



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL BAGAZO DE MARAÑÓN  
(*Anacardum occidentale L.*) PARA LA ELABORACIÓN DE VINOS A NIVEL  
LABORATORIO**

**Andrea Alejandra Valenzuela Ramos**

Asesorado por la Inga. Hilda Piedad Palma Ramos

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL BAGAZO DE MARAÑÓN  
(*Anacardum occidentale L.*) PARA LA ELABORACIÓN DE VINOS A NIVEL  
LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ANDREA ALEJANDRA VALENZUELA RAMOS**  
ASESORADO POR LA INGA. HILDA PIEDAD PALMA RAMOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl De León De Paz
EXAMINADORA	Inga. Mercedes Esther Roquel Chávez
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL BAGAZO DE MARAÑÓN (*Anacardum occidentale L.*) PARA LA ELABORACIÓN DE VINOS A NIVEL LABORATORIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 20 de noviembre de 2013.

**Andrea Alejandra Valenzuela Ramos**

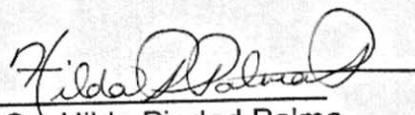


Guatemala, 28 de abril de 2015

Ingeniero  
Carlos Salvador Wong Davi  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Su Despacho

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que he realizado la revisión informe final de trabajo de graduación de la carrera de Ingeniería Química titulado **“PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL BAGAZO DE MARAÑÓN (Anacardum occidentale L.) PARA LA ELABORACIÓN DE VINOS A NIVEL LABORATORIO”** asesorado por mi persona de la estudiante universitaria **Andrea Alejandra Valenzuela Ramos** quien se identifica con el numero de carne **201020487**. Por ello me permito informarle que dicho informe ha sido aprobado.

Agradeciendo la atención a la presente, le saluda respetuosamente,

F.   
Ms. Sc. Hilda Piedad Palma

**INGA. HILDA PALMA DE MARTINI**  
**COLEGIADO No. 453**



Guatemala, 08 de junio de 2016.  
Ref. EIQ.TG-IF.033.2016.

Ingeniero  
Carlos Salvador Wong Davi  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **172-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por la estudiante universitaria: **Andrea Alejandra Valenzuela Ramos**.  
Identificada con número de carné: **2010-20487**.  
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL BAGAZO DE MARAÑÓN (*Anacardum occidentale* L.) PARA LA ELABORACIÓN DE VINOS A NIVEL LABORATORIO**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Hilda Piedad Palma Ramos de Martini**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

Ing. Pablo Enrique Morales Paniagua  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.047.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **ANDREA ALEJANDRA VALENZUELA RAMOS** titulado: "**PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL BAGAZO DE MARAÑÓN (*Anacardum occidentale L.*) PARA LA ELABORACIÓN DE VINOS A NIVEL LABORATORIO**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Carlos Salvador Wong Davi  
Director  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, septiembre de 2016

Cc: Archivo  
CSWD/ale



Agencia Centroamericana de Acreditación  
y Supervisión de la Calidad de la Educación Superior

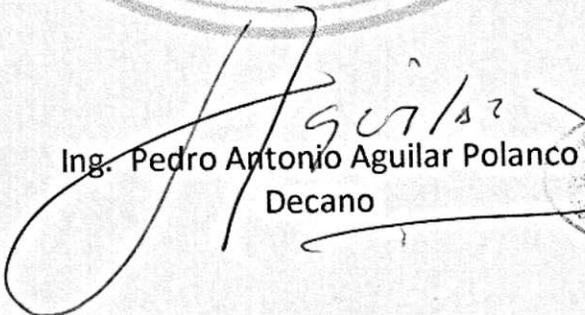




DTG. 435.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL BAGAZO DE MARAÑON (Anacardum occidentale L.) PARA LA ELABORACIÓN DE VINOS A NIVEL LABORATORIO,** presentado por la estudiante universitaria: **Andrea Alejandra Valenzuela Ramos,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, septiembre de 2016

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser mi fuente de inspiración, fortaleza, esperanza, sabiduría, inteligencia y amor. Por tener cuidado de mí y de mi familia.
- Mi madre** Nora Elisa Ramos González, por ser una mujer y madre ejemplar, que con su ejemplo me inculcó valores y principios que ayudaron a mi formación personal y espiritual.
- Mi padre** Jorge Mario Valenzuela Álvarez, por su apoyo y confianza. Por incentivar me a luchar y dar lo mejor de mí.
- Mi hermana** Elizamaria Valenzuela Ramos, por ser mi compañera de niñez y adolescencia. Por las enseñanzas y experiencias compartidas.
- Mis tíos y tías** Por todos los momentos de alegría que compartimos; por su apoyo incondicional e incentivar me a culminar mis metas.
- Mis primos y primas** Por ser ejemplo de perseverancia, unidad y amor. Por los momentos especiales que hemos compartido.

**Mis amigos y amigas**

Por su apoyo y motivación en los momentos difíciles durante mi carrera universitaria y vida profesional. Son la familia que yo elegí por ser personas especiales llenas de luz y fortaleza.

**Mi sobrino**

Jorge Luis Santana Valenzuela, por ser una luz, fuente de alegría. Por llenar los momentos que compartimos de inocencia y enseñanzas de humildad.

**Mis abuelos**

Por haberme dado el regalo más preciado que pude haber tenido en toda mi vida, mis padres.

**Alvin Requena**

Por su apoyo incondicional; por incentivarme a crecer como persona y profesional. Por ser una fuente de inspiración, amor y fortaleza.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por acogerme durante mi etapa de estudiante universitaria; por formarme académicamente y enseñarme valores y principios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por impartirme conocimiento, desarrollar mis fortalezas y formarme profesionalmente.
<b>Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia</b>	Por su apoyo en este trabajo de graduación y su conocimiento compartido.
<b>Universidad del Valle de Guatemala</b>	Por brindarme las facilidades para culminar este trabajo de graduación y su asesoría en dicha investigación.
<b>Licda. Nohemí Orozco</b>	Por su asesoría, conocimiento compartido y apoyo incondicional para desarrollar dicho proyecto.
<b>Inga. Vivianne Ruiz</b>	Por ser una amiga y un ejemplo como profesional. Por su apoyo académico y laboral.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación .....	3
1.2.1. Delimitación .....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Valor nutricional del fruto y principales productos .....	5
2.1.1. Origen .....	6
2.1.2. Tipo de cultivo y adaptación .....	7
2.1.2.1. Altitud.....	7
2.1.2.2. Clima .....	7
2.1.2.3. Suelos.....	8
2.1.2.4. Almacenamiento de la semilla .....	8
2.1.2.5. Siembra .....	8
2.1.2.6. Profundidad de siembra.....	8
2.1.2.7. Manejo de luz .....	9
2.1.2.8. Riego .....	9
2.1.2.9. Sustrato .....	9

2.2.	Descripción botánica .....	9
2.2.1.	Árbol .....	9
2.2.2.	Hojas .....	10
2.2.3.	Flores .....	10
2.2.4.	Fruto .....	10
2.2.5.	Semillas.....	11
2.3.	Usos de jocote de marañón ( <i>Anacardium occidentale L.</i> ).....	11
2.3.1.	Medicinal .....	12
2.3.2.	Anticonceptivo .....	13
2.3.3.	Alimenticio .....	13
2.3.4.	Tinte .....	13
2.3.5.	Industria alimentaria .....	14
2.4.	Fermentación .....	14
2.4.1.	Características de la fermentación.....	15
2.4.1.1.	Variables de la fermentación alcohólica y sus efectos sobre el proceso.....	16
2.5.	Inoculación .....	19
2.6.	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	20
2.7.	Cromatografía .....	20
2.7.1.	Cromatografía de gases.....	21
2.8.	Azúcares remanentes .....	21
2.8.1.	Sacarosa .....	21
2.8.2.	Glucosa .....	22
2.8.3.	Fructuosa .....	22
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
3.1.	Variables .....	23

3.1.1.	Determinación de variables de control del proceso de fermentación .....	23
3.1.2.	Determinación de variables del proceso fermentativo .....	24
3.1.3.	Determinación de las variables de medición a escala laboratorio y planta piloto .....	25
3.2.	Delimitación de campo de estudio .....	25
3.3.	Recursos humanos disponibles: .....	26
3.4.	Recursos materiales disponibles .....	26
3.4.1.	Materia vegetal y reactivos: .....	26
3.4.2.	Cristalería y equipo: .....	26
3.5.	Técnica cuantitativa .....	27
3.5.1.	Diagrama de flujo del proceso .....	28
3.5.2.	Procedimiento para la fermentación del bagazo de marañón.....	29
4.	RESULTADOS .....	35
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	43
	CONCLUSIONES .....	47
	RECOMENDACIONES .....	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	APÉNDICES .....	53
	ANEXOS .....	63



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Valor nutricional del fruto y principales productos .....	5
2.	Áreas aptas para el cultivo de marañón .....	6
3.	Diagrama de flujo del proceso de fermentación .....	29
4.	Determinación de azúcares remanentes del destilado del tratamiento uno .....	37
5.	Determinación de azúcares remanentes del destilado del tratamiento dos .....	37
6.	Determinación de azúcares remanentes del destilado del tratamiento tres .....	38
7.	Determinación de azúcares remanentes del destilado del tratamiento cuatro .....	38
8.	Determinación de porcentaje de alcohol y otros compuestos del tratamiento uno .....	39
9.	Determinación de porcentaje de alcohol y otros compuestos del tratamiento dos .....	40
10.	Determinación de porcentaje de alcohol y otros compuestos del tratamiento tres .....	41
11.	Determinación de porcentaje de alcohol y otros compuestos del tratamiento cuatro .....	42

## TABLAS

I.	Variables de control del proceso de fermentación .....	24
II.	Variables del proceso fermentativo .....	24
III.	Variables de control del proceso de fermentación .....	25
IV.	Medición de grado de acidez en los diferentes procesos .....	35
V.	Prueba de flameo para detectar la presencia de alcohol .....	35
VI.	Pruebas físicas durante la preparación del mosto, la fermentación y destilado .....	36

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>ADP</b>	Adenosín difosfato
<b>ATP</b>	Adenosín trifosfato
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Agua
<b>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O</b>	Alcohol etílico
<b>C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>O</b>	Alcohol fenílico
<b>Cm</b>	Centímetros
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub></b>	Glucosa
<b>° alcohol</b>	Grado alcohólico
<b>°Brix</b>	Grados brix
<b>°C</b>	Grados celsius
<b>gr</b>	Gramos
<b>RIU</b>	Índice de refracción de la señal
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Ion amonio
<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	Ion Fosfato
<b>Kcal</b>	Kilocalorías
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>m.s.n.m.</b>	Metros sobre nivel del mar
<b>mL</b>	Mililitros
<b>Min</b>	Minutos
<b>C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub></b>	Sacarosa
<b>TR</b>	Tiempo de retención
<b>CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O</b>	Urea

**ppm**

Partes por millón

**pH**

Potencial del hidrógeno.

## GLOSARIO

<b>Acido acético</b>	También llamado ácido etanoico o ácido metilencarboxílico, es un ácido orgánico de dos átomos de carbono, se puede encontrar en forma de ion acetato. Su fórmula es $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ), siendo el grupo carboxilo es el que le confiere las propiedades ácidas a la molécula. Este es un ácido que se encuentra en el vinagre, siendo el principal responsable de su sabor y olor agrios.
<b>Alcohol</b>	Compuesto orgánico que contienen el grupo hidroxilo ( $\text{-OH}$ ). El metanol es el alcohol más sencillo, se obtiene por reducción del monóxido de carbono con hidrógeno.
<b>Amonio</b>	Producto empleado como activador de la fermentación, reservado a las operaciones fermentativas.
<b>Anaerobio</b>	Organismo que puede subsistir pese a la falta de oxígeno.
<b>Bagazo</b>	Se denomina al residuo de materia después de extraído su jugo.

<b>Concentración</b>	Es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente; donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el disolvente es la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es el resultado de la mezcla homogénea de las dos anteriores.
<b>Cromatografía</b>	Es una técnica en la cual la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte.
<b>Destilación</b>	Es la operación de separar las distintas sustancias que componen una mezcla líquida mediante vaporización y condensación selectivas.
<b>Destilación fraccionada</b>	Es una variante de la destilación simple que se emplea principalmente cuando es necesario separar líquidos con puntos de ebullición cercanos.
<b>Etanol</b>	Es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable, con un punto de ebullición de 78,4 °C.

<b>Fermentación</b>	Es un proceso catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el producto final un compuesto orgánico. Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentaciones.
<b>Formiato</b>	Son sales resultantes de la combinación del ácido fórmico con diversas bases y alcaloides. Algunos ejemplos son el formiato de hierro, de litina, de mercurio, de sodio, de potasio, de cocaína, de teobromina, de quinina o de amoníaco. La presencia de dicha sustancia en bebidas alcohólicas es la responsable de la intoxicación.
<b>Glucólisis</b>	Es la vía metabólica encargada de oxidar o fermentar la glucosa y así obtener energía para la célula.
<b>Glucosa</b>	Es un monosacárido con fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$ . Es una hexosa, es decir, contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula (es un grupo aldehído).
<b>Inoculación</b>	Se refiere a la incorporación de una sustancia en un organismo.

<b>Levadura</b>	Es el nombre común para las cepas de levadura utilizadas comúnmente como un agente de levadura para pan y productos de panadería, donde los azúcares fermentables presentes en la masa se convierten en dióxido de carbono y etanol.
<b>Microorganismo</b>	Es un organismo microscópico que individualmente no puede observarse a simple vista, está compuesto de una o más células y es capaz de reproducirse por división. Dada la diversidad de microorganismos existentes, muchos de ellos pueden ser benéficos para el ser humano (la mayoría) y otros perjudiciales.
<b>Pentano</b>	Es un hidrocarburo saturado o alcano con fórmula química $C_5H_{12}$ . A diferencia de los 4 primeros alcanos, que son gaseosos, el pentano se encuentra en forma líquida a temperatura ambiente.
<b>pH</b>	Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O]^+$ presentes en determinadas disoluciones.
<b>Rendimiento</b>	Es la cantidad de producto obtenido en una reacción química.
<b><i>S. cerevisiae</i></b>	Es un hongo unicelular, un tipo de levadura utilizado industrialmente en la fabricación de pan, cerveza y vino.

**Temperatura**

Es una variante de la destilación simple que se emplea principalmente cuando es necesario separar líquidos con puntos de ebullición cercanos.

**Tiempo de retención**

Tiempo que tarda cada sustancia en abandonar el sistema cromatográfico. Esta retención se ejerce en función de las características moleculares de cada compuesto.

**Urea**

Se denomina así al ácido carbónico de la diamida. Se trata de una sustancia nitrogenada que produce abundantes seres vivos, para eliminar el amoníaco de sus organismos, ya que es considerablemente tóxico.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca diseñar un proceso básico de fermentación del bagazo de un fruto de la región, el cual, por sus propiedades organolépticas, favorezca el proceso fermentativo.

*Anacardum occidentale L.*, conocido en la región como jocote de marañón, es un fruto muy versátil, ya que gracias a sus ingredientes activos, posee altos niveles de azúcar y maneja un pH que requiere para que crezca el microorganismo que fermenta la solución; también posee un porcentaje aceptable de fósforo, el cual es requerido para el proceso de fermentación.

Se inició el proceso con la limpieza del fruto, posteriormente se extrajo el jugo donde se buscaba obtener el bagazo del marañón. Se procedió a preparar las muestras de cuatro diferentes tratamientos donde se determinaron los componentes que favorecieron el proceso.

El primer tratamiento presentaba la adición de 200 gr de azúcar y 10 gr de levadura al mosto a fermentar. Al segundo tratamiento únicamente se le agregaron los 200 gr de azúcar. Al tercer tratamiento se le añadieron 10 gramos de levadura y al último tratamiento no se le adicionó ni azúcar ni levadura. A los cuatro tratamientos se le agregaron 227 gramos de marañón.

Se determinó que el tratamiento uno alcanzó mejor eficiencia, ya que se obtuvo un 79,99 % de alcohol etílico, además no se detectó la presencia de azúcares remanentes y formiato, los cuales son puntos clave para determinar la calidad del licor a producir.



## OBJETIVOS

### General

Diseñar un proceso de fermentación del bagazo de marañón (*Anacardum occidentale L.*). Utilizando una inoculación controlada de *Saccharomyces cerevisiae* a nivel laboratorio.

### Específicos

1. Diseñar un proceso experimental a nivel laboratorio de la fermentación del bagazo de marañón (*Anacardum occidentale L.*) para la elaboración de licor.
2. Determinar la influencia de la variación de condiciones en el mosto a fermentar en el proceso y así determinar las condiciones favorables al sistema.
3. Determinar un tratamiento de destilación del licor obtenido para la separación del alcohol y el mosto.
4. Detectar presencia de azúcares remanentes, alcohol producido y presencia de otros componentes, para determinar la calidad del licor producido.



## INTRODUCCIÓN

El jocote marañón se cultiva durante los seis meses de verano en todo el país, principalmente en el área costera. Puede comerse como un fruto normal y emplearse en refrescos, gelatinas, vinos y mermeladas. Además de la gastronomía, este fruto es empleado en la vinatería y en la industria cosmética. La semilla es la que más se aprovecha, pues es utilizada en confites, pasteles, mezcla de chocolate, elaboración de tintes y barnices.

El marañón se forma del pedúnculo o receptáculo, es engrosado y jugoso, de color amarillo o rojo; en el extremo se ubica el fruto verdadero, una nuez en forma de riñón, gris y dura, conocida como nuez de marañón. El pedúnculo, que es la parte utilizable como fruta fresca, es un cuerpo en forma de pera o esférico, de 4 a 8 cm de largo, amarillo o rojo.

El bagazo puede ser reutilizado para diferentes procesos, uno de ellos la elaboración de vino, ya que el pH y los grados brix que posee favorecen al proceso. El pH se encuentra en un rango de 4 – 4,5 y 10 -11 grados brix, lo cual favorece el proceso de fermentación, además de su alto contenido de fósforo.

El proceso de fermentación busca generar etanol a partir de la hidrólisis de la sacarosa presente en algunos frutos. El incorporar un microorganismo ayuda a catalizar la reacción y mejorar el rendimiento del proceso. Existen diversos métodos en los cuales se puede fermentar, únicamente es necesario aislar el proceso, ya que la humedad y otros factores pueden ayudar a la proliferación de otros microorganismos que pueden intervenir en la calidad del vino.



# 1. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1. Antecedentes

Existe una variedad de proyectos de investigación acerca de las propiedades organolépticas del marañón y de la elaboración de vinos a nivel laboratorio, pero no se ha realizado una investigación del vino de marañón; a continuación se dan a conocer proyectos que nos ayudarán a realizar y entender el fenómeno a estudiar.

En 1992, el estudiante Paloma Echebarria, realizó el trabajo de graduación *Desarrollo del proceso de fermentación alcohólica de fruta para la obtención de aguardientes* de la Universidad Autónoma de Madrid.

El objetivo del trabajo fue el estudio y optimización del proceso para la obtención de dos nuevos productos, aguardiente de melón y albaricoque. Se han estudiado diferentes puntos del proceso, tratamiento de la materia prima, utilización de distintos preparados pectinásicos comerciales y utilización de diferentes tipos de levaduras vínicas. Asimismo se han estudiado diferentes condiciones de fermentación, pH, temperatura y preparados enzimáticos y su influencia sobre la inversión de la sacarosa, asimilación de la glucosa y fructosa y producción de etanol.

Se ha estudiado también la influencia de estas condiciones sobre los componentes volátiles mayoritarios presentes en los destilados: acetaldehído, acetato de etilo, acetato de metilo, metanol, propanol, pentanol, isobutanol y amílico. La optimización del proceso se llevó a cabo teniendo en cuenta los

parámetros de eficiencia de la fermentación (se modeló la cinética del consumo de azúcares y de crecimiento de las levaduras) y la calidad de los destilados.

En septiembre de 2002 en la Universidad de Talca, Chile realizó un proyecto de investigación de licenciatura *Efectos de distintos estados de madurez fenólica sobre la cantidad final del vino tinto sobre los cultivadores de Merlot y Carmenere* por el estudiante Patricio Rodrigo Gómez Arismendi. El estudio consistió de determinar el efecto de la fecha en la fermentación del mismo. Se tomaron varias muestras de diferentes regiones y tiempos de maduración.

En mayo de 2006 se llevó a cabo el proyecto de investigación *Elaboración a nivel de laboratorio de vino a partir de fruta: manzana, naranja, papaya, pera y sandía* realizado por Alfonso Omar Aguilar Morales, en la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” de El Salvador. El trabajo contenía una revisión bibliográfica acerca de las bebidas alcohólicas en general, haciendo énfasis en la producción de vinos. Se identifican las características más importantes de los frutos para su elaboración, se detalla el procedimiento de producción y se presentan las bases para evaluar la calidad mediante el análisis organoléptico o cata.

También se presenta el análisis de identificación y selección de varias frutas, de las que se sabe hay disponibilidad en el mercado por la temporada en que se realizó el proyecto, con base en una serie de criterios que evalúan algunas de las características favorables para la producción de vinos.

En el 2010, en la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, el estudiante, Juan Carlos Arroyo Medrano presentan su proyecto de investigación *Efecto de fermentadores y tipos de fermentación sobre la calidad de cacao nacional en tres localidades de la provincia de esmeraldas*. Para ello se estudió el efecto del tipo

de fermentador y los días de fermentación sobre las características de calidad del cacao en grano, para lo cual se contemplaron los siguientes factores: tipo de fermentador, sacos (cabuya), montón (sobre madera), cajas de madera (calade) y tinas plásticas perforadas y días de fermentación dos, tres, cuatro y cinco días, complementado con un testigo sin fermentación.

## **1.2. Justificación**

*Anacardum occidentale L.*, conocido aquí en Guatemala como jocote de marañón, es un producto muy versátil, ya que a partir de este fruto se pueden obtener diferentes productos como mermeladas, refrescos, gelatinas y vinos.

En el caso del vino, este producto se puede obtener gracias a los ingredientes activos del marañón ya que posee altos niveles de azúcar y maneja un pH dentro del rango que requiere para que crezca el microorganismo que fermenta la solución; también posee un porcentaje aceptable de fósforo, el cual es requerido para el proceso de fermentación.

Socioeconómicamente al llevarse a cabo el proyecto generaría empleo en la región, ya que los agricultores venderían su producto lo prepararían para iniciar el proceso de fermentación, generando así una fuente de ingresos para el sostenimiento familiar.

En la mayoría del territorio donde se cosecha el marañón se encuentran personas con extrema pobreza y desnutrición. El proyecto les ayudaría a volverse productores de vino u operarios que preparan la materia prima para la fermentación

### **1.2.1. Delimitación**

Con el presente proyecto de investigación se busca obtener licor a nivel laboratorio utilizando como materia prima el bagazo de marañón (*Anacardum occidentale L.*) a través de una inoculación secuencial controlada de *Saccharomyces cerevisiae*. El bagazo se obtendrá a partir de la extracción del 50 % del jugo del fruto,

Al decir inoculación controlada se busca controlar el pH, temperaturas de fermentación, y maduración, las cuales ayudarán a caracterizar la fermentación alcohólica a la que se pretende llegar.

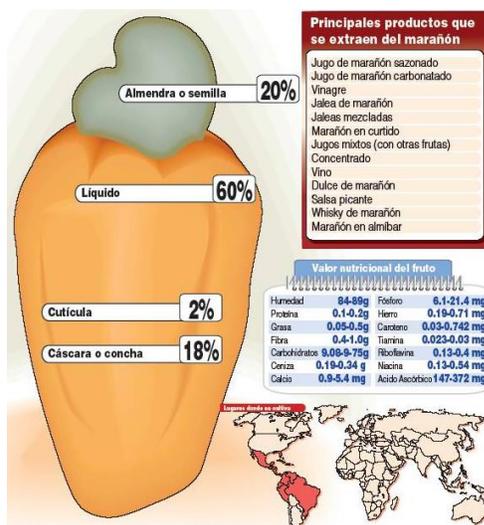
El diseño es práctico y accesible; se utilizan reactivos comunes. El proceso experimental posee operaciones unitarias elementales, las cuales hacen a la investigación factible de llevarse a cabo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Valor nutricional del fruto y principales productos

Este producto tiene un alto contenido de proteínas y puede llegar a tener hasta cinco veces más vitamina C que puede tener un cítrico. Además, es muy perecedero, se deteriora en menos de 24 horas después de recolectado. Lo atacan principalmente hongos y levaduras. Se ha determinado que se puede almacenar hasta por cinco semanas a 0 – 1,6 °C, y a una humedad relativa de 85 % y 90 %. El jugo es astringente y ácido, pues tiene un alto contenido de taninos (35 %) y un 3 % de sustancia grasosa.

Figura 1. Valor nutricional del fruto y principales productos

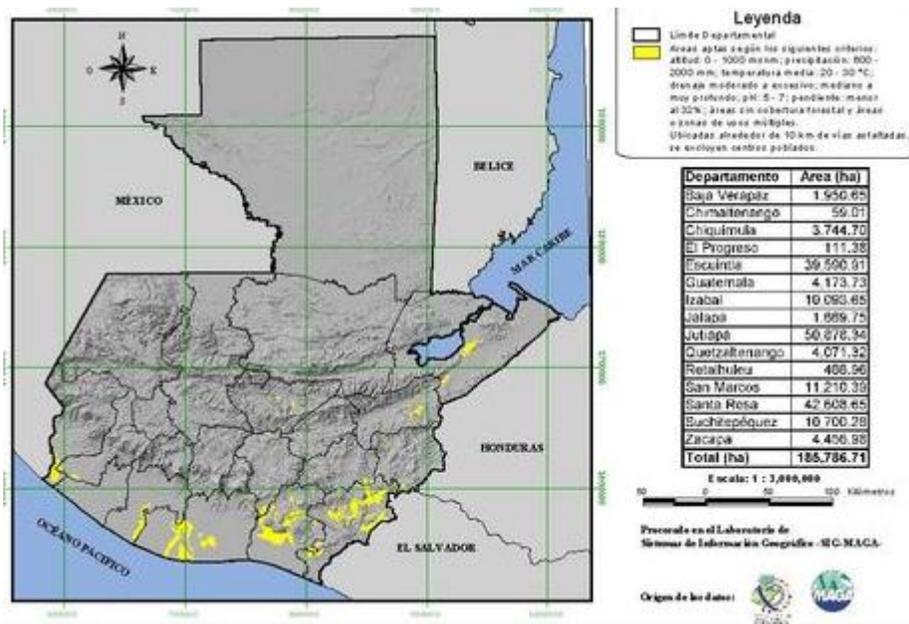


Fuente: *Proyecto de instalación procesadora de marañón*. [www.prensalibre.com/vida/Fruto-huerto\\_0\\_54595405.html](http://www.prensalibre.com/vida/Fruto-huerto_0_54595405.html). Consulta: 1 septiembre 2013.

### 2.1.1. Origen

Su nombre original en portugués brasileño es *caju* (pronunciado /cashú/ [cazú],[ cadzú]), palabra que deriva del tupí *acajú* (*acashúm*). Se dice que en 1558 el monje y naturalista francés André Thevet, hacía referencia en sus relatos e ilustraciones a las plantas y su fruto. De *cashú* se deriva el término inglés *cashew*. El *Anacardium occidentale* L es un árbol nativo del noreste de Brasil y de la región de las Guayanas. Se cultiva durante los seis meses de verano en todo el país, principalmente en el área costera.

Figura 2. Áreas aptas para el cultivo de marañón



Fuente: Ministerio de Ganadería y Alimentación.

## **2.1.2. Tipo de cultivo y adaptación**

Este cultivo por su rusticidad es poco exigente respecto de suelos y se adapta a una gran diversidad: pedregosos, arenosos y pesados, siempre que tengan buen drenaje. Sin embargo, lo que más lo afecta son las condiciones físicas del terreno que deben ser de textura arenosa, estructura muy desarrollada, profundos y buen drenaje.

Puede crecer en terrenos quebrados o considerados marginales para otros cultivos más exigentes, siempre y cuando tengan suficiente humedad. Para obtener la máxima producción y desarrollo los suelos deben ser sueltos, fértiles, profundos, aireados y bien drenados; pues permiten al sistema radical un desarrollo rápido y uniforme, para poder explorar un gran volumen de suelo y tolerar la sequía. Se prefieren suelos con una ligera acidez, es decir, un pH entre 5 y 6,5.

### **2.1.2.1. Altitud**

La altura óptima para el cultivo de este frutal oscila entre 0 a 400 msnm. La mayoría de las plantaciones en Guatemala se encuentran bajo los 500 msnm.

### **2.1.2.2. Clima**

Su óptimo desarrollo lo alcanza con precipitaciones entre 500 y 3.500 mm anuales y temperaturas media anual de 17 a 38 °C

### **2.1.2.3. Suelos**

La especie prefiere suelos de textura franco-arenosa a arcillosa con pH entre 4,3 y 8,7, bien drenados o con encharcamientos estacionales.

### **2.1.2.4. Almacenamiento de la semilla**

En el almacenamiento de la semilla se ha registrado un 100 % de germinación después de cuatro meses a temperatura ambiente, pero la viabilidad se reduce al 50 % después de 10 meses y ninguna sobrevive después de 13-14 meses. La viabilidad se puede mantener por un año a temperatura ambiente (15- 18 °C) bajo condiciones de baja humedad y por más de tres años en envases herméticos a temperatura ambiente (15- 18 °C) con un contenido en humedad de la semilla de 11- 15 %.

### **2.1.2.5. Siembra**

Sistema de siembra: las semillas se pueden sembrar directamente en bolsa o incluso en el terreno a 3 - 5 centímetros de profundidad en hoyos de plantación de 30 centímetros de anchura, realizando posteriormente un placeado (comaleo y chapeo).

También se pueden sembrar en almácigos en el vivero y repicar las plantitas a los 10 días de la germinación.

### **2.1.2.6. Profundidad de siembra**

La semilla debe quedar cubierta con el sustrato, más o menos a 3 - 5 centímetros de profundidad.

### **2.1.2.7. Manejo de luz**

Es una especie que requiere abundante luz solar durante su existencia.

### **2.1.2.8. Riego**

Debe mantenerse el sustrato permanentemente húmedo durante la germinación sin exceso.

### **2.1.2.9. Sustrato**

Se prepara la cama del germinador con 2 partes de tierra negra bien cernida, mezclada con una parte de arena o cascarilla de arroz quemada.

## **2.2. Descripción botánica**

El marañón es un fruto muy versátil ya que crece en diversos tipos de suelos, desde los ácidos de baja fertilidad hasta los alcalinos de buena fertilidad. La semilla germina en entre los 14 y 21 días.

### **2.2.1. Árbol**

Se caracteriza por ser un árbol cuyo tronco se ramifica a muy baja altura. La vida de un árbol de marañón es de unos 30 años, aproximadamente, y produce frutos desde el tercer año de vida.

Alcanza de 5 a 12 metros de altura. El tronco irregular y ramificado a baja altura, tiene 10 a 30 centímetros de diámetro. Exuda una resina que se emplea como goma. A la corteza se le atribuyen propiedades medicinales para curar

diarreas, disenterías, infecciones de la garganta, hemorragias y cicatrizar heridas; también se usa para curtir pieles. Con la madera se fabrican mangos para herramientas.

### **2.2.2. Hojas**

Las hojas son simples, alternas, obovadas, de 6 a 24 centímetros de largo y 3 a 10 cm de ancho, glabras, con el ápice redondeado, cortamente pecioladas.

### **2.2.3. Flores**

Las flores del marañón se disponen en panículos que están formados predominantemente por flores masculinas y algunas flores perfectas. Las flores, de olor agradable, son pequeñas (0,4 pulgadas), tienen cinco pétalos de color verde amarillento que se tornan rosados y se enroscan a medida que la flor se abre completamente. Las flores son receptivas al polen solo durante un día. El estigma se activa inmediatamente, pero la liberación del polen ocurre más tarde, por lo que existe la posibilidad de fertilización cruzada.

### **2.2.4. Fruto**

El fruto consta de dos partes: el seudofruto y la nuez. El seudofruto es el resultado del desarrollo del pedúnculo en una estructura carnosa característica de esta planta, que se desarrolla y madura posteriormente a la nuez. Su uso está relacionado con la fabricación de jaleas, gelatinas, merey pasado, merey seco, vino, vinagre, jugos, entre otros. A pesar de poseer un gran potencial esta parte del fruto, solo se procesa un 6 % de la producción total actual, ya que solamente hay garantía de venta en el mercado para las semillas, debido a que hay poca información sobre el resto de los derivados.

El fruto real es la nuez, localizada en la parte externa del pseudo fruto y adyacente a este. Es de color gris con forma de riñón, duro y seco de unos 3 a 5 cm, en donde se aloja la semilla. En el pericarpio de la nuez, específicamente en el mesocarpio, se aloja un aceite sumamente cáustico, de color café oscuro y sabor picante denominado cardol, formado por ácido oleico ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) en un 55 a 64 % y linoleico de 7 a 20 %, básicamente; además, es muy aplicado en la industria química para la producción de materiales plásticos, aislantes y barnices. En la medicina es utilizado como materia prima para crear medicamentos y utilizado por las industrias en todo el mundo como componente de productos para insecticidas, pinturas, entre otros.

#### **2.2.5. Semillas**

La semilla tiene una gran demanda a nivel mundial por sus propiedades nutricionales; además es utilizada en la repostería y muy recomendada en la dieta alimenticia. La almendra de marañón tiene 21 a 29,9 % de proteína, y entre 45 y 47 % de ácidos grasos, de los cuales el 81,5 % son ácidos grasos insaturados. También es rica en calcio y fósforo.

#### **2.3. Usos de jocote de marañón (*Anacardium occidentale L.*)**

El marañón es usado para diferentes tipos de postres o dulces. Incluso su semilla es deliciosa si se sabe preparar. Esta fruta tiene un atractivo color amarillo, anaranjado o rojo; dependiendo de su madurez puede ser encontrada en muchos de los países tropicales y entre sus ventajas es que puede desarrollarse en diversos tipos de suelo sin necesitar que este sea propio para crecer.

Los arboles de marañón pueden crecer tanto en suelos arenosos como en suelos con pocos nutrientes, es por esto que los podemos ver en cualquier lugar, incluso a la vuelta de la esquina de tu casa.

### **2.3.1. Medicinal**

- Los frutos del marañón son conocidos como " la fruta de la memoria" porque fortalece la actividad cerebral.
- Contiene grandes cantidades de vitamina C, útil para el crecimiento y reparación de tejidos en todo el cuerpo.
- La cocción de la corteza y hojas del marañón es usada para el tratamiento de cólicos estomacales, inflamaciones, insomnio, neuralgias, diabetes, diarrea, paludismo y hemorroides.
- La resina de esta planta sirve para curar lesiones cutáneas y para el tratamiento del cáncer.
- Entre los tunuca de Colombia el jugo exprimido es considerado muy útil para el tratamiento de la influenza.
- Algunas comunidades indígenas de Colombia utilizan las hojas y la corteza del marañón para la curación de la tosferina y para la diabetes.
- En Brasil, la decocción de la corteza es un remedio para los tumores de la boca.

- En la Guayana Francesa se usa el cardol o aceite del pericarpio para cauterizar las heridas en las plantas y dedos de los pies. También es empleado contra la malaria, dolores dentales y sífilis.

### **2.3.2. Anticonceptivo**

En algunas zonas de Colombia se piensa que la decocción de las hojas bebida durante los días de menstruación evita la concepción.

### **2.3.3. Alimenticio**

El pedúnculo carnoso del marañón se consume como fruta fresca o en jugos. También se le utiliza en la preparación de jaleas, compotas y almíbar.

El zumo se consume en estado natural, y pasteurizado y filtrado es una bebida casera no alcohólica de gran demanda popular. Al fermentarlo se puede obtener un vino delicado y de excelente sabor.

Sus semillas tostadas son muy nutritivas y contienen propiedades afrodisíacas.

### **2.3.4. Tinte**

Del jugo del pedúnculo o seudo fruto se obtiene un tinte indeleble de color marrón.

### **2.3.5. Industria alimentaria**

Alimento: el pedúnculo carnoso se consume como fruta natural o en jugos; se le utiliza también en la preparación de jaleas, compotas y almíbar. El zumo se consume en estado natural, y pasteurizado y filtrado es una bebida casera no alcohólica de gran demanda popular. Al fermentarlo se puede obtener un vino delicado y de excelente sabor.

### **2.4. Fermentación**

La fermentación es la descomposición de moléculas de glucosa, las cuales son ricas en energía. Mediante la fermentación la célula libera energía, la cual se acumula en forma de ATP. El proceso es anaeróbico (se produce en ausencia de  $O_2$ ) y se lleva a cabo en el citosol de la célula. La fermentación es de bajo rendimiento si se compara con la respiración celular, sin embargo es importante en los organismos que carecen de mitocondrias y por consiguiente de metabolismo aeróbico o bien en situaciones en que las condiciones de oxigenación no son las más adecuadas o que se requiera de energía a corto plazo.

La fermentación empieza igual que la respiración celular por medio de la glucólisis (ruptura de la glucosa) y luego toma otra vía metabólica en la cual no se utiliza oxígeno. La glucólisis se divide en varias etapas y se puede resumir a continuación: consiste en un conjunto de reacciones en las cuales la glucosa se parte en 2 moléculas más pequeñas, y se forman al final 2 moléculas de piruvato. Esto se resume en la siguiente ecuación:

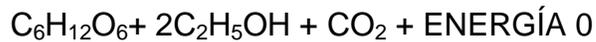


Al final de este proceso se producen 4 moléculas ATP, pero se gastan 2, por lo que la ganancia neta es de 2 ATP. Además al romperse la glucosa se libera un total de 4 electrones que son tomados por la molécula de NADH + H<sup>+</sup> y se utilizan luego al final en la fermentación.

#### 2.4.1. Características de la fermentación

- Velocidad de fermentación: se determina midiendo la cantidad de azúcar fermentada en la unidad de tiempo por un peso dado de levadura; esta debe ser alta para evitar riesgos de contaminación.
- Resistencia al alcohol: una levadura de alta resistencia al alcohol presenta grandes ventajas técnicas y biológicas; el uso de esa levadura permite obtener mostos con gran riqueza alcohólica, lo que mejora la potencia de la instalación, consiguiendo una destilación económica, puesto que habrá menos consumo de combustible. A una buena levadura industrial no debe perjudicarla en su actividad fermentativa una concentración de 8-9 % de alcohol en volumen.
- Rendimiento: es la relación entre el alcohol producido y el azúcar puesto a disposición de la levadura, teóricamente por 100 kg de melaza se obtienen 33 litros de alcohol.

A partir de las reacciones:



Se calcula el alcohol teórico producido si toda la glucosa y sacarosa presente en el mosto se transforman en etanol. El rendimiento se puede expresar como:

$$R = (\text{alcohol real/alcohol teórico}) * 1000$$

- Resistencia: además de la resistencia al alcohol, la levadura debe poseer resistencia a la acidez, ya que este parámetro se aumenta en ocasiones para combatir infecciones, igualmente debe resistir los cambios de temperatura.
- Medio de dilución: el medio de dilución es generalmente agua, aunque se utilizan otros solventes que no reaccionen químicamente con el medio.

#### **2.4.1.1. Variables de la fermentación alcohólica y sus efectos sobre el proceso**

Con el fin de obtener altos rendimientos en la fermentación alcohólica es necesario considerar ciertos parámetros y realizar un estudio sobre los efectos que en mayor o menor grado alteran la buena marcha del proceso.

- Clase de microorganismo: los microorganismos más apropiados para la producción de etanol a partir de azúcares son, como ya se dijo, las

levaduras del género *Saccharomyces* y *Kluyveromyces* y las bacterias *Zymomonas mobilis*.

- Concentración del sustrato: el carbono es suministrado por los azúcares contenidos en la materia prima, siendo la concentración de azúcar un valor que se debe considerar, ya que afecta la velocidad de la fermentación, el comportamiento y el desarrollo de las células de la levadura.
- Suele ser satisfactoria una concentración de azúcar del 10 al 18 %, el valor más corriente es del 12 %. Cuando se trabaja con concentraciones de azúcar muy altas, del orden de 22 %, se observa una deficiencia respiratoria en la levadura y un descenso de la velocidad de fermentación; por el contrario, al trabajar con concentraciones muy bajas, el proceso resulta antieconómico ya que requiere un mayor volumen para la fermentación. Por esto se utiliza como sustrato la melaza, que tiene de 10 – 15 % de azúcar.
- Concentración de etanol: la levadura es afectada en alto grado por la concentración de alcohol; una concentración alcohólica del 3 % ya influye sobre el crecimiento; una concentración de un 5 % influye tanto sobre el crecimiento como en la fermentación. Cuando la concentración es del 10 %, el crecimiento sufre la paralización total.
- Temperatura: la selección de esta variable es influenciada tanto por factores fisiológicos como por problemas físicos (pérdidas debidas a la evaporación de etanol al trabajar con temperatura elevada).
- Se debe tener en cuenta que para cada levadura existe una temperatura óptima de desarrollo, en la cual se muestra activa. Además, se tiene una

zona independiente de la temperatura óptima en la cual la levadura aún presenta actividad; a medida que se aleja de la temperatura óptima su actividad disminuye notablemente. Por debajo de la temperatura señalada como mínima y por encima de la máxima, las levaduras continúan viviendo en estado latente; sin embargo, al exponer cualquier levadura a una temperatura de 55 °C por un tiempo de 5 minutos se produce su muerte. En el caso de la *saccharomyces cerevisiae* se tiene un desarrollo óptimo entre 28 -35 °C, recomendable 30 °C.

- pH: este es un factor importante en la fermentación, debido a su importancia en el control de la contaminación bacteriana como también al efecto en el crecimiento de las levaduras, en la velocidad de fermentación y en la formación de alcohol. Durante la fermentación la levadura toma el nitrógeno de los aminoácidos orgánicos, perdiendo su carácter anfótero y pasando a ácidos, lo cual origina una disminución del pH del medio. Cuanto más bajo es el pH del medio, tanto menor el peligro de infección, pero si se trabaja con pH muy bajo la fermentación es muy lenta, ya que la levadura no se desarrolla de la forma conveniente. Según estudios se halló que el pH más favorable para el crecimiento de la *saccharomyces cerevisiae* se encuentra entre 4,4 – 5,0, con un pH de 4,5 para su crecimiento óptimo.
- Aireación: el aire es un factor decisivo en toda fermentación, ya que su presencia hace más vigoroso el crecimiento de la levadura. Hay tres puntos de vista de gran importancia que favorecen el rendimiento debido a una buena aireación:
- El libre y constante abastecimiento de oxígeno de cada célula en el sustrato.

- La eliminación rápida del CO<sub>2</sub>, porque en concentraciones relativamente pequeñas inhibe el crecimiento.
- El mantener en suspensión las células de levadura, a fin de que en la tumultosidad de la mezcla se renueve constantemente el contacto entre la membrana celular y el sustrato nutritivo.

Las cantidades de aire que se precisan para la producción de levadura, varían entre 275 y 530 pies<sup>3</sup>/lb de levadura con un contenido de 30 % de materia seca. Al comenzar la fermentación se debe procurar que la aireación no sea muy intensa, porque el contenido alcohólico del medio es escaso y pueden proliferar fácilmente los mohos que atacan a las levaduras del cultivo. Los efectos de la aireación son más críticos en la fermentación en continuo respecto la fermentación por cochada, debido a la necesidad de mantener en crecimiento continuo la levadura, como también una velocidad de fermentación satisfactoria.

## **2.5. Inoculación**

Es ubicar algo que crecerá y se reproducirá, comúnmente se utiliza este proceso para la introducción de suero sanguíneo, una vacuna o sustancia antígeno dentro del cuerpo de un humano o de un animal, especialmente para producir inmunidad a una enfermedad específica. También se puede utilizar este término para referirse a la comunicación (encomendar) de una enfermedad a un organismo vivo por transferencia del agente causal en el organismo, la implantación de microorganismos o material infeccioso a un medio de cultivo como puede ser en la fabricación de cerveza o una placa Petri, o poner microorganismos o virus en el lugar donde la infección es posible.

## 2.6. **Saccharomyces cerevisiae**

La levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) es un hongo unicelular, un tipo de levadura utilizado industrialmente en la fabricación de pan, cerveza y vino. El ciclo de vida de las levaduras alterna dos formas, una haploide y otra diploide. Ambas formas se reproducen de forma asexual por gemación. En condiciones muy determinadas, la forma diploide es capaz de reproducirse sexualmente. En estos casos se produce la meiosis en la célula, formándose un asca que contiene cuatro ascosporas haploides.

*Saccharomyces cerevisiae* es uno de los modelos más adecuados para el estudio de problemas biológicos. Es un sistema eucariota, con una complejidad sólo ligeramente superior a la de la bacteria pero que comparte con ella muchas de sus ventajas técnicas. Además de su rápido crecimiento, la dispersión de las células y la facilidad con que se replican cultivos y aíslan mutantes, destaca por un sencillo y versátil sistema de transformación de ADN. Por otro lado, la ausencia de patogenicidad permite su manipulación con las mínimas precauciones.

*S. cerevisiae* es un sistema genético que, a diferencia de la mayoría de los otros microorganismos, presenta dos fases biológicas estables: haploide y diploide. La fase haploide permite generar, aislar y caracterizar mutantes con mucha facilidad, mientras que en la diploide se pueden realizar estudios de complementación. Una levadura haploide contiene 16 cromosomas que varían en tamaño de 200 a 2 200 kilobases (kb).

## 2.7. **Cromatografía**

Método de análisis que permite la separación de gases o líquidos de una mezcla por adsorción selectiva, produciendo manchas diferentemente coloreadas

en el medio adsorbente; está basado en la diferente velocidad con la que se mueve cada fluido a través de una sustancia porosa.

### **2.7.1. Cromatografía de gases**

El método cromatográfico resuelve con notable éxito el problema de separación e identificación de los componentes de un grupo de sustancias químicamente parecidas o la demostración de sustancias de muy baja concentración en los líquidos biológicos. Este tipo especial de análisis forma parte del equipo habitual de casi cualquier investigador de bioquímica; su gran sencillez permite adaptarlo a los problemas de investigación clínica.

## **2.8. Azúcares remanentes**

Los azúcares remanentes se definen como los azúcares residuales al proceso de fermentación, los cuales provienen ya sea del fruto o de la azúcar que se agrega al proceso.

### **2.8.1. Sacarosa**

Es un disacárido de glucosa y fructosa. Se sintetiza en plantas, pero no en animales superiores. No contiene ningún átomo de carbono anomérico libre, puesto que los carbonos anoméricos de sus dos unidades monosacáridas constituyentes se hallan unidos entre sí, covalentemente mediante un enlace O-glucosídico. Por esta razón, la sacarosa no es un azúcar reductor y tampoco posee un extremo reductor.

### **2.8.2. Glucosa**

La glucosa es un carbohidrato, y es el azúcar simple más importante en el metabolismo humano. La glucosa se llama azúcar simple o monosacárido, porque es una de las unidades más pequeñas que tiene las características de esta clase de hidratos de carbono. La glucosa también se llama a veces dextrosa. El jarabe de maíz es principalmente glucosa.

La glucosa es una de las principales moléculas que sirven como fuentes de energía para las plantas y los animales. Se encuentra en la savia de las plantas y en el torrente sanguíneo humano, donde se conoce como "azúcar en la sangre". La concentración normal de glucosa en la sangre es de aproximadamente 0,1 %, pero se vuelve mucho más alta en personas que sufren de diabetes.

### **2.8.3. Fructuosa**

La fructosa o levulosa, es una forma de azúcar encontrada en los vegetales, las frutas y la miel. Es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura, es decir, es un isómero de esta. Es una hexosa (6 átomos de carbono), pero cicla en furano (al contrario que las otras hexosas, que lo hacen en pirano).

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Variables**

Para el proceso de fermentación del bagazo de marañón (*Anacardum occidentale L.*) es necesario determinar las variables dependientes e independientes del proceso, ya que al ser un producto alimenticio se sabe que el destino final el consumidor es el humano y se debe tener un control minucioso debido a que se puede afectar la salud del mismo. Las variables a estudiar ayudan a determinar la calidad del producto final, allí radica su importancia.

##### **3.1.1. Determinación de variables de control del proceso de fermentación**

Para una fermentación eficiente se deben monitorear la acidez y la temperatura ya que las levaduras que trabajan son un factor fundamental para la vida de las levaduras; estas solo se desarrollan en un rango determinado de temperatura. El pH también debe encontrarse en un rango ya que se evita la contaminación bacteriana.

Tabla I. **Variables de control del proceso de fermentación**

Variable	Dimensional		Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlable	No Controlable
pH	-----	-	X		X	
Temperatura	Centígrados	C	X		X	

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. **Determinación de variables del proceso fermentativo**

La cantidad de azúcar y de levadura determinarán la eficiencia del proceso de fermentación ya que la levadura actúa como un catalizador al proceso y el azúcar es la materia prima de la fermentación.

Tabla II. **Variables del proceso fermentativo**

Variable	Dimensional		Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlable	No Controlable
Azúcar	Gramos	gr	X		X	
Levadura	Gramos	gr	X		X	

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3. Determinación de las variables de medición a escala laboratorio y planta piloto

Para todo proceso se deben realizar mediciones ya que estas ayudan a monitorear el proceso y determinar la eficiencia de este. Para la fermentación se debe realizar un cromatografía de gases; dicho análisis sirve para determinar los azúcares remanentes y la cantidad de alcohol obtenido.

Tabla III. **Variables de control del proceso de fermentación**

Variable	Dimensional		Instrumento de medición
Tiempo de retención	Minutos	Min	Cromatógrafo de gases fase inversa.
Área bajo la curva (RIU, índice de refracción de la señal)	Adimensional	-----	Cromatógrafo de gases de fase inversa

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Delimitación de campo de estudio

- Área: alcohol
- Industria: alimenticia
- Línea de investigación: fermentación
- Proceso: proceso de fermentación del bagazo de marañón (*Anacardum occidentale L.*) para la elaboración de vinos a nivel laboratorio.

- Condiciones: la cosecha se llevará a cabo en la época de verano a partir marzo a junio debido al clima cálido de las condiciones habituales de la época.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

- Investigador: Andrea Alejandra Valenzuela Ramos
- Asesora: Inga. Qca. Hilda Piedad Palma Ramos
- Colaboradora: Licda. Irma Nohemí Orozco Godínez
- Colaboradora: Licda. Ana Luisa Mendizábal de Montenegro

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

Los siguientes materiales fueron requeridos para elaborar dicho proceso.

#### **3.4.1. Materia vegetal y reactivos:**

- Bagazo de marañón
- Azúcar morena
- *Saccharomyces cerevisiae*
- Agua
- Helio

#### **3.4.2. Cristalería y equipo:**

- Balón de destilación, de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad.
- Trampa de arrastre que conecta el balón de destilación y el condensador vertical.

- Condensador vertical, tipo Graham, Liebig o Allihn, con una camisa de 400 mm de longitud, como mínimo.
- Balón volumétrico, de  $100 \text{ cm}^3 \pm 0,1 \text{ cm}^3$  de capacidad, para ser destinado como recipiente recolector del destilado.
- Plancha de calentamiento.
- Equipo de recirculación agua fría.
- Equipo de filtración.
- Termómetro.
- Balanza.
- Cromatógrafo de gases de fase inversa.

### **3.5. Técnica cuantitativa**

El bagazo de marañón (*Anacardum occidentale L.*) fue la materia prima para el presente estudio; se buscaba realizar el proceso de fermentación de dicho bagazo el cual es desecho al momento de extraer el jugo. Se diseñó un proceso de fermentación para elaborar licor y determinar la calidad a la que se puede llegar a realizarlo a nivel laboratorio.

El método de fermentación se llevó a cabo a partir de la inoculación controlada de *Saccharomyces cerevisiae*. Se inició el proceso con la obtención del bagazo. Se utilizó un extractor de jugos, el cual separó el bagazo del jugo. Posteriormente se prepararon las muestras de los cuatro tratamientos a estudiar. El primer tratamiento presentaba la adición de 200 gramos de azúcar y 10 gramos de levadura al mosto a fermentar. Al segundo tratamiento únicamente se le agregaron los 200 gr de azúcar. Al tercer tratamiento se le añadieron 10 gramos de levadura. Al último tratamiento no se le adicionó azúcar ni levadura. A los cuatro tratamientos fueron agregados 227,27 gramos de marañón.

Dichas muestras fueron depositadas en recipientes de plástico aproximadamente de 250 mL, a las cuales se les colocó un globo; este se utilizó para determinar presencia de CO<sub>2</sub>. Conociendo que el dióxido de carbono es un subproducto de la fermentación, esto indicó que el mosto ya comenzaba a producir alcohol.

El mosto se fermentó durante una semana. Posteriormente se separó el alcohol de dicho mosto, para lo cual se utilizó un proceso de destilación fraccionada ya que se obtuvo una mejor fermentación.

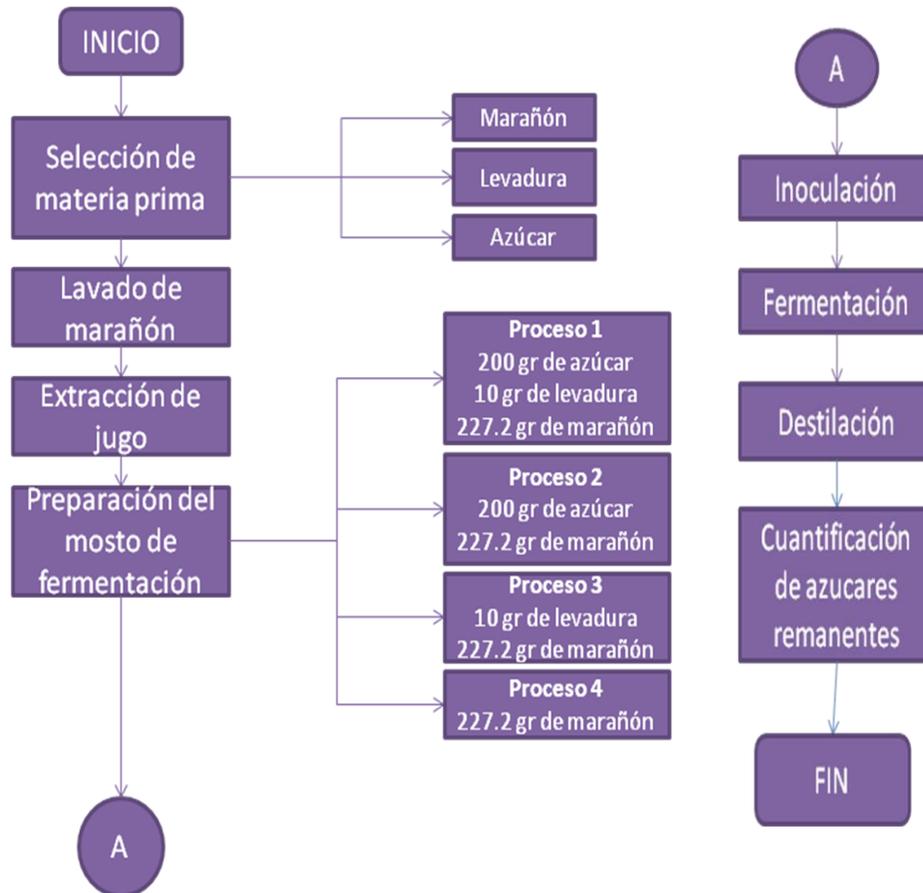
Se finalizó el proceso con la cuantificación de azúcares remanentes y del alcohol producido. Para esto se utilizó una cromatografía de gases de fase inversa. El mosto se fermentó durante una semana. Posteriormente se separó el alcohol a través de un proceso de destilación fraccionada, ya que daría una mejor separación.

Se finalizó el proceso con la cuantificación de azúcares remanentes y del alcohol producido. Esto indicaría la calidad y eficiencia del proceso. Se utilizó un cromatógrafo de fases de fase inversa.

### **3.5.1. Diagrama de flujo del proceso**

En el diagrama siguiente se describen los pasos para la preparación del mosto de fermentación:

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de fermentación



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 3.5.2. Procedimiento para la fermentación del bagazo de marañón

#### Limpieza

- Diluir 30 gramos de bicarbonato de sodio en un litro de agua
- Colocar el marañón y dejar reposar durante 10 min

- Eliminar el bicarbonato con lavados de agua

#### Preparación del mosto

- Retirar la cáscara de marañón.
- Extraer el jugo del marañón. Para dicho proceso es necesario la utilización de un extractor de jugos, ya que se obtiene mejores resultados debido a que existe una separación más eficiente del bagazo y el jugo.
- Pesar 227,27 gramos de bagazo de marañón y mezclar con 250 mL de agua.
- Preparar las muestras de las cuatro condiciones a estudiar.
  - Tratamiento uno:
    - Agregar 200 gramos de azúcar.
    - Calentar durante 20 minutos y agitar.
    - Enfriar la solución hasta alcanzar la temperatura ambiente utilizando un baño María.
    - Agregar 20 gramos de levadura y agitar.
    - Medir 250 mL y depositarlo en un recipiente previamente esterilizado.
    - Colocar en la boca del recipiente un globo con un escape pequeño de aire.
  - Tratamiento dos:
    - Agregar 200 gramos de azúcar.
    - Calentar durante 20 minutos y agitar.
    - Enfriar la solución hasta alcanzar la temperatura ambiente utilizando un baño María.
    - Medir 250 mL y depositarlo en un recipiente.

- Colocar en la boca del recipiente un globo con un escape pequeño de aire.
- Tratamiento tres:
  - Agregar 20 gr de levadura y agitar.
  - Medir 250 mL y depositarlo en un recipiente previamente esterilizado.
  - Colocar en la boca del recipiente un globo con un escape pequeño de aire.
- Tratamiento cuatro:
  - Medir 250 mL y depositarlo en un recipiente previamente esterilizado.
  - Colocar en la boca del recipiente un globo con un escape pequeño de aire.

#### Destilación fraccionada:

- Armar el aparato para destilación fraccionada.
- Colocar con cuidado la columna para la destilación fraccionada. Forrar con papel aluminio, para lograr un poco de aislamiento térmico.
- Verificar que el aparato no tenga tensiones, que haya núcleos de ebullición y que el termómetro esté en la altura adecuada dentro del balón.
- Poner a circular el agua en el condensador. Tener cuidado de no abrir la llave del agua demasiado rápido, porque esto podría causar que las mangueras se zafen.

- Iniciar el calentamiento lentamente y anotar el tiempo transcurrido hasta que se forme una gota de líquido condensado en el bulbo del termómetro.
- Preparar un baño de hielo con el vaso de duroport. Aquí se deberán colocar los recipientes en donde recibirá las diversas partes del destilado.
- Mantener el calentamiento de manera que permita una velocidad de destilado constante, aproximadamente 6 gotas por minuto, y anotar la temperatura a la cual este proceso da inicio.
- Recibir las primeras gotas del destilado (cabeza) en un tubo de ensayo. Al observar que hay un cambio en la temperatura del destilado. Cambiar el recipiente del recolector.
- Recibir el cuerpo del destilado en un recipiente de tamaño adecuado colocando en el baño de hielo. Monitorear constantemente la temperatura del destilado para observar cualquier cambio. De haber cambio en la temperatura, se debe cambiar el recipiente recolector.
- Suspender el calentamiento cuando queden menos de 10 mL de líquido en el balón. No llevan el balón a sequedad.
- Aunque se haya suspendido el calentamiento, todavía destilará algo de líquido (colas). Recolectar esta parte del destilado en otro recipiente. Anotar la temperatura.
- Una vez terminada la destilación dejar enfriar el equipo antes de desarmarlo. Medir el volumen que quedó en el balo, anotando su color, color y aspecto y descártelo.

### Cromatografía de gases:

- Para el análisis de cromatografía, adicionar a los viales del GC aproximadamente un mililitro de la muestra a analizar; propagar e inyectar de uno en uno en los viales.



## 4. RESULTADOS

En las tablas siguientes se incluyen los resultados de la experimentación realizados.

Tabla IV. **Medición de grado de acidez en los diferentes procesos**

Tratamiento	pH
Tratamiento uno	5,0
Tratamiento dos	6,0
Tratamiento tres	6,0
Tratamiento cuatro	6,0

Fuente: elaboración propia, datos recopilados después del proceso de destilación.

Tabla V. **Prueba de flameo para detectar la presencia de alcohol**

Tratamiento	Resultado
Tratamiento uno	Positivo
Tratamiento dos	Negativo
Tratamiento tres	Negativo
Tratamiento cuatro	Negativo

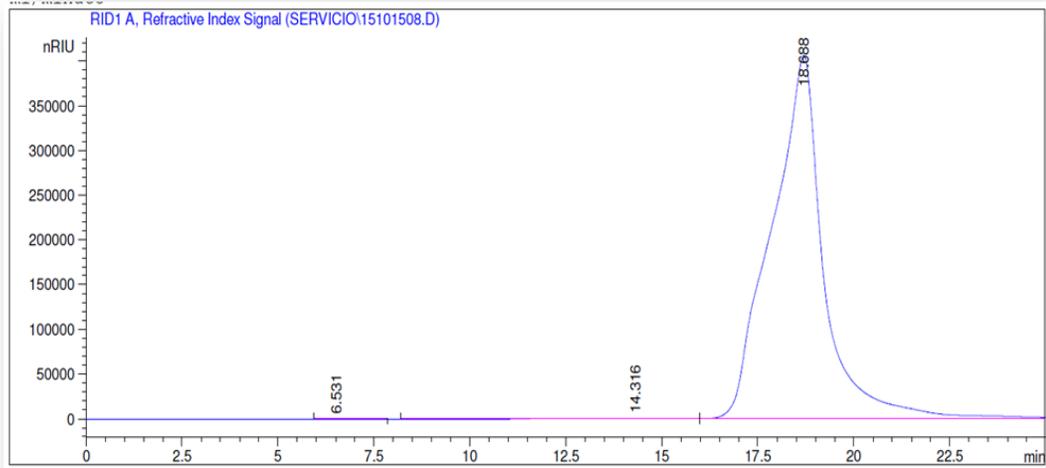
Fuente: elaboración propia, datos recopilados después del proceso de destilación.

Tabla VI. **Pruebas físicas durante la preparación del mosto, la fermentación y destilado**

Tratamiento	Fermentación			Destilado		
	Olor	Color	Sabor	Olor	Color	Sabor
Tratamiento uno	Marañón y alcohol	Amarillo	Marañón con leve sabor a alcohol.	Alcohol	Incoloro	Alcohol
Tratamiento dos	Marañón y leve olor a alcohol.	Amarillo	Marañón con muy leve sabor a alcohol.	Leve olor a alcohol	Incoloro	Leve sabor a alcohol.
Tratamiento tres	Marañón y muy leve olor a alcohol.	Amarillo	Marañón con muy leve sabor a alcohol.	Leve olor a alcohol	Incoloro	Leve sabor a alcohol.
Tratamiento cuatro	Marañón	Amarillo	Marañón	Muy leve olor a alcohol	Incoloro	Sin sabor.

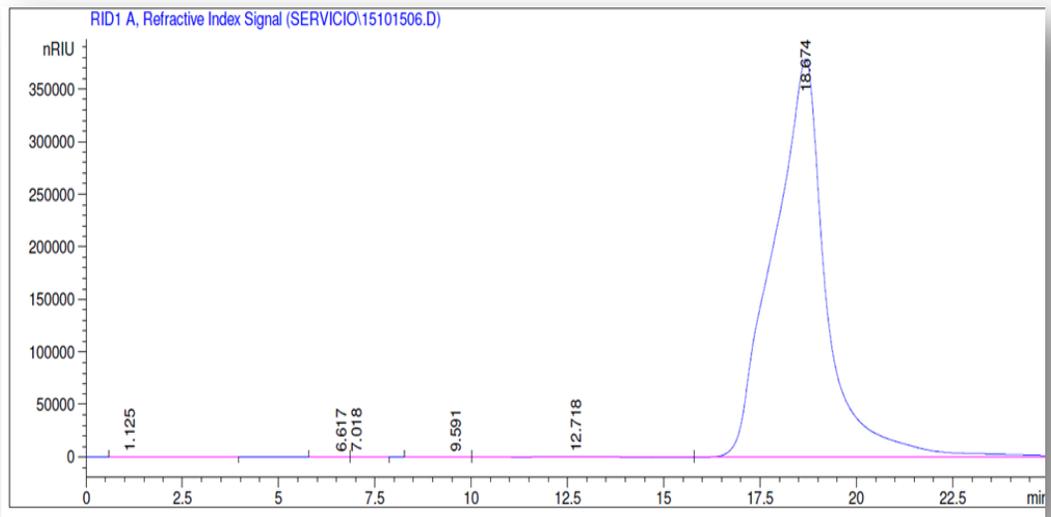
Fuente: elaboración propia, datos recopilados durante el proceso.

Figura 4. **Determinación de azúcares remanentes del destilado del tratamiento uno**



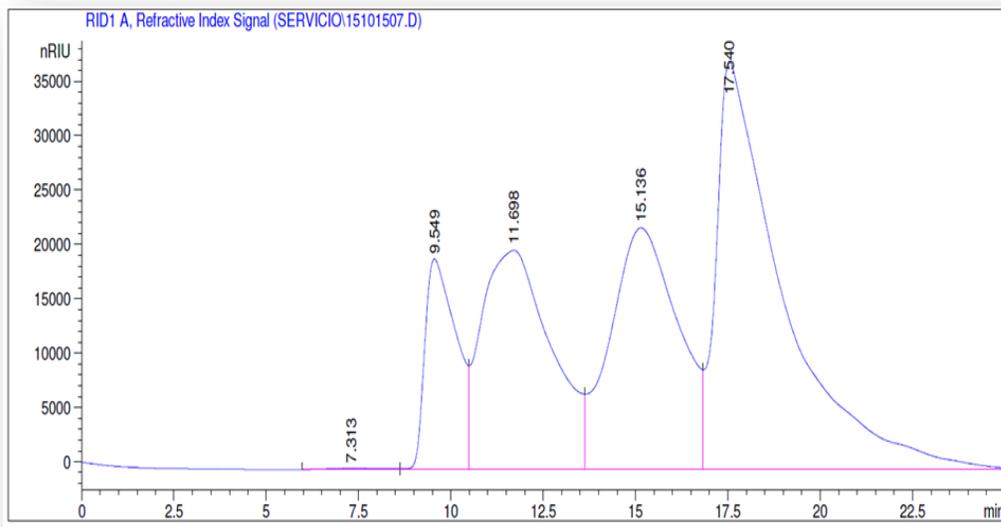
Fuente: apéndice 2e, datos calculados.

Figura 5. **Determinación de azúcares remanentes del destilado del tratamiento dos**



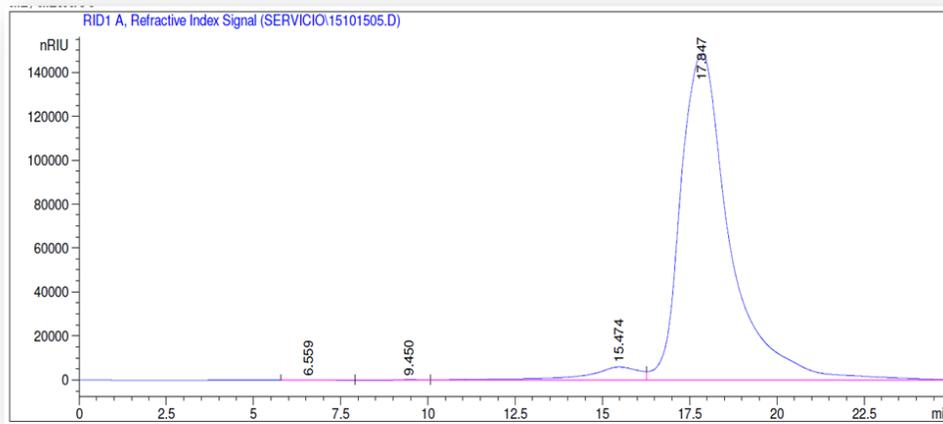
Fuente: apéndice 2f, datos calculados.

Figura 6. **Determinación de azúcares remanentes del destilado del tratamiento tres**



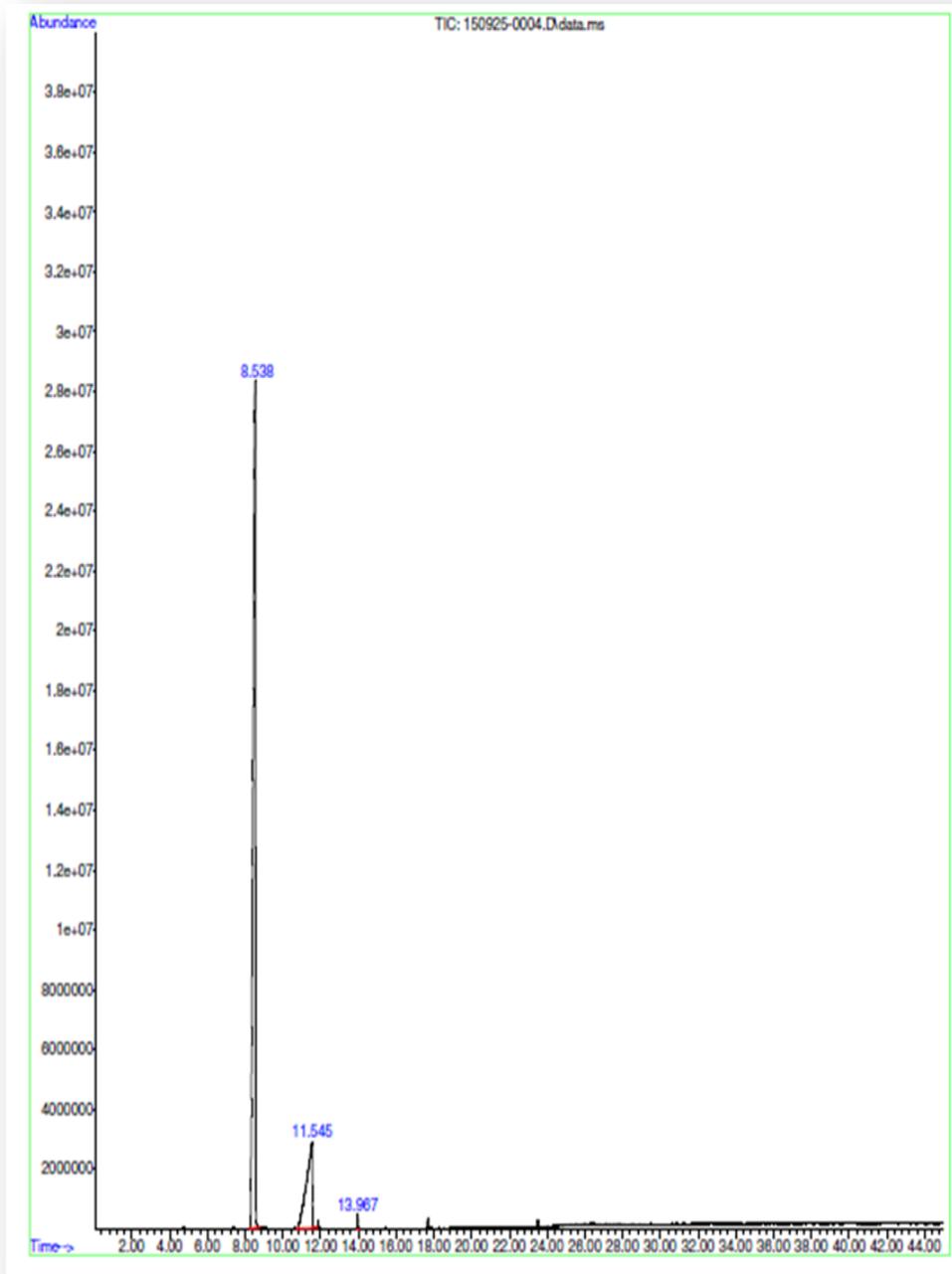
Fuente: apéndice 2g, datos calculados.

Figura 7. **Determinación de azúcares remanentes del destilado del tratamiento cuatro**



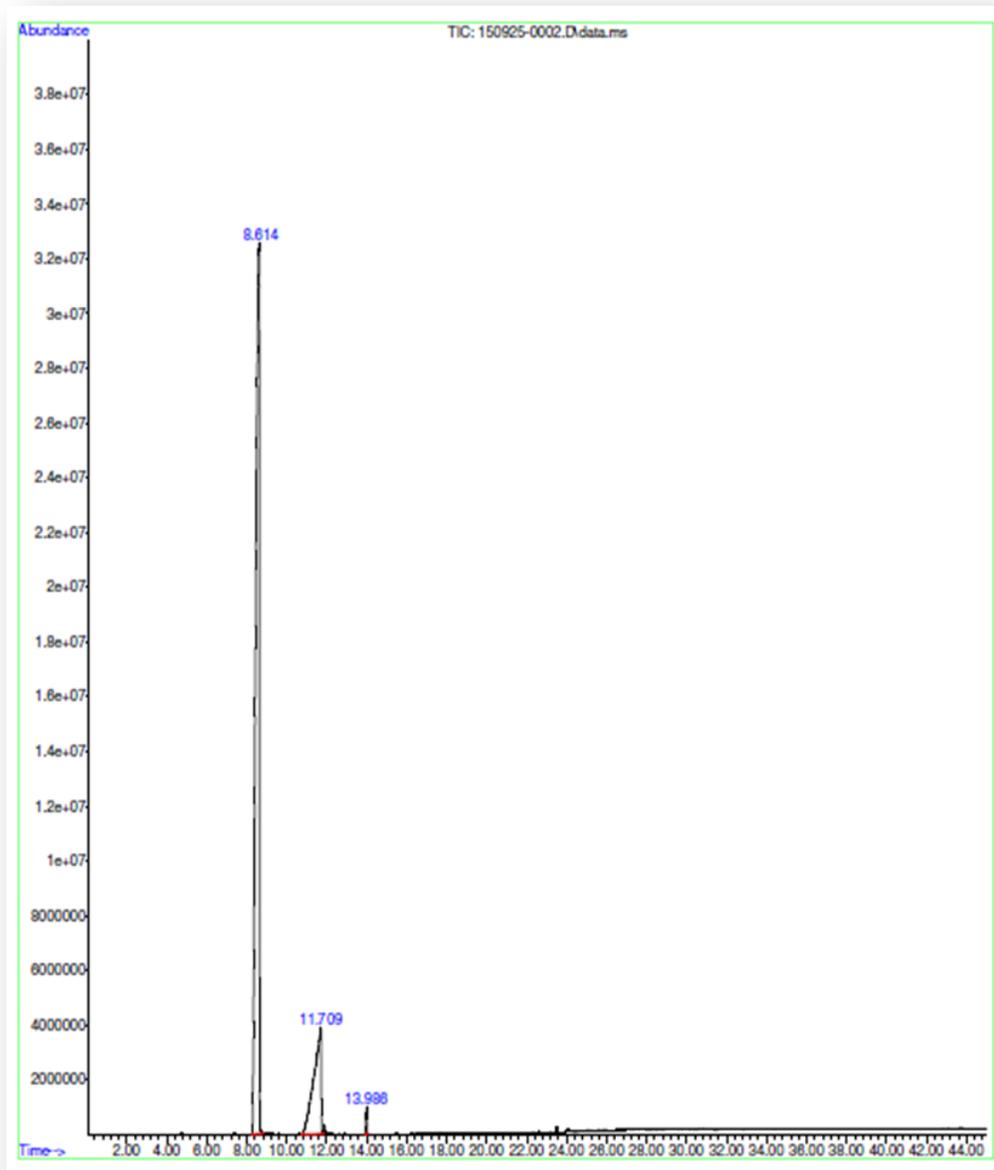
Fuente: apéndice 2h, datos calculados.

Figura 8. **Determinación de porcentaje de alcohol y otros compuestos del tratamiento uno**



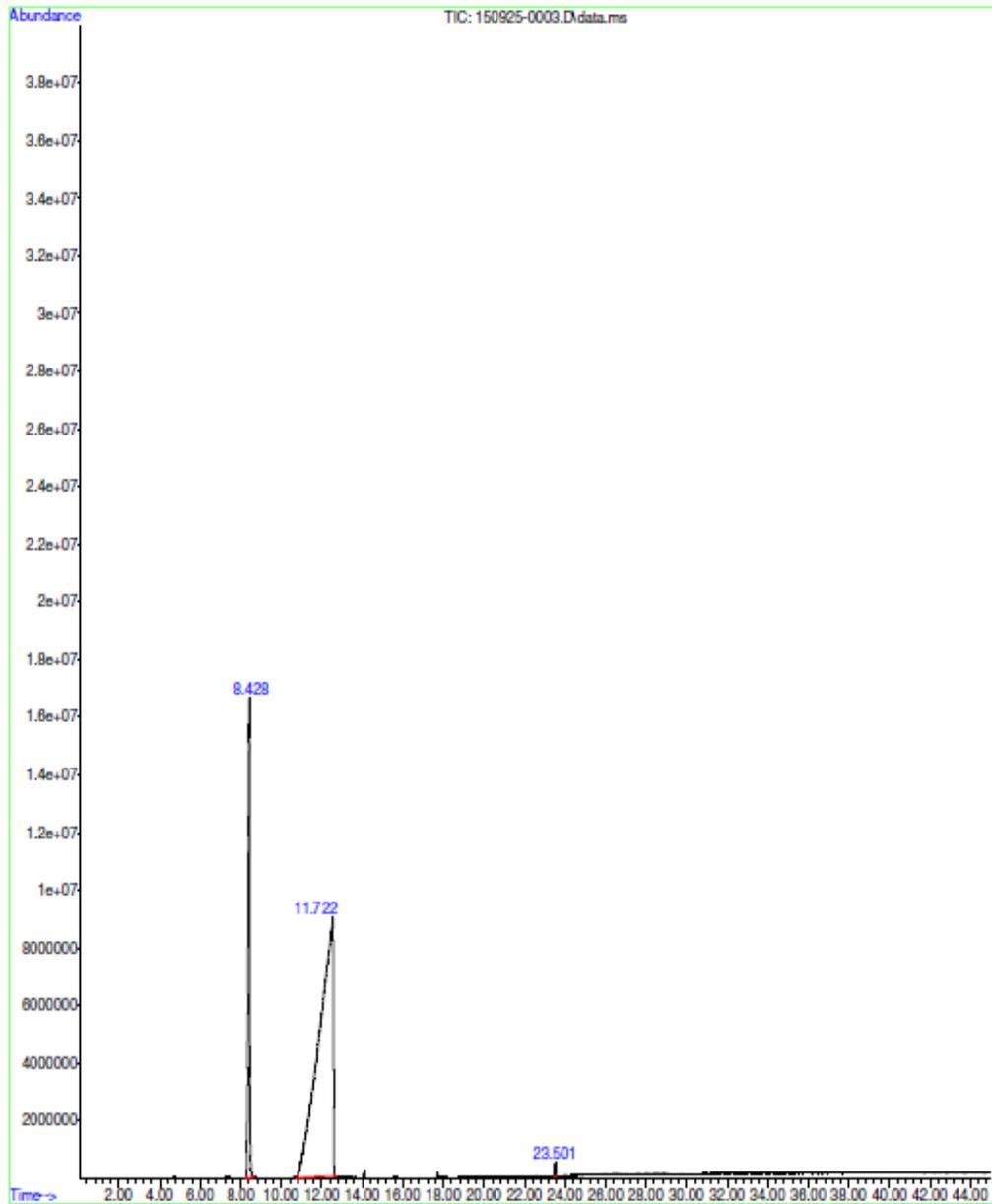
Fuente: apéndice 2i, datos calculados.

Figura 9. **Determinación de porcentaje de alcohol y otros compuestos del tratamiento dos**



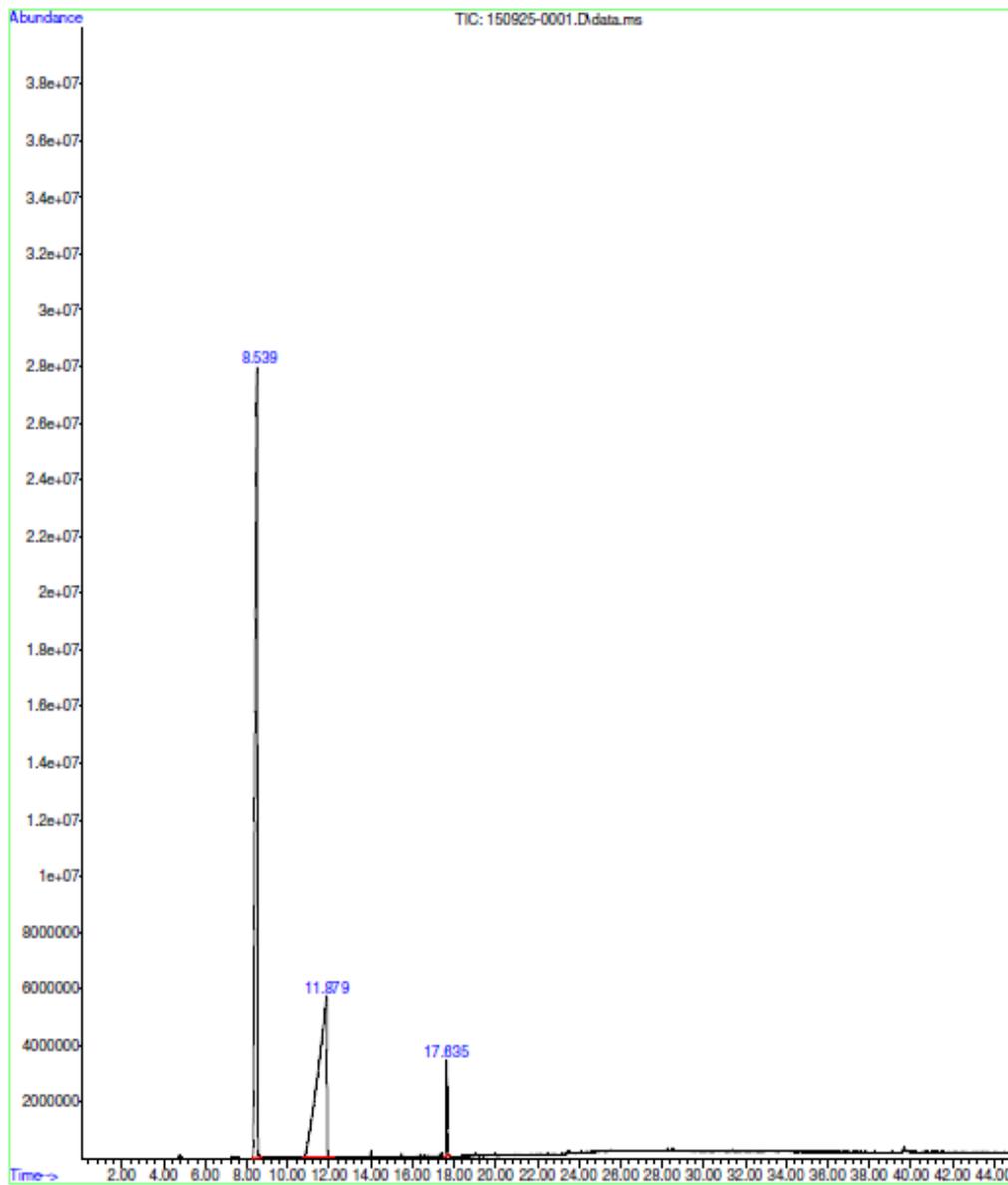
Fuente: apéndice 2j, datos calculados.

Figura 10. **Determinación de porcentaje de alcohol y otros compuestos del tratamiento tres**



Fuente: apéndice 2k, datos calculados.

Figura 11. **Determinación de porcentaje de alcohol y otros compuestos del tratamiento cuatro.**



Fuente: apéndice 2I, datos calculados.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se realizaron análisis a cuatro muestras, obtenidas por cuatro diferentes tratamientos de fermentación a condiciones distintas, con posterior destilación fraccionada, a las que se determinaron azúcares residuales y el alcohol presente, junto con otros componentes de cada una de las muestras.

La destilación realizada se planteó como una destilación fraccionada, ya que se buscaba una mejor separación de alcohol y otros componentes del licor. Se dejaron correr 15 gotas del destilado antes de tomar las muestras, ya que es necesario que se elimine cualquier impureza que afecte la lectura del análisis posterior a la destilación. De cada tratamiento se obtuvieron 20 mL de destilado, a los cuales se les realizaron pruebas de ignición para comprobar la presencia de alcohol. También se midió el pH, ya que se buscaba determinar el grado de acidez del producto final.

Según la tabla XII el pH de los procesos realizados se encontraron entre 5 – 6, lo que indica que el licor contiene ácidos débiles. Por lo que el licor y el mosto llegaron a un equilibrio, lo que significa una menor probabilidad que se detecten presencia de microorganismos que contaminen y deterioren la calidad del licor. Por lo que la vida de anaquel será mayor.

Se procedió a realizar curvas de calibración (anexo 2b-2d) por el método de cromatografía de gases (CG) para determinar los azúcares remanentes en las muestras destiladas de licor de marañón, obtenida por los cuatro tratamientos de fermentación, se identificaron y cuantificaron tres carbohidratos, sacarosa, glucosa y fructosa, en diferentes concentraciones.

Las curvas de calibración muestran la concentración de cada uno de los componentes expresados en porcentajes. Las gráficas poseen un comportamiento lineal cuya expresión matemática describe un comportamiento donde el área de la curva depende del porcentaje de concentración de cada carbohidrato a determinar. Cada una de las gráficas muestra coeficientes de correlación mayores al 0,999; lo que significa que existe un alto grado de correlación entre el área bajo la curva de cada uno de los resultados, y la concentración de los componentes de la mezcla.

Por otro lado se realizaron otros análisis por el mismo método (CG) para identificar los demás componentes de la mezcla, determinándose la presencia de alcohol etílico (etanol), amoníaco, ácido acético, 2-feniletanol, 3-metilbutanol, formiato de 3-metilbutanol, (Z)-2-penteno.

Los tiempos de retención de cada uno de los picos determinan el momento en que cada uno de los componentes sale en las diferentes muestras, logrando de esta manera determinar la presencia de cada uno de los componentes, así como cada una de las concentraciones de los mismos, los tiempos de retención esperados para los diferentes componentes deberían ser 9,761 min para la sacarosa, 10,926 minutos para glucosa y 15,237 minutos para fructosa.

Las áreas bajo cada uno de los picos indican la concentración de cada uno; si se hace la correlación con cada una de las curvas de calibración, logrando obtener los siguientes resultados en cada uno de los tratamientos:

Analizando la figura 4 se puede determinar que únicamente se detecta la presencia de fructosa en el producto final, no se detecta presencia de glucosa ni sacarosa esto se debe a que se dio un alto consumo de azúcares y esto se ve reflejado en la cantidad de alcohol etílico producido 79.99 %, según figura 8. También se detecta en esta muestra la presencia de terpenos 0,33 % por lo que dicho proceso no demuestra contaminación de otras sustancias que pueden afectar la calidad del licor o la vida de anaquel del mismo.

Cabe mencionar que en dicho tratamiento se realizó una inoculación de levadura. Dicha levadura se involucra en el proceso como un catalizador debido a que acelera el proceso de fermentación y lo hace más eficiente.

En el tratamiento dos, según la figura 5, consume casi toda la sacarosa, hay un remanente de glucosa producto de la hidrólisis de la sacarosa; se consume toda la fructosa de la hidrólisis de la sacarosa, así como la contenida en el fruto 80,40 % de alcohol etílico, 19,19 % de amonio y la presencia de 3-metil butanol como se puede observar en la figura 9. Dicha sustancia es un terpeno, que está presente en el fruto, su presencia es común en licores preparados a partir de frutos. El amonio es un precursor aromático el cual proviene del mosto preparado con el bagazo de marañón.

La figura 6 describe el tratamiento tres, muestra la cantidad en porcentaje de los azúcares remanentes en el proceso; este procedimiento es el que proporciona una mayor cantidad de azúcares en el licor, lo que se confirma con la baja cantidad de alcohol etílico 16 % , como lo denota el comportamiento de la figura 10, por lo cual el proceso de fermentación no es eficiente si es comparado con los dos tratamientos anteriores, las levaduras no utilizaron el azúcar del fruto, este proceso solo tiene azúcar proveniente del fruto.

El fenil etanol, identificado en el análisis corresponde a un metabolito secundario presente en el fruto de marañón.

El tratamiento cuatro según la figura 7 muestra una concentración de fructosa la cual proviene del fruto, la que es transformada en alcohol; en la muestra se tiene un 54 % de alcohol etílico, 42,97 % de amonio, como lo describe la figura 11. El amonio proviene de la presencia de compuestos nitrogenados en el fruto y un pequeño porcentaje de ácido acético, este proviene de un proceso de fermentación aeróbica, que podría ser consecuencia de entrada de oxígeno al sistema; un sello deficiente podría ser la causa.

Tomando en cuenta lo anterior y analizando los cuatro tratamientos y las condiciones a las que fueron realizadas cada uno de los procesos fermentativos. Se puede determinar que el tratamiento con mayor eficiencia es el tratamiento uno, en el cual se obtuvo un alto porcentaje de alcohol etílico; aunque en el tratamiento dos se obtuvo un mayor porcentaje de alcohol pero el porcentaje de formiato 3-metil-1-butanol es más alto, por lo que baja la calidad del licor. Es importante mencionar que dicha sustancia es la responsable de la intoxicación alcohólica, en el caso de los licor se espera una baja concentración, ya que la destilación elimina dicho compuesto y este permanece en la cola del destilado.

Los factores importantes a evaluar en una bebida alcohólica y lo que determina su calidad son: las propiedades organolépticas, color, olor y sabor agradables. Se realizó una degustación en la cual participaron dos personas, las cuales comentaron que el licor tenía un aroma agradable, un sabor estrambótico y un color amarillento.

## CONCLUSIONES

1. Para obtener un licor con alto grado alcohólico es necesario la adición de levadura y azúcar; esto se demuestra analizando el tratamiento ya que este obtuvo el mayor porcentaje de alcohol, gracias a la adición de azúcar, y ningún contaminante, debido a la levadura.
2. Al no agregar levadura al proceso existe un remanente de glucosa, producto de la hidrólisis de la sacarosa; este fenómeno se demuestra en el tratamiento dos; además se consume toda la fructosa de la hidrólisis de la sacarosa, así como la contenida en el fruto.
3. Únicamente inocular la levadura da como resultado una mayor cantidad de azúcares en el licor, lo que da como resultado una baja cantidad de alcohol etílico, por lo cual las levaduras no utilizan el azúcar del fruto.
4. Un sello deficiente permite la entrada de oxígeno al sistema, lo cual da como consecuencia la presencia de amonio proveniente de la presencia de compuestos nitrogenados en el fruto y un pequeño porcentaje de ácido acético.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar dicho proceso a nivel planta piloto, ya que la línea de investigación se llevaría al diseño de equipos, niveles de producción y costos de operación.
2. Realizar el análisis organoléptico sensorial y olfativo necesario para determinar un juicio exacto para su consumo.
3. Implementar el estudio con otros frutos, ya que se podría determinar que fruto es más versátil para un proceso de fermentación.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ADAMS Martin; MOSS Maurice. *Food microbiology*. 2a ed. Estados Unidos: Royal Society of Chemistry. 2000: 479 p.
2. BUZETA Andrés. *Berries para el 2000*. Chile: Fundación Chile: 2000: 133 p.
3. CÓRDOVA Alfredo; JACKSON La Scienya; BERKE David; SUMPIO Bauer. *The Cardiovascular Protective Effect of Red Wine*. Estados Unidos: Journal of the American College of Surgeons, 2004: 439 p.
4. DE ORY Ignacio; ROMERO Luis; CANTERO Domingo. *Optimum starting-up protocol of a pilot plant scale acetifier for Viniegra production*. *Journal of Food Engineering*. Estados Unidos. 2002. 37 p.
5. DONATH Erhard. *Elaboración artesanal de frutas y hortalizas*. Barcelona, España. 1992:135 p.
6. FELLOWS Peter. *Food Processing Technology*. Gran Bretaña: Ellis Horwood Ltda. Chichester, 1988: 505 p.
7. FENNEMA, Owen. *Química de los alimentos*. 2a ed. España Zaragoza: Acribia. Zaragoza, 2000. 1258 p.

8. GONZÁLEZ Gustavo, *Composición fenólica y color de vinos blancos, rosados y tintos de Uruguay*. Uruguay: Viticultura / Enología profesional, 1997.52 p.
9. LEIGHTON Federico; URQUIAGA Inés. *Polifenoles del vino y salud humana. Antioxidantes y calidad de vida*.2000:13 p.
10. LOUREIRO Virgilio; MALFEITO Manuel. *Spoilage yeasts in the wine industry*. Portugal: International Journal of Food Microbiology, 2003. 50 p.
11. LLAGUNO Concepción; POLO Carmen. *El vinagre de vino*. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1991. 238 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Sistema de destilación fraccionada



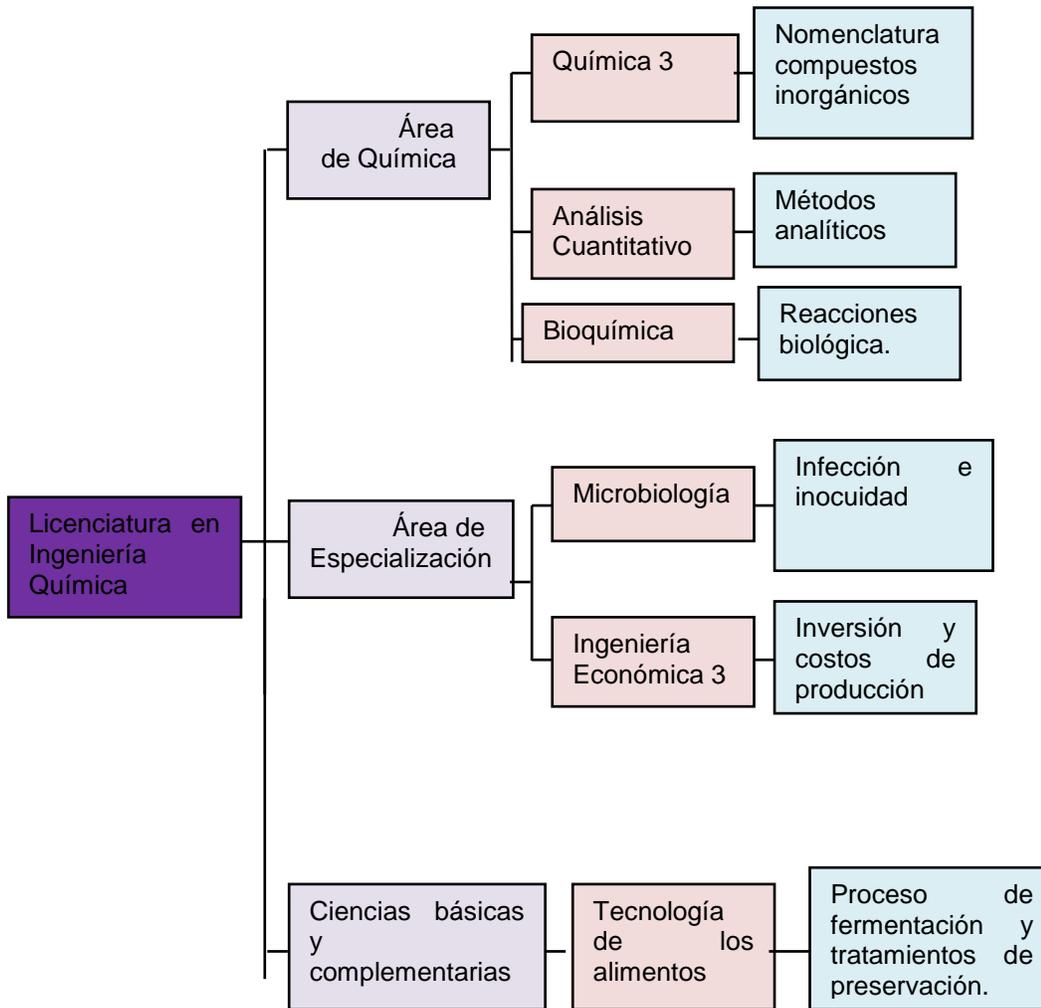
Fuente: Elaboración propia. Fotografía tomada en el laboratorio de Orgánica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

### Apéndice 2. Alcohol obtenido del proceso de destilación



Fuente: Elaboración propia. Fotografía tomada en el laboratorio de Orgánica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Apéndice 3. **Tabla de requisitos académicos**



Fuente: elaboración propia.

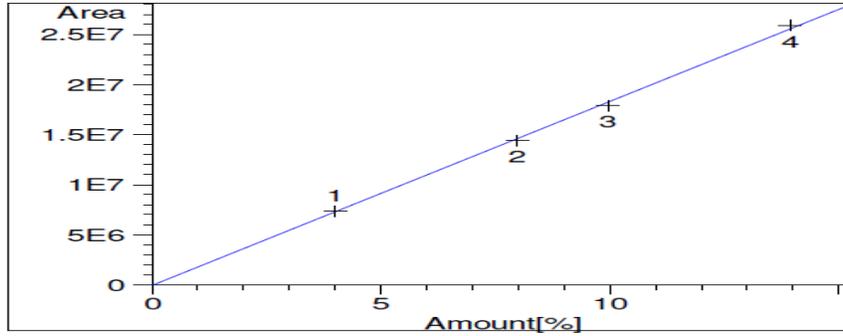
## Apéndice 4. Datos calculados

### Apéndice 4a. Tabla de calibración de cromatógrafo de gases

Tiempo de retención	Lectura	Porcentaje[%]	Área	Porcentaje/Área	Carbohidrato
<b>9.761</b>	1	3.98594	7.33730e6	5.43243e-7	Sacarosa
	2	7.97188	1.44108e7	5.53188e-7	
	3	9.96485	1.79061e7	5.56505e-7	
	4	13.95079	2.59193e7	5.38239e-7	
<b>10.926</b>	1	1.00677	5.65355e6	1.78077e-7	Glucosa
	2	2.01354	1.00981e7	1.99398e-7	
	3	2.51692	1.40533e7	1.79099e-7	
	4	3.52370	1.90024e7	1.85434e-7	
<b>15.237</b>	1	9.95282e-1	4.52064e6	2.20164e-7	Fructuosa
	2	1.99056	9.69450e6	2.05329e-7	
	3	2.48820	1.09545e7	2.27140e-7	
	4	3.48349	1.51785e7	2.29501e-7	

Fuente: datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.

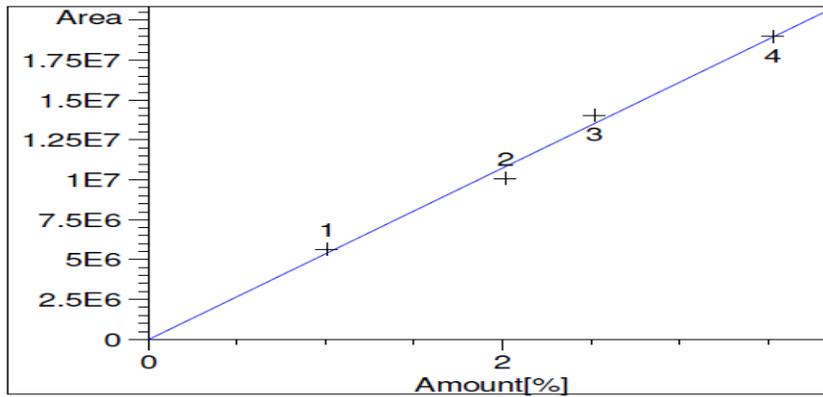
Apéndice 4b. **Curva de calibración para la sacarosa**



Color	Modelo matemático	Correlación	Intervalo de validez	Tiempo de retención
	$y = 1.8324E6x$	0.99988	[0%-15%]	9.761

Fuente: tabla I, datos calculados.

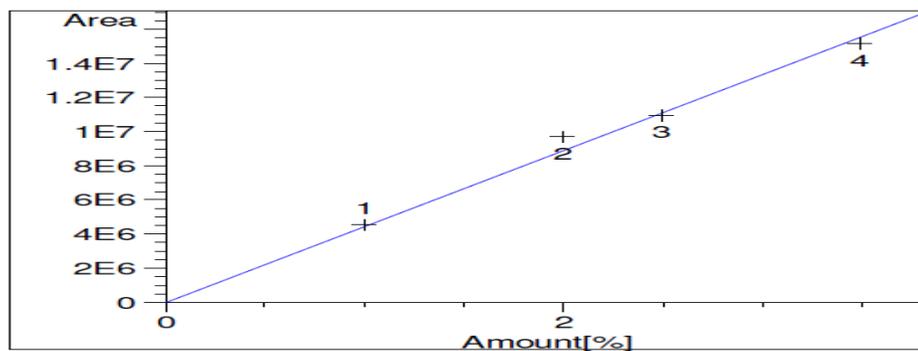
Apéndice 4c. **Curva de calibración para la glucosa**



Color	Modelo matemático	Correlación	Intervalo de validez	Tiempo de retención
	$y = 5.38868E6x$	0.99938	[0%-4%]	10.926

Fuente: tabla I, datos calculados.

Apéndice 4d. **Curva de calibración para la fructuosa.**



Color	Modelo Matemático	Correlación	Intervalo de validez	Tiempo de retención
	$y = 6.4645E6x$	0.99912	[0%-4%]	15.23

Fuente: tabla I, datos calculados.

Apéndice 4e. **Cuantificación de azúcares remanentes del tratamiento uno**

Tiempo retención	Área	Cantidad/Área	Cantidad %	Sustancias
9.761	0	0	0	Sacarosa
10.926	0	0	0	Glucosa
14.316	1.4175E5	2.23989E-7	3.17506E-2	Fructuosa

Fuente: datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.

Apéndice 2f. **Cuantificación de azúcares remanentes del tratamiento dos**

Tiempo retención	Área	Cantidad/Área	Cantidad %	Sustancias
9.761	0	0	0	Sacarosa
10.926	0	0	0	Glucosa
14.316	1.4175E5	2.23989E-7	3.17506E-2	Fructuosa

Fuente: datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.

Apéndice 2g. **Cuantificación de azúcares remanentes del tratamiento tres**

Tiempo retención	Área	Cantidad/Área	Cantidad %	Sustancias
9.549	1.14634E6	5.45727E-7	6.2558E-1	Sacarosa
11.698	2.63819E6	1.85574E-7	4.89580E-1	Glucosa
15.136	2.8312E6	2.83124E-7	6.34168E-1	Fructuosa

Fuente: datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.

Apéndice 2h. **Cuantificación de azúcares remanentes del tratamiento cuatro**

Tiempo retención	Área	Cantidad/Área	Cantidad %	Sustancias
9.450	1.74435E4	5.45727E-7	9.5357E-3	Sacarosa
10.926	0	0	0	Glucosa
15.474	6.81932E5	2.23989E-7	1.52746E-1	Fructuosa

Fuente: datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.

Apéndice 2i. **Cuantificación de alcohol y otras sustancias en el destilado del tratamiento uno**

Tiempo de retención	Área %	Sustancias
8.539	79.99	Alcohol etílico
11.546	19.68	Amonio Agua Urea
13.966	0.33	1-butanol,3 metil 1-butanol,3 metil, formiato 1-butanol,3 metil

Fuente: datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.

Apéndice 2j. **Cuantificación de alcohol y otras sustancias en el destilado del tratamiento dos**

Tiempo de retención	Área %	Sustancias
8.612	80.40	Alcohol etílico
11.709	19.19	Amonio Agua
13.988	0.40	1-butanol,3 metil 1-butanol,3 metil, formiato 2-pentano

Fuente: datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.

Apéndice 2k. **Cuantificación de alcohol y otras sustancias en el destilado del tratamiento tres**

Tiempo de retención	Área %	Sustancias
8.43	16.45	Alcohol Etílico
11.723	83.39	Amonio Agua
23.499	0.16	Alcohol Fenílico

Fuente: datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.

Apendice 2I. **Cuantificación de alcohol y otras sustancias en el destilado del tratamiento cuatro**

Tiempo de retención	Área %	Sustancias
8.539	54.77	Alcohol Etílico
11.878	42.97	Amonio Agua
17.636	2.26	Ácido Acético

Fuente: datos obtenidos con el cromatógrafo de gases.



## ANEXOS

### Anexo 1. Prueba de flama



Fuente: <http://dqino.ua.es/es/laboratorio-virtual/ensayos-a-la-llama.html> Consulta: 24 de abril de 2016

### Anexo 2. Sistema de fermentación del bagazo de marañón.



Fuente: <http://dqino.ua.es/es/laboratorio-virtual/ensayos-a-la-llama.html> Consulta: 24 de abril de 2016

