



# **CARACTERIZACIÓN DE FRUTAS COMO POSIBLES MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS**

Joan Mateo Lerma Celada  
Geraldine Plaza Reina  
Laura Daniela Clavijo Pataquiva

Facultad de ingeniería, Universidad EAN  
Programa de ingeniería Química  
Proyecto de Grado

Ing. John Jairo Porras Vega

Bogotá D.C, Colombia

2023 – 2

## DEDICATORIA/ AGRADECIMIENTO

### ***Joan Mateo Lerma Celada***

*El presente trabajo de titulación lo dedico a mi madre, quien desde el primer momento apoyo mis sueños y aspiraciones, he hizo posible con la ayuda de Dios, que me formara como profesional en esta grandiosa profesión, además quien día a día me aporta valiosos conocimientos de superación y crecimiento personal. Agradezco también el apoyo del PhD. Jeffrey León, quien ha aportado fuertes recomendaciones para poder sacar adelante este proyecto y su apoyo incondicional.*

### ***Geraldine Plaza Reina***

*A quienes iluminaron mi camino con su amor, apoyo y sabiduría. Dedico este proyecto y trabajo de grado a aquellas personas excepcionales que aportaron a esta trayectoria académica.*

*A mis padres por su sacrificio y todo su amor, por apoyarme para seguir luchando por mis ideales y propósitos en la vida. A mi hermana cuyo apoyo es incondicional, en mis locuras, deseos y aspiraciones. Ustedes han sido mi motivación.*

*A Sebastián Beltrán por su paciencia, comprensión y amor, por escucharme, acompañarme y ser mi refugio constante.*

*A Mateo Lerma por convertir cada obstáculo en una oportunidad de crecimiento personal y profesional. Por estar conmigo en aquellas tormentas académicas y más.*

*Y agradezco al PhD. Jeffrey León-Pulido por brindarnos parte de su gran conocimiento para seguir adelante con este proyecto y que ha sido fundamental para el éxito del mismo. Por ser una gran inspiración en este camino intelectual.*

*Con profunda gratitud, admiración y cariño, dedico este gran paso académico a cada uno de ustedes, quienes han dejado huellas imborrables en este viaje hacia el conocimiento.*

***Laura Daniela Clavijo***

*El presente trabajo de grado lo dedico a mis papás, quienes han apoyado mis sueños y metas, haciendo posible con la ayuda de Dios, que me formara como profesional en esta carrera de ingeniería química. Agradezco al PhD. Jeffrey León, quien ha apoyado y aportado a mi proceso para poder sacar adelante este proyecto y por su confianza incondicional y finalmente agradezco a mis compañeros y diferentes amigos que estuvieron a mi lado en cada momento de alegría y frustración durante el desarrollo profesional y me brindaron una mano o explicación siendo siempre una red de apoyo académico.*

## RESUMEN

Un alto porcentaje de las bebidas alcohólicas se producen por la fermentación de caña de azúcar, debido a que estos cultivos tienen una concentración elevada de glucosa, lo que la hace ideal para este tipo de bebidas, pero con el tiempo, podría potencialmente tener consecuencias adversas, provocando daños en ecosistemas y pérdida de biodiversidad generando a su vez la extinción de algunas especies. Esto ha impulsado la búsqueda de nuevas fuentes de materias primas, incluyendo la evaluación de diversas frutas pues gracias a la gran concentración de azúcares y componentes ricos en proteínas que estas contienen, las convierte en candidatas ideales para procesos de fermentación. En consecuencia, este estudio hace una revisión documental y experimental del estado del arte de diferentes frutas para realizar un análisis fisicoquímico de las mismas y evaluarlas como posibles materias primas que generen sabores únicos y naturales, de alta calidad y bajo en aditivos para la elaboración de una bebida alcohólica distinta logrando una reacción fermentativa exitosa y que refleje la identidad de los frutos colombianos ofreciendo una experiencia sensorial única a los consumidores.

*Palabras clave:* Producción de bebidas alcohólicas, análisis, frutas, fermentación, materias primas.

## ABSTRACT

A high percentage of alcoholic beverages are produced from the fermentation of sugarcane, due to these crops an elevated concentration of glucose, which makes it ideal for this type of beverages, but eventually, it could potentially have adverse consequences, causing damage to ecosystems and loss of biodiversity resulting in the extinction of some species. This has prompted the search for new sources of raw materials, including the testing of several fruits which, because of their high concentration of sugars and high protein components, are ideal candidates for fermentation processes. Consequently, this study makes a textual and experimental review of the state of the art of different fruits to perform a physicochemical analysis of them and evaluate them as possible raw materials that generate unique and natural flavors, of high quality and low in additives for the elaboration of a different alcoholic beverage, achieving a successful fermentation reaction and reflecting the identity of Colombian fruits, giving a unique sensory experience to consumers.

*Keywords:* Alcoholic beverages production, analysis, Colombian fruits, fermentation, raw materials.

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	9
3. OBJETIVOS .....	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS .....	12
6. MARCO TEÓRICO.....	13
6.1. GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	13
6.2. PROCESOS DE DESTILACIÓN.....	17
6.2.1. DESTILACIÓN SIMPLE.....	17
6.2.2. DESTILACIÓN FRACCIONADA .....	19
6.2.3. DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR .....	21
6.2.4. REACCIONES QUÍMICAS PRESENTES.....	23
6.3. MATRIZ FISICOQUÍMICA .....	26
7. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES .....	27
8. METODOLOGÍA.....	29
8.1. ELABORACIÓN DE MUESTRAS .....	29
9.1. DESARROLLO DE SOLUCIÓN.....	30
10. ANÁLISIS DE COSTOS.....	32
11. MUESTRAS PRACTICA DE LABORATORIO .....	35
12. CONCLUSIONES PRELIMINARES .....	46
REFERENCIAS.....	49

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Destilación Simple.....	19
Ilustración 2. Destilación Fraccionada.....	20
Ilustración 3. Destilación Fraccionada.....	22
Ilustración 4. Proceso químico de la producción de etanol. ....	22

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos. Autoría propia.....	12
Tabla 2. Oferta, demanda y disponibilidad de la producción de azúcar a partir de la caña (Asocaña, 2023) .....	14
Tabla 3. Propiedades Fisicoquímicas del etanol y la sacarosa. Autoría propia. ....	25
<i>Tabla 4. Matriz fisicoquímica. Autoría propia. ....</i>	<i>26</i>
Tabla 6. Costos de Materia Prima. Autoría propia. ....	32
Tabla 7. Tabla de Errores. Autoría Propia. ....	34
Tabla 8. Datos Experimentación Mandarina. Autoría Propia. ....	35
Tabla 9. Datos Experimentación Naranja. Autoría Propia. ....	36

## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia, como nación biodiversa, presenta una oportunidad única para aprovechar su extensa variedad de recursos naturales en el ámbito industrial. Uno de los sectores más significativos en este contexto es el agrícola, donde hay una gran variedad de especies de frutas bien sean comúnmente conocidas, tropicales o exóticas, estas frutas son sometidas a procesos de transformación física o química que ayudan a impulsar la economía nacional y tienen un gran impacto en el sector agroalimentario.

En particular, la producción de bebidas alcohólicas emerge como una categoría que se beneficia enormemente de esta riqueza de frutas. La destilación, a gran escala y artesanal, se convierte en un vehículo de exploración con reacciones químicas y tecnologías de tratamiento, donde la ingeniería química es crucial en la resolución de desafíos y en la creación de productos a partir de condiciones óptimas de estas frutas. Debido a esto se pretende realizar un estudio experimental con el objetivo de elaborar bebidas alcohólicas a partir del análisis fisicoquímico de frutas como posibles materias primas mediante fermentación alcohólica y la obtención de datos importantes para la calidad del producto tales como el pH, grados Brix, grados de alcohol (*Guzmán, 2013*) y muestras sensoriales de frutas ejemplares que sean viables económicamente y cumplan con las condiciones aptas para un proceso fermentativo exitoso.



## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema del proyecto se genera en la falta de procesos alternativos para la producción de bebidas alcohólicas, puesto que la mayoría de las plantas de producción de estas utilizan como materia prima principal la caña de azúcar, este tipo de plantas requieren el uso masivo de pesticidas para su crecimiento, esto debido a que su alto contenido de azúcar atrae a muchos insectos y demás animales, por lo que, genera aridez en las tierras, dejándolas infértiles por un periodo de tiempo, dado esto, la selección adecuada de una nueva materia prima es vital para garantizar el cuidado ambiental de las tierras colombianas y así generar un producto con la misma o mejor calidad de los productos ya existentes. Además, el uso de frutas en la elaboración de estas bebidas ha generado ser el centro de diferentes investigaciones, gracias a su potencial para aportar sabores únicos y naturales. Sin embargo, el proceso de selección y evaluación de frutas como materias primas implica un estudio riguroso en áreas de la fisicoquímica y microbiología, para así poder obtener un producto con una alta Calidad e Inocuidad, es por esto, que se genera la siguiente pregunta: “*¿Qué otras alternativas de materias primas disponibles existen en Colombia para reemplazar el uso de la caña de azúcar para la producción del ron?*”

### **3. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

- Realizar un análisis fisicoquímico a frutas de origen colombiano, con el fin de encontrar nuevas materias primas y sabores para el desarrollo de bebidas alcohólicas, por medio de pruebas de laboratorio y su respectivo análisis sensorial con la ayuda de un panel experto.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una revisión bibliográfica sobre diversas frutas de origen colombiano para la producción de bebidas alcohólicas.
- Estudiar teórica y experimentalmente las frutas de elección para la recolección de datos fisicoquímicos de las mismas.
- Implementar el uso de las frutas seleccionadas para llevar a cabo un análisis fisicoquímico para determinar su capacidad de fermentación y destilación a nivel de laboratorio.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Las industrias licoreras se enfrentan a una problemática masiva que es el uso de la caña de azúcar como materia prima para la elaboración de bebidas alcohólicas debido a que estas plantas empleadas para la fermentación de algunos alcoholes requieren condiciones en su siembra y cultivo para su viabilidad, por lo que se observa la necesidad de encontrar nuevas materias primas con el mismo o mayor potencial que la caña de azúcar para la fabricación de este tipo de bebidas. Por esto, el desafío radica principalmente en buscar teórica y experimentalmente nuevas fuentes de materia prima que sean colombianas, sumando a esto, los sabores y la calidad de las bebidas resultantes son aspectos importantes en la experimentación ya que las diferentes frutas pueden conferir sabores y perfiles aromáticos únicos e innovadores, permitiendo introducir nuevos perfiles sensoriales en estos productos, pero por las diferencias fisicoquímicas en las diversas frutas se pueden presentar complicaciones en torno al control de la consistencia y estabilidad.

## 5. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

La siguiente tabla muestra los requerimientos necesarios e identificados para la correcta realización del proyecto, se logran identificar a partir de las necesidades que se observan durante el proceso de planificación del proyecto.

Tipo	Descripción	Prioridad
Fisicoquímicos	Parámetros de análisis: Se requiere con ayuda de la literatura la obtención de los datos fisicoquímicos teóricos de las frutas, de la fermentación y de la destilación.	Alta
Equipo Técnico	Es esencial la implementación de tecnológicas y equipos especializados para la realización de procesos industriales que tengan como finalidad un producto de consumo masivo. En este caso, para el estudio se requieren usar equipos y tecnologías de laboratorio, allí se encuentran principalmente los montajes de destilación. En el presente trabajo se hace uso de dos de los más comunes como lo son la destilación fraccionada y la destilación simple.	Alta
Normativa	Al ser un producto para consumo humano es necesario considerar la normativa del país sobre consumo de bebidas alcohólicas, por lo que se refiere al Decreto 1506 de 2014 que establece el reglamento técnico señalando los requisitos sanitarios que deben cumplir las bebidas alcohólicas para consumo humano que fabriquen, elaboren, hidraten, envasen, almacenen, transporten, comercialicen, expendan, exporten o importen para proteger la vida, la salud y la seguridad humana y la Resolución 982 de 1994 que habla sobre medidas sanitarias para estas materias primas.	Media - Baja
Calidad e Inocuidad	Los resultados obtenidos por el estudio deben contener al menos un 99% de precisión en comparación a los datos teóricos y normatividad, asegurando así la Calidad e Inocuidad de los productos a consumir.	Alta
Procesos de Muestreo	Se debe definir cómo y cada cuanto tiempo se realizarán las experimentaciones de muestreo tanto para la Calidad del producto final como para los análisis sensoriales.	Alta
Evaluación de aprobación	Se debe establecer un proceso riguroso de evaluación para determinar la viabilidad del estudio.	Alta
Resultados del producto	El estudio debe tener viabilidad para lograr un producto deseado y solucionando el objetivo general del estudio.	Alta

*Tabla 1. Requerimientos. Autoría propia.*

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1. GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR

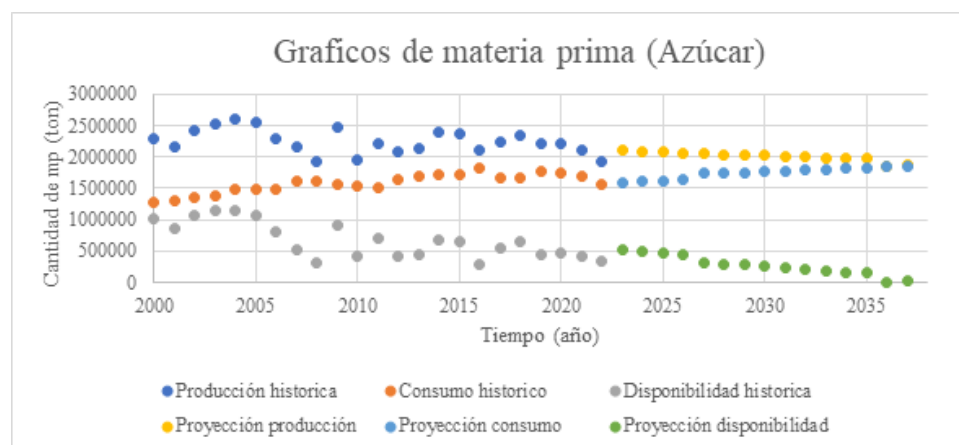
Colombia tiene alrededor de seis departamentos diferentes donde la caña de azúcar por su posición geográfica, las planicies de sus tierras y su clima genera que estas plantas crezcan en abundancia. Según la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia - *Asocaña*, este sector agroindustrial está principalmente ubicado en el Cauca y en el valle geográfico de su característico río. De acuerdo con dicha organización, en el 2021 la región contaba con aproximadamente 241.205 hectáreas de cultivo de caña de las cuales 60.301 hectáreas corresponden a los 12 ingenios azucareros ubicados en el Valle del Cauca, siendo una equivalencia del 25% y, por otra parte, 180.904 hectáreas son proporcionales al 75% restante de las tierras pertenece a más de 2.750 cultivadores de caña (*ASOCAÑA, 2021*). El gremio azucarero es por excelencia uno de los más grandes de Colombia, gracias a la ubicación de los seis departamentos donde está industria permanece (Valle del Cauca, Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío y Meta) lo que hace que esta industria representara el 0,6% del PIB en Colombia en el año 2020 (*ASOCAÑA, 2021*) generando un crecimiento exponencial de la economía del país. A continuación, en las tablas 2 se muestran los resultados para la caña de azúcar sobre su oferta y demanda en Colombia.

Año	Azúcar (ton/año)		
	Producción	Consumo	Disponibilidad
2000	2295303	1285703	1009600
2001	2152362	1295056	857306
2002	2421870	1366957	1054913
2003	2530518	1385000	1145518
2004	2614672	1473828	1140844
2005	2551799	1487322	1064477
2006	2293676	1497080	796596

2007	2152926	1621882	531044
2008	1926109	1620544	305565
2009	2464496	1559434	905062
2010	1961735	1532235	429500
2011	2208965	1503245	705720
2012	2077653	1649564	428089
2013	2126646	1694541	432105
2014	2399385	1714103	685282
2015	2371197	1726911	644286
2016	2110598	1819289	291309
2017	2233831	1677467	556364
2018	2335419	1672495	662924
2019	2203982	1769933	434049
2020	2217105	1739517	477588
2021	2099941	1695577	404364
2022	1917378	1567827	349551

Tabla 2. Oferta, demanda y disponibilidad de la producción de azúcar a partir de la caña (Asocaña, 2023)

Pero la creciente subida de producción de caña, lo cual genera una gran afectación a los suelos donde es sembrada y los cambios climáticos, se logra observar a partir de los datos que, la producción de caña está en descenso por lo que, se genera la siguiente grafica de proyección según los datos suministrados por ASOCAÑA en el 2023:



*Grafica 2. Distinción de los datos históricos y proyectados de la tabla 2 para los 3 parámetros. Autoría propia.*

Con esta información se logra determinar que además de que la caña en un futuro se ve su falta de disponibilidad, también genera un impacto ambiental enorme por lo que se ve la necesidad de buscar materias primas alternativas para continuar con una producción verde de licores a base de frutas, por lo tanto, es importante conocer las diferentes opciones de frutas producidas en Colombia, con cultivos ambientalmente funcionales y que sean aptas para su transformación.

La producción de bebidas alcohólicas, más específicamente el ron se encuentra ubicado dentro del mercado como una industria a nivel global de gran relevancia económica y social. Esta abarca una amplia gama de productos, desde cervezas y vinos hasta licores destilados. (Superintendencia Industria y Mercado, 2020)

Este tipo de bebidas y la industria del Ron, centrándose en las bebidas extremas y aquellas que utilizan frutas exóticas o diferentes a las comunes en su elaboración. Las bebidas alcohólicas extremas son un subconjunto de la industria que se caracteriza por su alta concentración de alcohol o ingredientes inusuales dentro de su preparación. A menudo, estas bebidas se enfocan en la búsqueda de diferentes procesos innovadores y más verdes para la elaboración de estas.

La práctica de utilizar frutas exóticas en la producción de bebidas alcohólicas se remonta a siglos atrás, y su evolución a lo largo del tiempo ha llevado a la creación de una amplia variedad de cócteles y licores que utilizan estas frutas como ingredientes principales, estas aportan beneficios tanto en términos de sabor como de valor nutricional. Su perfil de sabor único y su contenido de antioxidantes a menudo se consideran ventajas atractivas para los consumidores.

En los últimos años, ha habido un aumento en la demanda de bebidas alcohólicas que incorporan frutas exóticas, impulsado por la creciente preferencia por sabores diferentes e innovadores. La incorporación de frutas exóticas en la producción de este tipo de bebidas puede involucrar diversas técnicas, como la maceración, la infusión y la destilación, dependiendo del tipo de bebida y la fruta utilizada.

La regulación gubernamental desempeña un papel fundamental en la producción, comercialización y consumo de bebidas alcohólicas. Este proyecto considera el marco legal y las regulaciones específicas relacionadas con el alcohol en Colombia, analizando cómo estas normativas afectan la industria y la producción. Colombia cuenta con un marco legal que regula la producción, distribución y consumo de bebidas alcohólicas. Esto incluye leyes y regulaciones locales tales como la Ley 88 de 1923 que establecen la edad legal para consumir alcohol, el artículo 20 de la ley 1816 del 2016 la cual establece los impuestos aplicables al consumo de alcohol en Colombia y el Decreto 3192 de 1983 el cual establece las licencias y permisos necesarios, entre otros aspectos para la producción y venta de todo tipo de bebidas alcohólicas en Colombia.

La legislación colombiana también establece estándares de calidad y seguridad para las bebidas alcohólicas, lo que garantiza que los productos comercializados cumplan con ciertas normativas de salud pública y seguridad del consumidor, se pueden encontrar en el Decreto número 162 de 2021. Colombia aplica impuestos específicos y *ad-Valorem* a las bebidas alcohólicas para regular su consumo y aumentar los ingresos fiscales. Estos impuestos pueden variar según el tipo de bebida y el contenido de alcohol.



Las regulaciones también incluyen restricciones como el Decreto 120 de 2010 sobre los horarios de venta de alcohol y los lugares donde se puede consumir, con el objetivo de prevenir el consumo excesivo y los problemas relacionados con el alcohol.

## **6.2. PROCESOS DE DESTILACIÓN**

La destilación se usa en la industria química para purificar productos químicos y separar componentes de mezclas complejas. También se utiliza en la producción de bebidas alcohólicas, como el aguardiente, ron, whiskey, entre otros. Donde se utilizan técnicas de destilación para separar los componentes deseados de la mezcla fermentada, esto es importante en la química analítica y se utiliza comúnmente para la determinación de puntos de ebullición y la identificación de componentes en una muestra líquida. Además, la destilación se utiliza en la síntesis de productos químicos, como la producción de solventes y la fabricación de productos farmacéuticos.

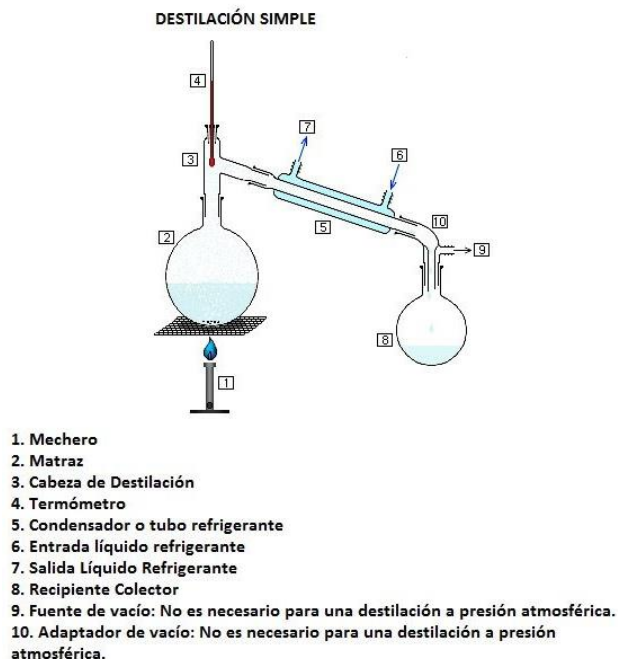
### **6.2.1. DESTILACIÓN SIMPLE**

Es un proceso de separación y purificación utilizado en la ingeniería basado en las diferencias de volatilidad de los componentes en una mezcla líquida. Es fundamental para la separación de sustancias químicas en una amplia gama de aplicaciones industriales y de laboratorio. El proceso se lleva a cabo en un equipo de destilación que consta de un matraz de fondo redondo o un balón de destilación, un refrigerante y un matraz de recepción. La mezcla inicial, que puede contener líquidos miscibles o inmiscibles, se calienta en el matraz de fondo, y el componente más volátil se evapora primero debido a su menor punto de ebullición. Los vapores resultantes ascienden a través del

refrigerante, donde se enfrían y condensan, y luego se recogen en el matraz de recepción. (Ministerio de Salud de Lima, 2001)

La destilación simple se basa en el principio de que los componentes de una mezcla tienen diferentes presiones de vapor a una temperatura dada. Esto se puede ver expresado a través de la Ley de Raoult, que establece que la presión parcial de cada componente en la fase vapor es proporcional a su fracción molar en la fase líquida, multiplicada por la presión de vapor del componente puro. Por lo tanto, durante la destilación simple, el componente más volátil se enriquece en la fase vapor y se condensa en el matraz de recepción, lo que resulta en la separación efectiva de los componentes de la mezcla.

Esta es particularmente útil para separar líquidos miscibles con puntos de ebullición significativamente diferentes, como en la purificación de líquidos orgánicos o en la producción de alcohol. Sin embargo, para separar líquidos con puntos de ebullición cercanos, como en la separación de mezclas azeotrópicas, se requieren técnicas de destilación más avanzadas, como la destilación fraccionada. (Ministerio de Salud de Lima, 2001)



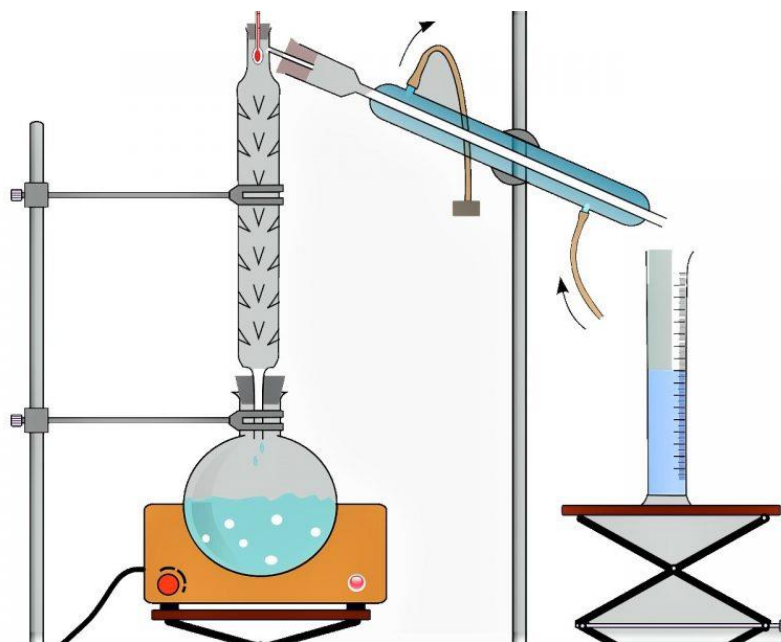
*Ilustración 1. Destilación Simple, AreaCiencias (2021)*

## 6.2.2. DESTILACIÓN FRACCIONADA

Es un proceso de separación crucial, empleado para separar componentes de una mezcla líquida en función de sus diferentes puntos de ebullición. Se diferencia de la destilación simple en que permite la separación de componentes con puntos de ebullición más cercanos, lo que la convierte en una técnica fundamental para la purificación y obtención de productos químicos y sustancias en diversos sectores industriales. Este proceso se lleva a cabo en una columna de destilación fraccionada, una estructura vertical que consta de múltiples platos o relleno. La mezcla inicial se introduce en la parte inferior de la columna y se calienta gradualmente a medida que asciende. A medida que la temperatura aumenta, los componentes con puntos de ebullición más bajos comienzan a evaporarse y ascienden por la columna. A medida que los vapores ascienden, se condensan y vuelven a evaporarse en múltiples etapas a lo largo de la columna. Este proceso de condensación y evaporación

continua permite una separación efectiva de los componentes de la mezcla en función de sus diferentes temperaturas de ebullición. (Ministerio de Salud de Lima, 2001)

La destilación fraccionada se basa en que la concentración de los componentes en la fase vapor en equilibrio es inversamente proporcional a sus presiones de vapor y directamente proporcional a su capacidad para interactuar con las superficies de condensación en la columna. Los componentes más volátiles se acumulan en la parte superior de la columna, mientras que los menos volátiles se encuentran en la parte inferior. La separación se logra debido a la repetición continua de ciclos de evaporación y condensación a lo largo de la columna. El diseño de la columna, incluyendo el número de platos o el tipo de relleno utilizado, se ajusta de acuerdo con las propiedades de los componentes a separar, lo que requiere un profundo conocimiento de la termodinámica y la cinética de los procesos químicos. (Ministerio de Salud de Lima, 2001)



*Ilustración 2. Destilación Fraccionada. Calderón G. 2021*

### **6.2.3. DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR**

Es una técnica especializada que se utiliza para separar o purificar compuestos volátiles o termosensibles a temperaturas elevadas, evitando su descomposición o degradación. Este proceso se basa en la generación de vapor de agua u otro gas inerte, que interactúa con la mezcla original, arrastrando consigo los componentes deseados hacia una fase vapor. El vapor resultante se enfría y condensa, separando así los componentes volátiles de la mezcla. La destilación por arrastre de vapor se caracteriza por su capacidad para operar a presiones reducidas, lo que permite reducir significativamente los puntos de ebullición de los compuestos a separar. Esta técnica se emplea en diversas aplicaciones industriales y de laboratorio, como la extracción de aceites esenciales de plantas, la purificación de productos químicos sensibles al calor y la separación de componentes aromáticos en la industria alimentaria y de fragancias. (Ministerio de Salud de Lima, 2001)

Este proceso se lleva a cabo en un equipo especializado, como un matraz de destilación con un dispositivo de generación de vapor. El vapor de agua, o el gas inerte seleccionado, se introduce en el matraz, donde se calienta y se mezcla con la mezcla original. A medida que el vapor interactúa con los componentes volátiles, los arrastra hacia la fase vapor, mientras que los componentes no volátiles permanecen en la fase líquida. El vapor, ahora enriquecido con los compuestos deseados, se conduce a través de un sistema de enfriamiento y condensación, donde se recoge el destilado en forma líquida. Este enfoque de destilación se aplica en casos en los que la destilación convencional a temperaturas más altas no es factible debido a la posible degradación de los compuestos o a su elevada volatilidad. (Ministerio de Salud de Lima, 2001)

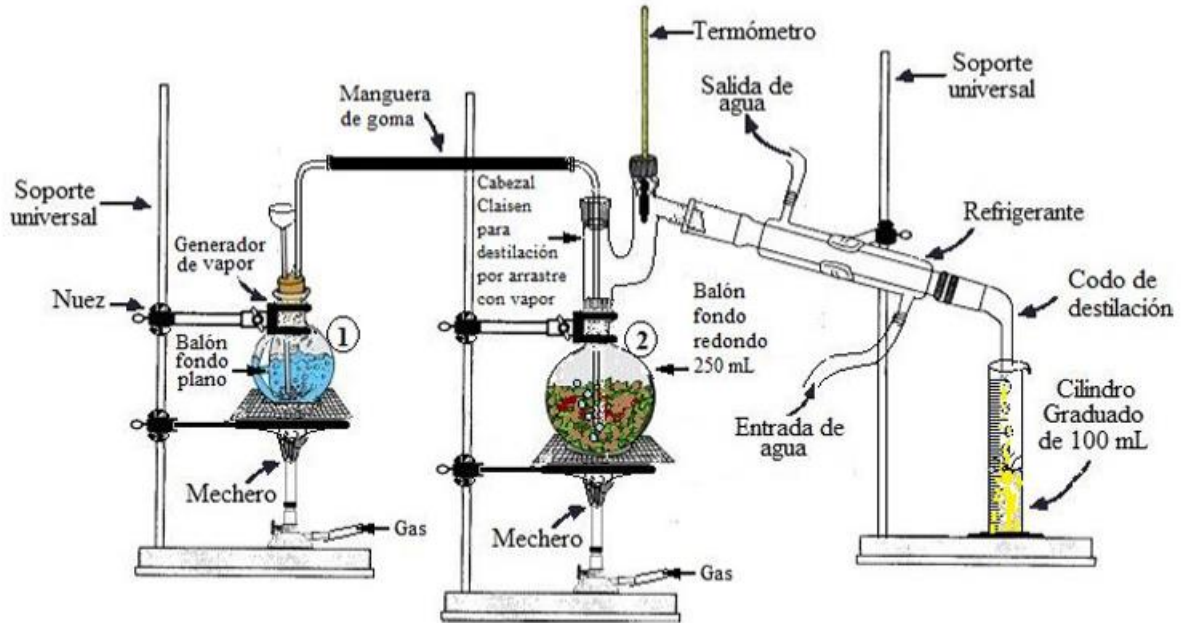


Ilustración 3. Destilación Fraccionada, Fidel Muñoz. 2016

Estos dos procesos nos muestran las siguientes reacciones:

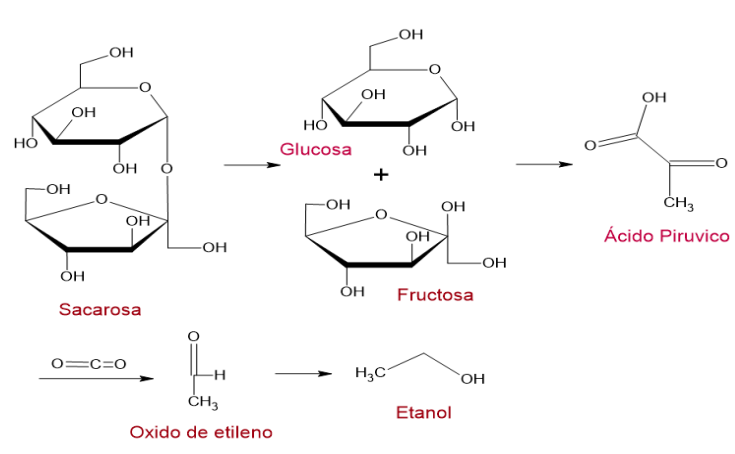


Ilustración 4. Proceso químico de la producción de etanol. Elaborada por J.M. Lerma. Software ChemSketch. 2023

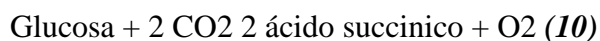
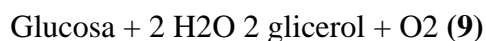
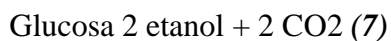
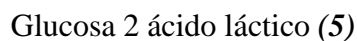
#### 6.2.4. REACCIONES QUÍMICAS PRESENTES

A continuación, se presentan las reacciones químicas subyacentes las cuales son necesarias para completar una reacción final deseada, pero que no son requeridas en su totalidad para el proceso productivo del producto esperado, es decir, son reacciones que suceden dentro del proceso de fermentación y sacarificación que pueden o no intervenir, pero en este caso de estudio, no generan una afectación mayor o importante para el proceso, sin embargo, es necesario tenerlas en cuenta por la naturaleza de las mismas.

#### SACARIFICACIÓN



#### FERMENTACIÓN



3 xilosa 5 etanol + 5 CO<sub>2</sub> (11)

Xilosa + NH<sub>3</sub> 5Zymo + 2 H<sub>2</sub>O + 0.25 O<sub>2</sub> (12)

3 xilosa + 5 CO<sub>2</sub> 5 ácido succínico + 2.5 O<sub>2</sub> (13)

3 xilosa +5 H<sub>2</sub>O 5 glicerol + 2.5 O<sub>2</sub> (14)

2 xilosa 5 ácido láctico (15)

3 xilosa 5 ácido acético (16)

Propiedades fisicoquímicas				
Molécula	Descripción	Punto de Ebullición / Fusión	Densidad (T ambiente)	Peso Molecular
<b>Etanol -</b> <i>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O</i>	Molécula orgánica que cuenta con una acides ligera en solución acuosa, es altamente oxidante para formar ácido acético o ácido láctico, cuenta con diferentes tipos de reacción tales como la esterificación, la saponificación y la deshidratación.	173,3 °F (Punto de Ebullición)	0.79 g/ml	46.07 g/mol
<b>Sacarosa -</b> <i>C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub></i>	Es un disacárido compuesto por dos monosacáridos; glucosa y fructosa, se encuentra en estado sólido y cristalino. Es un compuesto neutro esto quiere decir que no tiene acidez en solución acuosa, al igual que el	320 °F (Punto de Fusión)	1.6 g/ml	342.30 g/mol



	etanol puede tener múltiples reacciones, así como: La hidrólisis, la oxidación para formar ácido glucónico y ácido fructónico, reacción de caramelización y la de esterificación.			
--	---	--	--	--

*Tabla 3. Propiedades Físicoquímicas del etanol y la sacarosa. Autoría propia.*

### 6.3. MATRIZ FISICOQUÍMICA

En la siguiente sección se observa la tabla de parámetros o restricciones fisicoquímicas que deben tener las frutas a tratar para ser viables dentro de los procesos, es necesario que el análisis experimental concuerde con dichos datos teóricos.

MATRIZ ANÁLISIS FISICOQUÍMICO								
TIPO MATERIAL	TIPO DE PROCESO	PRODUCTO	SUBPRODUCTO	TIPO DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN	FRECUENCIA DE MONITOREO	DOCUMENTO DE REFERENCIA
MATERIA PRIMA	FERMENTACIÓN	FRUTAS	NARANJA	Fisicoquímico	Acidez	0.5 - 1.5 %	por lote	especificaciones establecidas con el proveedor
					pH	3.0 - 4.0	por lote	
					Densidad	0.840 – 0.860 (g/ml)	por lote	
					Aplicación Pantone	Amarillo a naranja Brilloso	por lote	
					% de fruta retenida	< 90%	por lote	
					% de alcohol	0	por lote	
			°Brix		8.0 - 12.0	por lote		
			MANDARINA		Acidez	0.5 - 1.5 %	por lote	
					pH	3.0 - 4.0	por lote	
					Densidad	0.989 – 1.009 (g/ml)	por lote	
					Aplicación Pantone	Amarillo a naranja Brilloso	por lote	
					% de fruta retenida	< 90%	por lote	
				% de alcohol	0	por lote		
			PIÑA	°Brix	8.0 - 12.0	por lote		
				Acidez	0.5 - 0.85 %	por lote		
				pH	3.6 - 3.8	por lote		
				Densidad	1,053 (gr/ml)	por lote		
				Aplicación Pantone	Amarillo Dorado o Amarillo Pastel	por lote		
				% de fruta retenida	<90%	por lote		
			TODOS	Otros	Melamina	< 2.5	Por certificado del proveedor y verificación en laboratorio externo que se aplica según cronograma de verificación de análisis externos nacional	
°Brix	11.0 - 14.0	por lote						
PRODUCTO	DESTILADO	BEBIDA ALCOHOLICA	NARANJA	Fisicoquímico	Acidez	0.2 - 1.0 %	por lote	
					pH	3.0 - 4.0	por lote	
					Densidad	1.050 -	por lote	
					Aplicación Pantone	Naranja Turbio	por lote	
					% de solidos suspendidos	> 5%	por lote	
					% de alcohol	5.0 - 10.0 %	Cada 2 dias	
					°Brix	10.0 - 20.0	por lote	
							por lote	
							por lote	
							por lote	

Tabla 4. Matriz fisicoquímica. Autoría propia.

## 7. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

### AMBIENTAL

- **Impacto:** El proyecto buscó mitigar el uso de la caña de azúcar como materia prima, dando la oportunidad y opción de elaborar las bebidas alcohólicas a partir de frutas, ya que la producción de la caña ha traído consecuencias ambientales por el uso de plaguicidas y fertilizantes.

### ECONÓMICOS

- **Costo de producción:** La elaboración de bebidas alcohólicas puede llegar a ser costosa por el proceso de producción, especialmente por la instrumentación utilizada para destilar, el costo de las frutas, entre otros materiales, sin embargo, a lo largo del tiempo la elaboración aportado a la economía, al comercio y la generación de empleo; cifras del DANE muestran que, el sector de bebidas es la segunda rama de actividad que más contribuye en el crecimiento de la producción y ventas de la industria manufacturera del país. (*Dane, Anif, 2020*)

### SALUD Y SEGURIDAD

- **Riesgo biológico:** Estos riesgos estuvieron ligados a la presencia de microorganismos y patógenos en la fermentación y en el proceso de la destilación, pudo existir algún tipo de contaminación por entrada de aire no deseado en el proceso.
- **Riesgo a la salud:** Los riesgos asociados a la salud dependieron del uso de la bebida ya como

producto, es decir, se puede presentar intoxicación, accidentes por la pérdida de conciencia y juicio, puede llevar a la depresión, trastornos compulsivos, daños en órganos entre otros, debido a un alto consumo, o exceso de consumo.

- De acuerdo con la elaboración se puede producir un daño óptico por presencia de metanol, es por esto mismo que se estudia el procedimiento de manera detallada para realizar un procedimiento adecuado y responsable.

## **SOCIOCULTURAL**

- **Percepción social:** La realización del presente proyecto llevó a tener preocupaciones por el manejo y producción de una bebida alcohólica a partir de frutas fermentadas y el resultado final, sin embargo, se realizó bajo las premisas de un desarrollo sostenible y responsable teniendo en cuenta las consecuencias a la salud, la economía, entre otros, como principal fuente de “recreación” social arraigada a la cultura y la tradición.

## 8. METODOLOGÍA

Para la presente investigación se ha elegido una metodología con enfoque mixto lo que implica el análisis de datos cualitativos y cuantitativos (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018), facilitando una evaluación óptima de los resultados obtenidos. En conjunto, se implementó un diseño experimental para determinar el funcionamiento de las frutas seleccionadas como materia prima para la elaboración de bebidas alcohólicas bajo distintas condiciones climáticas y tiempos establecidos en el ámbito teórico, contribuyendo nuevos datos a la investigación. Para la ejecución de esta metodología se realizaron ensayos de fermentación de las frutas elegidas y, posteriormente, se aplicó el proceso de destilación en el laboratorio recopilando los datos y realizando el respectivo análisis para el proceso de obtención del licor.

### 8.1. ELABORACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras fueron elaboradas a partir de jugo fermentado de frutas seleccionadas por su contenido de azúcares posicionándolas como posibles candidatas para la generación de alcoholes por medio de un bioproceso, asimismo, su naturaleza tropical ofrece características organolépticas (apariencia, color, olor, sabor, textura, residual y todas aquellas percibidas por los sentidos) siendo importantes para la determinación de la calidad y la aceptación por un consumidor final (Echeverría et al., 2008).

Tras la fermentación, se llevó a cabo una destilación fraccionada la cual resulta en la separación del etanol producido en el proceso anterior siendo el principal producto, sin embargo, esta se da junto con otros subproductos que no son deseados en la producción del licor, por ejemplo, el metanol, pues este compuesto tiene nocivas repercusiones físicas en el ser humano, y su consumo puede ser letal.

Los datos fisicoquímicos del etanol recolectado son analizados y finalmente se realiza un análisis

sensorial para determinar el perfil del producto y agrado al consumidor por medio de distintas pruebas establecidas.

## 9. SELECCIÓN Y DESARROLLO DE SOLUCIÓN

### 9.1. DESARROLLO DE SOLUCIÓN

Tras la revisión bibliográfica, las frutas son escogidas, considerando aquellas con datos fisicoquímicos teóricos funcionales para una experimentación óptima, para este momento del estudio se elige el uso de frutas cítricas las cuales son mencionadas en la siguiente tabla:

CANTIDADES DE EXPERIMENTACIÓN							
FRUTA	CANTIDAD (kg)	CANTIDAD (mL) APROX /CANTIDAD	LEVADURA AÑADIDA (gr)	AZÚCAR AÑADIDA (gr)	CANTIDAD (mL) EXPERIMENTAL	CANTIDAD AGUA (mL)	PESO DE RESIDUOS ORGANICOS (kg)
Mandarina	2.5 - 3	1000 ml (Aprox)	0	50	350	0	0,3
Piña	2.5 - 3	1500 ml (Aprox)	3	600	2000	1000	0,49 + 0,4
Naranja	2.5 - 3	850 mL - 1000 ml (aprox)	0	60	400	0	

NOTA: Las cantidades experimentales dependerán no solo de la extracción del jugo sino de la cantidad de agua que sea agregada y el peso de los residuos orgánicos que la materia prima deje

Tabla 5. Cantidades de Experimentación. Autoría Propia.

Adicional a esto, tras la lectura de la literatura adecuada se hace la elección de la Destilación Fraccionada, puesto que particularmente en la elaboración de licores como el ron, que involucra componentes volátiles y termosensibles. Este método es considerado óptimo para lograr la purificación y separación de los compuestos aromáticos y alcohólicos presentes en la mezcla original, evitando la degradación de las sustancias sensibles al calor. Para el caso particular del Ron, son

elegidas las frutas de tipo cítrico, gracias a su rica variedad de compuestos aromáticos, así como lo son los aceites esenciales y terpenos, que influyen considerablemente en los perfiles de sabor y aromas de las bebidas producidas con estas frutas. (Monsalve y Vega, 2016)

Incluyendo también, la elección del tipo de levadura a usar, en este caso se tomó la decisión de usar el mismo tipo de levadura para la producción de cerveza, esto debido a que la levadura “*Saccharomyces Cerevisiae*” la cual es utilizada en la elaboración de cerveza es conocida por su versatilidad y capacidad para fermentar una amplia gama de sustratos azucarados. Esto las hace adecuadas para la fermentación de los azúcares presentes en las frutas cítricas. (Cristina Abdin, Et Al. 2012) Además de esto, las cepas de levadura “*Saccharomyces Cerevisiae*” son conocidas también por aportar perfiles de sabor específicos, como notas pertenecientes a las frutas, notas florales las cuales son capaces de enriquecer el perfil del sabor del producto final.

## 10. ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos es una herramienta de gran importancia para la evaluación de viabilidad correspondiente de un proyecto, es por esto que se realiza un desglose de los costos, como se presenta en la Tabla 6.

<b>COSTOS DIRECTOS - MATERIAS PRIMAS</b>		
<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD (g o mL)</b>	<b>PRECIO (COP)</b>
Mandarina	2500	\$ 18.600
Piña	2500	\$ 13.880
Naranja	2500	\$ 5.600
Azúcar	1000	\$ 4.800
Levadura	80	\$ 7.150
Agua	5000	\$ 8.280

*Tabla 5. Costos de Materia Prima. Autoría propia.*

Los costos directos se centran en las materias primas con cierta cantidad de cada componente necesario con sus precios correspondientes en pesos colombianos (COP). No solo se tiene en cuenta el costo de las frutas, sino también de otros insumos que influyen directamente en este concepto.

Por otra parte, los equipos y maquinaria se clasifican en los costos indirectos como se puede evidenciar en la Tabla 7.

<b>COSTOS INDIRECTOS - EQUIPOS</b>		
<b>EQUIPOS Y MAQUINARIA</b>	<b>COSTO NETO (COP)</b>	<b>PRECIO ALQUILER (COP)</b>
Equipo de destilación	\$ 1.400.000	140.000 - 200.000
Calentador de balón volumétrico	\$ 1.000.000	100.000 - 150.000
Refractómetro	\$ 110.000	11.000 - 22.000

*Tabla 7. Costos de Equipos y Maquinaria. Autoría propia*

En los costos indirectos se considera el uso de un espacio determinado, en este caso corresponde a



los laboratorios e instalaciones de la universidad EAN, sin embargo, para la elaboración de un análisis más específico, se consideraron los precios de los equipos bajo términos de alquiler, obteniendo un valor aproximado para una correcta interpretación de dichos datos.

En cuanto a los costos directos, entre las frutas escogidas, la naranja corresponde a la de menor precio obteniendo mayor utilidad si se considera una misma cantidad de azúcar y agua para todas las muestras. Esta fruta es rentable, seguida de la piña y, por último, la mandarina.

### TABLA DE ERRORES

Para lograr el análisis fisicoquímico de las frutas se necesita entender cuáles son y responder a los errores más comunes en el proceso, por eso se busca identificar posibles errores cometidos al realizar los análisis fisicoquímicos y la elaboración del producto. Gracias a la misma se logra comprender y tener mayor precaución de posibles factores que intervengan en la correcta realización del análisis, es por esto que es de vital importancia la elaboración de la siguiente tabla:

Producto	Error Frecuente	Recomendación
Materia Prima	<b>E-1: Calidad de las frutas</b>	Es necesario hacer una revisión antes de comprar la materia prima donde se evidencie que la fruta no cuenta con golpes, entradas de insectos, hongos, etc.
	<b>E-2: Madurez de las frutas</b>	La falta de madurez de las frutas puede generar que su concentración de azúcar sea menor a la deseada por lo que es necesario elegir un producto bien madurado.
Fermentación	<b>E-3: Fermentación Excesiva</b>	Al dejar la muestra por un tiempo excesivo y sin supervisión puede generar una fermentación excesiva por lo que se requiere estar en constante revisión de las muestras que se fermentan para no permitir que se sobre fermente.
	<b>E-4: Fermentación Incompleta</b>	Dejar la muestra poco tiempo fermentando o el tiempo no debido podría generar una fermentación incompleta lo cual se puede

		evitar leyendo en bases de datos y/o literatura de tiempos promedios de fermentación según la fruta seleccionada.
	<b>E-5: Contaminación Cruzada</b>	La falta de desinfección dentro del lugar donde se deja fermentar puede generar contaminación de factores extraños como partículas de polvo, objetos o contaminación microbiana no deseada, por lo que se requiere que se mantenga la muestra en un área totalmente desinfectada y con buena higiene.
	<b>E-6: Oxidación</b>	Al dejar alguna apertura durante el proceso de fermentación puede entrar oxígeno lo cual dará paso a que se genere una reacción de oxidación, esta puede generar cambios de sabor, olor y color. Lo que se puede evitar manteniendo la muestra siempre sellada y que el contacto con el oxígeno sea mínimo.
	<b>E-7: Cambios de Temperatura</b>	Los cambios o fluctuaciones de temperatura en el ambiente de la fermentación pueden influir en su velocidad, generando una fermentación excesiva o incompleta, por eso se requiere dejarla dependiendo del método usado a una temperatura controlada obtenida por la literatura.
	<b>E-8: Variables de pH</b>	Los cambios en el pH de la muestra pueden causar problemas como la muerte del cultivo de la levadura usada para la fermentación, por lo que es importante estar constantemente midiendo el pH de las muestras para controlar.
Destilación	<b>E-9: Destilación a temperaturas no adecuadas</b>	El proceso de destilación requiere de las temperaturas de ebullición de las mezclas para la correcta realización de la misma, por lo que el no llevar las mezclas a las temperaturas adecuadas podría causar que no se destile por completo, por lo que se requiere tener claro los puntos de ebullición guiados por la literatura o por lo experimental.
	<b>E-10: Equipo Incorrecto</b>	El equipo que se requiere depende del método de destilación que se use, se recomienda revisar de manera detallada que tipo de destilación se usara y cuáles son los equipos necesarios para la misma.
	<b>E-11: Filtración Inadecuada</b>	Para empezar la destilación se requiere el filtrado correcto de la fermentación, sin este filtrado la destilación podría contener errores que lleven al cambio de sabor del producto, por lo que se requiere un buen filtrado antes de empezar la destilación.

Tabla 6. Tabla de Errores. Autoría Propia.

## 11. MUESTRAS PRACTICA DE LABORATORIO

A continuación, se presenta el primer análisis de la materia prima correspondiente a la mandarina, estos datos obtenidos de manera experimental expresan factores necesarios para tener un control directo de las pruebas, se evidencia el uso de 7 muestras diferentes a las cuales se les tomo el peso con cascara, peso sin cascara, peso de los residuos después de la extracción del zumo, peso de la fruta en buen estado, peso de la fruta en mal estado y por último el volumen del zumo obtenido por cada muestra.

CONVENCIONES	
Peso Unitario	PU
Peso Cascara	PC
Peso Residuos	PR
Peso Fruta Buena	PFB
Volumen	Vol
Peso Dañado	PD

MANDARINA								
TIPO DE DATO	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	Unidad
PU	112,48	131,4	126,04	131,38	125,82	138,34	120	gr
PC	18,1	16,75	21,44	20,5	36,06	22,42	25,45	gr
PR	17,6	24,58	23,85	29,5	22,51	26,14	25,75	gr
PFB	61,81	85,28	104,38	110,7	89,5	115,75	94,46	gr
Vol	23,38	48,75	59,23	58,01	50,64	69,9	53,93	ml
PD	23,61	0	0	0	0	0	0	gr

Tabla 7. Datos Experimentación Mandarina. Autoría Propia.

Estos datos son recogidos para tener un control y un promedio de cuál es la proporción de peso (kg - gr) con el Volumen (ml - L) de zumo de jugo que puede brindar cada tipo de fruta, por lo que se obtiene lo siguiente:

$$\frac{(112,48 + 131,4 + 126,04 + 131,38 + 125,82 + 138,34 + 120)}{7} = 126,49 \text{ gr}$$

$$\frac{(61,81 + 85,28 + 104,38 + 110,7 + 89,5 + 115,75 + 94,46)}{7} = 94,55 \text{ gr}$$

$$\frac{(23,38 + 48,75 + 59,23 + 58,01 + 50,64 + 69,9 + 53,93)}{7} = 51,98 \text{ ml}$$

En promedio una mandarina común pesa 126,5 gr de los cuales 94,55 gr son de pulpa. Lo que genera una relación en promedio donde de 94,55 gr de pulpa logran obtener 52 ml de zumo.

El segundo análisis realizado corresponde a la naranja, recolectando los datos de cuatro muestras de fruta para la obtención de un promedio entre las mismas bajo el sistema utilizado para las muestras de mandarina.

NARANJA					
TIPO DE DATO	M-1	M-2	M-3	M-4	Unidad
PU	202,2	182,7	211,4	189,5	gr
PC	40,6	35,2	46,1	38,7	gr
PR	15,2	11,6	17,5	13,4	gr
PFB	151,6	136,4	147,9	152,1	gr
Vol	89,8	77,6	110,6	118,9	ml
PD	0	0	0	0	gr

Tabla 8. Datos Experimentación Naranja. Autoría Propia.

Al igual que con la mandarina, estos datos son recogidos para tener un control y un promedio de cuál es la proporción de peso (kg - gr) con el volumen (ml - L) de zumo de jugo que puede brindar cada tipo de fruta, por lo que se obtiene lo siguiente:

$$\frac{(202,2 + 182,7 + 211,4 + 189,5)}{4} = 196,45 \text{ gr}$$

$$\frac{(151,6 + 136,4 + 147,9 + 152,1)}{4} = 147 \text{ gr}$$

$$\frac{(89,9 + 77,6 + 110,6 + 118,9)}{4} = 99.25 \text{ ml}$$

En promedio, una naranja común pesa 196 gr aproximadamente de los cuales 147 gr corresponden a la pulpa. Lo que genera una relación en promedio donde de 147 gr de pulpa logran obtener 99.25 ml de zumo. Adicionalmente, se debe tener en cuenta el almacenamiento de la fruta para su calidad apropiada y correcta obtención de datos.

El tercer análisis realizado corresponde a la piña, recolectando los datos de dos muestras de fruta para la obtención de un promedio entre las mismas bajo el sistema utilizado para las muestras de mandarina.

PIÑA			
TIPO DE DATO	M-1	M-2	Unidad
PU	700	825	gr
PC	490	490	gr
PR	485	485	gr
PFB	413	288	gr

Vol	1000	1000	ml
PD	412.5	412.5	gr

Tabla 10. Datos Experimentación piña. Autoría Propia

## RESULTADOS

A continuación, los grados Brix<sup>o</sup> de diferentes muestras de zumo de naranja son observados para evaluar su comportamiento bajo distintos medios (alterando variables como la cantidad de azúcar y la temperatura).

### Grados Brix – Muestra Naranja, Sin Azúcar (Temp. Controlada – 6°C)



### Grados Brix – Muestra Naranja, Sin Azúcar (Temp. Ambiente)



Adicionalmente, se obtienen los grados Brix<sup>°</sup> del destilado de la bebida fermentada a base de naranja, cuyo resultado fue de 3.4 grados.

**Grados Brix – Destilado de Naranja (Bebida fermentada con azúcar a Temp. Ambiente)**



Para determinar aquellos aromas en el producto final, se realiza un perfil aromático, mostrando las notas en la bebida según el orden de aparición de las mismas, estas se pueden ver en la Tabla 12.

<b>Perfiles Aromáticos Detectados en el Destilado</b>
Oxidado
Cítrico – Frutal
Alcohol
Metálico
Semilla
Vinagre
Ácido Acético
Desinfectante
Fermentado
Dulce
Cuncho de Cerveza
Levaduras
Guarapo
Varsol - Thinner

*Tabla 11. Perfiles Aromáticos. Autoría Propia*

## **Resultados Piña**



DATOS RECOLECTADOS DE PIÑA			
TIEMPO HRS	pH	°Brix	Temperatura
24	5	14	20° C
48	4,8	14	20° C
72	4,5	14	15° C
96	4,2	14	11° C
144	4	14	11° C

Tabla 12. Datos Resultados Piña. Autoría Propia

DATOS RECOLECTADOS DE PIÑA				
Tiempo Hrs	Olor	Color	Sabor	Textura
24	Dulce	Amarillo Claro	Dulce	Suave
48	Piña fuerte	Amarillo Claro	Medio amargo	Suave
72	Piña Agria	Amarillo Claro	sabor a piña fuerte	suave
96	Fermento dulce	Amarillo un poco claro	sabor a piña minimo, picante	Suave
144	alcohol fuerte	Amarillo mas claro	Sin sabor a piña	suave

Tabla 13. Datos análisis sensorial piña. Autoría Propia

## Resultados destilación Piña



Montaje destilación simple. Autoría propia.

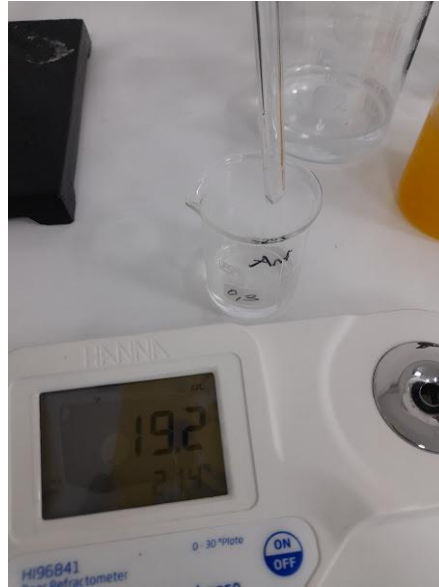


*Temperatura de ebullición del Etanol 78,3°C*

### Datos Obtenidos



**Grados Brix – Muestra Piña, Residuo destilado (Temp. Ambiente)**



**Grados Brix – Muestra Piña, Etanol destilado (Temp. Ambiente)**

pH Fermento piña	4
pH 1er destilado Etanol	6
pH 2do destilado Etanol	6
pH residuo del fermentado	4
pH destilado completo (300mL)	6

*Tabla 14. Datos pH tomados de la destilación.*



### **Muestra Piña, Etanol destilado (20°C) y residuos de fermento ya destilado (80°C)**

De 1 Litro de fermentado ya clarificado de piña, se obtuvo 300 mL de Etanol con un rendimiento del 37%



### **Muestra 1, Destilado de Etanol 120 mL**

Se realizó una observación de la muestra destilada logrando determinar un color transparente, un olor leve a piña, sin embargo, se percibe un fuerte olor a bebida alcohólica, no se logró determinar el sabor debido a que por el tiempo de destilación de cada muestra (1hr y 30 min) se alcanzó a desprender algunas impurezas que contenían los materiales de destilación, lo cual afecta considerablemente el proceso y genera una contaminación en la muestra.

## **12. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Mediante el procedimiento que se llevó a cabo para lograr el análisis, se obtuvo como resultado final el comportamiento de las frutas y la influencia en factores como la temperatura, tiempo de fermentado, maduración de las frutas, cantidad de azúcar utilizada, entre otros, se observó una

variación de pH iniciando en 4 y terminando en una bebida alcohólica de 6 con un rendimiento del 37% bajo grados brix iniciales de 14 y finales de 19,2.

También se observó el comportamiento del fermentado como el factor más importante del procedimiento y el seguimiento del paso a paso para elaborar la misma, se siguió una ruta haciendo una selección de fruta, pesaje de esta, mezcla en agua con temperatura de ebullición, azúcar y por último se añadió la fruta, haciendo una mezcla general y tapando en un envase transparente con una tela negra.

Como se menciona anteriormente el aumento de pH puede atribuirse a la formación de productos de fermentación y a la destilación, donde ciertos compuestos ácidos podrían haberse volatilizado, resultando así en un pH más alto en la bebida alcohólica final; por otro lado el incremento en los grados brix indicó un aumento en la concentración de azúcares presentes en la mezcla después del tiempo de fermentación y finalmente esto atribuyó los cambios en el olor y color de la misma, debido a que en la destilación se realizó una eliminación de impurezas como ácidos orgánicos, o ácido láctico o ácido acético (como el ejemplo de la muestra de naranja donde por exceso de tiempo de fermentación se produce una oxidación de la mezcla generando así un perfil sensorial parecido al vinagre), además la formación de estos compuestos ácidos en el tiempo del fermentado hacen que la cantidad de azúcar consumida por la levadura sea equilibrada y así mantener los grados brix en 14 hasta el proceso de destilación.

### 13. CONCLUSIONES

- Los parámetros que se evaluaron en esta investigación logran determinar que las mejores condiciones para la elaboración de un licor o bebida alcohólica a base de frutas, específicamente el uso de la piña fue la concentración que se dio en el mosto con grados brix de 14 y un pH de 4 antes de llevarse a la destilación y producción final de la bebida objetivo.
- Se considera la piña como una fruta óptima para elaborar una bebida alcohólica destilada debido al comportamiento en el análisis sensorial y los parámetros fisicoquímicos que presentó, es decir, puesto que naturalmente es una fruta con alto contenido de azúcares permite que al generar la fermentación, se creen bacterias que ayuden a la reacción con la levadura, además se logra observar que cuenta con un aroma intenso que al final de la destilación se conservó como un aroma agradable a piña y con menos intensidad.
- La acidez que se presenta en la bebida depende del tiempo de fermentación, es decir, mientras se completaba el tiempo de fermentación correspondido la acidez y pH eran de 4 ya que la piña es una de las frutas más ácidas que existe a nivel nacional y una vez que se destiló, su acidez se redujo considerablemente obteniendo un pH de 6.
- El tiempo de fermentado es importante ya que es un factor que permite el rendimiento de una bebida, el tiempo mínimo oscila entre 5 a 6 días y el tiempo máximo es de 11 días, pues el fermentado de piña se dejó esta cantidad de tiempo cubierto con una tela negra a temperatura ambiente detrás de la nevera, siendo destapado una vez a la semana para revisar el avance,

tomar datos de pH, Grados brix, temperatura y realizar un breve análisis de aroma, color y sabor.

- Durante la destilación, algunos compuestos se descomponen en productos más simples, y si estos incluyen azúcares más complejos, la descomposición podría liberar azúcares más simples que contribuirían al aumento de los grados Brix, es por esto por lo que de 14 inicialmente luego de la destilación se lograron obtener 19 grados brix.
- Se elaboró una bebida alcohólica fermentada a partir de piña, teniendo en cuenta el tiempo de fermentación, establecido en 11 días, tiempo requerido para demostrar cambios en sus componentes y siendo aptos para el consumo humano, resultando como una mejor bebida con todas las características deseadas, fue la bebida fermentada en un tiempo de 11 días.
- Se realiza un análisis con base a los cambios del pH determinando que el pH del Etanol comúnmente es de 7 puesto que es una bebida transparente y neutra, debido al pH que contiene la piña en su naturaleza (3,8) la mezcla fermentada aumenta el pH a 4 y una vez se hace ebullición eliminando otros compuestos y dejando solo el etanol producido se hace un balance químico (natural) obteniendo el pH 6.
- De acuerdo con las frutas como la naranja y la mandarina se obtiene que después de un tiempo de fermentado estas generaron notas avinagradas debido a que, en sus componentes, se encuentran enzimas acetobacteria las cuales entran en acción después de un tiempo de fermentado y eliminan el alcohol dejando un ácido acético por dejar mayores intervalos de

tiempo, contaminación o temperaturas altas donde se inicia la fermentación alcohólica.

- Desde el punto de vista de la calidad e inocuidad del producto, sería adecuado elaborar una norma técnica que especifique los parámetros adecuados para la elaboración de la bebida alcohólica.



## REFERENCIAS

- Alicia Hamui-Sutton, Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación  
Volume 2, Issue 8, 2013,  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2007505713727145>)
- Sanguijuela N.L., Onwuegbuzie A.J.  
Una tipología de diseños de investigación con métodos mixtos. *Qual Quant*, 43 ( 2009 ) , págs . 265-275
- Sánchez, D. P. (2021). *Producción de una bebida clarificada a partir de la fermentación alcohólica*. Una.ac.cr.  
<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/23945/Informe%20final%20Ma.%20Dani%20Porras%20S%C3%A1nchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Milena, D., Mena, M., & Lozano Tovar, F. (2020.). *Producción de bebidas alcohólicas a partir de diferentes frutos colombianos*. Edu.Co. Retrieved October 15, 2023, from  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/56302/Producci%C3%B3n%20de%20bebidas%20alc%C3%B3licas%20a%20partir%20de%20frutos%20colombianos.pdf?sequence=2>
- Producción, P. (s/f). *Un sector fundamental en la economía colombiana*. Com.co.  
Recuperado el 7 de noviembre de 2023, de  
<https://www.andi.com.co/Uploads/Impacto%20Economico%20dic%202020.pdf>
- AreaCiencias. (2021, 10 diciembre). *Destilación simple*. Areaciencias.  
<https://www.areaciencias.com/quimica/destilacion-simple/>

- Calderón, G. (2021, 2 diciembre). *Destilación fraccionada / Qué es, características, para qué sirve, tipos, torres*. Euston96. <https://www.euston96.com/destilacion-fraccionada/>
- Bravo Aranibar, Noemi. (2007). *Estudio comparativo de la levadura Saccharomyces cerevisiae y la levadura Saccharomyces bayanus en la elaboración del licor de mango (Mangifera indica L.)*. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/420>
- Garcés Moncayo, Maria Daniela. Vallejo Orozco, Yadira Alexandra. (2023). *Evaluación fisicoquímica y cinética de producción de biomasa de dos tipos de levaduras Saccharomyces cerevisiae y Saccharomyces bayanus en la fermentación alcohólica de una bebida a base de mandarina (Citrus reticulata) y cidra (Sechium edule)*.  
Universidad Técnica de Ambato.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/37923>