 1,02454 \text{ kg/l.}$$

$$v = 90 \text{ l}$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ = Densidad del jugo en (kg/l).

m = Masa del jugo (Kg)

v = volumen del jugo (L)

Se despeja la masa

$$m = \rho \cdot v$$

m = 92,21 kg de jugo de caña

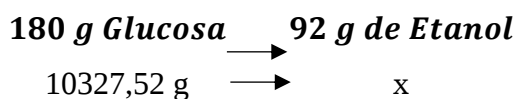
La masa se multiplica por el porcentaje de la diferencia en los grado brix de la caña de azúcar.

- Brix iniciales del jugo caña: 18,8
- Brix finales del jugo de caña: 7,6
- Brix diferencia 11,2
- m = 92,21 kg de jugo de caña

$$m \times \frac{BR}{100}$$

m = 10,32 kg de glucosa

La ecuación estequiométrica es la base para la proporción másica como factor de conversión para obtener la masa en Kg de etanol.



$$x = 5278,51 \approx 5,28 \text{ kg de etanol en el mosto de caña}$$

Las concentraciones de alcohol se expresaron en volumen realizando la conversión con la densidad del etanol:

ρ = Densidad del etanol 0,789 kg/l.

m = masa del etanol 5,28 kg

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = 6,69 \text{ l}$$

Obteniéndose el volumen de 6,69 l de etanol en el mosto fermentado de 90 litros iniciales. Posteriormente se dividió los litros de alcohol para su fracción másica de la graduación alcohólica de 60 °GL obtenida siguiendo:

- $v = 6,69 \text{ l}$
- X_{et} = Fracción másica de la graduación alcohólica 0,60

$$\text{Alcohol destilado} = \frac{v}{X_{et}}$$

$$\text{Alcohol destilado} = 11,15 \text{ l de etanol}$$

Para el rendimiento se utilizó la siguiente formula:

- V_f = volumen final (11,15 l)
- V_0 = volumen inicial (90 l)

$$R = \frac{V_f}{V_0} \times 100 \%$$

$$R = 12,39 \%$$

En resumen de las operaciones anteriores se planteó la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{Vm \cdot \rho_m \cdot (BR_i - BR_f) \cdot 0,5111}{\rho_{et} \cdot X_{et} \cdot Vm}$$

De donde:

Vm = Volumen del mosto

BRi = Sólidos solubles iniciales

BRf = Sólidos solubles finales

pm = Densidad del mosto

0,5111 = Factor de conversión de azúcar a alcohol

ρ_{et} = Densidad del etanol

X_{et} = Fracción de graduación alcohólica del destilado

Rendimiento del alcohol rectificado

Se efectuó una mezcla del licor madre obtenido en la primera destilación de una graduación alcohólica de 60 °GL, es mezclado con 9 l de agua para una mejor disolución de otros alcoholes ajenos al etanol.

Para el rendimiento de la cantidad de etanol obtenido de la rectificación del destilado, se planteó la siguiente ecuación:

- 11,15 l de volumen inicial
- 9 l de Agua
- 60 °GL inicial
- 83 °GL final
- 6,52 l de alcohol final

Para el rendimiento se estableció la siguiente fórmula:

- V_f = volumen final (6,5 l)
- V_0 = volumen inicial (90 l)

$$R = \frac{V_f}{V_0} \times 100 \%$$

$$R = 7,22 \%$$

3.10. Materiales y Equipos

3.10.1. Materia Prima y Reactivos

Las materias primas y reactivos que se utilizaron durante la ejecución de los experimentos son los siguientes:

- Hojas de mandarina
- Hojas de Hierba Luisa
- Anís estrellado
- Jugo de caña (guarapo)

3.10.2. Equipos y Materiales

Los equipos que se utilizaron en el control de parámetros del proceso y comparaciones con normativas e investigaciones vigentes.

- Recipientes de acero inoxidable
- Alcohómetro
- Refractómetro
- Potenciómetro
- Espectrofotómetro
- Fichas de evaluación sensorial
- Envases de vidrio
- Cromatógrafo de gases

3.10.3. Equipos de laboratorio

Tabla 8. Equipos e instrumentos utilizados para la elaboración del licor espirituoso.

Equipos	Instrumentos
• Destilador de columna simple • Cromatógrafo de gases • Espectrofotómetro	• Vasos de precipitación • Probeta • Bureta de Mohr • Picnómetro • Alcoholímetro • Termómetro • Potenciómetro • Refractómetro • Pipeta • Jarra medidora • Manguera plástica • Colador • Olla de aluminio • Embudo • Tapas corona • Mangueras de suero • Botellas

Fuente: Autor.

Elaborado: Autor.

3.11. Proceso de obtención del jugo de caña (mosto)

- ✓ **Recepción de la materia prima:** La caña debe llegar a la planta con 10 a 15 cm. de hojas, con la parte terminal del tallo y con rebrotes o yemas para evitar que se generen coloraciones indeseables en el jugo y azúcares reductores por hidrolización de la sacarosa en el cogollo, lo cual disminuyen la calidad del producto final, y evitar también la acción de microorganismos no deseados para el proceso.
- ✓ **Limpiado y seleccionado:** La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) viene del campo con raicillas que nacen de los entrenudos de las cañas visibles en mayor frecuencia en la parte basal y musgos adheridos al tallo, los que es necesario eliminar mediante raspado ligero con un machetillo para eliminarlos. Y esta operación, permite clasificar a la vez las cañas buenas y malas (cañas de azúcar que han sufrido ataques de insectos o cortes durante el deshierbe del terreno).

- ✓ **Lavado:** Las cañas son sometidas a un lavado rápido para eliminar tierra o lodos y todo tipo de impurezas presentes en la superficie.
- ✓ **Cortado:** Las cañas de la jurisdicción del cantón Pangua son de buen diámetro, por lo que se hace necesario partir longitudinalmente el dos o cuatro partes antes de ingresar al trapiche.
- ✓ **Extracción del jugo:** En el área de molinos se extrae el jugo a la caña a través de la presión mecánica ejercida por un conjunto de masas o rodillos. De este proceso se obtiene dos productos: el jugo y el bagazo.
- ✓ **Filtrado y clarificado:** Inmediato de la extracción, el jugo es colado y a paso seguido través de un prelimpiador en el cual se retiene el bagacillo y es enviado hacia el depósito de jugo (tanques de fermentación).
- ✓ **Fermentado:** Se deja fermentar añadiendo levaduras en una concentración de 1 g/L de mosto en barriles de plástico colocando trampas de CO₂ para generar un ambiente anaeróbico por un tiempo controlando el consumo de sustrato.
- ✓ **Envasado:** Se envasa en canecas de plástico para su posterior proceso

3.12. Proceso de elaboración de la Bebida Espirituosa

- ✓ **Recepción:** se acondiciona el jugo de caña previamente fermentado para ingresarlo al calderín.
- ✓ **Destilado:** El mosto fermentado está en ebullición para producir el alcohol en una primera destilación, cuyos vapores son transportados por serpentín intercambiando su calor condensándose para luego ser recolectado en un recipiente adecuado, el resultado de éste primera destilación es conocido como base o licor madre. Alcohol cortado a 60 °GL.
- ✓ **Mezclado:** El licor base que tiene aproximadamente 60 °GL, se mezcla con agua para reducir su grado alcohólico hasta 40 y tener más volumen para la posterior operación.
- ✓ **Rectificado:** El licor base mezclado con agua obtenido de la primera destilación, se añade hierbaluisa, hojas de mandarina y anís estrellado, posteriormente se vuelve a destilar todo el sustrato mezclado obteniendo un licor destilado con un color azul de 75 °GL aproximadamente.

- ✓ **Envasado:** finalmente se envasa el licor en botellas de vidrio transparentes en presentación de 750 ml.

3.13. Análisis Físico químico del jugo de caña

- **pH**

Para determinar su potencial de hidrogeno, la muestra se trasladó al laboratorio, es preferible que el análisis se realice dentro de las 2 primeras horas a partir de la toma de muestra del sustrato, la razón es porque después de este lapso de tiempo comienza la interacción con el anhídrido carbónico (CO₂) atmosférico, alterando sus componentes originales. Si el transporte implica distancias prolongadas es preferible conservar las muestras refrigeradas para su transporte. El pH se midió 40 mL de muestra en un vaso de precipitación y luego se sumergió el potenciómetro en la solución y se espera unos segundos para recolectar el resultado de la muestra [65].

- **°Brix**

Si los productos conforman otras sustancias disueltas, los resultados serán solamente unos estimados, en dicho análisis es la medición en porcentaje de los azúcares reductores del sustrato (jugo de caña). Los sólidos solubles se determinaron mediante un refractómetro con una escala de 0-30 %, los datos obtenidos fueron expresados en °Brix. El análisis se realizó al mosto y a la bebida espirituosa [66].

- **Acidez titulable**

Para medir la acidez titulable se siguió el método AOAC (2000) 939.05. Los resultados fueron expresados como % de ácido aconítico. Se midió 10 mL de la muestra, luego se adicionó 50 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer añadiendo 3 gotas de fenolftaleína y finalmente se tituló la muestra utilizando hidróxido de sodio al 1 %. Se debe agitar vigorosamente durante la titulación hasta obtener el color rosado pálido de la muestra. La acidez expresada como % [67].

$$(\% \text{ Acidez}) = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times F_{acidoP}}{V_m} \times 100$$

Siendo:

V_{NaOH} = Volumen consumido del hidróxido de sodio

N_{NaOH} = Normalidad del hidróxido de sodio (0.1)

$F(\text{acido})$ = Factor del ácido predominante (0.090)

V_m = Volumen de la muestra (mL)

CAPÍTULO IV.
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis de varianza de la absorbancia de la bebida espirituosa

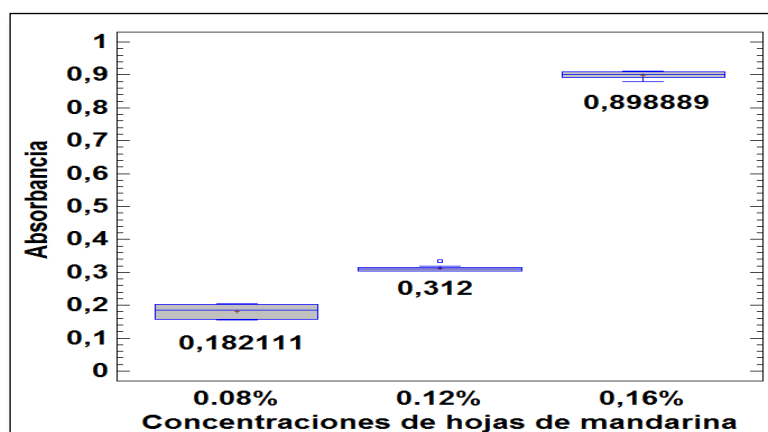
Tabla 9. Anova de la absorbancia en la bebida espirituosa

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:factor_a	2,62524	2	1,31262	55397,80	0,0000**
B:factor_b	0,00094488	2	0,00047	19,94	0,0000**
C:repe	0,0000402	2	0,00002	0,85	0,4463
INTERACCIONES					
AB	0,00375956	4	0,000939	39,67	0,0000**
RESIDUOS	0,000379111	16	0,00002		
TOTAL (CORREGIDO)	2,63036	26			

** = Diferencia Altamente Significativa
Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: De acuerdo a los análisis de varianza en la variable de absorbancia mediante espectrofotometría, se observó en la tabla N° 9 que existe diferencia altamente significativa en los factores A y B, además de la interacción A*B de la investigación, mientras que en las réplicas no reflejan diferencia significativa.

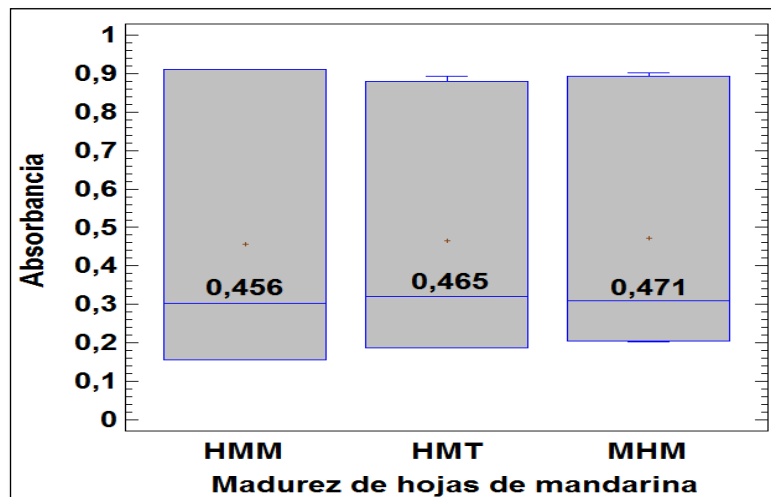
Gráfico 1. Prueba de significancia en el factor A (concentraciones de hojas de mandarina), en función a la absorbancia.



Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: En el gráfico N° 1 se reflejó la prueba de tukey ($p > 0.05$). La diferencia del uso de las concentraciones de mandarina para la elaboración de la bebida espirituosa, se recalcó que su mayor absorbancia lo genera en el factor a_2 (0,16%), se dio un promedio de 0,898, mientras su valor más bajo se refleja en a_0 (0,08%), se estableció un promedio de 0,182 de absorbancia total de las muestras analizadas. Se observó que en el factor a_1 (0,12%) genera una mayor absorbancia que el primer factor, pero menor que el tercero, con 0,312 de promedio. Se manifiesta en el grafico un dato disperso de la desviación típica de dicho factor por lo que se pretendió saber que es un dato fuera de los rangos de estudio.

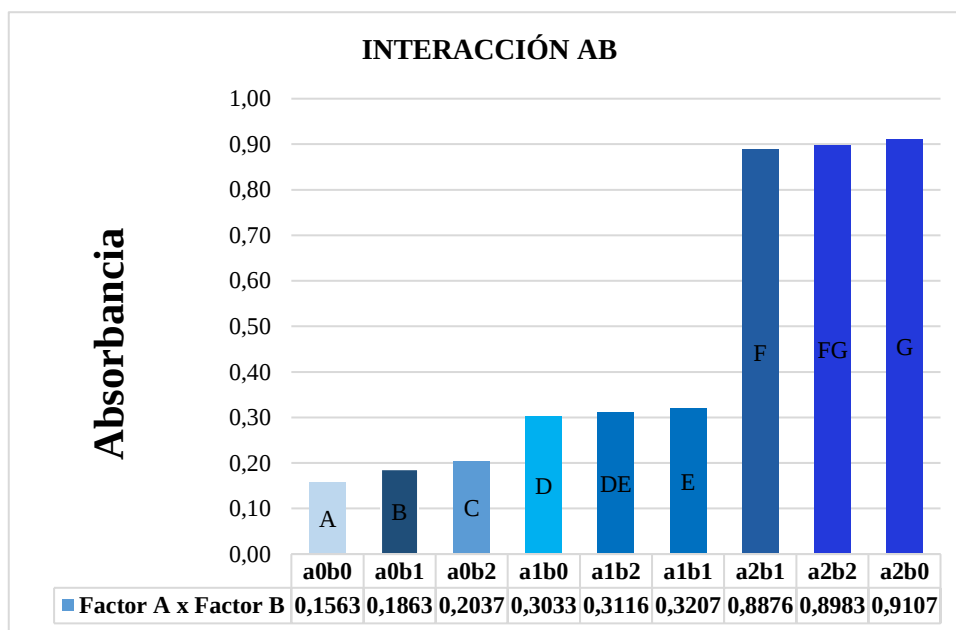
Gráfico 2. Prueba de significancia en el factor B (madurez de hojas de mandarían), en función a la absorbancia.



Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: En el gráfico N° 2 se observó los resultados de la prueba de tukey ($p > 0.05$), la diferencia del efecto de maduración en hojas de mandarina para la elaboración de la bebida espirituosa, se recalcó que su mayor absorbancia en promedio en el factor a_2 mezcla de hojas de mandarina (MHM) con mínima significancia, sin embargo se contempló una mayor desviación estándar en el factor a_0 hojas de mandarina madura (HMM) dando un máximo de 0,91, mientras su valor más bajo se reflejó en a_1 hojas de mandarina tierna (HMT) donde se determinó un promedio de 0,465 de absorbancia total de las muestras analizadas.

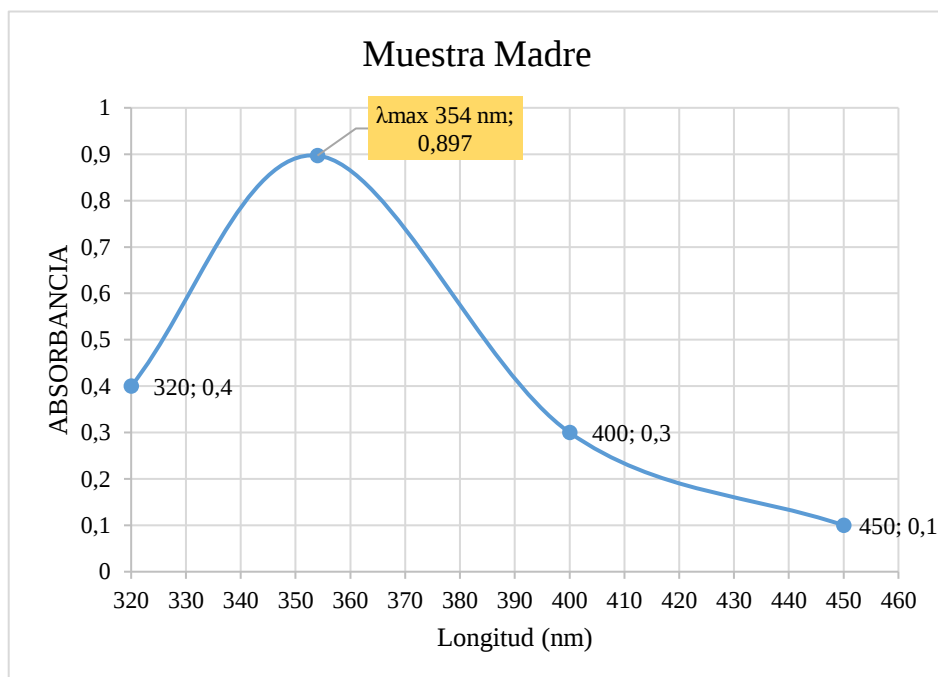
Gráfico 3. Prueba de significancia en la interacción AB (concentraciones de hojas de mandarina, índice de madurez de las mismas), en función a la absorbancia.



Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: En el gráfico N° 3 se observaron los resultados de la prueba de tukey ($p > 0.05$), en interacción de los factores A y B que son concentraciones de hojas de mandarina con índice de madurez de las mismas respectivamente. Los resultados que se obtuvieron manifiestan diferencia en cada uno de los tratamientos conformado por el valor más bajo en a_0b_0 (0,08% de HMM), su diferenciación es continua hasta el tratamiento a_1b_0 (0,12% de HMM) que tiene valores semejantes al tratamiento a_1b_2 (0,12% de MHM), sin embargo es distinto a a_1b_1 (0,12% de HMT). En los últimos 3 tratamientos, se destacaron con una gran significancia, se estableció el menor valor de absorbancia a_2b_1 (0,15% de HMT) y el mayor valor de absorbancia a_2b_0 (0,15% de HMM), con respecto al tratamiento restante se demostró valores similares a los dos anteriores por que no genero una diferenciación significativa de los resultados obtenidos en la investigación.

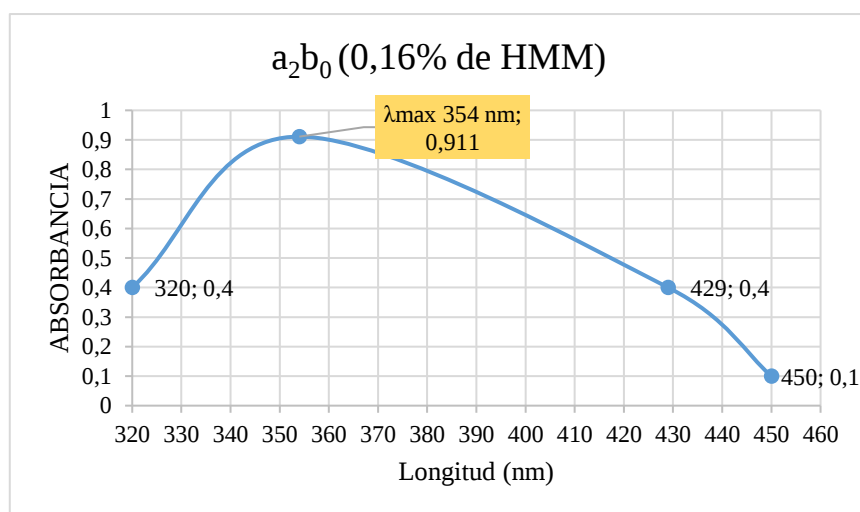
Gráfico 4. Barrido de longitud de onda en una bebida espirituosa (Pájaro Azul) comercial.



Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: en el gráfico N° 4, se manifestó en el nivel de absorbancia de una bebida espirituosa comercial (Pájaro Azul), que posteriormente se utilizó de referencia en nuestra investigación que se observó en su λ_{max} que indico en 354 nm una absorbancia de 0,897, mientras que en su barrido se determinó un valle de 320 nm con 0,4.

Gráfico 5. Barrido de longitud de onda en el mejor tratamiento de bebida espirituosa.



Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: En el gráfico N° 5, se indicó el nivel de absorbancia del mejor tratamiento de la investigación, que se utilizó de referencia comercial, en la investigación que se observó su λ_{max} produciendo en 354 nm una absorbancia de 0,911; mientras en su barrido se estableció un valor de 429 nm con 0,4 de absorbancia.

4.1.2. Análisis de varianza en el análisis sensorial de la bebida espirituosa

- **Fase visual**
 - 1 = cristalino
 - 4 = matiz de color azul

Tabla 10. Anova de la percepción en Matices de color azul

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:factor a	44,6667	2	22,3333	67,00	0,0000**
B:factor b	2,66667	2	1,33333	4,00	0,0390**
C:repeticiones	0,666667	2	0,333333	1,00	0,3897
INTERACCIONES					
AB	5,33333	4	1,33333	4,00	0,0195**
RESIDUOS	5,33333	16	0,333333		
TOTAL	58,6667	26			
(CORREGIDO)					

** = Diferencia Altamente Significativa
Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: De acuerdo al análisis de varianza de la fase visual, se reflejaron en la tabla N° 11 que existe diferencia altamente significativa en el factor A y B, de igual manera en la interacción A*B de la investigación, mientras las réplicas no presentaron diferencia significativa.

- **Fase olfativa**
 - 1 = Floral
 - 4 = especias

Tabla 11. Anova de la percepción del olor

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:factor a	2,66667	2	1,33333	2,29	0,1339
B:factor b	10,6667	2	5,33333	9,14	0,0022**
C:repeticiones	2,66667	2	1,33333	2,29	0,1339
INTERACCIONES					
AB	5,33333	4	1,33333	2,29	0,1051
RESIDUOS	9,33333	16	0,583333		
TOTAL (CORREGIDO)	30,6667	26			

** = Diferencia Altamente Significativa
Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: De acuerdo a los análisis de varianza de la fase olfativa, se presentaron en la tabla N° 12 que existe diferencia altamente significativa en el factor B de la investigación, mientras que el factor A, la interacción A*B y las réplicas no reflejaron diferencia significativa.

- **Fase gustativa**
 - 1 = suave
 - 3 = Ardiente

Tabla 12. Anova de la percepción del sabor

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:factor a	2,66667	2	1,33333	*****	0,0000**
B:factor b	2,66667	2	1,33333	*****	0,0000**
C:repeticiones	0	2	0	0,44	1,0000
INTERACCIONES					
AB	5,33333	4	1,33333	*****	0,0000**
RESIDUOS	0	16	0		
TOTAL (CORREGIDO)	10,6667	26			

** = Diferencia Altamente Significativa
Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: De acuerdo a los análisis de varianza de la fase olfativa, se manifestó en la tabla N° 13 que existe diferencia altamente significativa en los factores A y B, además de la interacción A*B de la investigación, mientras las réplicas no indicaron diferencia significativa.

- **Impresión del licor**

- 1= equilibrado
- 4= elegante

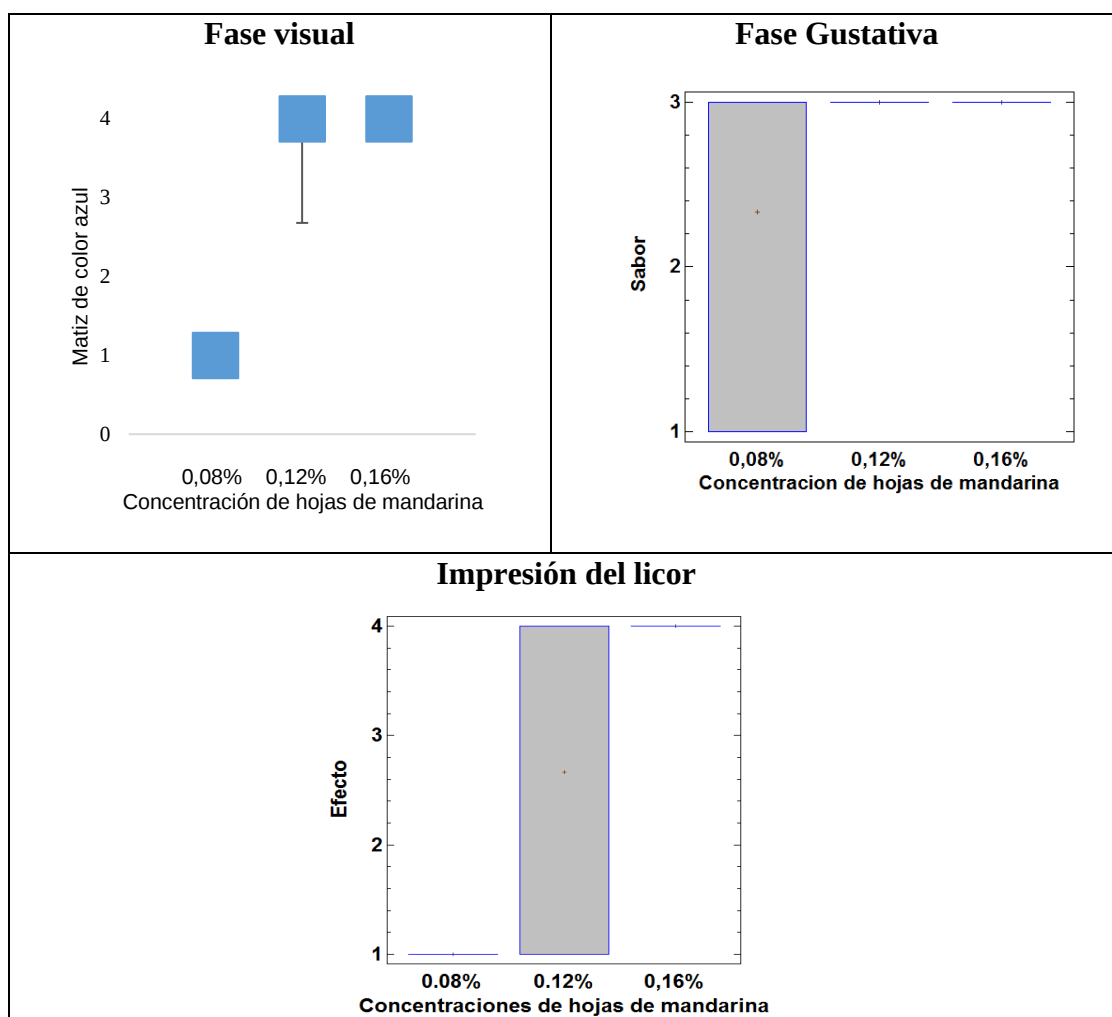
Tabla 13. Anova de la impresión del licor

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:factor a	40,6667	2	20,3333	34,86	0,0000**
B:factor b	2,66667	2	1,33333	2,29	0,1339
C:repeticiones	2,66667	2	1,33333	2,29	0,1339
INTERACCIONES					
AB	5,33333	4	1,33333	2,29	0,1051
RESIDUOS	9,33333	16	0,583333		
TOTAL (CORREGIDO)	60,6667	26			

** = Diferencia Altamente Significativa
Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: De acuerdo a los análisis de varianza de la fase olfativa, se reflejaron en la tabla N° 14 que existe diferencia altamente significativa en solo en el factor A, mientras que el factor B, la interacción A*B y las réplicas no manifestaron diferencia significativa.

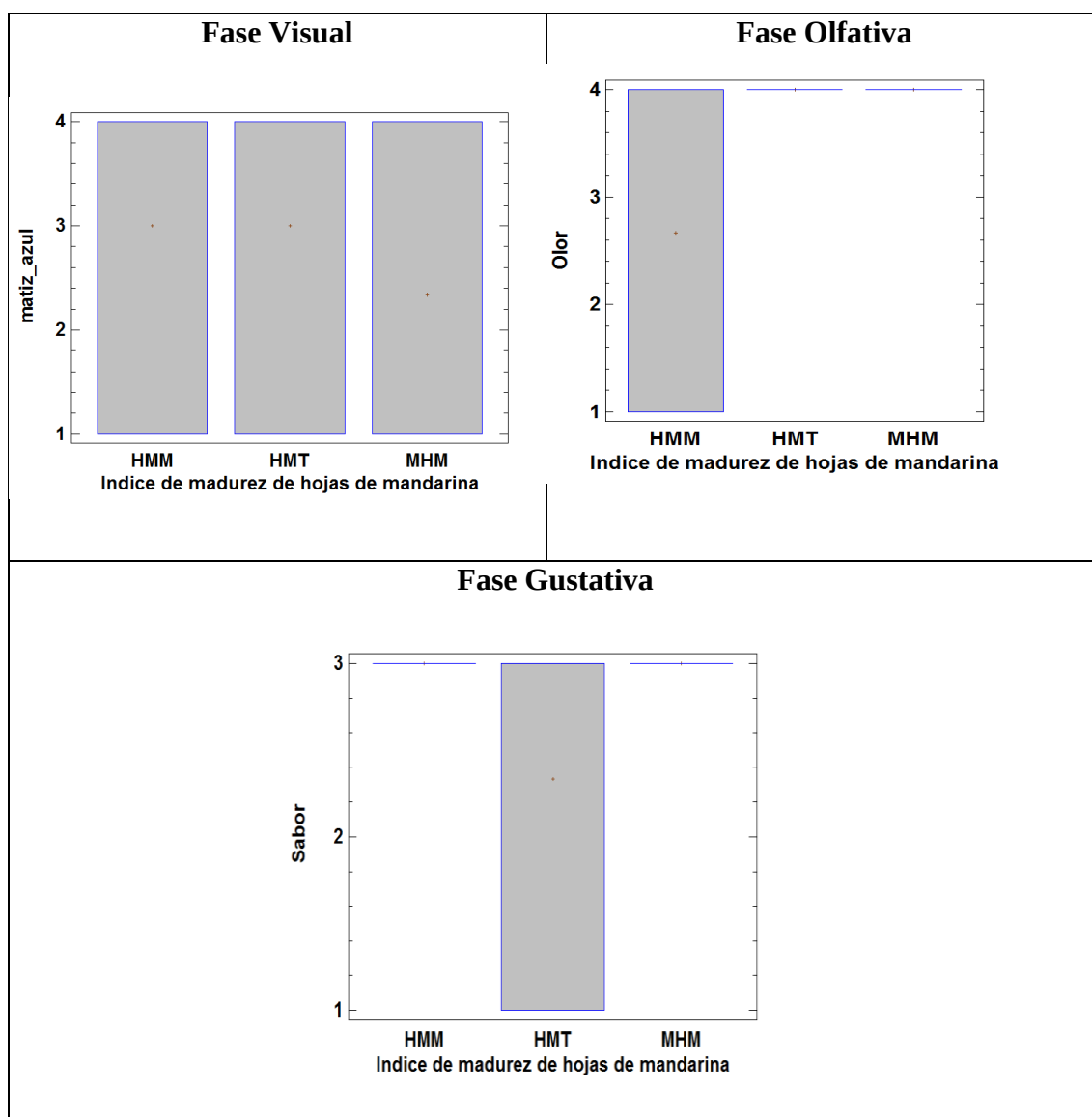
4.1.3. Pruebas de significancia en el factor A (concentraciones de hojas de mandarina)



Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: En la prueba de tukey ($p > 0.05$), se indicaron que en el efecto del matiz azul es proporcional a la concentración de hojas usadas de 0,12 y 0,16%, en el sabor los dos últimos son más ardientes mientras que la concentración de 0,08% tiene un poco de sensación suave; en el efecto del licor se observó que una mayor aceptabilidad en elegancia es visible en la concentración de 0,16% siguiéndole la de 0,12%

4.1.4. Pruebas de significancia en el Factor B (índice de madurez de hojas de mandarina)

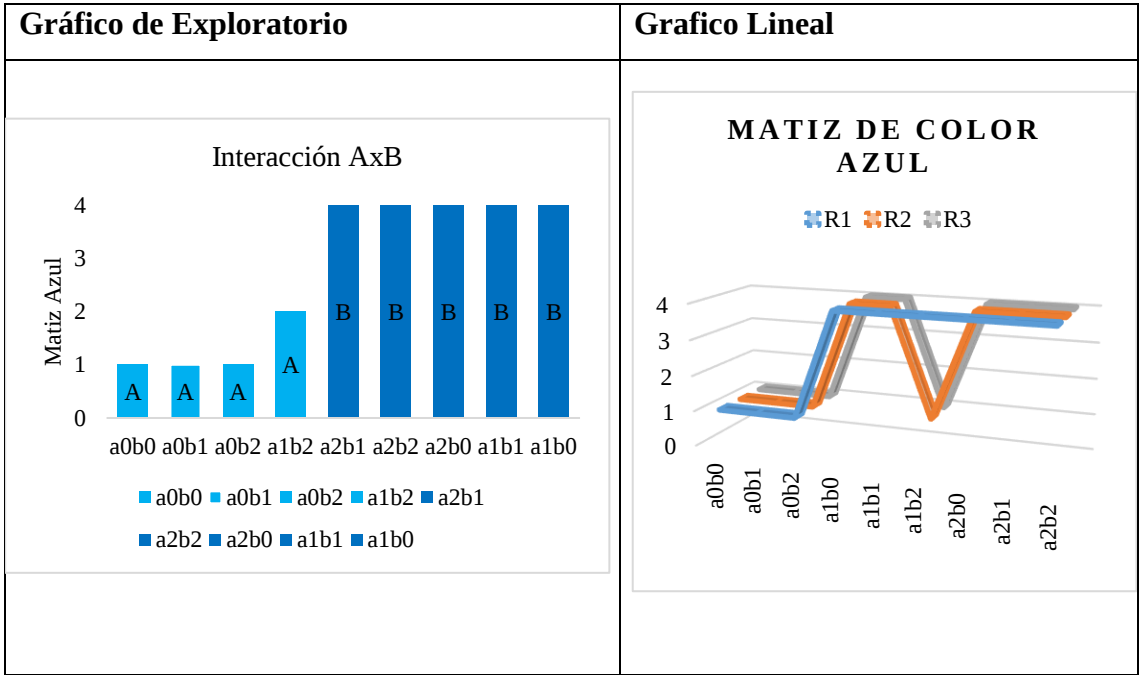


Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: En la prueba de tukey ($p > 0.05$), se manifestó con resultados similares en la percepción del matiz azul, mientras en el olor las hojas tierna y la mezcla reflejaron un olor más pronunciado a especias; en el caso del sabor las hojas maduras y mezcla de las mismas establecieron un sabor más ardiente.

4.1.5. Pruebas de significancia en la Interacción AxB (concentraciones e índices de madurez de hojas de mandarina)

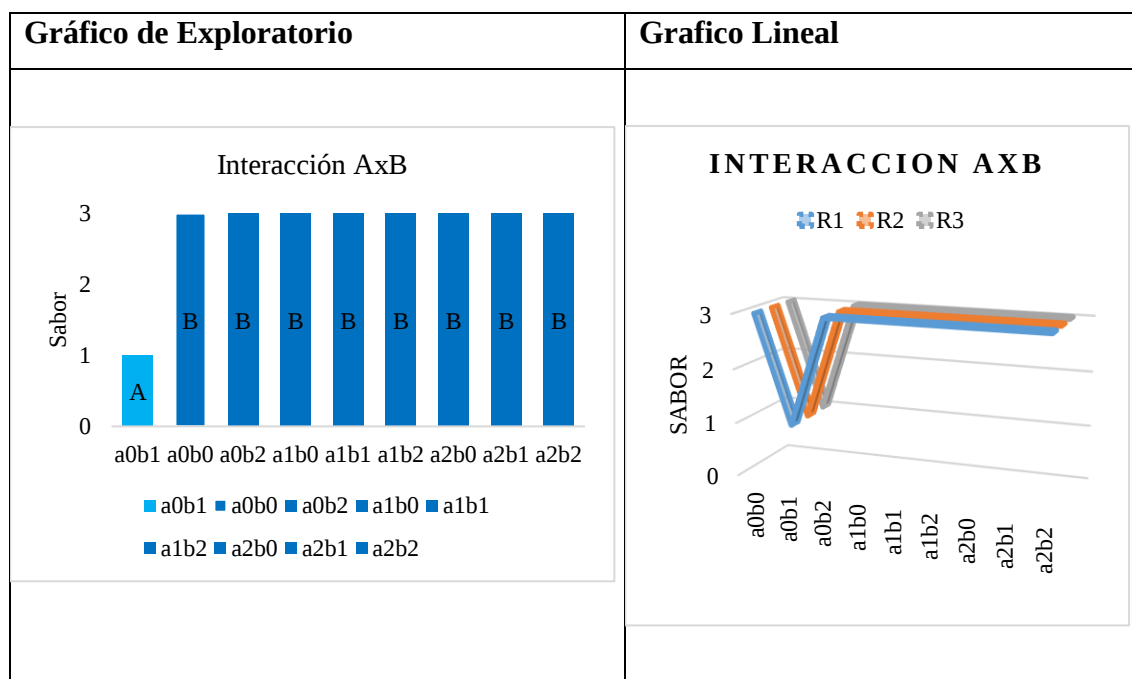
- **Fase Visual**
 - 1 = cristalino
 - 4 = matiz de color azul



Elaborado por: Chancay, R (2019).

Interpretación: En los gráficos de la prueba de tukey ($p > 0.05$). Se representaron la diferencia que se obtuvieron en los tratamientos investigados, donde en el grafico exploratorio se observaron que los tratamientos de grupo (A) indicaron cristalinidad en la bebida; mientras que los del grupo (B) manifestaron la presencia del matiz azul en la misma. Con respecto al grafico lineal, se representaron igualmente todos los tratamientos con las repeticiones respectivamente, indicaron que el tratamiento a_1b_2 (24 g de mezclad e hojas) reflejaron un todo cristalino.

- **Fase gustativa**
 - 1 = suave
 - 3 = Ardiente



Elaborado por: Chancay. R (2019).

Interpretación: En los gráficos se puede observar la prueba de tukey ($p > 0.05$). Se obtuvieron diferencia en los tratamientos investigados, donde en el grafico exploratorio se observaron que el tratamiento a_0b_1 (16 g de hojas tiernas) se percibió un sabor suave en la bebida; mientras que los del grupo (B) manifestaron que su sabor es ardiente. Con respecto al grafico lineal, todos los tratamientos con las repeticiones respectivamente, señalaron que el tratamiento a_0b_1 (16 g de hojas tiernas) presento un sabor suave.

4.1.6. Balance de materia en la elaboración de la bebida espirituosa

4.1.6.1. Balance al tratamiento de la investigación $a_2 b_0$ (0,16% de HMM)

Densidad del mosto fermentado de caña

- $BR_i = 18,8$
- $BR_f = 7,6$

- Brix diferencia 11,2
- m = 92,21 kg de jugo de caña

$$(DJ) = 1008 + 4,15 (7,6) - 0,60 T$$

$$(DJ) = 1,02454 \text{ Kg/l}$$

- m = 10,32 kg de glucosa

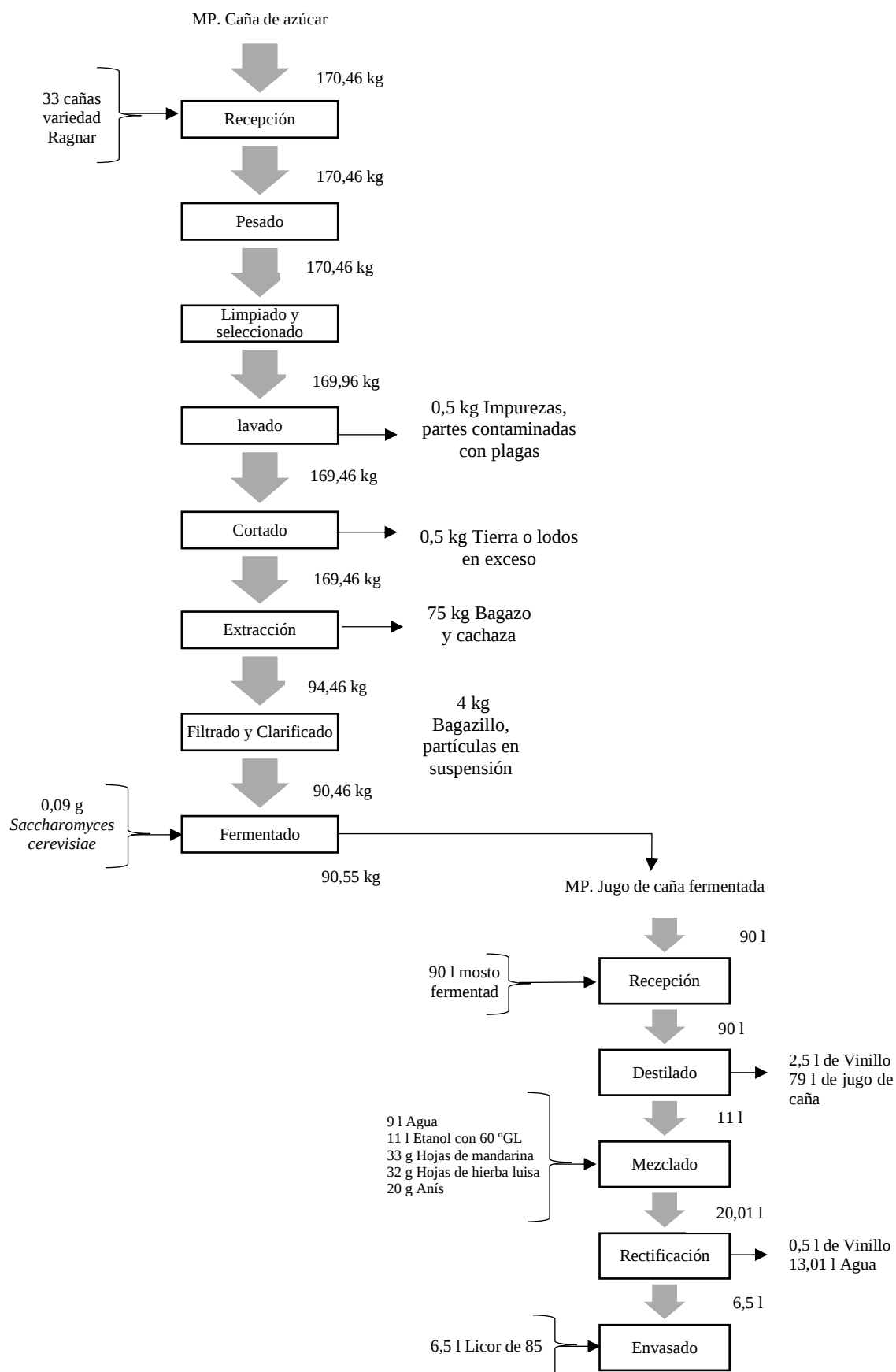
$$\begin{array}{ccc} 180 \text{ g Glucosa} & \longrightarrow & 92 \text{ g de Etanol} \\ 10327,52 \text{ g} & \longrightarrow & x \end{array}$$

$$x = 5278,51 \approx 5,28 \text{ kg de etanol en el mosto de caña}$$

- v = 6,69 l
- X_{et} = Fracción másica de la graduación alcohólica 0,60

$$\text{Alcohol destilado} = \frac{v}{X_{et}}$$

$$\text{Alcohol destilado} = 11,15 \text{ l de etanol}$$



Rendimiento del jugo de caña

Mf = masa final 90,55 kg

M0 = masa inicial 170,46 kg

$$R = \frac{M_f}{M_0} \times 100 \%$$

$$R = 53,12 \%$$

Rendimiento del Aguardiente de caña

Vf = Volumen final 11 l

V0 = Volumen inicial 90 l

$$R = \frac{V_f}{V_0} \times 100 \%$$

$$R = 12,22 \%$$

Rendimiento de la bebida espirituosa

Vf = volumen final 6,5 l

V0 = Volumen inicial 90 l

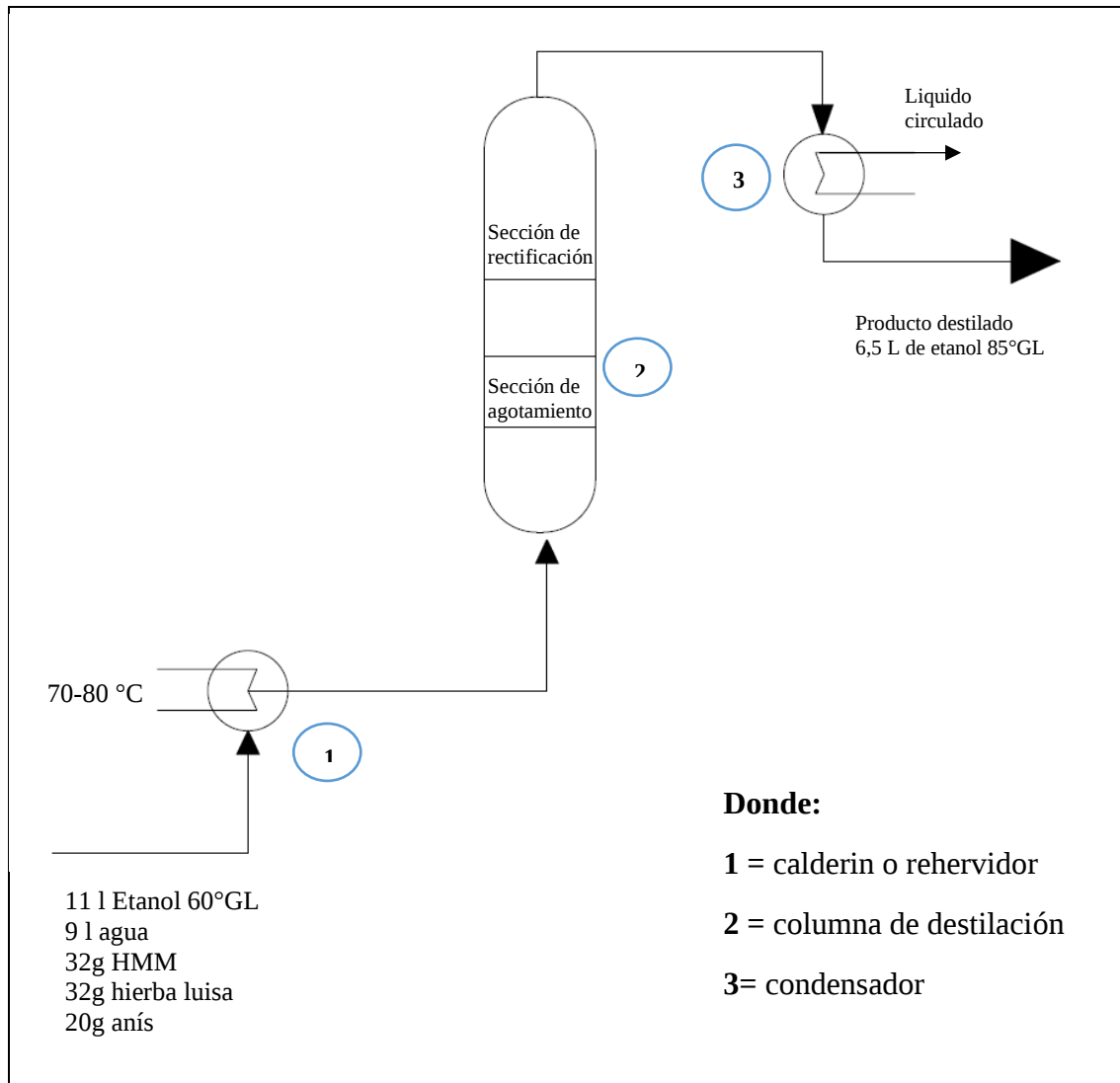
$$R = \frac{V_f}{V_0} \times 100 \%$$

$$R = 7,22 \%$$

La graduación alcohólica en los tratamientos estudiados generaron un promedio de 88, 77 y 77 °GL en los bloques estudiados con una media de 78,6 °GL de manera estándar de toda la fase experimental.

- Diagrama de proceso de la bebida espirituosa

Gráfico 6. Diagrama de proceso del tratamiento a2 b0 (0,16% de HMM)



Elaborado por: Chancay. R (2019)

Interpretación: En el grafico N°6 se observó el diagrama de proceso del tratamiento de mayor aceptabilidad que se basó en el perfil sensorial y la absorbancia, manifestando que se utilizó el 16% e concentraciones de hojas de mandarina mezcladas con hierba luisa que se traduce en 32 g de las mismas, se añadió 20 g de anís al alcohol rebajado, todo se mezcló en el rehervidor para generar la evaporación que pasa por la columna de destilación hasta un serpentín intercambiando calor con agua al ambiente, finalmente se recolecto el líquido condensado que es el licor espirituoso.

4.1.7. Cromatografía de gases al tratamiento a₂ b₀ (0,16% de HMM)

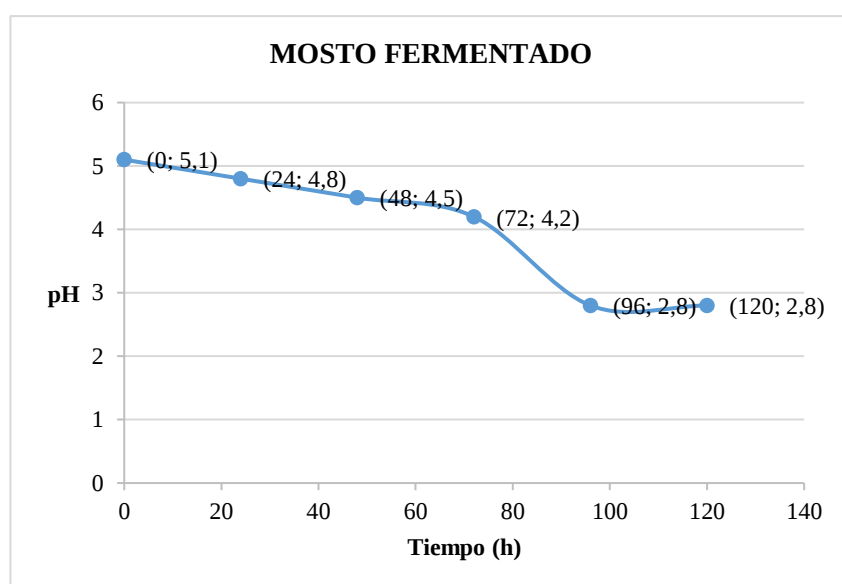
Tabla 14. Concentración de metanol al mejor tratamiento por cromatografía de gases (CG)

TRATAMIENTO	R1	R2	R3
a ₂ b ₀	4,67 mg/100 cm ³	5,01 mg/100 cm ³	4,78 mg/100 cm ³
Puntas	9.73 mg/100 cm ³	9.68 mg/100 cm ³	9.73 mg/100 cm ³

Elaborado por: Chancay. R (2019)

4.1.8. Potencial de hidrogeno (pH) en el mosto fermentado de caña

Gráfico 7. Promedio general de acidificación del mosto fermentado de caña.

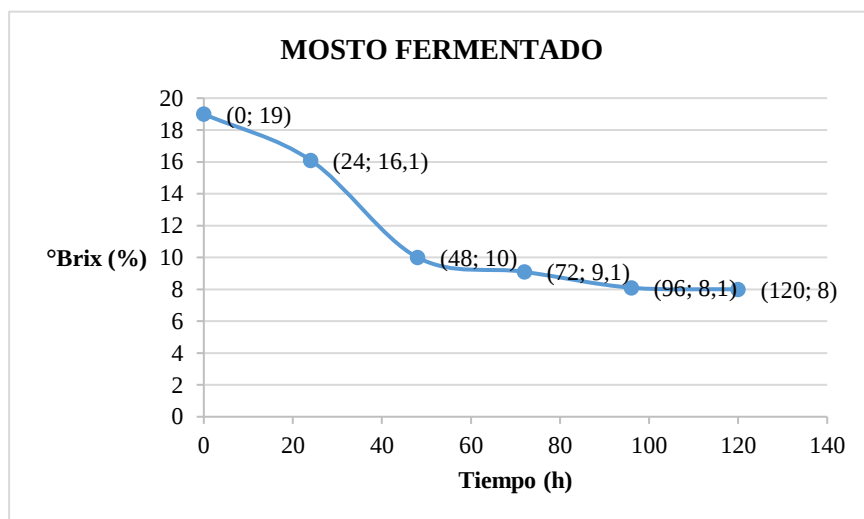


Elaborado por: Chancay. R (2019)

Interpretación: El grafico N°1, se observó la degradación del pH está en función a los días de fermentación del jugo de caña permitiendo que las levaduras consuman el sustrato generando radicales libre, se produjo un pH más bajo con su media en 4,5 por su condición óptima para las enzimas que se introdujeron en la fase estacionaria hasta un límite de 2,8 reflejando su fase de muerte.

4.1.9. Solidos solubles (°Brix) del mosto fermentado de caña

Gráfico 8. Promedio general del consumo de azúcares en función a los días de fermentación



Elaborado por: Chancay. R (2019)

Interpretación: Como se indicó en el gráfico N°2, el promedio del consumo de sólidos solubles en el jugo de caña durante la fermentación fue significativo, se logró un consumo constante cada 24 horas por 4 días, desde 19 °Brix hasta 8 produciéndose una conversión de los azúcares reductores oxidándolos y generando alcohol, mientras mayor sea el consumo de los azúcares mayor grados alcohólicos del mosto.

4.1.10. Acidez titulable del jugo de caña

Se determinó en la investigación el porcentaje de acidez en el mosto antes y posterior a su fermentación para estudiar sus valores. Donde el factor del ácido predominante del jugo de caña es el ácido aconítico (0,058)

Mosto sin fermentar

$$\% \text{ Acidez} = \frac{0,5 \times 1 \times 0,058}{10 \text{ mL}} \times 100$$

$$\% \text{ Acidez} = 0,4\%$$

CAPÍTULO V.
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Discusión

5.1.1. Absorbancia

- **Con respecto al factor A (concentraciones de hojas de mandarina)**

En base a los datos obtenidos en la investigación se observó que existe una absorbancia muy significativa sobre todo en los tratamientos con 0,16% de concentraciones de hojas de mandarina y hierba luisa reflejando 0,91 de absorbancia en 354 nm, fue mayor en comparación de una bebida espirituosa comercial con 0,897 a la misma longitud de onda como lo es el pájaro azul convirtiéndose en la muestra madre en este análisis. Por otra parte las concentraciones de 0,08 reflejo una absorbancia muy baja que valido su aspecto y fase visual en cristalino, mientas que 0,12% no reflejaron una absorbancia significativa que mostró un matiz azul pero no cerca de los parámetros estudiados por la muestra madre.

- **Con respecto al factor B (índice de madurez de hojas de mandarina)**

Los resultados obtenidos demostraron que no hay una gran diferencia en la absorbancia con respecto a los índices de madurez, sin embargo las hojas de mandarina madura conjuntamente con la mezcla con hojas tiernas manifestaron una absorbancia mayor con un promedio de 0,456 y 0,471 respectivamente, en hojas tiernas presentó un promedio de 0,465. La comparación con la muestra madre reflejo que el uso en ese producto fueron hojas de mandarina madura que otorgaron su absorbancia característica.

- **Con respecto a la interacción AB (concentración de hojas de mandarina y hierba luisa con índice de madurez de hojas de mandarina)**

La investigación indicó que los más altos niveles de absorbancia que comprendió de 0,8876 hasta 0,9107 que fue generado por los tratamientos de 0,16% y 0,32% de concentración de hojas de mandarina madura y tierna con hierba luisa, cabe recalcar que el mejor tratamiento fue a₂b₀ (0,32% de HMM con hierba luisa) porque generó la absorbancia más alta (0,917) superando a la muestra comercial con (0,897) en su misma

longitud de onda (354 nm), pudiendo decir que fue similar o con mayor matiz azul que la muestra madre.

5.1.2. Resultados obtenidos en el análisis sensorial de la bebida espirituosa

5.1.2.1. Fase visual

- **Con respecto al factor AB (concentraciones e índices de madurez en hojas de mandarina) en relación al matiz azul**

En los resultados que se manifestaron en la investigación se pudo identificar que los primero 3 tratamientos reflejaron que no hay una perceptibilidad de matiz azul de parte de la bebida espirituosa, mientras que en los otros tratamientos restantes se observaron que se percibe dicha característica. Mantilla C & Rochina Y en 2017 formularon ingredientes de una bebida espirituosa añadiendo 0,93% de hojas de mandarina y 1,44% de anís estrellado obteniendo un color azul, Erazo Sánchez, establece que se utiliza el 0,89-0,95% y anís el 1,90%, además de hierba luisa 1,25-1,33% para que genere una tonalidad azul, según Alarcón y Quishpe formulan el uso de 0,74% de hojas de mandarina, 0,24% de hierba luisa y 0,08% de anís estrellado, donde coincide con el uso de anís estrellado por la investigación realizada.

La comparación con la investigación es que los tratamientos a_0b_0 , a_0b_1 , a_0b_2 , en las cuales se usó el 0,08% de hojas de mandarina conjuntamente con hierba luisa y 0,1% de anís estrellado son razones por lo que no se recepto el color azul y fuera de los porcentajes citados, mientras que desde los tratamientos a_1b_0 (0,12% HMM y hierba luisa) a_1b_1 (0,12% HMT y hierba luisa), a_1b_2 (0,12% MHM y hierba luisa), a_2b_1 (0,16% HMT y hierba luisa), a_2b_2 (0,16% MHM y hierba luisa), se observó el matiz azul siendo el tratamiento a_2b_0 (0,16% HMM y hierba luisa) con más distinción en color azul. Sin embargo no se iguala a los porcentajes citados, la razón es porque se buscó el mejor tratamiento y en que porcentajes es adecuado utilizar las concentraciones de hojas de mandarina madura para que nos genere una coloración azul, que dió como una base utilizar desde 0,12% en adelante.

5.1.2.2. Fase olfativa

- **Con respecto al factor B (índice de madurez de hojas de mandarina) en función al olor**

Los resultados en la investigación mostraron que el uso de hojas de mandarina madura produjeron un aroma floral y de especias, esta última con una mínima diferencia de aceptabilidad, mientras que en las hojas tiernas y su mezcla con hojas maduras causaron un aroma a anisado o especias. Según Rabascall Jaime además del anís, hojas y hierba luisa, se añade frutas, cascara y presas de pollo mismos para obtener un producto unificado tanto olor, siendo el uso de un 5% de anís provocara un olor característico. Según la ISO 5496:2006 una sustancia aromática del anís es el ananol que es un aroma primario y será perceptible con mayor facilidad. Mantilla C & Rochina Y reflejan el uso de anís verde y grande a parte del anís estrellado para que genere un aroma anisado (especias) característico. Según el CIAL el anís está dentro de la clasificación de aromas especiados. En la investigación las hojas de mandarina no generaron un olor significativo, pero si las especias añadidas por lo que es perceptible en todos los factores de estudio.

5.1.2.3. Impresión de licor

- **Con respecto al factor A (concentraciones de hojas de mandarina) en relación a la impresión de la bebida espirituosa**

De acuerdo a los datos obtenidos en la investigación se estableció que los tratamientos con 0,16% de hojas de mandarina y hierba luisa reflejaron un efecto elegante en el licor, similar en los que se aplicó 12% donde hubo dos efectos de equilibrado y elegante, y en el caso del tratamiento más bajo de 0,08% lo establecieron como equilibrado y esto es debido a su carencia en el matiz azul.

Mantilla C & Rochina y Erazo Sánchez citan en sus investigaciones que para generar una bebida espirituosa de matiz azul se tienen que usar concentraciones de hojas de mandarina de 0,70 hasta un 0,95 %, la impresión de un licor se da por las características anteriores que se evaluaron siendo la más importante el color azul por lo tanto los catadores hicieron referencia de que elegancia pertenece a un color azul uniforme y equilibrado a una bebida

cristalina sin la presencia de sólidos. Mientras Jesús Bernad establece que en licores anisados lo que importa es su aroma y gusto característico de las frutas o especias aplicadas, pudiendo ser transparentes en muchos casos, sin embargo son de una elegancia inminente, consecuentemente de muchas bebidas espirituosas su impresión será de acuerdo al público dedicado dicha bebida.

5.1.3. Balance de materia de la bebida espirituosa

En base a los datos obtenidos en la investigación se establecieron que el promedio del rendimiento en la bebida espirituosa es de 7,55%. Campúes y Tarupí indican que el rendimiento del aguardiente de caña en 12 a 14,37 % que fueron valores superiores a los que se obtuvieron en la investigación, sin embargo el factor de rectificado es que afecta, porque se realizaron dos destilaciones obteniendo un licor más puro y de mejor calidad.

Pereira señala que existe un rendimiento de 13% en jugo de caña para la obtención de alcohol etílico, partiendo de que por cada 7,6 litros de jugo se obtiene 1 litro de alcohol de una graduación estándar de 60 °GL, el etanol que se obtuvo tiene un rendimiento del 12,22%, que es similar a la de las investigaciones citadas.

5.1.4. Graduación alcohólica del mejor tratamiento

En relación al mejor tratamiento que fue el a2b0 (0,16 % de HMM) con una graduación alcohólica de 84 °GL. Según Erazo Sanchez, Jairo Joel, se obtiene un alcohol de 72 °GL de olor agradable y con una tonalidad azulada, por otro parte la Universidad Politécnica de Valencia manifiesta que el destilado de un licor rectificado se obtiene de 75 a 80 °GL, por lo que la unidad experimental se encontró en rangos superiores de los citados, por lo que se puede suponer que hubo un mejor manejo del proceso en la obtención del licor, realizándolo gradualmente de manera fraccionada y separando sus cabezas y colas.

Chulde y Simba indican que los licores finos de graduación alcohólica 35-45 °GL que son denominados licores fuertes. Mientras Jesús Bernad establece que en licores anisados el grado alcohólico fluctúa entre 45 y 72 °GL, siendo la unidad experimental dentro de las

investigaciones citadas. Sin embargo el rebajado dependerá estrictamente de que grado alcohólico que se desea así que no es un parámetro fijo.

5.1.5. Concentración de metanol en la bebida espirituosa

En la investigación se observó por medio de cromatografía de gases el tratamiento $a_2 b_0$ (0,16% de HMM) que reflejó una media de 4,68 mg/100 cm³ que se encuentra por debajo del rango máximo de 30 mg/100 cm³ establecido en la norma INEN 375:2015 de alcohol etílico rectificado. Con un máximo de 10 mg/100 cm³ en la norma INEN 370 de bebidas alcohólicas. Anisado. Requisitos, así mismo refleja ese máximo en la norma INEN 362 de bebidas alcohólicas. Aguardiente de caña. Requisitos. La norma internacional NOM-199-SCFI-2017 de Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba, establecen un máximo de 300 mg/100 cm³. La NTE INEN 1837 de Bebidas alcohólicas. Licores y sus requisitos establece un máximo de 10 mg/100 cm³ de metanol.

Por lo tanto se indicó que las normas citadas afirman en poseer cantidades bajas de metanol, lo que demostró un correcto manejo de BPM al elaborar el licor espirituoso. En el caso de las puntas que es un porcentaje del destilado extraído en un 2,5% del total del destilado, conocido como cabeza del licor tiene un valor de 9.73 mg/100 cm³ que fue menor a la norma mexicana, y las anteriores citadas, pero en la norma de alcohol rectificado se observó que sobrepasó el límite permitido por la norma, que causó la concentración de metanol perjudicial para la salud.

5.1.6. Resultados obtenidos del mosto de caña de azúcar

- **pH**

Según los resultados que se expusieron por la investigación el pH del mosto fermentado, inicialmente de 5,1. La comparación, según Cobeña y Looz caracteriza el pH en jugo de caña de la variedad Ragnar en 5,32. Vecilla Rigoberto caracteriza la misma variedad en panela de 6,03 siendo otras condiciones de extracción, mientras que Quezada Walter cita que el jugo de caña de azúcar posee en un rango 5,5 a 5,5. Por lo tanto nuestro valor se

aproximó a los valores de otras investigaciones que género un mosto de carácter semineutro.

En relación al mosto después de la fermentación, el resultado que se encontró en la investigación es una media 4,47. Según un estudio del consumo de ácidos en el ajuste de pH en diferentes medios de fermentación alcohólica de Cuba se reflejó en pH hasta 4,6-4,8, mientras que Campues y Tarupi manifiestan que el pH del mosto ha sido ajustado entre 4 y 4.5 en la fermentación para la producción de etanol. Estos resultados demuestran que el estudio que se efectuó se encontró dentro de los rangos establecidos por los autores, cabe recalcar que el ambiente adecuado para el crecimiento de la levadura es de 4,5-6,5. Cuanto más bajo sea el pH, será de una mayor protección en el ambiente de fermentación ante posibles ataques bacterianos con el fin de competir con las levaduras por los sustratos.

- **Solidos solubles (°Brix)**

En los resultados que se determinaron en la investigación se evidencia que la media de solidos solubles compuestos en la caña de azúcar es de 19,5 °Brix. El centro de investigación de la caña de azúcar en el Ecuador determinó el grado °Brix en una media de 16,3 en la variedad Ragnar, mientras Cobeña y Looz caracterizaron el jugo en un 18,66, por otra parte Rincón Castillo, Álvaro establece un valor de 22.02 correspondiente a la variedad Ragnar. Por lo tanto los valores fueron superiores a los estudios lo que es benéfico para el proceso fermentativo.

5.2. Tratamiento de las hipótesis

En función a los resultados que se generaron en la investigación, se acepta la hipótesis alternativa porque la concentración y el índice de madurez de hojas de mandarina mezcladas con hierba luisa tuvo variabilidad en los valores de absorbancia y en las características sensoriales de la bebida espirituosa elaborada. Los índices de madures estudiados en esta investigación no tuvo mayor significancia en la absorbancia, pero si en el sabor fuerte de la bebida que fueron las maduras y la mezcla con tiernas.

CAPITULO V.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se determinó que la concentración de hojas de mandarina maduras conjuntamente mezcladas con hierba luisa y anís generan una absorbancia de 0,911 que es mayor a la muestra de una bebida espirituosa comercial con 0,897, se produjo un mayor color azul con las características aromatizadas establecidas.
- Se concluye la aceptabilidad de la bebida espirituosa destacando el tratamiento a_2b_0 (0,16% de hojas de mandarina maduras con Hierbaluisa), se aplicó de 32 g de hojas maduras mezcladas con hierba luisa, y 20 g de anís estrellado en la rectificación, que fue la más importante por la percepción del matiz azul del licor espirituoso, además de la olfativa, gustativa e impresión del licor en su totalidad que es similar a investigaciones de producción de licores espirituosos.
- Se concluye que en la producción de elaboración de bebida espirituosa tiene un rendimiento de 7,34% para el mejor tratamiento que en su rectificación se produjo un alcohol de mayor grado brix (19 °Brix), pH (4,5) y con una graduación alcohólica de 85 °GL, se logró generar un alcohol fino con un rendimiento correcto para su producción.
- Las concentraciones de metanol en el mejor tratamiento fueron favorables en su producción con una media de 4,68 mg/100 cm³ que estuvo por debajo de gran manera significativa de los rangos máximos de concentración de metanol de normas establecidas y sobre todo en la rectificación de la norma INEN 375 de alcohol étílico rectificado, por consecuencia se creó un licor espirituoso con BPM y aptos para el consumo humano.

6.2. Recomendaciones

- En vista a los resultados determinados, se recomienda una mejor tecnificación en rendimiento de destiladores, se debe controlar el parámetro más fundamental en esta operación unitaria que es la temperatura sugirieron que se mantenga de 70-79 °C, ser constantes en su mayoría durante todo el proceso de destilación.
- Se recomienda el uso de 32 g de hojas de mandarina maduras mezcladas con hierba luisa y 20 g de anís estrellado en la destilación del aguardiente de caña para la elaboración de un licor espirituoso con características sensoriales aceptables destacando el matiz azul.
- Se recomienda un buen manejo de buenas prácticas de manufactura desde la obtención de la materia prima, ser determinantes en el periodo de fermentación al controlarlo, de tal manera que se produzca solo fermentación anaerobia, con la finalidad de obtener un licor de calidad y exento de riesgo para el consumidor
- Se recomienda un estudio más exhaustivo de manera bioquímica en las hojas de mandarina que son el pilar fundamental en la formación del matiz azul característico de este producto, por lo que se generaría mejores expectativas en los compuestos que reaccionan conjuntamente con el proceso de destilación, con el objetivo de conocer que aceites esenciales se requiere en nuestra bebida en posteriores investigaciones.

CAPITULO VI.
BIBLIOGRAFÍA

7.1. Bibliografía

- [1] J. M. Cote Orozco, «Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad,» AAPAUNAM , Mexico, 2010.
- [2] G. E. Angelini y M. E. Ayala , «La evolución de las bebidas a través de la historia,» Técnico Superior en Gestión Gastronómica, Seminario de Integración Santa Fe, Santa Fe, 2014.
- [3] E. Avilés Pino, «Enciclopedia del Ecuador,» MUIG, Guayaquil, 2013.
- [4] EL COMERCIO, «16 muertos por alcohol metílico en Quito; 4 000 litros de bebida alcohólica sin registro sanitario se incautaron,» *Diario EL COMERCIO*, pp. 10-11, 30 Octubre 2017.
- [5] EL UNIVERSO, «Van doce fallecidos por tomar licor adulterado en Ecuador,» *Diario EL UNIVERSO*, p. 2, 29 Octubre 2017.
- [6] El Telégrafo, «Una persona falleció por consumo de licor adulterado en Guayaquil,» *Diario El Telégrafo*, pp. 15-16, 04 Febrero 2018.
- [7] J. A. Rabascall Tutiven, «Proceso de embotellamiento y comercialización del aguardiente Pájaro Azul en la ciudad de Guayaquil plan financiero,» Universidad Casa Grande, Guayaquil, 2011.
- [8] L. Benítez, Culturas ecuatorianas: ayer y hoy, Cayambe: Abya Yala, 1993.
- [9] FEBE, «Las Bebidas Espirituosas,» FEBE, España, 2016.
- [10] INEN 338, Bebidas alcohólicas, definiciones, Quito: INEN, 1992.
- [11] F. Claude , Enología : fundamentos científicos y tecnológicos, Segunda ed., España: Mundi Prensa Libros S.A. : A. Madrid Vicente, Ediciones, 2003.
- [12] K. Rivera-García, «La identidad del licor artesanal Pájaro Azul y su influencia en la decisión de compra entre las personas de 18 a 25 años de edad de la ciudad de Guaranda, Provincia Bolívar, año 2015,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016.
- [13] L. H. Guapulema Silva y D. J. Crespo Zuñiga, «Proyecto de exportación de licor de caña "Pájaro Azul" de la empresa CESARLAC CIA. LTDA. De la ciudad de Guaranda, hacia el mercado de Madrid España,» ESPOCH, Riobamba, 2014.

- [14] F. Carretero Casado, «Procesos de fabricación de bebidas alcohólicas,» INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS, Mexico, 2015.
- [15] NTE INEN 362, «Bebidas Alcohólicas. Aguardiente de caña. Requisitos,» INEN, Quito, 2014.
- [16] Cybertesis, «Agave americana (Maguey).,» UFHEALTH, University of Florida Health, 2005.
- [17] NTE INEN 1837, «Bebidas alcohólicas. Licores. Requisitos,» INEN, Quito, 2016.
- [18] T. Owen, Fundamentos de la espectroscopía UV-visible moderna, Alemania: Copyright Agilent Technologies, 2000.
- [19] . J. Santos Serkovic, «Introducción a la Espectro Fotometría en el análisis de Alimentos Recopilación del curso,» Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, 2006.
- [20] S. Otles, Handbook of Food Analysis Instruments, Texas: ilustrada, 2016.
- [21] P. Colantoni, «Color space transformations,» UNEM, London, 2014.
- [22] MAGAP, « Boletín Económico de Zonas – Informe de Caña,» Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Quito, 2013.
- [23] J. E. Larrahondo , «composicion de la caña de azucar,» CENICAÑA, Guayaquil, 2010.
- [24] J. E. Larrahondo, «Definición y alcances de la alcoquímica: la calidad de las materias primas y su impacto en le proceso alcoquímico,» AETA, Guayaquil, 2013.
- [25] J. A. Solís Fuentes, K. Calleja Zurita y M. Del Carmen, «Desarrollo de jarabes fructosados de caña de azúcar a partir del guarapo,» *Tecnología, Ciencia, Educación*, vol. 25, nº 1, 2010, pp. 53-62, 2010.
- [26] R. Jiménez, N. González, M. Hernández y N. Ojeda, «La caña de azúcar como alimento funcional,» *Revista Iberoamericana de Ciencias*, vol. I, nº 3, pp. 32-39, 2014.
- [27] P. . C. STAMPELLA, . G. Delucchi y H. A. KELLER, «Etnobotánica de citrus reticulata (Rutaceae, Aurantioideae),» BONPLANDIA, Argentina, 2014.
- [28] A. D. Casaca, «Documento Técnico, Guías Tecnológicas De Frutas Y Vegetales, El Cultivo de Mandarina (Citrus reticulata).,» PROMOSTA, Costa Rica, 2005.

- [29] J. . E. Padrón Chávez, «Variedades comerciales de cítricos para Nuevo León y Tamaulipas,» Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias , México, 2007.
- [30] A. S. Stacey López., «Estudio y análisis de la variedad de mandarina tipo común,» UIDE, Quito, 2014.
- [31] G. Ancillo y A. Medina, «Los cítricos,» Jardín Botánico de la Universitat de València, Valencia, 2015.
- [32] A. Cáceres, Plantas de Uso Medicinal en Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996, pp. 150-155, 228-230, 283-286. .
- [33] La Face. F, 1968, Deriv. Agrum., p. 38.
- [34] R. Negrelle y . E. GOMES, «Cymbopogon citratus (DC.) Stapf : chemical composition and biological activities,» Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil, 2007.
- [35] R. Soto Ortiz, G. Vega Marrero y A. L. Tamajón Navarro, «Instructivo técnico del cultivo de Cymbopogon citratus (D.C) Stapf (caña santa),» *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, vol. II, nº 2, 2002.
- [36] M. Guerra Ordóñez. , M. Rodríguez y G. García Simón , «Actividad antimicrobiana del aceite esencial y crema de Cymbopogon citratus (DC). Stapf,» Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos, Habana, 2004.
- [37] G. Shah , . R. Shri , V. Panchal , N. Sharma y B. Singh, «Base científica para el uso terapéutico de Cymbopogon citratus , stapf (hierba de limón,» *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, EEUU, 2011.
- [38] H. G. Schutz, «Sources invalidity in the Sensory Evaluation of Food. Food Techn,» IFT, EEUU, 1971.
- [39] A. ANZALDÚA MORALES, La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica., Zaragoza: Acribia, S.A., 1994.
- [40] J. J. Sancho i Valls y E. Bota Prieto, Introducción al análisis sensorial de los alimentos, Barcelona: Alfaomega, 2002.
- [41] M. A. Anzaldúa, La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica, Zaragoza: Acribia, 1998.

- [42] . J. Sancho, E. Bota y J. J. Castro, *Análisis Sensorial de los Alimentos*, Barcelona: Alfaomega, 2002.
- [43] E. HERNANDEZ, «EVALUACION SENSORIAL,» UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y ADISTANCIA – UNAD, Bogotá, 2005.
- [44] M. Macek, «Zonadiet.com – Bebidas,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.zonadiet.com/bebidas/destilacion.htm>. [Último acceso: 22 Julio 2019].
- [45] Y. Simunovic Estay, «Manual de bebidas alcoholicas y vinagres,» SAG, Chile, 1999.
- [46] V. Medina-Carrillo y M. Sánchez-Salinas, «Diseño y construcción de un equipo de destilación para la purificación del aceite usado procedente de vehículos,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2012.
- [47] J. Ortiz Calderon y X. Pinzon Castillo, «Rediseño de la columna de destilación del laboratorio de operaciones unitarias a proceso continuo y la posterior adaptacion de un filtro molecular para la obtención de Alcohol Anhidro,» UG, Guayaquil, 2007.
- [48] S. I. Adriano Yubailli y V. P. Valle Freire, «Diseño y contrucción de una torre de destilación con rectificación para la purificación del thinner usado procedente de las mecánicas automotrices,» ESPOCH, Riobamba, 2012.
- [49] ENCARTA, «Etanol, caeacteristicas,» Microsoft Encarta., 2008.
- [50] J. Chen, *Manual del Azúcar de caña*, Mexico: Limusa, 1991, p. 492.
- [51] L. P. Olguín Pérez y H. . M. Rodríguez Magadán , «CROMATOGRFÍA DE GASES,» UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, Mexico, 2004.
- [52] Agilent Technologies , «Fundamentos de la cromatografía de gases: teoría,» Agilent Technologies , Quito, 2016.
- [53] J. K. Campués Tulcán y . J. C. Tarupí Rosero, *Obtención de Alcohol a partir de jugo de caña, cachaza y melaza, mediante la incorporacion de dos niveles de fermento (Saccharomyces cerevisiae)*, Ibarra: UTN, 2011.
- [54] Y. B. Buena García y L. O. Collay Yanchaliquin, «“Cunatifiacación del contenido de metanol en tres bebidas alcohólicas tradicionales producidas, en diferentes localidades en el cantón Echeandia Provincia Bolivar,» UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR , Guaranda, 2015.

- [55] L. E. Guadalupe García y E. R. Sanchez Estevez, «Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora, envasadora y comercializadora de licores de sabores en la ciudad de Guaranda, como un medio de atractivo turístico.,» Universidad Politecnica Salesiana , Quito, 2014.
- [56] J. Escobar Baquerizo, «Análisis del origen y variedades del aguardiente Pájaro Azul y el consumo en la ciudad de Guayaquil.,» UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Guayaquil. , 2018.
- [57] D. S. Abad Revelo, «Proceso de producción de licor Pájaro Azul, para convertirlo en producto exportable con estándares de calidad,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2013.
- [58] K. M. Rivera García, «— La identidad del licor artesanal pájaro azul y su influencia en la decisión de compra entre las personas de 18 a 25 años de edad de la ciudad de guaranda, provincia bolívar, año 2015,» UTA, Ambato, 2016.
- [59] INIAP, *Anuario Meteorológico*, 2013.
- [60] J. J. Zubcoff , «Introducción al diseño experimental y al análisis de datos,» Universidad de Alicante, España, 2012.
- [61] INEN 340, «Bebidas alcohólicas. Determinacion del contenido de alcohol etílico. Metodo del alcoholímetro de vidrio,» INEN, Quito, 2016.
- [62] NTE 2014, «BEBIDAS ALCOHÓLICAS. DETERMINACIÓN DE PRODUCTOS CONGÉNERES POR CROMATOGRAFÍA DE GASES,» INEN, Quito, 2015.
- [63] HACH, «DR3900 Espectrofotómetro con tecnología RFID,» HACH, EEUU, 2019.
- [64] J. d. D. Alvarado, *Principios de Ingeniería Aplicados en Alimentos*, Ambato: UTA, 2014.
- [65] G. Goyenola, «Determinación del pH. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas residuales.,» Washington, 2007.
- [66] «NTE INEN-ISO 2172. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES,» Quito - Ecuador, 2014.
- [67] AOAC 939.05, «Official Methods of Analysis,» Association of Official Analytical Chemists, USA, 2000.
- [68] N. Duran , N. Zapata y H. García, «Manual de Elaboración de Panela y otros Derivados de la Caña,» CIMPA. ICA, Bogota, 1992.

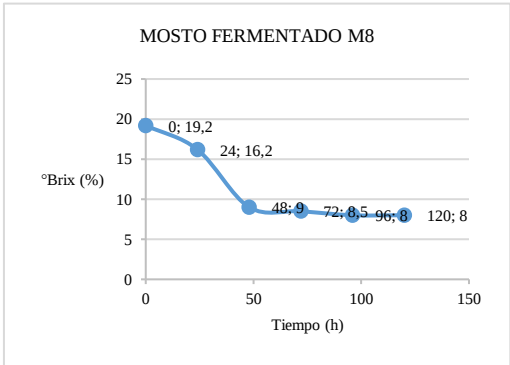
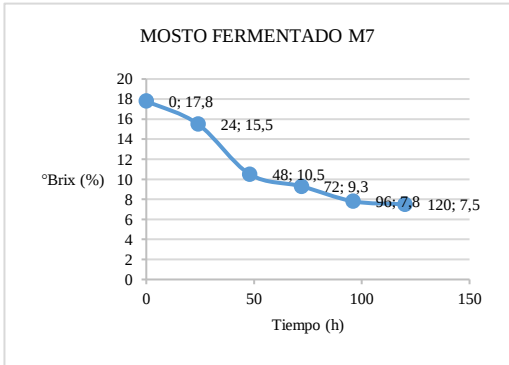
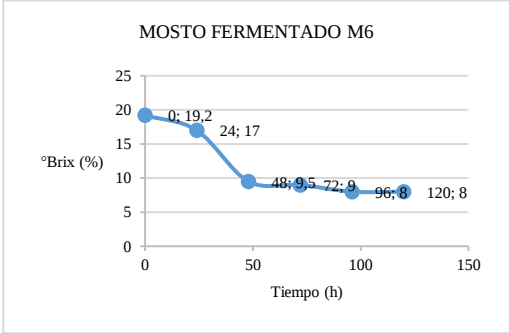
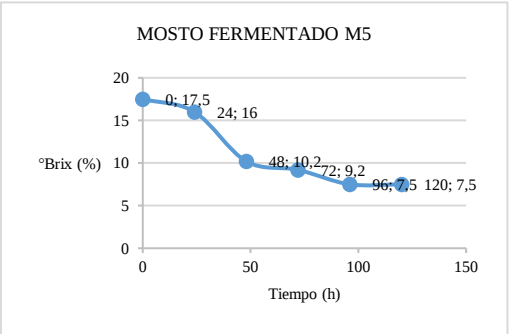
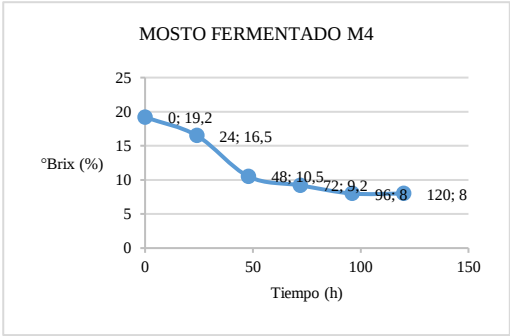
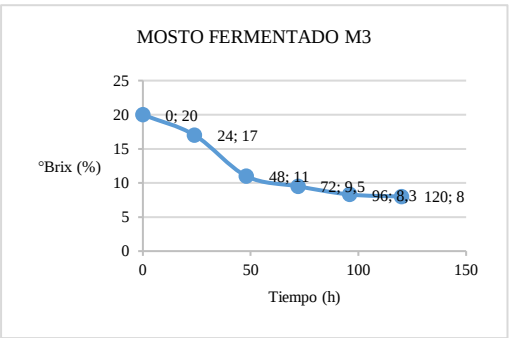
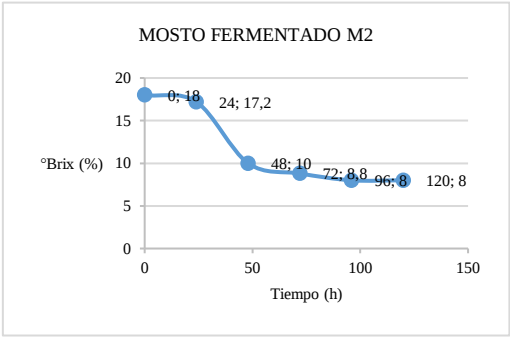
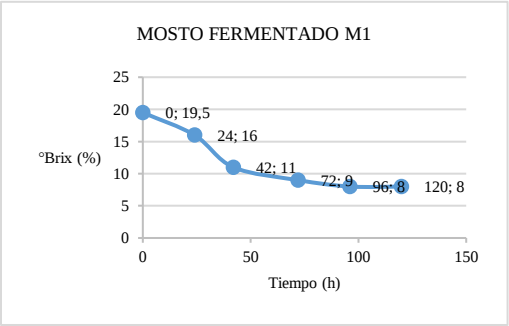
- [69] M. E. Aguirre Ramírez, «Jugo de caña de azúcar envasado en vidrio,» ESPOL, Guayaquil, 2011.
- [70] J. J. Cobeña Morán y I. F. Llor Chávez, Caracterización físico-química del jugo de cinco variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la hacienda el Jardín, Calceta: SPAMMFL, 2016.
- [71] W. Quezada Moreno, «Guía técnica de agroindustria panelera,» UTN, Ibarra, 2007.
- [72] R. Y. Vecilla Otacoma, «Caracterización de variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) para la producción panelera en el cantón Junín, Ecuador,» UG, Junín, 2016.
- [73] L. Rojas Sariol, . L. Acosta y . D. López, «Estudio del consumo de ácidos en el ajuste de pH en diferentes medios de fermentación alcohólica,» *redalyc*, vol. 45, n° 2, pp. 57-62, 2011.
- [74] B. Aucatoma, K. Fajardo y B. Chicaiza, «Comparación de tres métodos para el análisis porcentual de caña de azúcar,» CINCAE, Guayaquil, 2009.
- [75] A. Rincón Castillo, «Evaluación agronómica y nutricional de variedades de caña de azúcar con potencial forrajero en el Piedemonte Llanero,» investigador, Programa de Fisiología y Nutrición Animal, CORPOICA, Colombia, 2005.
- [76] J. . J. Erazo Sanchez, «“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESTILACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE LICOR ANISADO EN LA EMPRESA DESTILERÍA BOLÍVAR,» ESPOCH, Riobamba, 2018.
- [77] D. V. Chulde Morales y . I. . R. Simba Alpala, «Obtención de licor de Savia de Penca Azul (*Agave americana*),» UTA, Ibarra, 2011.
- [78] J. Bernard, «Destilados espirituosos,» Geo Planeta, España, 2018.
- [79] F. C. Mantilla Calero y I. . Y. Rochina Rea, «Caracterización del proceso artesanal de la bebida alcohólica tradicional denominada Pajaro Azul en el cantón Echeandia - Provincia Bolívar,» Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, 2017.
- [80] D. S. Alarcón Alarcón y V. R. Quishpe Yanchaliquin , «Caracterización del proceso artesanal de la bebida alcohólica tradicional denominada Pajaro azul en la provincia Regulo de Mora de la provincia de Bolívar,» UEB, Guaranda, 2017.
- [81] ISO 5496, «Análisis sensorial - Metodología - Iniciación y capacitación de evaluadores en la detección y reconocimiento de olores.,» ISO, Suiza, 2006.

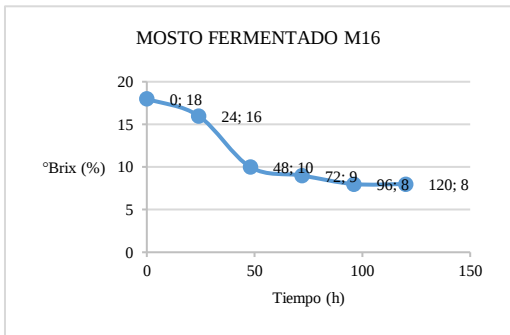
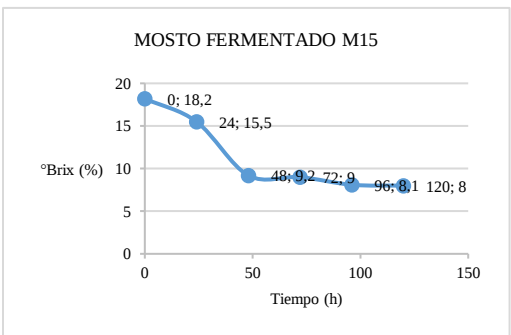
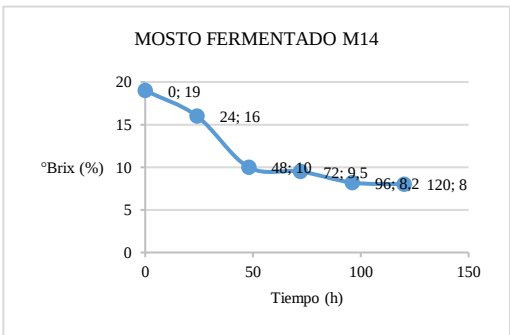
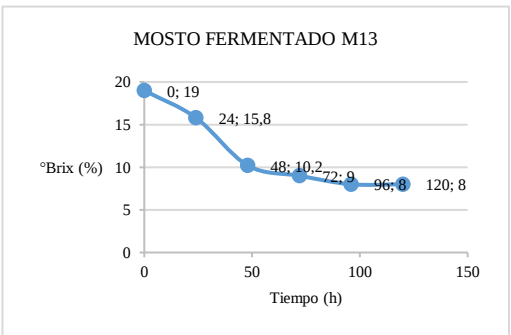
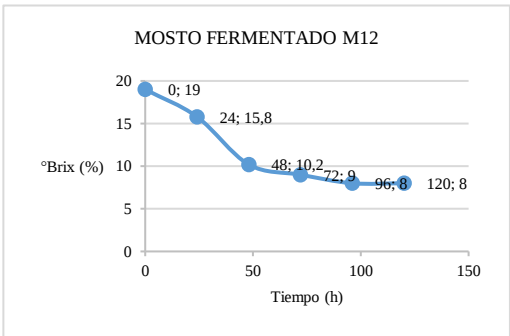
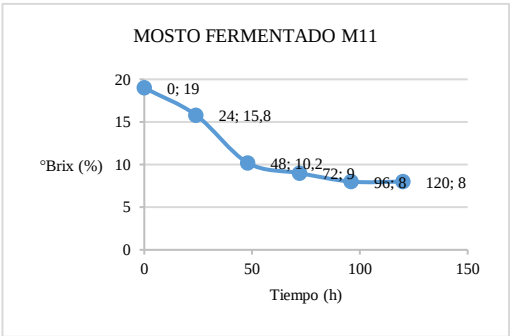
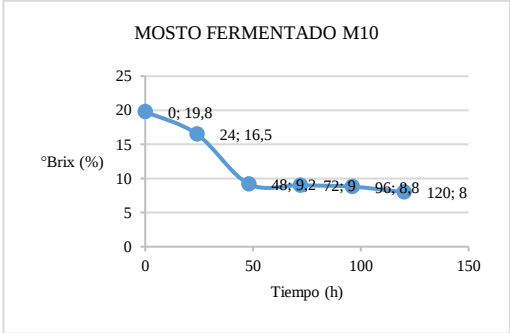
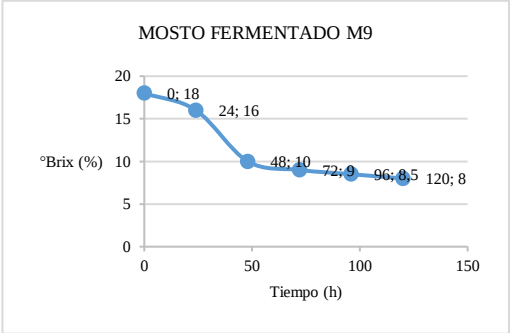
[82] INEN 370, «Bebidas alcohólicas. Anisado. Requisitos,» INEN, Quito, 2015.

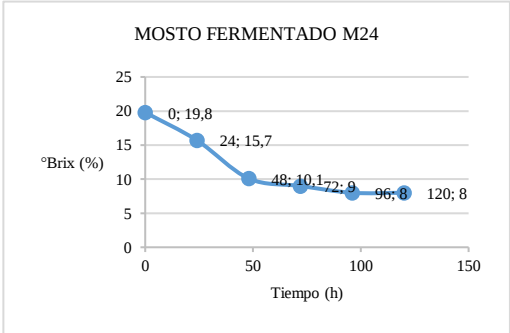
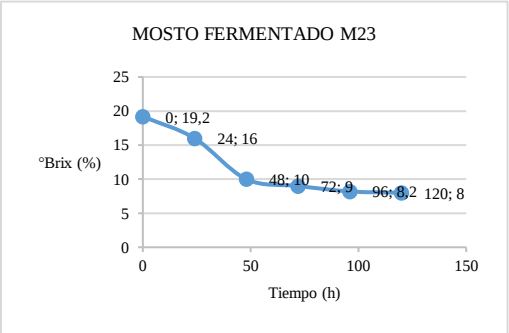
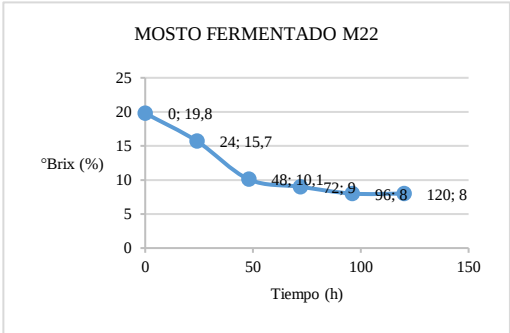
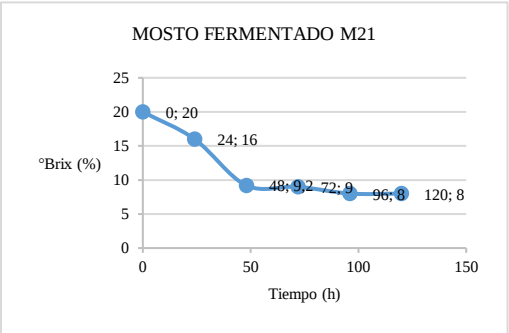
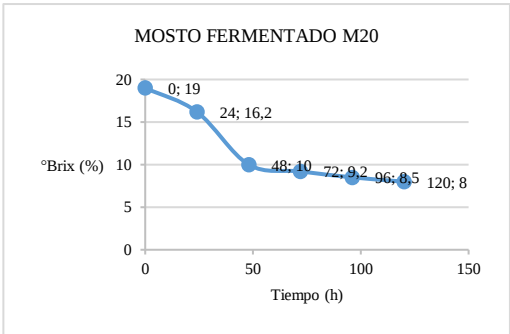
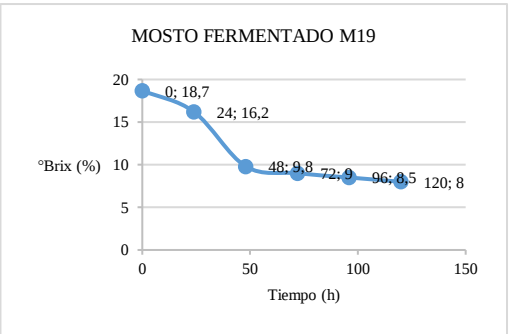
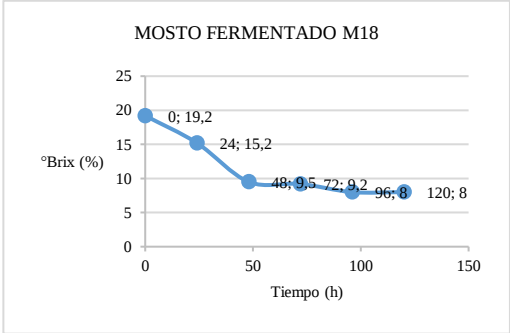
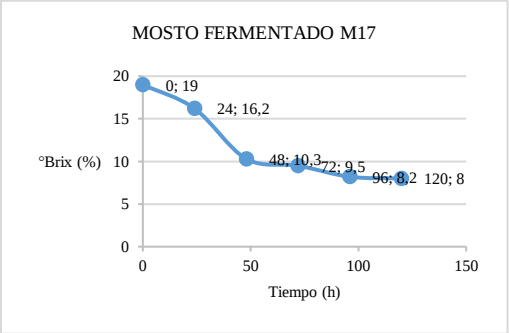
[83] INEN 375, «Bebidas alcohólicas. Alcohol Etílico Rectificado. Requisitos,» INEN, Quito, 2015.

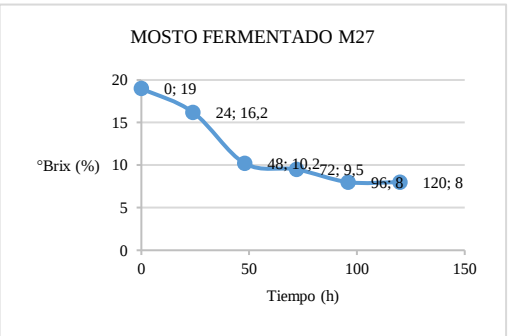
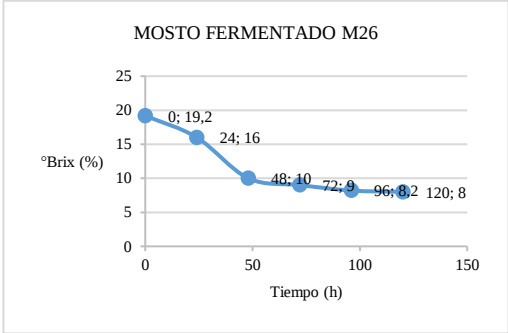
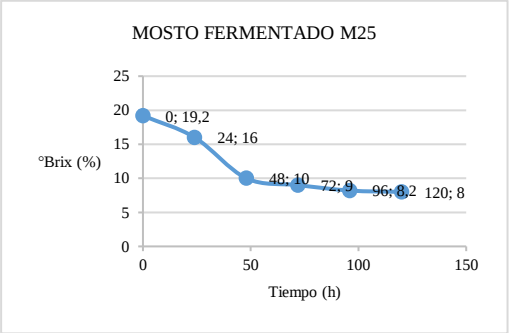
CAPÍTULO VII.
ANEXOS

Anexo 1. Graficas de todas las muestras en consumo de grados brix del jugo de caña









Anexo 2. Proceso de elaboración y análisis de la bebida espirituosa



**Obtención de caña
variedad Ragnar**



Extracción del jugo caña



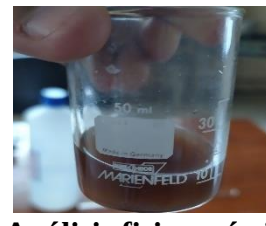
Obtención del guarapo



Circulación



Tamizado



**Análisis fisicoquímico
del jugo de caña**



**Analisis fisicoquimicos del
jugo de caña**



Fermentación anaerobia



**Trampas de oxígeno y
toma de muestras**



Limpieza del destilador



**Pesado de hojas de
mandarina madura**



**Pesado de hojas de
hierba luisa**



Pesado del anís estrellado



Mosto fermentado



Lavado de hojas



Estrusion de las hojas de mandarina



Hojas de mandarina extruidas



Introducir los ingredientes



Separacion de las puntas



Obtencion del licor destilado



Medición de grado alcohólicos



Envasado



Análisis del perfil sensorial



Análisis de absorbancia



Gráfico de longitud de onda

Anexo 3. Resultados de concentración de metanol del mejor tratamiento



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-IN.46402c

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CHANCAY ROBERT
Dirección:	CARAPUNGO 1RA ETAPA
Teléfono:	0978720021

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra de:	ALCOHOL		
Descripción:	ALCOHOL ETÍLICO (TR96)		
Lote	---	Contenido Declarado:	200mL
Fecha de Elaboración:	---	Fecha de Vencimiento:	---
Fecha de Recepción:	2019-11-05	Hora de Recepción	10:20:53
Fecha de Análisis:	2019-11-12	Fecha de Emisión:	2019-11-12
Material de Envase:	---		
Toma de Muestra realizada por:	El cliente.		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico.	Olor:	Característico.
Estado:	Líquido.	Conservación:	Al Ambiente

RESULTADOS INSTRUMENTAL

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA	ESPECIFICACIONES
GRADO ALCOHOLICO	81	°GL	MIN-06	INEN 340	Min. 96 °GL
METANOL	4.67	mg/100 cm³ AA	MIN-24	CG	Max. 1.5 mg/100 cm³AA

Nota 1: Las opiniones, interpretaciones, etc., se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.

Nota 2: Los resultados obtenidos en el producto analizado, NO CUMPLEN con las especificaciones dadas por la Norma NTE INEN 375. Bebidas alcohólicas. Alcohol etílico de origen agrícola. Requisitos. Tabla 1 Requisitos físicos y químicos para el alcohol etílico de origen agrícola. (Alcohol etílico extraneutro).

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca Cia. Ltda.
Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos está a disposición del cliente cuando lo solicite.



Quimi. Mercedes Parra
Quimi. Mercedes Parra
Jefe División Instrumental



EDMUNDO CHIRIBOGA N47-154 Y JORGE ANIBAL PAEZ
La concepción - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
Telf: (02) 226 7895, 226 9743, 244 4670 / email: informes@multianalityca.com

Desarrollado por RocioSoft.com pág. 1/1

RIN-4.1-06 / Edición RG: 03

Anexo 4. Resultados de concentración de metanol de puntas extraído



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-IN.46402a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CHANCAY ROBERT
Dirección:	CARAPUNGO 1RA ETAPA
Teléfono:	0978720021

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra de:	ALCOHOL		
Descripción:	ALCOHOL ETÍLICO (ZH5)		
Lote	---	Contenido Declarado:	200mL
Fecha de Elaboración:	---	Fecha de Vencimiento:	---
Fecha de Recepción:	2019-11-05	Hora de Recepción	10:20:53
Fecha de Análisis:	2019-11-12	Fecha de Emisión:	2019-11-12
Material de Envase:	---		
Toma de Muestra realizada por:	El cliente.		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico.	Olor:	Característico.
Estado:	Líquido.	Conservación:	Al Ambiente

RESULTADOS INSTRUMENTAL

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA	ESPECIFICACIONES
GRADO ALCOHOLICO	84	°GL	MIN-06	INEN 340	Min 96 °GL
METANOL	9.73	mg/100 cm ³ AA	MIN-24	CG	Max 1.5 mg/100 cm ³ AA

Nota 1: Las opiniones, interpretaciones, etc., se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.

Nota 2: Los resultados obtenidos en el producto analizado, NO CUMPLEN con las especificaciones dadas por la Norma NTE INEN 375. Bebidas alcohólicas. Alcohol etílico de origen agrícola. Requisitos. Tabla 1 Requisitos físicos y químicos para el alcohol etílico de origen agrícola. (Alcohol etílico extraneutro).

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca Cia. Ltda.
Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos está a disposición del cliente cuando lo solicite.



[Firma]
Quím. Mercedes Parra
Jefe División Instrumental



EDMUNDO CHIRIBOGA N47-154 Y JORGE ANIBAL PAEZ
La concepcion - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
Telf: (02) 226 7895, 226 9743, 244 4670 / email: informes@multianalityca.com

Desarrollado por RocioSoft.com pág. 1/1

RIN-4.1-06 / Edición RG: 03

Anexo 5. Informe de resultado de cromatografía de gases en hojas de mandarina maduras



INFORME DE RESULTADOS

SA 46626

Cliente:	CHANCAY ROBERT		
Dirección:	CARAPUNGO 1ERA ETAPA		
Tipo de Muestra:	ALIMENTO	Fecha de Emisión:	08-12-2019
Descripción:	HOJAS DE MANDARINA		

CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS

Color: Característico	Olor: Característico	Estado: Sólido
Contenido Declarado: 345g	Contenido Encontrado: 345g	
Observaciones	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.	

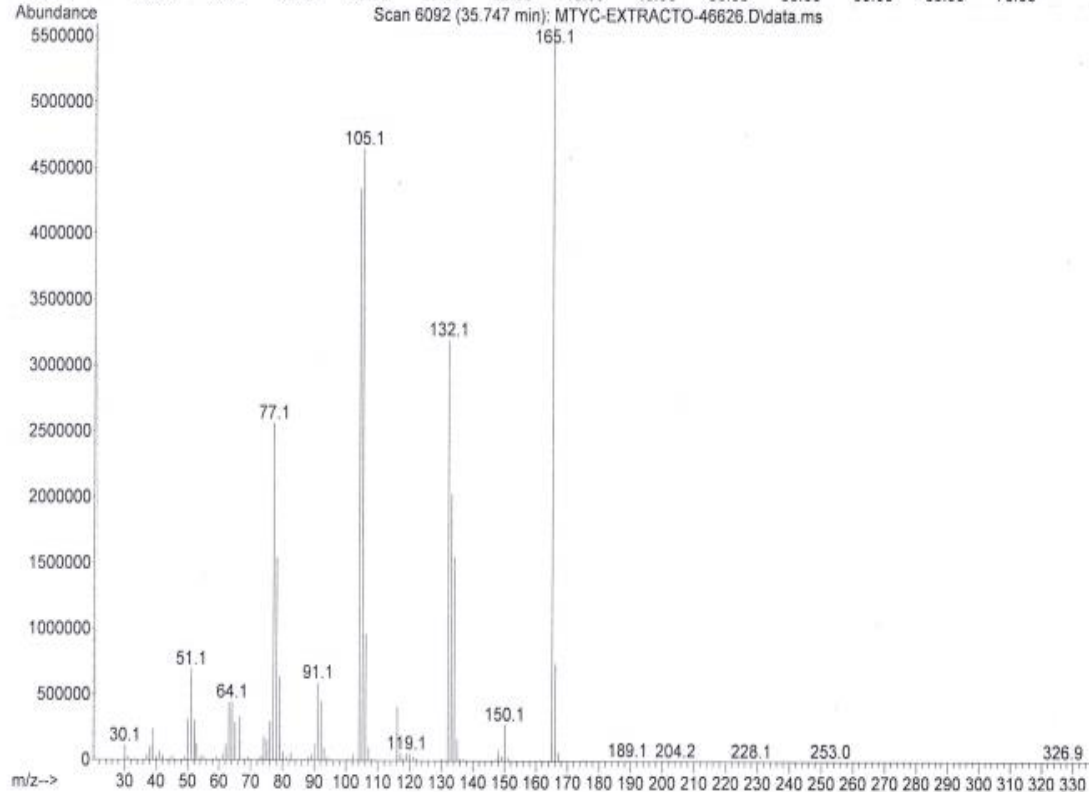
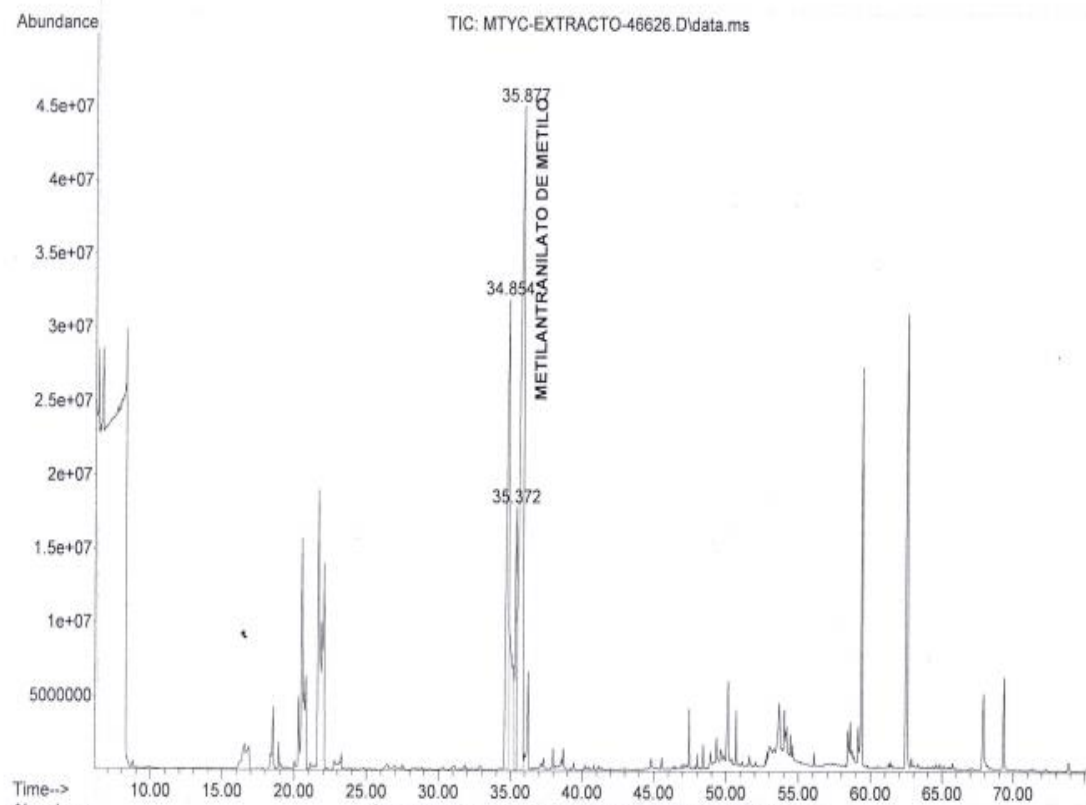
RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA
°METILANTRANILATO DE METILO	Presencia/Ausencia	Presencia	CG-MSD	Método para compuestos orgánicos en aceites esenciales: Método de Agilent Technologies, Catálogo de aplicaciones 2015, Cromatografía de gases con MSD

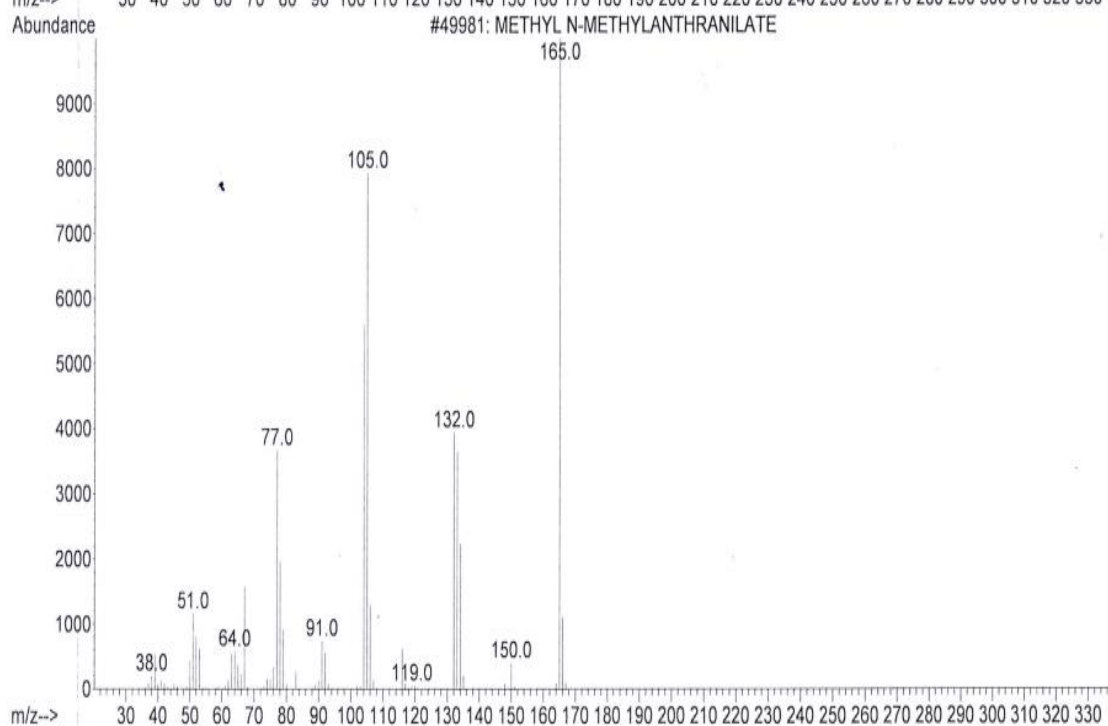
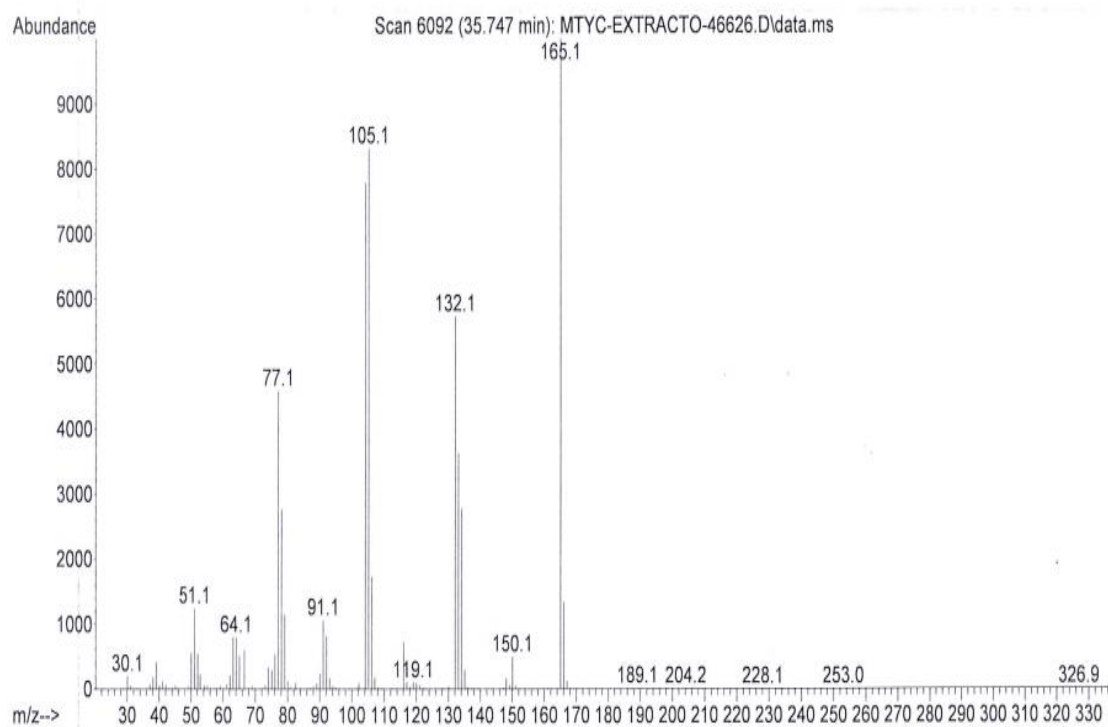
Nota 1: Los ensayos marcados con (°) son subcontratados


Ing. José Carrera Z.
ASISTENTE TÉCNICO

File :D:\DATOS msd\ACEITES ESENCIALES\ACEIT ESENCIAL 191207 MTYC 4
 ... 4327 MANDARINA\MTYC-EXTRACTO-46626.D
 Operator : KP
 Instrument : GC-MSD KP
 Acquired : 7 Dec 2019 20:28 using AcqMethod ACEITES ESCENCIALES DB-5.M
 Sample Name: MTYC-EXTRACTO-46626
 Misc Info : ANALISIS DE COMPONENTES EN EL EXTRACTO



Library Searched : C:\Database\Wiley275.L
Quality : 98
ID : METHYL N-METHYLANTHRANILATE



Anexo 6. Ficha de análisis sensorial



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Evaluación sensorial de la bebida espirituosa

Muchas gracias por la participación en la encuesta para la aceptación sensorial, a continuación, se detallan instrucciones a seguir:

Instrucciones:

- Usted recibirá muestras experimentales de la bebida alcohólica las cuales deberá evaluar las características citadas.
- Por favor deguste las muestras en su orden de preferencia, marcando con una X tomando en cuenta su nivel de agrado.
- Enjuáguese la boca con un poco de agua antes de pasar a la muestra siguiente.

Características:	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Fase visual									
Limpidez:									
Opaco									
Turbio									
Cristalino									
Matices de color azul									
Fase olfativa:									
Especias									
Floral									
vegetales									
Frutal									
Fase gustativa									
Suave									
Astringente									
Ardiente									
Impresión del licor									

Armónico									
Equilibrado									
Elegante									
Agradable									

Observaciones:_____

Anexo 7. Índice de madurez de las cañas de investigación

En la investigación se tomó muestras completamente al azar, enfocándose en la producción de jugo de caña para la elaboración de aguardiente. Tomando 11 cañas del cultivo directo a la producción dando como resultado los siguientes datos:

Caña variedad Ragnar	SOLIDOS SOLUBLES (°Brix)		IM	Índice de Madurez
	Terminal	Basal		
1	19	21	0,91	Inmaduro
2	17,5	21	0,83	Inmaduro
3	15,5	19,5	0,79	Inmaduro
4	17,5	21	0,83	Inmadura
5	16,5	19,5	0,85	Inmadura
6	17,5	21	0,83	Inmadura
7	17	19	0,89	Inmadura
8	19,5	20	0,98	Madura
9	18,5	19,5	0,95	Madura
10	17,5	20,5	0,85	Inmadura
11	17	19,5	0,87	Inmadura
Promedio	17,55	20,14	0,90	Inmadura

Anexo 8. Rendimiento en las unidades experimentales de la investigación

Tratamientos	Volumen del mosto (L)	Rendimiento (%)		
		R1	R2	R3
a ₀ b ₀	11	8,95	6,18	9,26
a ₀ b ₁	11	7,20	5,93	7,85
a ₀ b ₂	11	6,79	7,20	6,18
a ₁ b ₀	11	8,83	7,77	7,11
a ₁ b ₁	11	7,67	7,38	7,12
a ₁ b ₂	11	6,35	7,89	8,28
a ₂ b ₀	11	6,86	7,38	7,99
a ₂ b ₁	11	9,02	8,84	8,80
a ₂ b ₂	11	7,20	7,58	7,76

Anexo 9. Grado alcohólico de la bebida espirituosa en función a lo solidos solubles.

Tratamientos	R1			R2			R3		
	BR _i	BR _f	°GL	BR _i	BR _f	°GL	BR _i	BR _f	°GL
a ₀ b ₀	19,5	8	73	18	8	78	20	8	75
a ₀ b ₁	19,2	8	84	17,5	7,5	81	19,2	8	77
a ₀ b ₂	17,8	7,5	75	19,2	8	84	18	8	78
a ₁ b ₀	19,8	8	77	19	8	76	19	8	81
a ₁ b ₁	19	8	78	19	8	80	19	8	84
a ₁ b ₂	18,2	8	81	19	8	73	19,2	8	73
a ₂ b ₀	19	8	84	19,2	8	84	19,8	8	84
a ₂ b ₁	20	8	76	19,8	8	75	18,7	8	75
Promedio	19	8	80	19	8	77	19,2	8	77