

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Antecedentes**

La producción de piña en Bolivia se encuentra principalmente en el Trópico del Departamento de Cochabamba, como también en los departamentos de Santa Cruz, La Paz, Beni y Pando. Las variedades de piña cultivadas en Bolivia son: Pucallpa, Cayena Lisa, Champaca. (Reinhardt, 2000).

En Bolivia, se produjeron más de 87 mil toneladas de piña en el 2019, con un crecimiento de casi el 2% comparado al 2018, donde casi el 91% de la producción proviene del Departamento de Cochabamba de los municipios de (Villa Tunari, Shinahota, Chimoré, Puerto Villarroel y Entre Ríos), el 6% son de Santa Cruz, Beni y La Paz. (Reinhardt, 2000).

Las exportaciones de piña fresca, enlatada y jugos durante el 2020 alcanzaron un total, de casi 406 mil dólares equivalentes a 442 toneladas, principalmente enlatados de piña, habiendo mostrado un crecimiento con respecto al 2019 en valor de 118%. Asimismo, las ventas de piña al exterior para los tres primeros meses del 2021 totalizaron poco más de 128 mil dólares, por casi 120 toneladas del producto. (IBCE, 2021).

El licor de piña o también conocido como licor de ananá, es un licor elaborado a base de la pulpa y cascara de dicha fruta tropical, cuenta con propiedades digestivas por lo que se sugiere consumirlo luego de las comidas o antes de dormir, debido a sus aportes beneficiosos al sistema digestivo. Además, puede ser utilizado en repostería para brindar un toque alicolorado a ricos postres y tortas. (Soire, 2020).

El consumo moderado de bebidas alcohólicas es beneficio para la salud, ya que varios investigadores médicos señalan que tomar moderadas cantidades produce beneficios cardiovasculares tiene antioxidantes, manganeso, vitamina C, fósforo y calcio. Uno de sus componentes a destacar es la bromelina y otras enzimas que ayudan con la digestión y tiene actividad antiinflamatoria. (Hernández, 2020).

## **1.2. Justificación**

- El presente trabajo tiene la finalidad de elaborar licor de piña mediante el proceso de maceración, debido a que la piña es una fruta perecedera en Tarija, además que es muy poco industrializada y de esta manera, se busca transformarla en licor de piña.
- Debido a que en la Provincia Cercado no se produce piña, sin embargo, es traída de los diferentes departamentos productores de Bolivia. Como su venta es escasa se desea realizar la elaboración de licor de piña mediante el proceso de maceración, con el fin que tenga mayor valor agregado y así ayudar a los comerciantes del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija.
- En la Provincia Cercado se elabora y comercializa diferentes tipos de destilados, fermentados, aguardientes. Esto hace que sea un producto muy demandado, por lo cual el presente trabajo propone elaborar un licor de piña mediante el proceso de maceración para ofrecer otra opción de bebida a la población tarijeña.
- El siguiente trabajo de investigación plantea preparar un licor de piña empleando la cascara y la pulpa de la piña, para fijar una metodología a nivel experimental y mediante la maceración lograr obtener un licor de buen sabor y aroma.

## **1.3. Objetivos**

Los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, son los siguientes:

### **1.3.1. Objetivo general**

Elaborar licor de piña mediante el proceso de maceración alcohólica, con la finalidad obtener un producto de calidad para la provincia Cercado del departamento de Tarija.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físicas, fisicoquímicas y microbiológicas de la piña variedad (*cayena lisa*) para lograr establecer sus características físicas fisicoquímicas y organolépticas.
- Identificar las variables de dosificación con el fin de hallar la composición porcentual ideal del producto.
- Establecer las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas del producto con la finalidad de conocer su composición.
- Realizar evaluación sensorial de todas las muestras para determinar la muestra ideal del producto final.
- Aplicar diseño experimental en el proceso para establecer las variables que intervienen en el proceso de maceración.
- Realizar balance de materia con la finalidad de conocer las corrientes de entradas y salida.

### 1.4. Objeto de estudio

Aplicación del proceso de maceración alcohólica de la cascara y pulpa de piña para obtener un licor de piña para la provincia Cercado.

### 1.5 Campo de acción

Para realizar el siguiente trabajo de investigación se determinó el siguiente campo de acción:

- **Espacial**

El campo espacial donde se realizó el siguiente trabajo de investigación fue en la ciudad de Tarija, provincia Cercado.

- **Temporal**

El campo temporal donde se llevó a cabo el presente trabajo de investigación fue en las gestiones (2022-2023).

- **Institución**

Las instituciones donde se efectuó el siguiente trabajo de investigación son:

- Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.).
- Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.).

## **1.6. Planteamiento del problema**

En la provincia Cercado del departamento de Tarija, la piña es una fruta poco industrializada, perecedera que requiere de transformación para su aprovechamiento y alargar su vida útil. Como no se produce en Tarija, es transportada de los diferentes departamentos productores de Bolivia., por tal razón se busca elaborar licor de piña mediante el proceso de maceración para darle un mejor valor agregado y promueva otra opción de consumo en cuanto a bebidas maceradas.

## **1.7. Formulación del problema**

¿Se logrará obtener licor de piña mediante el proceso de maceración alcohólica con el objetivo de obtener un producto de calidad para la provincia Cercado de la ciudad de Tarija?

## **1.8. Hipótesis**

Aplicado el proceso de maceración alcohólica, permitirá obtener un licor de piña con la finalidad de obtener un producto de calidad para la región local del departamento de Tarija.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Origen de los licores**

Tradicionalmente los licores fueron creados y producidos en los monasterios y las abadías, los monjes y frailes grandes elaboradores de bebidas espirituosas tomaban licores dulces con fines terapéuticos, tónicos medicinales como los sabores no eran agradables empezaron a incorporar a las recetas flores, hierbas y frutas. Su consumo se popularizó en la Italia renacentista se difundió por Europa y el resto del mundo en el siglo XVII. (Zurdo & Gutierrez , 2004)

## **2.2 Definición de licor de frutas**

(Zurdo & Gutierrez , 2004) “el licor es una bebida espirituosa obtenida por destilación, maceración o mezcla de diversas sustancias (agua, azúcar, esencias aromáticas) y cuyo elemento esencial es el alcohol” (Pág.7).

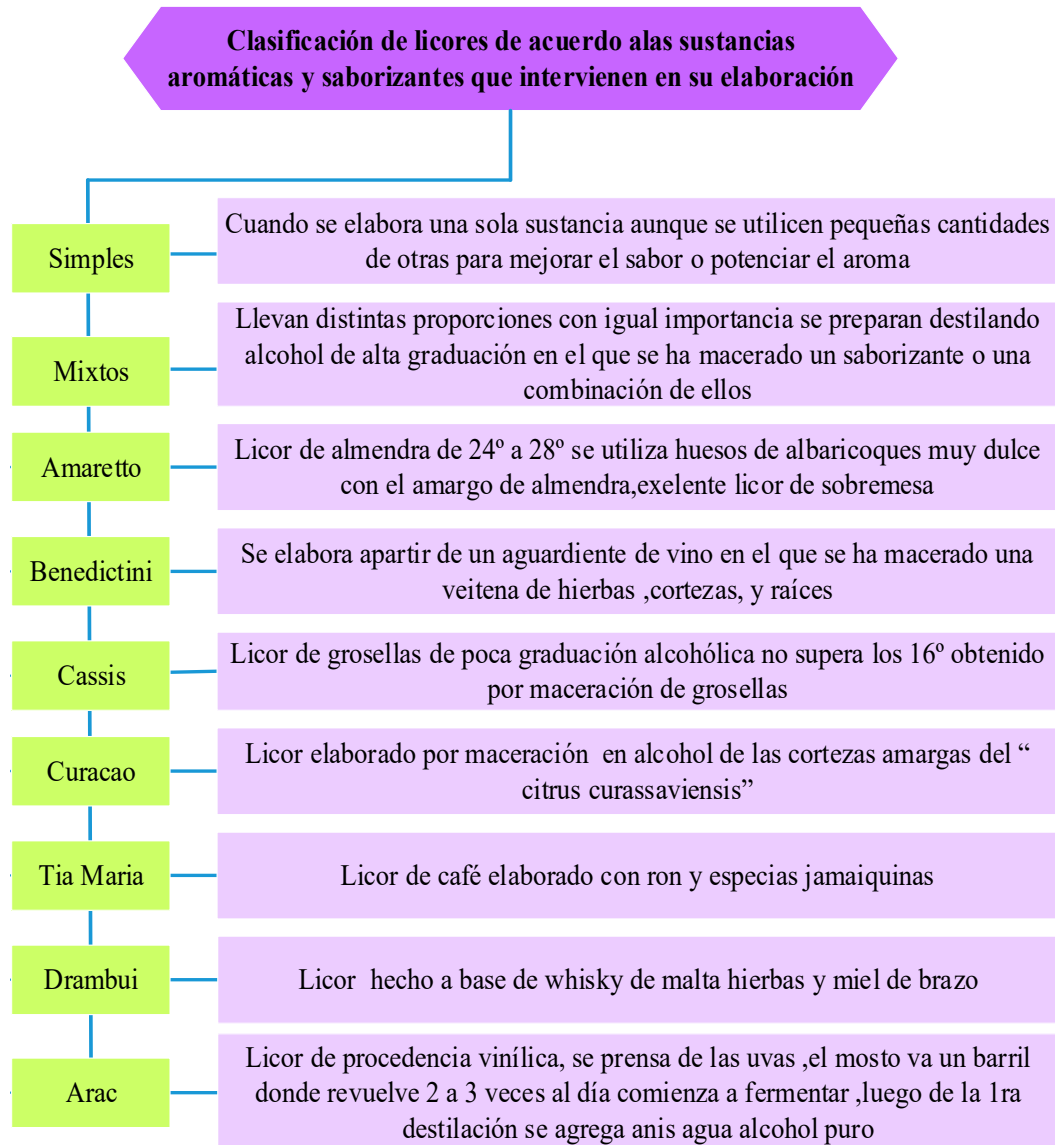
Según los Códex Alimentarios de normas internacionales de los alimentos define el licor de frutas como licores destilados que contengan más de un 15% de alcohol: comprende todos los licores destilados derivados de granos, tubérculos, frutas o caña de azúcar que contenga más de un 15% de alcohol. (CODEX, 2007)

Según la norma oficial mexicana define licores de frutas como aquellos elaborados con: infusiones, maceraciones, destilaciones, extractos, aceites esenciales, sabores naturales, sabores sintético-artificiales y otros aditivos permitidos en el acuerdo correspondiente de la secretaría de salud o mezclas de estas preparaciones de la fruta respectiva mezcladas con bebida alcohólica destilada y/o espíritu neutro y/o alcohol de calidad y/o común y azúcares. (NOM, 2017)

Los licores de frutas se elaboran mayormente con toda la fruta, cascara, fruta entera. La fruta debe estar madura y sana, ya que es en ese momento cuando contiene el máximo de azúcar y aroma. En frutas que tienen hueso solo se emplea un 20 % de éstos ya que contienen compuestos muy tóxicos. (Herbert, 1989)

### 2.3 Clasificación de los licores de acuerdo a las sustancias aromáticas y saborizantes

En la figura 2.1 se muestra la clasificación de los licores de acuerdo a las sustancias aromáticas y saborizantes que intervienen en su elaboración.



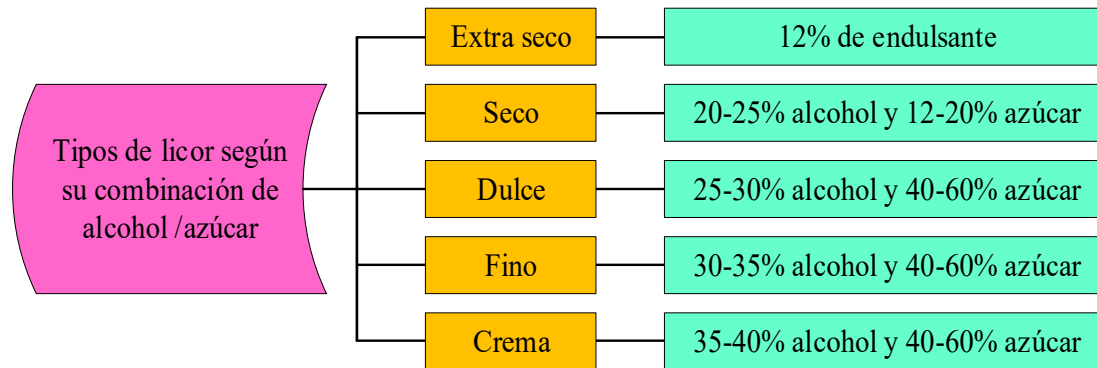
**Fuente:** Pérez, 2015

**Figura 2.1:** Clasificación de licores de acuerdo a las sustancias aromáticas y saborizantes que intervienen en la elaboración.



### 2.3.1 Tipos de licor

En la figura 2.2, se muestran los tipos de licor según su combinación alcohol/azúcar.



Fuente: Pérez, 2015

**Figura 2.2:** Tipos de licores según tipo de alcohol/azúcar

### 2.4. Aplicaciones del licor de piña en el ser humano

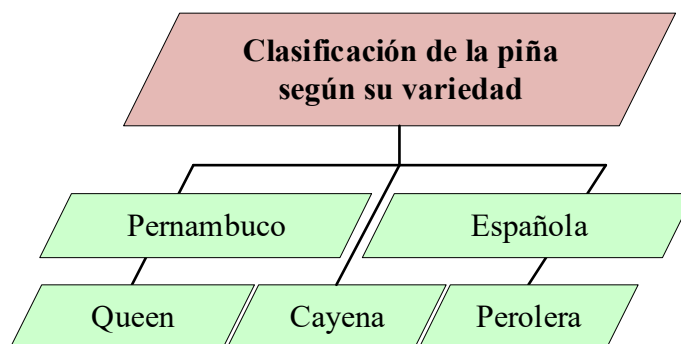
Según (Soiree, 2020) ,el uso del licor se lo puede hacer en un almuerzo familiar, puesto que cuenta con propiedades refrescantes y digestivas, para el organismo” (Pág. 2).

### 2.5. Caracterización de la piña

Se describe la piña variedad (*cayena lisa*) como materia prima que se utilizó para la elaboración de licor de piña.

#### 2.5.1 Piña

Científicamente la piña es conocida como *ananás comosus*, pertenece a la familia bromeliácea, al género ananás que reagrupa varias especies, entre ellas, la *Ananás comosus*, que es la que se explota con fines comerciales. Las principales variedades se clasifican en cinco grupos (UNCTAD, 2016). En la figura 2.3 se muestra la clasificación de piñas según su variedad.



Fuente: UNCTAD, 2016

**Figura 2. 3:** Clasificación de la piña según su variedad.

### 2.5.2. Piña variedad cayena lisa

También conocida como hawaiana es apta para procesamiento y consumo fresco, es una de las principales variedades de exportación. La fruta es cilíndrica, grande con un peso aproximado de 3.5 - 7 libras, con ojos pequeños, pulpa amarilla, con poca fibra, muy jugosa y de excelente sabor. La parte externa del fruto es de color amarillo rojizo al madurar. (Peñaranda, 2021)

### 2.5.3. Características botánicas de la piña variedad cayena lisa

La piña es una planta herbácea de (1,0 a 1,5) metros de extensión, tanto a lo alto como en lo que a su circunferencia se refiere. Está formada por una roseta de hojas duras, lanceoladas y más o menos espinosas, organizadas alrededor de un tallo que constituye el eje de la planta. Crece en punta en cuyo extremo nace la fruta terminada en una corona. La inflorescencia es racimosa y puede producir más de cien flores. La fruta está formada por el conjunto de flores que crecen alrededor del ápice a partir de ahí, constituye el tallo de la fruta hasta la corona. (UNCTAD, 2016)

### 2.5.4 Clasificación taxonómica de la piña variedad cayena lisa

En la tabla 2.1, se muestra la información taxonómica de la piña variedad *cayena lisa*

Tabla 2.1

*Clasificación taxonómica de la piña*

Nombre	Piña
<b>Nombre científico</b>	Ananás comosus
<b>Familia</b>	Bromeliácea
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Género</b>	Ananás

Fuente: Servicio de Información Agroalimentario, 2018

**2.5.5. Composición fisicoquímica de la piña variedad cayena lisa**

En la tabla 2.2, se muestran las propiedades fisicoquímicas de la piña por cada 100 gr

Tabla 2.2

*Composición fisicoquímica de la piña*

Componente	Valor	Unidad
<b>Agua</b>	86,80	g
<b>Vitamina B1</b>	0,102	mg
<b>Vitamina B2</b>	0,040	mg
<b>Vitamina B3</b>	0,409	mg
<b>Vitamina B6</b>	0,079	mg
<b>Ácido fólico</b>	7,000	ug
<b>Vitamina C</b>	15,90	mg
<b>Vitamina E</b>	0,160	mg
<b>Calcio</b>	6,990	mg
<b>Potasio</b>	123,0	mg
<b>Magnesio</b>	15,00	ug
<b>Fosforo</b>	7,100	mg
<b>Hierro</b>	0,410	mg
<b>Fibra</b>	1,500	g
<b>Grasa</b>	0,510	%
<b>Proteína</b>	0,830	%
<b>Azúcar</b>	12,10	%

Fuente: Alecu, 2018

**2.5.6 Composición química de la piña variedad cayena lisa**

En la tabla 2.3, se muestra la composición química de la piña por cada 100gr.

Tabla 2.3

**Composición química de la piña**

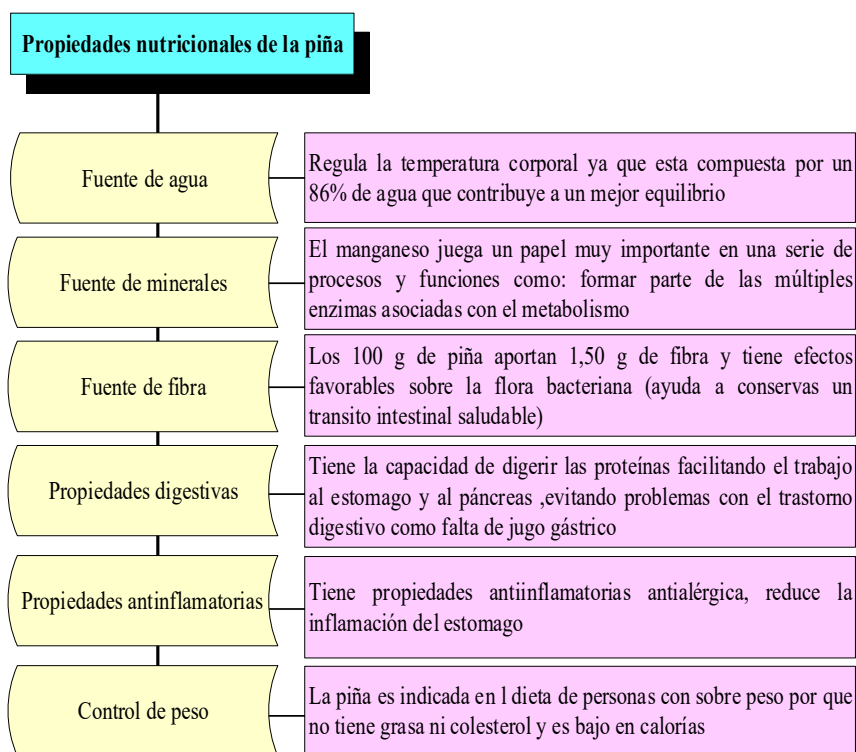
Elemento	Unidad	Valor
<b>Agua</b>	%	85,1
<b>Proteína</b>	%	0,1
<b>Grasas</b>	%	0,1
<b>Carbohidratos</b>	%	13,5
<b>Cenizas</b>	%	0,1
<b>Calcio</b>	mg	21
<b>Fosforo</b>	mg	10
<b>Hierro</b>	mg	0,4
<b>Calorías</b>	Kcal	51

Fuente: Núñez, 2020

### 2.5.7 Propiedades nutricionales de la piña variedad cayena lisa

Sus principales componentes de la piña se pueden identificar los siguientes

En la figura 2.4 se muestra las propiedades nutricionales de la piña.



Fuente: Alecu 2018.

**Figura 2. 4:** Propiedades nutricionales de la piña

## **2.6. Caracterización de los insumos utilizados en la elaboración de licor de piña variedad cayena lisa**

Los insumos utilizados para la elaboración del licor de piña son los siguientes:

### **2.6.1. Azúcar blanca**

(Barrios, 2015) “Es el producto cristalizado, totalmente soluble en agua, constituido principalmente por sacarosa, obtenido de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera mediante procedimientos tecnológicamente aceptables” (Pág. 4).

(Preiss, 2013) “Los licores son bebidas espirituosas cuyo contenido en azúcar puede variar. El azúcar se añade al final del proceso y la dosificación, varía en función de la calidad y la variedad de fruta utilizada” (Pág. 1).

### **2.6.2. Alcohol a 96°**

“Para macerar las frutas, se utiliza un alcohol puro y neutro que haga más fácil la incorporación de nuevos sabores a nuestros licores” (Tramutana, 2021, Pág. 1). El alcohol principal producto derivado del azúcar, su uso es frecuente en la medicina, la producción de bebidas alcohólicas y la industria de la cosmética

La elaboración de alcohol etílico en Bolivia debe cumplir con las siguientes normas de reglamentación.

- NB 491 Alcohol etílico, alcohol utilizado en la elaboración de bebidas alcohólicas (IBNORCA, 2019).

### **2.6.3. Agua purificada**

(Aristizabal, 2004) “El agua debe ser químicamente pura, potable y de óptima calidad. Se prefiere agua destilada para realizar la elaboración de licores” (Pág. 9) El

IBNORCA, 2004 “Agua de mesa es aquella envasada con o sin gas que ha sido

procesada por destilación, des ionización, filtración por membrana o algún otro proceso para alcanzar los requisitos de la presente norma NB325002” (Pág.1).

#### **2.6.4 Bentonita en polvo**

La bentonita es un clarificante mineral, compuesto inorgánico que agregado al agua se disuelve en la misma formando una masa gelatinosa que por su gran capacidad hidrófila arrastra los coloides del vino y las sustancias en suspensión hasta su efectiva sedimentación. (López, 2004)

La bentonita es el clarificante de mayor difusión debido a su bajo costo, es totalmente inerte, inalterable, de fácil aplicación y una notable acción estabilizadora. la cantidad de bentonita que se emplea para la clarificación es de 0,5 y 2,0 gr/ litro. (López,2004)

### **2.7 Proceso tecnológico a ser utilizado en la elaboración de licor de piña**

El tipo de proceso tecnológico que se utilizó para la elaboración de licor de piña, fue:

#### **2.7.1. Maceración alcohólica**

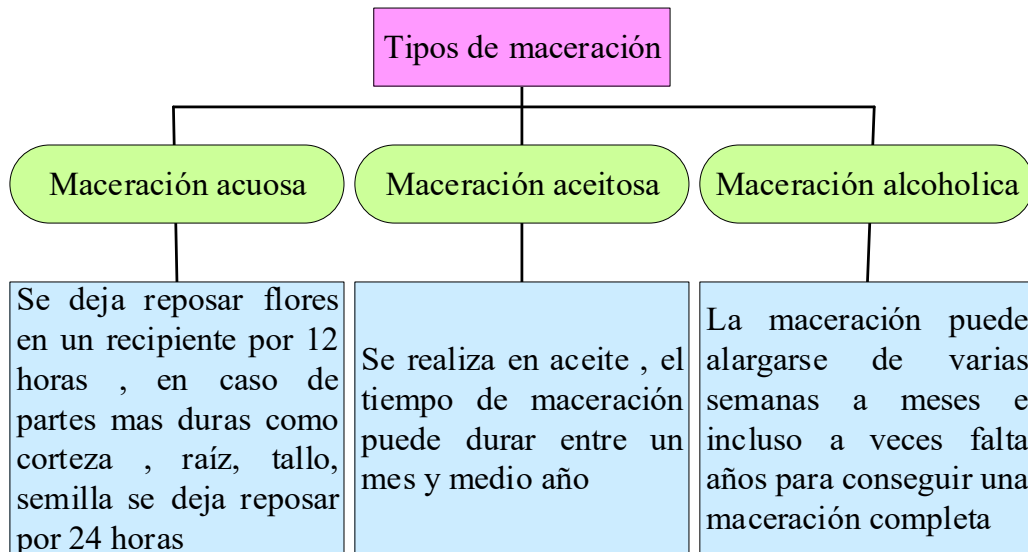
Son bebidas hidro alcohólicas aromatizadas. Están hechas con frutas seleccionadas que posteriormente son mezcladas y maceradas en alcohol o en bebidas de alta graduación alcohólica, y a su vez combinadas con almibares, dando como resultado una bebida dulce. El alcohol es el ingrediente principal de los macerados, por lo que su calidad dependerá del alcohol que lo componga. Otro componente fundamental es el azúcar. Para elaborar el macerado, se emplea la variedad refinada obtenida de la caña de azúcar, sin impurezas ni olores extraños que pueden influir en el sabor del macerado que se va a elaborar. (Barrientos et al, 2019)

Las frutas de temporada, pueden ser conservadas por tiempos largos si se les trata soluciones hidroalcohólicas de alta graduación pues el agua de vegetación de la fruta pasa al alcohol y le rebaja la graduación, combinados con jarabes de azúcar para

obtener licores que se pueden considerar dulces o cremas por su contenido final de azúcares de acuerdo a su propia norma. (Barrientos et al, 2019)

### 2.7.1.1 Tipos de maceración

En la figura 2.5, se muestra los tipos de maceración, que se clasifica en:



**Fuente:** (Barrientos et al 2019)

**Figura 2. 5:** Tipos de maceración

### 2.7.2 Factores que influyen en la maceración

Los factores que influyen para la elaboración de licor de piña en el proceso de maceración son:

#### 2.7.2.1 Tiempo de macerado

El tiempo de maceración influye ya que puede variar según la concentración de la fruta y la temperatura más calor, más rápido, pero no se logra extraer totalmente la esencia del producto. CANALUPE (2023)

### **2.7.2.2 Concentración de la fruta**

En el proceso de macerado influye importancia la concentración de la fruta ya que es decisiva para la composición de las sustancias aromáticas y para la clase y calidad del licor. CANALUPE (2023)

### **2.7.2.3 Concentración de alcohol**

Para macerar las frutas, necesitamos utilizar un alcohol puro y neutro que hará más fácil la incorporación de nuevos sabores a nuestros licores. Se pueden encontrar de diversos grados, pero los más comunes son: de 40°, de 50° y de 95°. (Tramuntana 2021)

## **2.8 Operaciones en el proceso de elaboración de licor de piña**

A continuación, se describe las operaciones más importantes para la elaboración de licor de piña.

### **2.8.1 Maceración**

La maceración es un proceso de extracción de sólido a líquido. Técnicamente es muy sencillo: una materia prima sólida se deja reposar en un líquido durante un tiempo determinado. Los compuestos –aromatizantes, colorantes, etc.– presentes en el sólido pasarán al líquido extractante si son solubles en él. Existe una variedad de líquidos extractantes, como por ejemplo el agua, los aceites vegetales, el etanol, el vinagre, los zumos de fruta. La maceración puede realizarse en frío o en caliente. (Magazine, 2021)

- **Maceración en frío**

(Barrientos et al, 2019) “consiste en sumergir el producto a macerar en un líquido y dejarlo una determinada cantidad de tiempo, para transmitir al líquido características del producto macerado” (Pág. 23).



### **2.8.2 Filtración**

Es la eliminación de impurezas de un licor. para ello se emplean tamizadores finos, papel filtro, embudos, paños de algodón, lino etc. (Aristizabal, 2004)

### **2.8.3 Clarificación**

La clarificación es una operación de acabado que consiste principalmente en encolar y filtrar los licores para garantizar una mejor limpidez. (Rojas, 2004)

### **2.8.4 Conservación**

Debido a las sustancias colorantes aromáticas, el licor es sensible a la acción de la luz que altera la apariencia, aroma y sabor. Se aconseja guardarlo en botellas oscuras y cerradas herméticamente en lugares frescos. (Aristizabal, 2004)

**CAPÍTULO III**  
**DISEÑO METODOLÓGICO**

### 3.1 Desarrollo de la parte experimental

El siguiente trabajo de investigación sobre “Elaboración del licor de piña mediante el proceso de maceración” se realizó en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA.) y el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

### 3.2 Tipos de intervención experimental

En el presente trabajo de investigación de elaboración de licor de piña mediante el proceso de maceración se utilizaron los métodos y análisis a nivel experimental:

- Análisis físico, fisicoquímico y microbiológico de la piña variedad (*cayena lisa*).
- Análisis fisicoquímico en el proceso de maceración.
- Análisis sensorial del licor de piña.
- Análisis del diseño factorial  $2^3$  en el desarrollo de elaboración de licor de piña mediante el proceso de maceración.
- Operacionalización de las variables para la elaboración de licor de piña.

### 3.3 Paradigma investigativo

La palabra Paradigma proviene del latín tardío paradigma, y este del griego paradigma. Los que cumplen como teoría o conjunto de teorías cuyo núcleo central se acepta sin cuestionar y que suministra la base y modelo para resolver problemas y avanzar en el conocimiento en las disciplinas de la ciencia moderna. (RAE, 2022). Según (Ballina,2004) “paradigma es un conjunto de creencias y actitudes, como una visión del mundo compartida por un grupo de científicos que implica una metodología determinada” (Pág. 1).

### **3.3.1 Paradigma positivista**

El paradigma positivista contempla la ciencia como un intento de codificar y anticipar la experiencia y más aún, considera que el método científico es el único intento válido, de conocimiento basado en los datos observacionales y las mediciones de magnitudes y sucesos. Se desarrollan teoría y leyes para correlacionar datos empíricos y por tanto la teoría verdadera es la mejor contrastada. Vázquez et al., (2001). Según Ferrere & Gonzales (2006) “el positivismo mantiene que todo conocimiento científico se basa sobre la experiencia de los sentidos solo puede avanzarse mediante la observación y el experimento asociados al método científico (Pág. 117).

### **3.4 Enfoque de investigación**

Para el presente trabajo de investigación se desarrolló el enfoque cuantitativo aplicar el enfoque cuantitativo. La metodología cuantitativa de acuerdo con Tamayo (2007), consiste en el contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio.

La investigación cuantitativa se fundamenta en analizar una realidad objetiva a partir de mediciones numéricas y análisis estadísticos para determinar predicciones o patrones de comportamiento del fenómeno o problema planteado. Este enfoque utiliza la recolección de datos para comprobar hipótesis, que es importante señalar, se han planteado con anticipación al proceso metodológico. (Hernández et al., 2006)

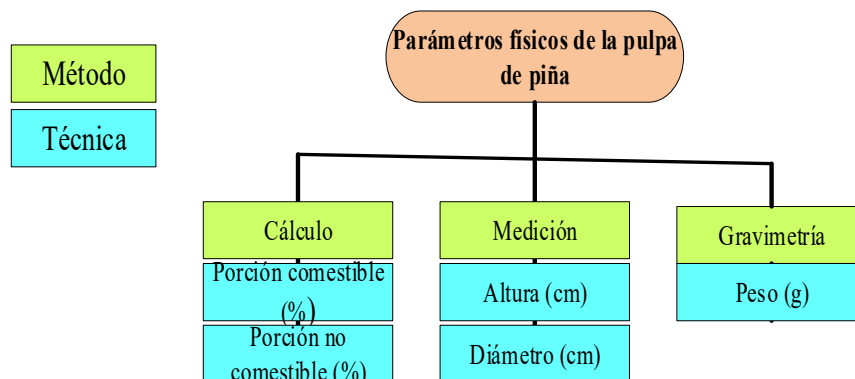
### **3.5 Método técnica e instrumentos**

Métodos y técnicas de investigación son fundamentales e indispensables para el desarrollo de un estudio de cualquier índole. Los métodos indican el camino que se seguirá y son flexibles, mientras que las técnicas muestran cómo se recorrerá ese camino y son rígidas (Chagoya, 2018).

La técnica y recogida de información engloba todos los medios técnicos que se utilizan para registrar las observaciones o facilitar el tratamiento. El investigador debe elegir el instrumento que más se ajuste al diseño de investigación planteado, considerando que debe conservar las características de un instrumento de medida. (Pascual 2016).

### 3.5.1 Análisis físico de la pulpa de piña

En la figura 3.1 se muestra los métodos y técnicas que se tomaron en cuenta para determinar los parámetros físicos de la piña, realizados en los Laboratorios Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA); perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Donde la técnica para calcular se puede ver en Anexo.

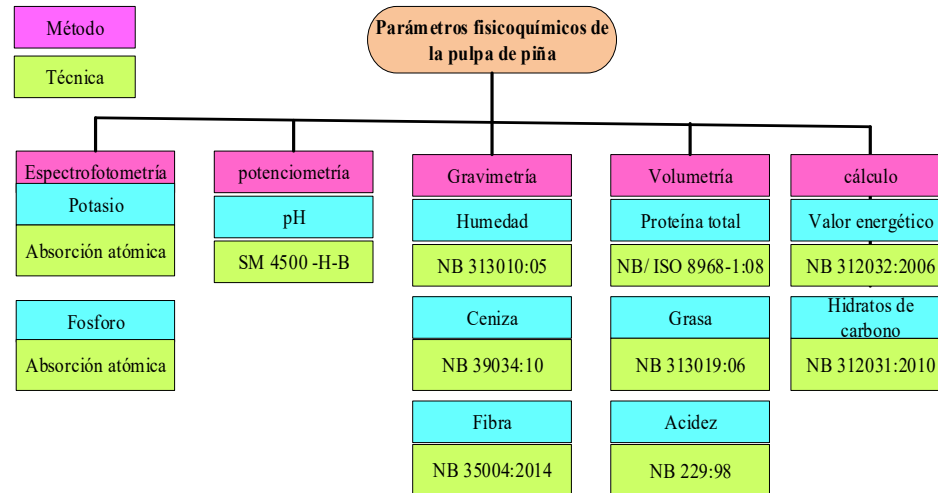


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.1:** Parámetros físicos de la pulpa de piña.

### 3.5.2 Análisis fisicoquímico de la pulpa piña

En la figura 3.2 se muestra los parámetros fisicoquímicos que se realizaron en la piña realizados en el centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

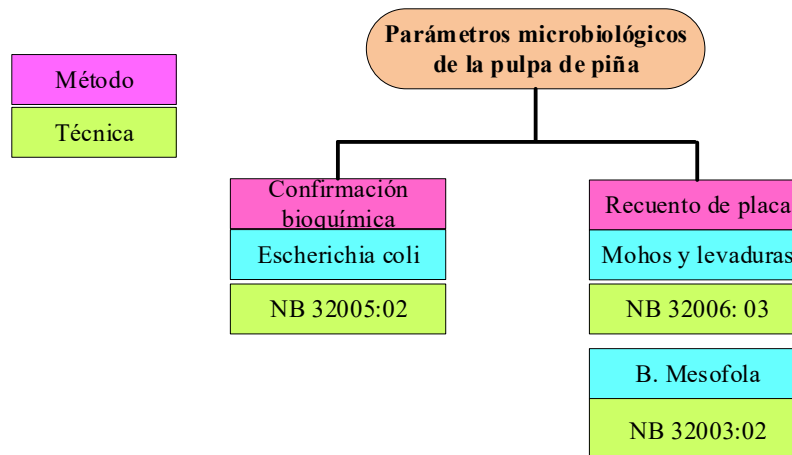


Fuente: CEANID. 2022

**Figura 3. 2:** Parámetros fisicoquímicos de la pulpa de piña.

### 3.5.3 Análisis microbiológico de la pulpa de piña

En la figura 3.3 se muestra los parámetros microbiológicos que se realizaron a la pulpa de la piña, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

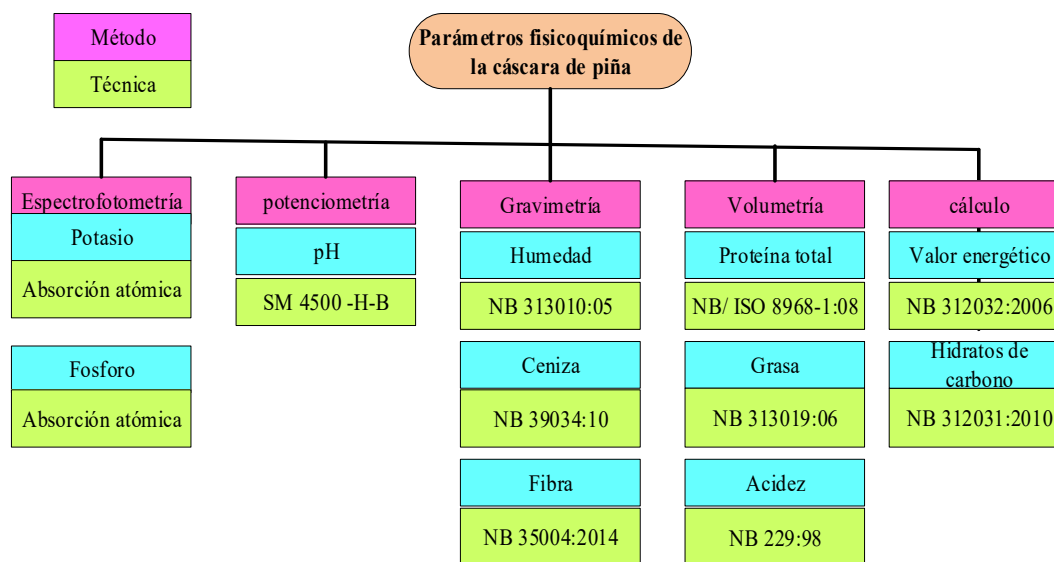


Fuente: CEANID. 2022

**Figura 3. 3:** Parámetros microbiológicos de la pulpa de piña.

### 3.5.4 Análisis fisicoquímico de la cáscara piña

En la figura 3.4 se muestra los parámetros fisicoquímicos que se realizaron a la cáscara de piña realizados en el centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

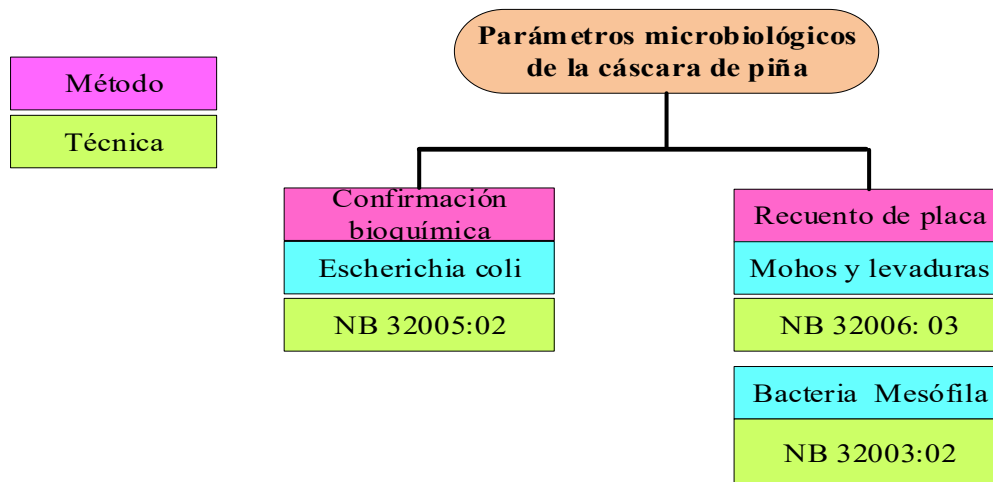


**Fuente:** CEANID. 2022

**Figura 3. 4:** Parámetros fisicoquímicos de la cáscara de piña.

### 3.5.5 Análisis microbiológico de la cáscara de piña

En la figura 3.5 se muestra los parámetros microbiológicos que se realizaron a la cáscara de la piña, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

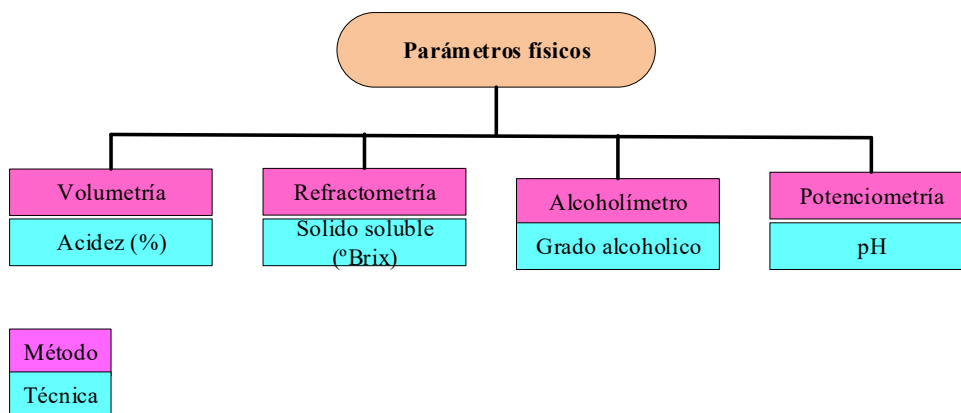


Fuente: CEANID. 2022

**Figura 3. 5:** Parámetros microbiológicos de la cáscara de piña.

### 3.5.6. Análisis físico en el proceso de maceración alcohólica de la piña

En la figura 3.6 se muestra los parámetros físicos que se analizaron en el proceso de maceración alcohólica de la piña, en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA); perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.



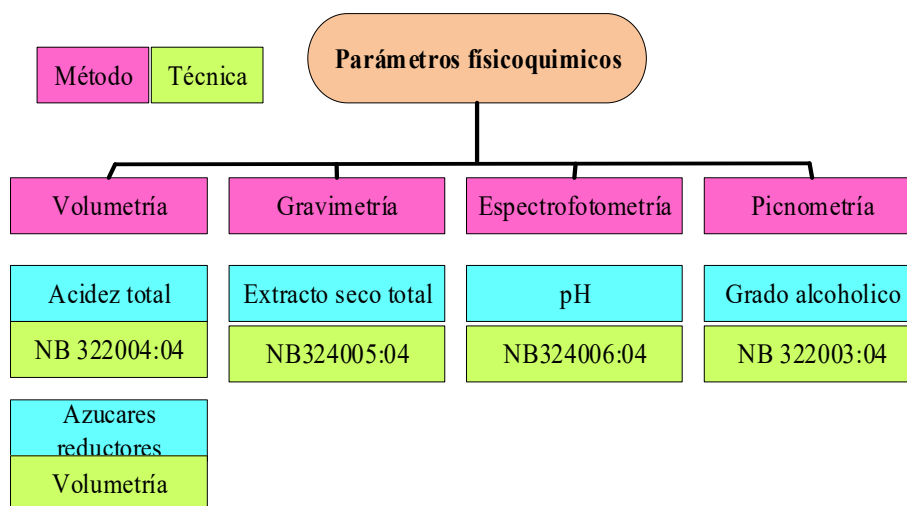
Fuente: CEANID. 2022

**Figura 3.6:** Parámetros físicos durante el proceso de maceración alcohólica del licor de piña



### 3.5.7. Análisis fisicoquímico del licor de piña

En la figura 3.7, se muestran los parámetros fisicoquímicos que fueron tomados en cuenta para el licor de piña, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

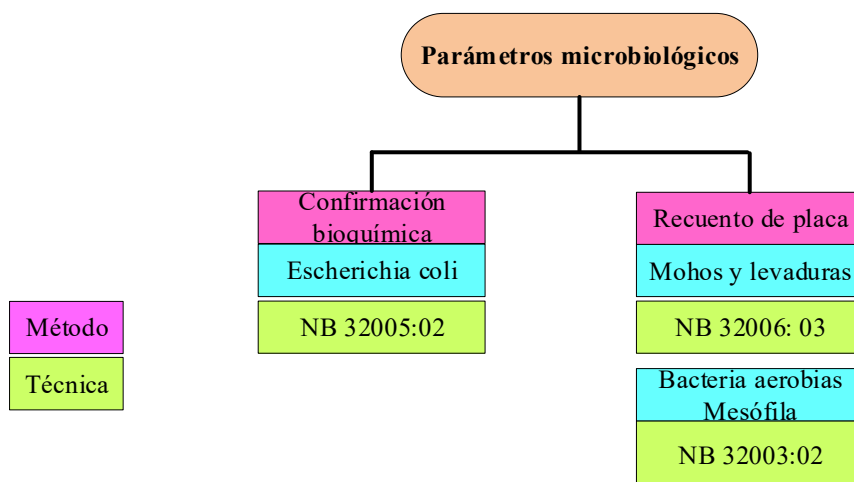


**Fuente:** CEANID. 2022

**Figura 3.7:** Parámetros fisicoquímicos del licor de piña.

### 3.5.8. Análisis microbiológico del licor de piña

En la figura 3.8, se muestran los parámetros microbiológicos que fueron tomados en cuenta para el licor de piña, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.



**Fuente:** CEANID. 2022

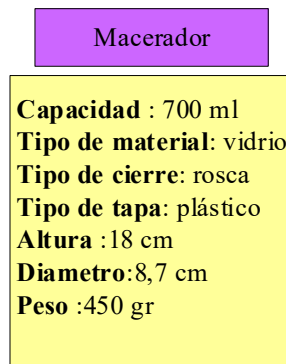
**Figura 3.8:** Parámetros microbiológicos del licor de piña

### 3.6 Equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios de cocina

Para la realización de la parte experimental del trabajo de investigación, se utilizaron los equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios que se detallan a continuación.

#### 3.6.1 Equipos

En la figura 3.9 se detalla las especificaciones técnicas de los equipos que se utilizaron para el presente trabajo de investigación.

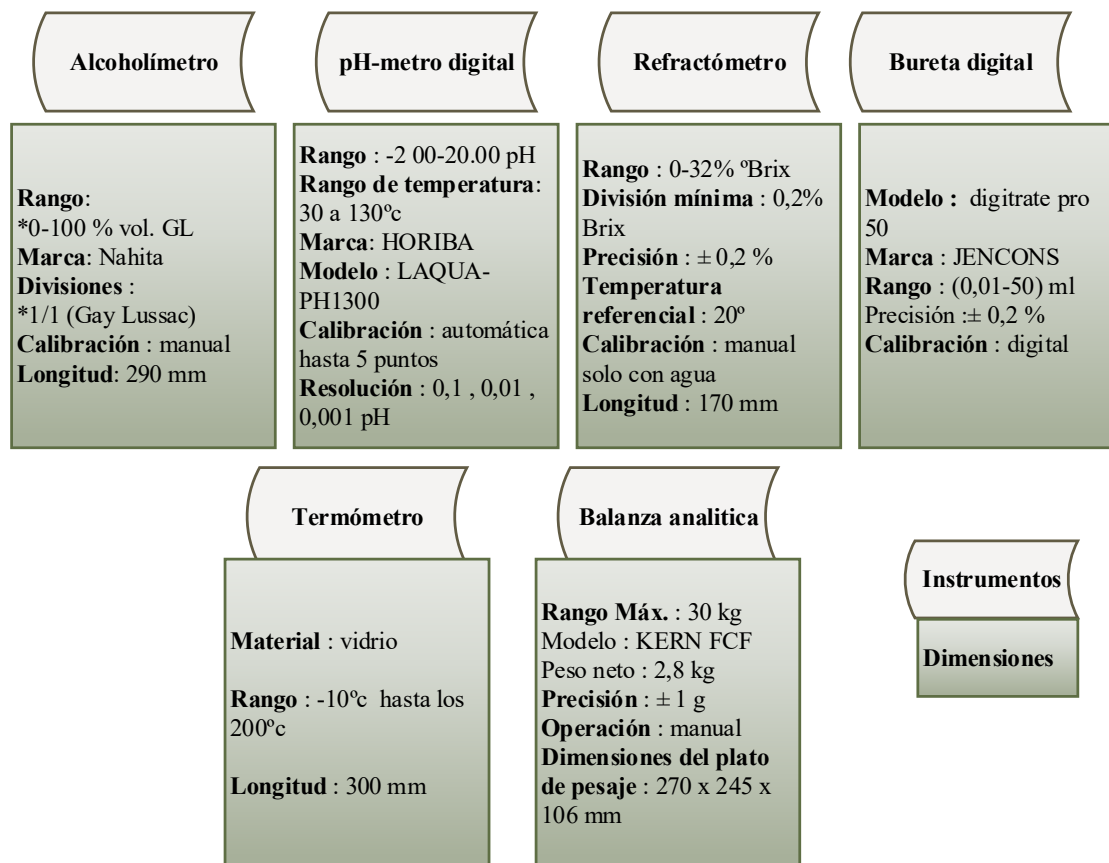


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.9:** Descripción de equipo

### 3.6.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio que se utilizaron para el desarrollo de la parte experimental, se detallan en la figura 3.10



**Fuente:** LACIA, 2023

**Figura 3.10:** Descripción de instrumentos

### 3.6.3 Material del laboratorio

Los materiales de laboratorio que se emplearon en el proceso de elaboración de licor de piña se detallan a continuación:

- ✓ **Probeta:** capacidad 100-500 ml; material vidrio.
- ✓ **Vaso precipitado:** de 250 y 600 ml; material vidrio.
- ✓ **Termómetro:** de mercurio.

- ✓ **Papel filtro.**
- ✓ **Recipiente de acero inoxidable:** tamaño mediano.
- ✓ **Embudo:** material plástico; tamaño pequeño.
- ✓ **Envases de vidrio:** color transparente: capacidad 750ml.
- ✓ **Pipeta de 10ml:** material de vidrio.
- ✓ **Espátula de acero inoxidable:** tamaño pequeño.

#### 3.6.4 Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina que se usaran en el presente trabajo para la elaboración de licor de piña se detallan a continuación:

- ✓ **Tabla de picar:** material plástico; tamaño mediano.
- ✓ **Cuchillo:** material acero inoxidable.
- ✓ **Trapo de limpiar:** material algodón; tamaño mediano.
- ✓ **Jarra de graduada:** material plástico; capacidad 500 ml 1000 ml.
- ✓ **Fuentes:** tamaño pequeñas y medianas: material plástico.
- ✓ **Escurreidor:** malla de filtro tamaño pequeño.

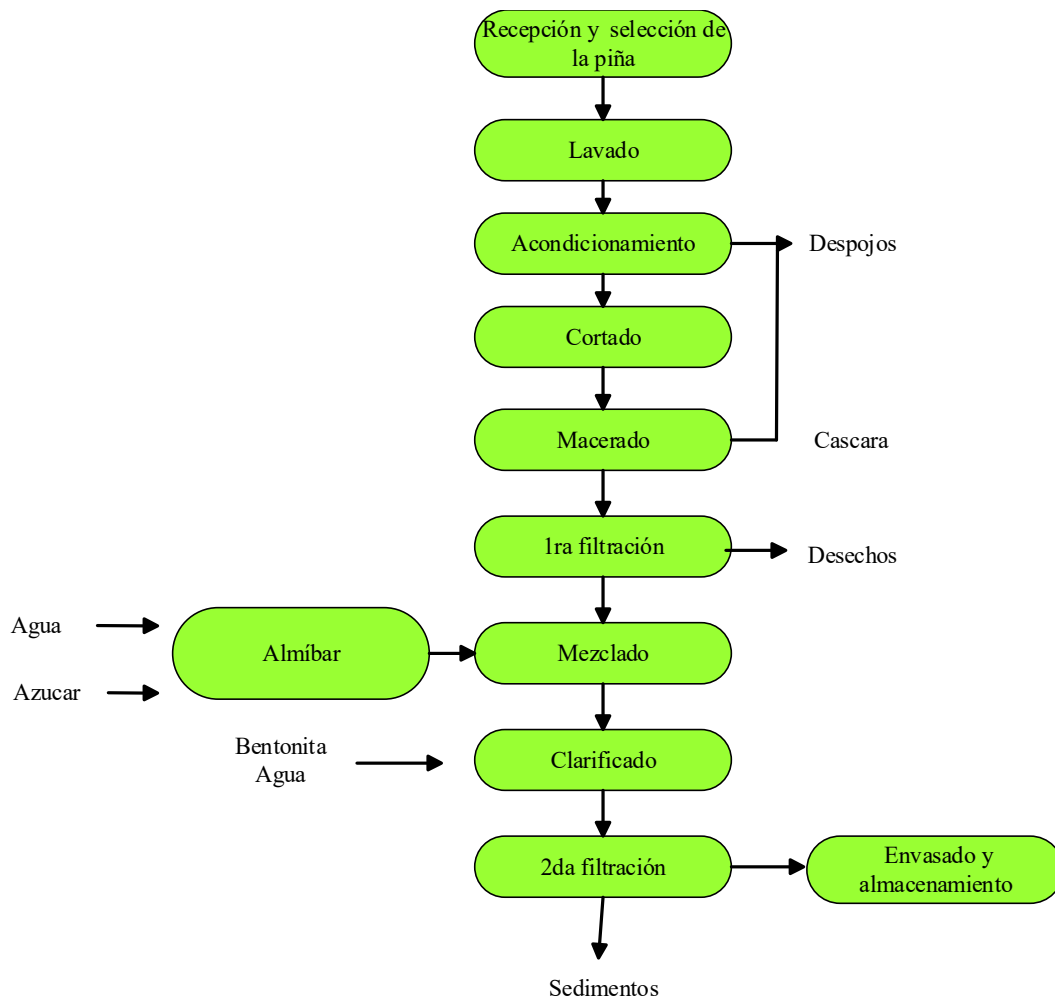
#### 3.7 Reactivos, químicos e insumos alimentarios

Los reactivos químicos e insumos que se utilizaron para realizar los tratamientos en la elaboración de licor de piña se detallan a continuación:

- ✓ **Alcohol etílico:** concentración (82% -90%).
- ✓ **Agua purificada.**
- ✓ **Azúcar:** estado sólido (refinada) procedencia Tarija marca IABSA.
- ✓ **Bentonita:** estado sólido (polvo) procedencia boliviana marca DIEMAR.

#### 3.8 Diagrama de flujo para el proceso de maceración del licor de piña

En la figura 3.11 se muestra el diagrama para el proceso de maceración de licor de piña.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3. 11:** Diagrama de flujo para el proceso de maceración de licor de piña

### 3.8.1 Descripción del diagrama de flujo del proceso de maceración de licor de piña

A continuación, se describe las etapas del proceso de maceración de licor de piña.

#### 3.8.1.1 Recepción y selección de la piña

La piña que se utilizó para la elaboración del trabajo de investigación fue de la variedad *cayena lisa*, que fue obtenida del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija, se procede a seleccionar la piña teniendo en cuenta que no esté dañada, ni muy madura,

que las hojas de la corona se puedan arrancar fácilmente para saber que está en su punto de madurez.

### 3.8.1.2 Lavado

La piña, se procede a lavarla con agua purificada y con ayuda de un cepillo cuidadosamente sacar todo tipo de restos que pudieran quedar en la cascara.



Fuente: Elaboración propia  
*Figura 3. 12:* Lavado de la piña

### 3.8.1.3 Acondicionamiento

Se procede al acondicionamiento de la piña manualmente, con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable y se extraer la parte comestible (pulpa) y la parte no comestible (cáscara, corazón, corona) de la piña.



Fuente: Elaboración propia  
*Figura 3.13:* Descascarado descorazonado de piña

### 3.8.1.4 Cortado

Se procede a cortar tanto la pulpa como la cascara de la piña en cubos de 1 cm de ancho, para que sea mejor la maceración y se pueda extraer mejor el color y el aroma de la piña.



*Figura 3. 14:* Cortado de la piña

Fuente: Elaboración propia

### 3.8.1.5 Macerado

Se utiliza alcohol a 96° GL, pero para la maceración se lo redujo a 82° GL, aplicando la fórmula de concentración, luego se procede a colocar los trozos tanto la cáscara como de la pulpa en un frasco de vidrio. y se agrega alcohol teniendo en cuenta que cubra toda la piña. Posteriormente, tapar y dejar macerar en un lugar oscuro a temperatura (18-24) °c por un tiempo de 8 a 12 días.



Fuente: Elaboración propia

*Figura 3. 15:* Macerado de la piña

### 3.8.1.6 Filtración 1

Pasado el tiempo de maceración, con la ayuda de un colador se procede a filtrar todo lo sólido dejando solamente el líquido de la maceración (licor madre).



Fuente: Elaboración propia

*Figura 3. 16:* Cáscara y pulpas filtradas:

### 3.8.1.7 Mezclado

Se incorpora la solución de almíbar, mezclando con el licor madre a una temperatura inferior de los 25° C, con agitación constante y lenta para que estos se integren.

#### 3.8.1.7.1 Almíbar

El almíbar se prepara a partir azúcar blanca y agua purificada, la concentración del jarabe debe ser dentro de (20 a 25) brix. Esta operación se realiza disolviendo azúcar en el agua a temperatura ebullición de (86°c) terminado esto. El jarabe caliente debe reposar hasta su enfriamiento, para que la mezcla con el licor madre sea homogénea.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3. 17:** Preparación del almíbar

#### 3.8.1.8 Clarificado

Se procede a hidratar 0,03% de bentonita con 40 ml de agua por 24 horas, pasado el tiempo se agrega la bentonita al licor, se agita y se deja reposar por otras 24 horas más para que disminuya la turbidez y pueda clarificarse y obtener un color más cristalino.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3. 18:** Preparación de la bentonita

#### 3.8.1.9 Filtrado 2

Pasado las 24 horas se procede al segundo filtrado que se lo realizó con ayuda del papel filtro de 0,185mm de espesor, un embudo pequeño y mediano, transvasando el licor clarificado en botellas y dejando el sedimento en la parte del fondo del recipiente donde se encontraba el licor.





**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3. 19:** Licor clarificado

### 3.8.1.10 Envasado

El embotellado se realiza, en botellas de vidrio oscuras de 350 ml. Previamente esterilizadas con agua caliente y se desinfecta con alcohol a 96%. Finalmente se embotella el licor de piña, se tapa y se almacena en un lugar fresco de (10- 15) °c alejado de la luz para que no altere color y sabor del licor de piña.



**Figura 3. 20 :** Licor final

### 3.9 Evaluación Sensorial

Según Torricelli et al. (2018)” Los métodos de evaluación sensorial son indispensables en el control de calidad de los alimentos. Por tal motivo se requiere que las evaluaciones sensoriales con una fundamentación científica, asegurándose así la obtención de resultados objetivos” (Pág. 1). Por otro lado, Espinoza (2020). “La evaluación sensorial es una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos” (Pág.1).

En la figura 3.21 se detalla las evaluaciones sensoriales realizadas a cabo en el presente trabajo de investigación para la elaboración de licor de piña.

Evaluación sensorial	Código	Atributo	Escala hedónica	Test	Jueces
Pruebas preliminares	C1,C2,C3,C4	Color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico	5	Test 1	20
Muestra ideal	L1, L2	Color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico	5	Test 2	20
Muestra experimental 1	S1, S2, S3, S4	Color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico	5	Test 3	20
Muestra experimental 2	S5, S6, S7, S8	Color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico	5	Test 4	20
Elección	SL1, SL2, SL3	Color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico	5	Test 5	15

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.21:** Evaluaciones sensoriales de licor de piña

### 3.10 Diseño experimental

El diseño experimental es una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida. (Montgomery, 2004)

El diseño estadístico de experimentos se debe usar como una metodología que permite plantear distintas estrategias para seleccionar, controlar, analizar e interpretar diferentes condiciones de estudio en un fenómeno de una manera objetiva y sistemática. En el trabajo experimental se tiene una doble tarea; en primer lugar, es necesario evaluar de manera crítica la información ya generada en trabajos experimentales ajenos al propio. Así para esta doble tarea resulta esencial saber si un experimento es propiamente concebido, controlado de la forma correcta, adecuadamente analizado y correctamente interpretado (Domínguez & Castaño, 2016).

### 3.11 Diseño factorial

Según Balluerca & Vergara (2002) “el diseño factorial radica en la posibilidad que brinda para estimar los efectos de interacción, el análisis debe partir de la ecuación estructural asociada a la predicción que se realiza bajo la hipótesis” (Pág. 92).

Según León & Montero (2011) “El diseño factorial es un diseño en el que el investigador estudia simultáneamente dos o más variables independiente” (Pág. 126).

El diseño factorial  $2^k$  aplicado en el presente trabajo de investigación se muestra en la ecuación 3.1

$$2^k \qquad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde:

2=número de niveles

K=número de variables

#### 3.11.1 Diseño factorial $2^3$ en el proceso de maceración alcohólica

Para realizar el diseño experimental en el presente trabajo de investigación, se aplicó el diseño factorial durante el proceso de maceración alcohólica para la elaboración de licor de piña de acuerdo con la ecuación 3.2

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ tratamientos de prueba} \qquad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde las variables y sus niveles de variación de cada factor son los siguientes:

**A** = Relación fruta: alcohol (%)                      (A)=2 Niveles

**B** = % alcohol    (B) =2 Niveles

**C** = Tiempo de maceración (días)                      (C) =2 Niveles

En la tabla 3.1 se muestra los niveles de variación de las variables que se aplicaron en el proceso de maceración alcohólica de licor de piña.

**Tabla 3.1**

*Niveles de variación de las variables en el proceso maceración alcohólica*

Variables	unidades	Nivel inferior	Nivel superior
<b>Relación fruta: alcohol (A)</b>	%	25	35
<b>porcentaje alcohol (B)</b>	%	82	30
<b>Tiempo de maceración (C)</b>	Días	8	12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.2 se muestra la matriz del diseño factorial aplicado en el proceso de maceración alcohólica para la elaboración de licor de piña, dado por tres variables: relación fruta: Alcohol (A), Porcentaje de alcohol (B) y Tiempo de maceración (C).

**Tabla 3.2**

*Diseño factorial de la matriz de variables para el proceso de maceración alcohólica*

Combinación de tratamientos	Factores							Variable Respuestas		
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	$Y_{i1}$	$Y_{i2}$	$Y_{i3}$
<b>(1)</b>	-	-	-	+	+	+	-	Y1	Y1	Y1
<b>A</b>	+	-	-	-	-	+	+	Y2	Y2	Y2
<b>B</b>	-	+	-	-	+	-	+	Y3	Y3	Y3
<b>AB</b>	+	+	-	+	-	-	-	Y4	Y4	Y4
<b>C</b>	-	-	+	+	-	-	+	Y5	Y5	Y5
<b>AC</b>	+	-	+	-	+	-	-	Y6	Y6	Y6
<b>BC</b>	-	+	+	-	-	+	-	Y7	Y7	Y7
<b>ABC</b>	+	+	+	+	+	+	+	Y8	Y8	Y8

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$Y_{i1}$ = variable respuesta grado alcohólico ° (GL)

$Y_{i2}$ = variable respuesta pH.

$Y_{i3}$ = variable respuesta acidez (% ácido cítrico).

### 3.12 Operacionalización de variables en la elaboración del licor de piña

En el cuadro 3.1 se muestra la operacionalización, de las variables dependiente e independiente del presente trabajo de investigación para el proceso de elaboración de licor de piña.

**Cuadro 3. 1**

#### Operacionalización de variables

Hipótesis	Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	
La aplicación del proceso de maceración alcohólica a ser aplicado, a nivel experimental para la elaboración de licor de piña permitirá obtener un buen licor de piña para la provincia Cercado de Tarija.	Independiente	La maceración es un método adecuado para la obtención del aroma y color. La concentración del alcohol utilizado es un factor importante que permite conservar perfectamente la frutas. (Andrade 2013).	Control de solido de solubles.	Brixómetro (°Brix)	
			Control de pH.	pH metro (1-14)	
			Tiempo de maceración.	8 a 12 (días)	
			Grado alcohólico	(82-90) °GL	
	Dependiente		Licor de piña.	Control de acidez	Titulación (%)
				Grado alcohólico	(35-45) ° GL
				Acidez	Titulación (%)
				pH	1-14
				Evaluación sensorial	Color, turbidez, aroma, sabor, grado alcohólico (escala hedónica).
				Análisis fisicoquímico	Acidez total, azucares reductores extractos secos totales, (g/l).
				Análisis microbiológico	Bacterias aerobias mesófila, mohos y levaduras, escherichia coli (UFC/ml).

**Fuente:** Elaboración propia

**CAP IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

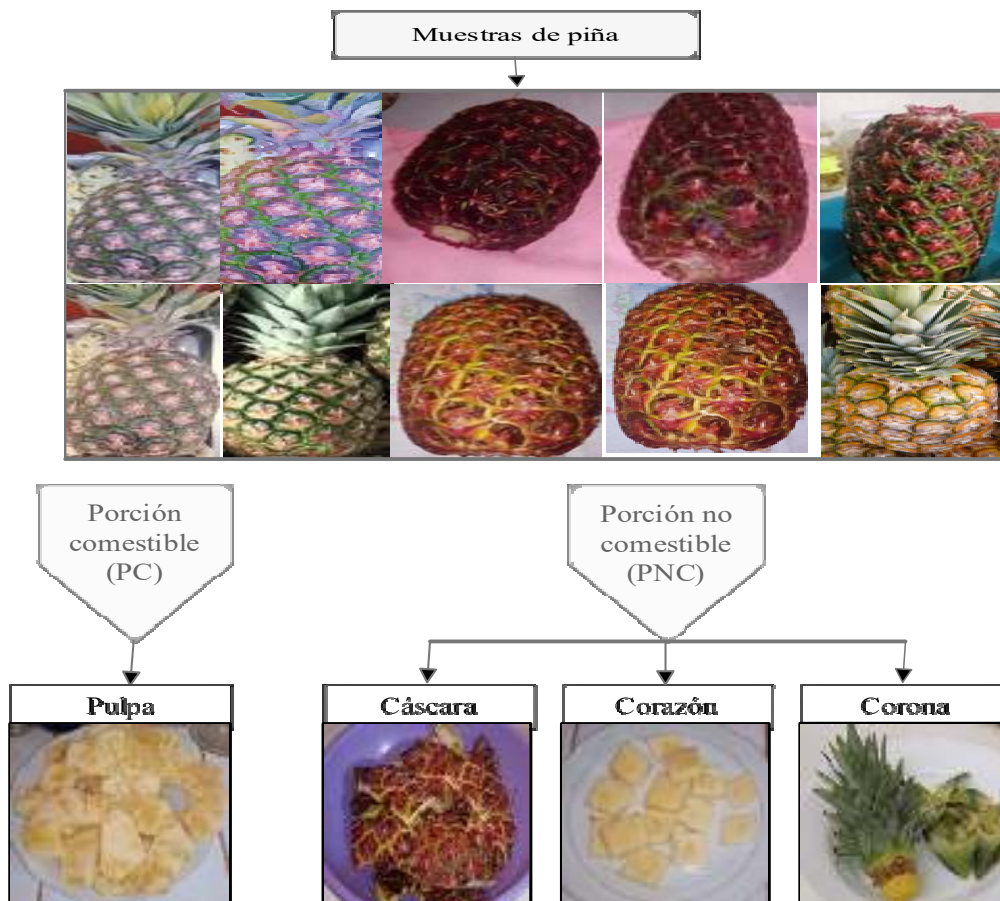
#### 4.1. Caracterización de la piña

Para la caracterización de la piña variedad (*cayena lisa*) se realizó las siguientes propiedades:

##### 4.1.1 Propiedades físicas de la piña

Para realizar las propiedades físicas de la piña variedad (*cayena lisa*), se utilizó 10 muestras de piña elegidas al azar y aleatoriamente, para tal situación se tomó en cuenta: peso, altura, diámetro, porción comestible (pulpa), porción no comestible (corona, corazón, cáscara).

En la figura 4.1, se muestra detallado los resultados de las propiedades físicas de la piña.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.1:** Muestras de piña ( porción comestible y porción no comestible )

En la tabla 4.1, se observa los resultados de las propiedades físicas de la piña variedad (*cayena*), los cuales fueron realizados en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA).

**Tabla 4.1**

***Propiedades físicas de la piña***

Nº	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso total	PC	PNC			PC %	PNC %
			(g)	Pulpa (g)	Cascara (g)	Corazón (g)	Corona (g)		
1	17,05	38	1661,33	1000,11	435	106,10	120,12	60,20	39,80
2	19	36	1726,11	996,680	450	160,03	119,04	57,74	42,26
3	20	42	1997,00	1153,86	570	175,40	128,14	57,78	43,74
4	20	42	1853,00	960,640	540	180,31	172,05	51,84	48,16
5	19	37	1514,00	696,580	487	180,14	150,28	46,01	53,99
6	19	41	1821,23	1032,63	468	175,47	145,13	56,70	43,30
7	19	39	1806,30	1051,90	437	169,01	148,39	58,23	41,71
8	19	37	1640,14	945,980	394	160,23	139,93	57,67	42,32
9	24	41	2648,00	1696,55	585	203,31	163,14	64,06	35,93
10	22	40	2507,00	1580,70	551	200,19	175,11	63,05	36,94
X	19,8± 0,05	39,30± 0,05	1917,41± 0,01	1111,56± 0,01	491,5± 0,01	171,01± 0,01	146,1±0 ,01	57,33	41,82

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.1, se observa los resultados promedios de las propiedades físicas de la piña que presentan: Altura  $19,81 \pm 0,05$ cm ; Diámetro  $39,30 \pm 0,05$ cm; Peso total  $1917,41 \pm 0,01$ g; Porción comestible (PC) 57,33 %; Porción no comestible (PNC) 41,82%.

#### **4.1.2 Análisis fisicoquímico de la pulpa de piña**

En la tabla 4.2, se muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la pulpa de piña, datos extraídos del CEANID.



Tabla 4.2

*Análisis fisicoquímico de la pulpa de piña*

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez	%	0,270
Ceniza	%	0,250
Fibra	%	0,270
Grasa	%	0,060
Hidratos de carbono	%	10,86
Humedad	%	87,90
Fosforo	mg/100g	4,900
Potasio	mg/100g	88,10
Proteína total	%	0,660
pH	-	3,700
Valor energético	Kcal/100g	46,62

Fuente: CEANID,2022

En la tabla 4.2, se observa que la pulpa de piña contiene: Acidez 0,27%; Ceniza 0,25%; Fibra 2,27%; Grasa 0,06%; Hidratos de carbono 10,86; Humedad 87,90%; Fosforo 4,90mg/100g; Potasio 88,10mg/100g; Proteína total 0,66%; pH 3,8; Valor energético 46,62 Kcal/100g.

**4.1.3 Análisis microbiológico de la pulpa de piña**

En la tabla 4.3, se muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la pulpa de piña, datos extraídos del CEANID.

Tabla 4.3

*Análisis microbiológico de la pulpa de piña*

Microorganismos	Unidad	Resultados
B. Mesófila	UFC/g	$1,3 \times 10^5$
Escherichia coli	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	$8,2 \times 10^2$
(*) no se observa desarrollo de colonias		

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4,3 se puede observar que la piña presenta : B. Mesófila  $1,3 \times 10^5$ ; Escherichia coli  $< 1,0 \times 10^1$  (\*); Mohos y levaduras  $8,2 \times 10^2$ . Donde (\*) no se observa desarrollo de colonias.

#### 4.1.4 Análisis fisicoquímico de la cascara de piña

En la tabla 4.4, se muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la cascara de piña, datos extraídos del CEANID.

**Tabla 4.4**

#### *Análisis fisicoquímico de la cascara de piña*

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez	%	0,4000
Ceniza	%	0,6900
Fibra	%	2,2600
Grasa	%	0,2000
Hidratos de carbono	%	12,480
Humedad	%	83,260
Fosforo	mg/100g	7,6000
Potasio	mg/100g	300,20
Proteína total	%	1,1100
pH	-	3,8000
Valor energético	Kcal/100g	56,160

**Fuente:** CEANID, 2022

En la tabla 4.4, se observa que la cascara de piña contiene: Acidez 0,40%; Ceniza 0,69%; Fibra 2,26%; grasa 0,20%; Hidratos de carbono 12,48; Humedad 83,26%; Fosforo 7,60mg/100g; Potasio 300,20mg/100g; Proteína total 1,11%; pH 3,8; Valor energético 56,16 Kcal/100g.

#### 4.1.5 Análisis microbiológico de la cascara de piña

En la tabla 4.5, se muestra los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos de la cascara de piña, datos extraídos del CEANID.

Tabla 4.5

*Análisis microbiológico de la cáscara de piña*

Microorganismos	Unidad	Resultados
B. Mesófila	UFC/g	$1,8 \times 10^5$
Escherichia coli	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	$4,8 \times 10^5$
(*) no se observa desarrollo de colonias		

Fuente: CEANID, 2022

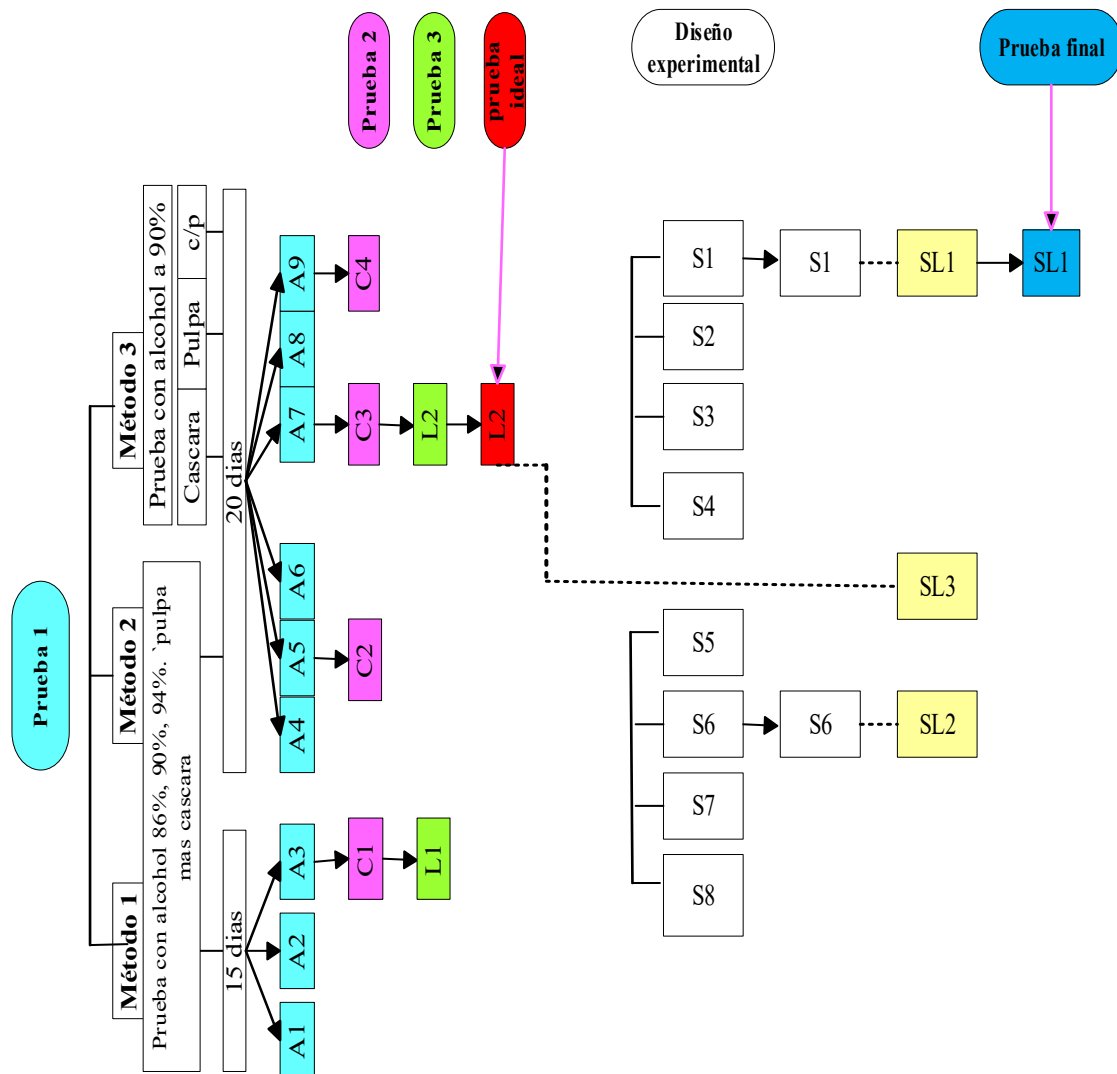
En la tabla 4,5 se puede observar que la piña presenta : B. Mesófila  $1,8 \times 10^5$ ; Escherichia coli  $< 1,0 \times 10^1$  (\*); Mohos y levaduras  $4,8 \times 10^5$ . Donde (\*) no se observa desarrollo de colonias.

#### 4.2 Caracterización de las variables del proceso de maceración de licor de piña

Para realizar la caracterización a nivel experimental de las variables del proceso de elaboración de licor de piña, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

##### 4.2.1 Pruebas preliminares para la elaboración de licor de piña

Para elaborar el siguiente trabajo de investigación, inicialmente se realizaron nueve muestras variando el grado alcohólico, concentración de fruta y el tiempo de maceración donde (A1, A2, A3, A4, A5, A6) se trabajó con 86%, 90%, 94% de alcohol; tres por un tiempo de 15 días y las otras tres por 20 días incorporando pulpa y cascara para finalizar (A7, A8, A9) con 90% de alcohol, por un tiempo de 20 días donde se incorporó a una muestra solo cascara a otra de pulpa y a otra en relación 1:1 entre cascara y pulpa. En base a las nueve muestras se tomó en cuenta cuatro muestras (A3, A5, A7, A9) para la prueba 2 recodificadas como C1, C2, C3, C4 variando el tiempo de maceración y la dosificación luego se tomó en cuenta C1 y C3 recodificadas como L1 y L2 para la prueba 3 realizando una variación porcentual en la formulación de dosificación de insumos obteniendo como muestra ideal L2. En la figura 4.2, se muestran las pruebas preliminares realizadas a nivel de laboratorio para la elaboración de licor de piña mediante el proceso de maceración.

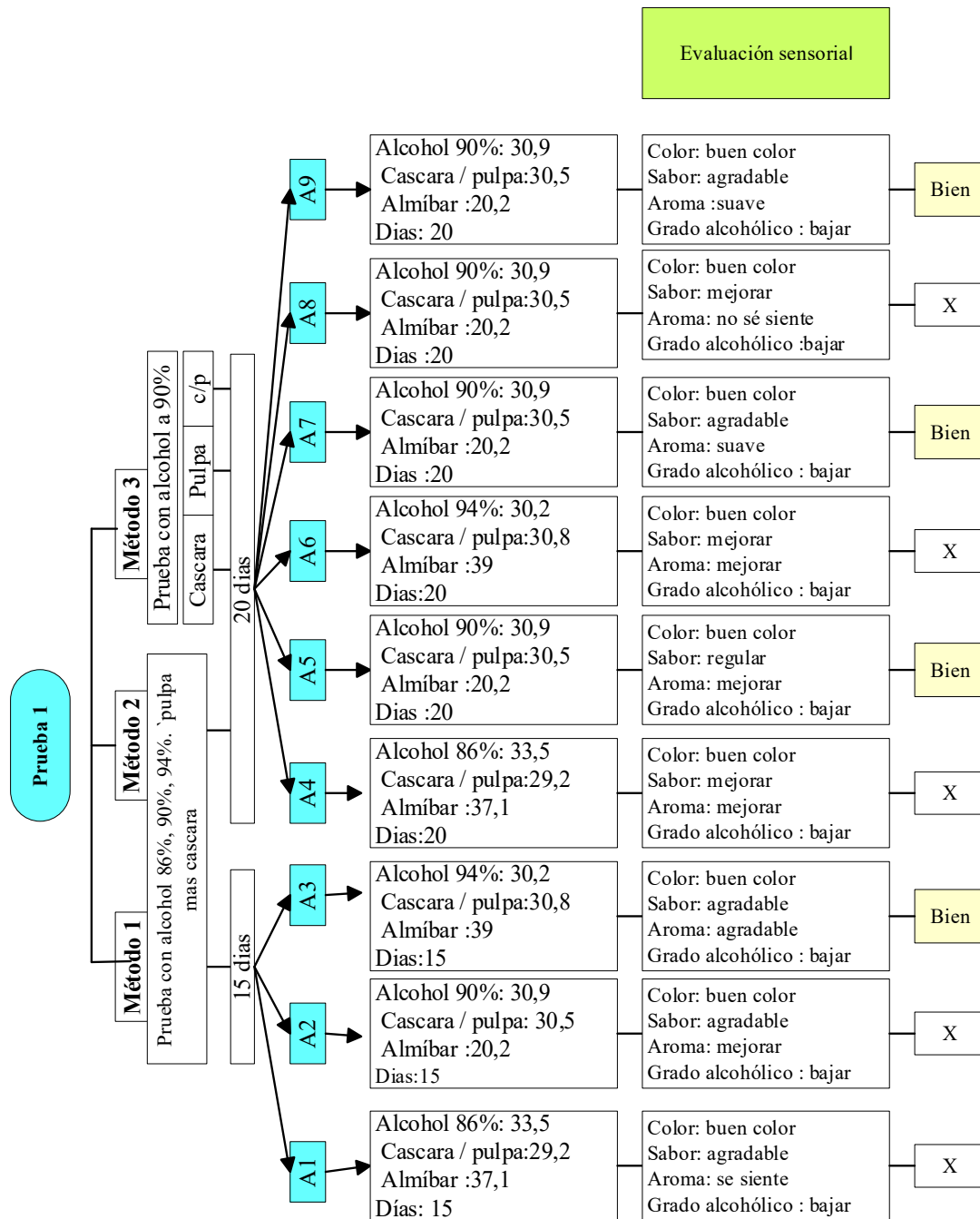


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.2:** Pruebas preliminares para la elaboración de licor de piña

#### 4.2.2 Pruebas preliminares de licor de piña para la prueba 1

Para realizar a cabo el desarrollo de la prueba 1, se realizó por 2 métodos usando como base cascara y pulpa de piña, variando el grado alcohólico y el tiempo de maceración, para el método 1 y para el método 2, variando cascara y pulpa por separado y el grado alcohólico. Las nueve muestras de licor de piña fueron evaluadas de manera subjetiva por el personal del Laboratorio Taller de Alimentos que se muestra detallado en la figura 4.3.



Fuente: Elaboración propia

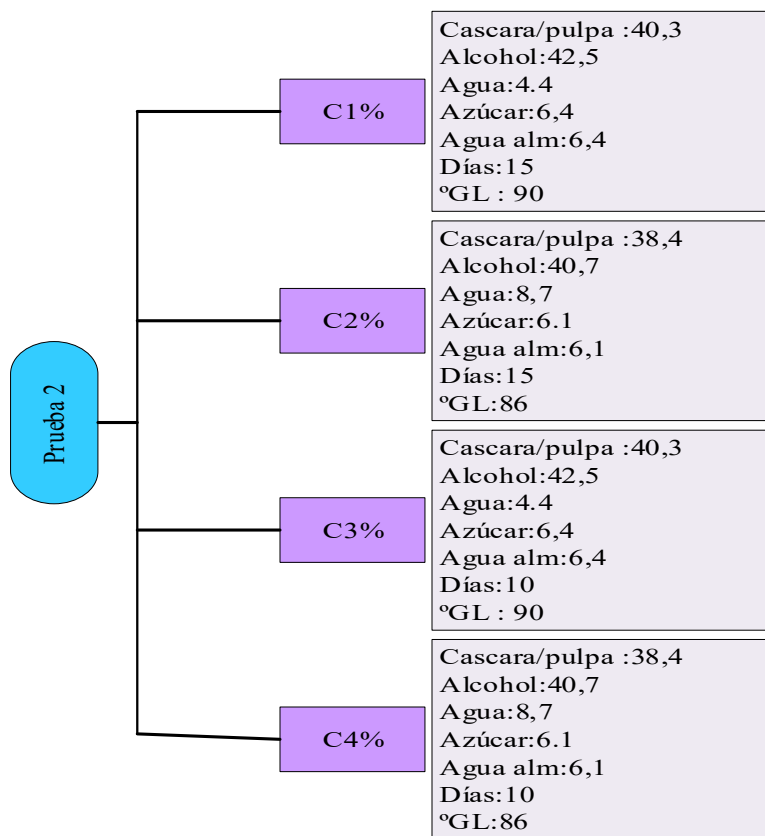
Figura 4.3: Variación de la dosificación y evaluación subjetiva de la prueba 1

Según la figura 4.3 se puede observar que las muestras (A3, A5, A7, A9) son de mejor aceptación por tener un buen color en cuanto a sabor y aroma se sintió suave, y en el caso del grado alcohólico lo encuentran fuerte.

#### 4.2.3 Pruebas preliminares de licor de piña para la prueba 2

Para la preparación de la prueba 2, se tomaron en cuenta las muestras (A3, A5, A7, A9) recodificadas como (C1, C2, C3, C4) variando el tiempo de maceración y la dosificación de insumos en cada muestra según las observaciones que se realizaron en las muestras de la prueba 1.

En la figura 4.4 se muestra la variación de dosificación de insumos para las muestras de prueba 2.



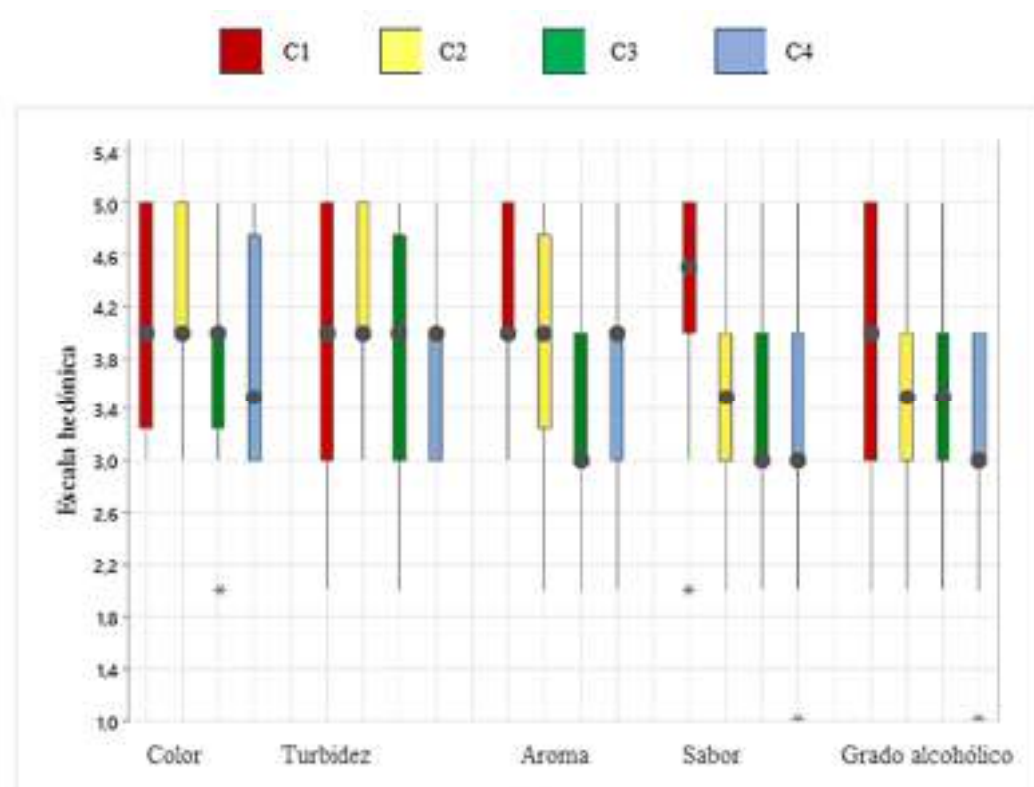
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.4:** Variación de dosificación de insumos para la prueba 2.

En la figura 4.4 las muestras fueron sometidas a evaluación sensorial a escala hedónica de cinco puntos, en base a los siguientes atributos, color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico.

#### 4.2.3.1 Estadístico de caja y bigote para la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 2

En la figura 4.5, se muestra la caja de bigote en la dosificación de insumos de la prueba 2.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.5:** Caja y bigote en la variación de dosificación de insumos para la prueba 2

Según la figura 4.5 se puede observar el análisis estadístico de caja y bigote según los atributos evaluados, donde los resultados tomando en cuenta las medianas; Color 5,0 (C1, C2) 4,0 (C3); Turbidez 5,0 (C1, C2) 4,6 (C3); Aroma 5,0 (C1) 4,6 (C2) 4,0 (C4); Sabor 5,0 (C1) 4,0 (C2); Grado alcohólico 5,0 (C1) 3,4 (C2, C3). Una vez ya hecho el análisis de varianza se pudo observar que existe diferencia significativa entre los

atributos. sin embargo, en los atributos color turbidez y grado alcohólico no existe diferencia significativa para un nivel de significancia  $\alpha = 0,5$ .

#### 4.2.3.2 Estadístico de Tukey para el atributo aroma en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 2

En la tabla 4.6 se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo aroma de la prueba 2 de datos extraídos del anexo C.

**Tabla 4.6**

##### *Estadístico Tukey para el atributo aroma de la prueba 2*

Muestra	Nº de jueces	Mediana	Agrupación	
C1	20	4,1	A	
C2	20	3,9	A	
C4	20	3,5	A	B
C3	20	3,2		B

**Fuente:** Elaboración propia

Según la tabla 4.6 se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos C1-C3, C2-C3, sin embargo, los tratamientos: C1-C2, C1-C4, C2-C4, C2-C3 y C4-C3, no existe diferencia para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

#### 4.2.3.3 Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 2

En la tabla 4.7 se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor de la prueba 2 de datos extraídos del Anexo C

**Tabla 4.7**

##### *Estadístico Tukey para el atributo sabor de la prueba 2*

Muestra	Nº de jueces	Mediana	Agrupación	
C1	20	4,2	A	
C3	20	3,4		B
C2	20	3,4		B
C4	20	3,2		B

**Fuente:** Elaboración propia



Según la tabla 4.7, se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos C1-C3, C1-C2, C1-C4, sin embargo, los tratamientos C3-C2, C3-C4, C2-C4, no existe diferencia significativa para un nivel de significancia  $\alpha = ,05$

#### 4.2.3.4 Estadístico de Tukey para el atributo grado alcohólico en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 2

En la tabla 4.8 se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo grado alcohólico de la prueba 2 de datos extraídos del Anexo C.

**Tabla 4.8**

##### *Estadístico Tukey para el atributo grado alcohólico de la prueba 2*

Muestra	N° de jueces	Mediana	agrupación	
C1	20	3,9	A	
C3	20	3,6	A	B
C2	20	3,5	A	B
C4	20	3,1		B

**Fuente:** Elaboración propia

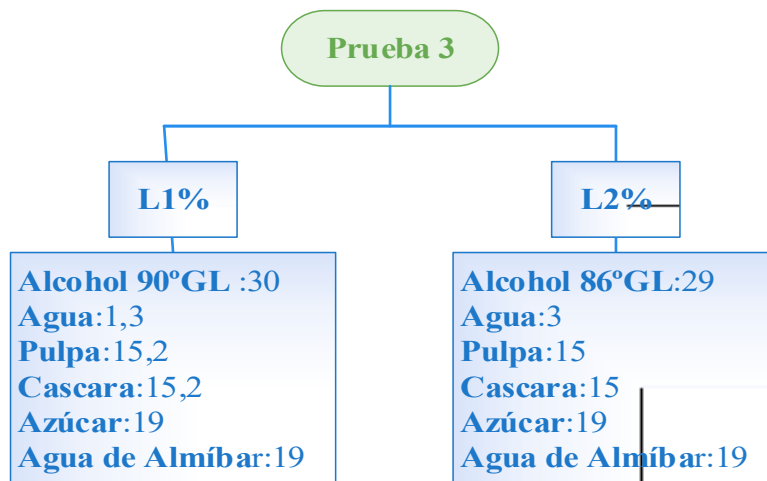
Según la tabla 4.8, se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos C1-C4, sin embargo, los tratamientos C1-C3, C1-C2, C3-C2, C3-C4 y C2-C4, no existe diferencia significativa para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

En base al estadístico de caja y bigote de la evaluación sensorial en la dosificación de insumos de la prueba 2 de elaboración de licor de piña y de acuerdo al estadístico de Tukey de cada atributo, se pudo observar que los jueces seleccionaron las muestras C1 y C3 por presentar mejor atributo en aroma, sabor y grado alcohólico en función de los resultados de sus medianas existiendo diferencia significativa en comparación de las muestras C2 y C4.

#### 4.2.4 Pruebas preliminares en la variación de la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3

En base a las muestras evaluadas de la prueba 3 (C1, C3), se modifica la dosificación porcentual de insumos variando (grado alcohólico, días de maceración, bentonita

concentración de pulpa cascara), con la finalidad de mejorar los atributos aroma, sabor y grado alcohólico en las muestras de licor de piña. En la figura 4.6 se detalla las variaciones porcentuales de dosificación de insumos para la muestra de la prueba 3.



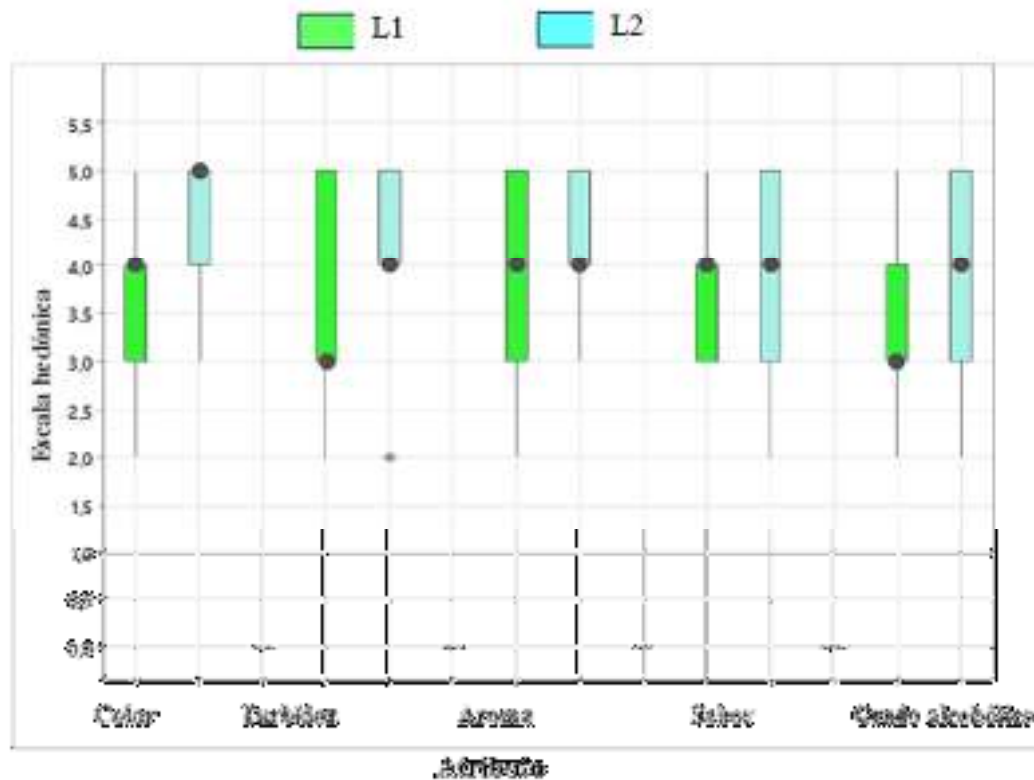
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.6:** Variación porcentual de insumos en la dosificación para la prueba 3

En base a las muestras de la figura 4.6, se procede a realizar evaluación sensorial con escala hedónica de cinco puntos, en función de los atributos: color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico

#### 4.2.4.1 Estadístico de caja y bigote para la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3

En la figura 4.7, se muestra la caja y bigote en la dosificación de insumos en la prueba 3, de datos extraídos del Anexo C en función de los atributos color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.7:** Caja y bigote en la variación de dosificación de insumos de las muestras de la prueba 3

Según la figura 4.7, se puede observar los resultados de caja y bigote en función de las medianas, según los atributos de las muestras; color 5,0 (L2), Turbidez 5,0 (L2), Aroma 5,0 (L2), Sabor 5,0 (L2) y Grado alcohólico 5,0 (L2). asimismo, realizando el análisis de varianza, se evidencia que existe diferencia significativa entre los atributos sensoriales de las muestras evaluadas para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

#### 4.2.4.2 Estadístico Tukey para el atributo color en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3

En la tabla 4.9, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo color de las muestras de la prueba 3 de datos sacados de Anexos C.

Tabla 4.9

*Estadístico Tukey para el atributo color de la prueba 3*

Muestra	Nº de jueces	Mediana	Agrupación	
<b>L2</b>	15	4,3	A	
<b>L1</b>	15	3,6		B

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.9, se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos L1-L2 para un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

En base al estadístico de caja y bigote de la evaluación sensorial en la dosificación de insumos de la prueba 3 y de acuerdo al estadístico Tukey realizado en cada atributo, se pudo constatar que existe diferencia estadística en el atributo (color) evaluados de las muestras L1 y L2 resaltando la muestra L2 en función de sus medianas; Color (5,0), Turbidez (4,0), Aroma (4,0), Sabor (4,0) y Grado alcohólico (4,0) siendo selecciona por los jueces.

#### **4.2.5 Control de factores: pH, acidez, grado alcohólico en el proceso de maceración alcohólica**

Durante el proceso de realización de las muestras preliminares para la elaboración de licor de piña, se realizaron el control de los factores: pH, acidez y grado alcohólico de las muestras L1 y L2 realizando el seguimiento al proceso de maceración alcohólica pasado los 10 días de maceración, el control fue realizado en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA) utilizando los instrumentos de laboratorio para poder determinar los factores.

##### **4.2.5.1 Control del pH en el proceso de maceración alcohólica de la pulpa y cascara de piña**

En la tabla 4.10, se muestran los resultados obtenidos del pH, que se determinó con un PH-metro digital de acuerdo a la técnica que se detalla en el Anexo D para la muestra

L1 y L2, una vez pasado el tiempo del proceso de maceración del licor madre de piña obteniendo el siguiente resultado de datos extraídos del Anexo E.

**Tabla 4.10**

**Datos de pH pasado el tiempo de maceración alcohólica**

Muestra	Pasado los 10 días
	pH
L1	4,747
L2	4,767

Fuente: Elaboración propia

**4.2.5.2 Control de acidez en el proceso de maceración alcohólica de la pulpa y cascara de piña**

En la tabla 4.11, se muestran los resultados obtenidos de acidez (ácido cítrico) pasado el tiempo de proceso de maceración, para la muestra L1 y L2 del licor madre de piña. Se utilizo el método de determinación de acidez que se detalla en el anexo D. obteniendo el siguiente resultado de datos extraídos del Anexo E.

**Tabla 4.11**

**Datos de acidez pasado el tiempo de maceración alcohólica**

Muestra	Pasado los 10 días
	Acidez %
L1	0,11
L2	0,12

Fuente: Elaboración propia

**4.2.5.2 Control del grado alcohólico en el proceso de maceración alcohólica de la pulpa y cascara de piña**

En la tabla 4.12, se muestran los resultados obtenidos del grado alcohólico pasado el tiempo de proceso de maceración, para la muestra L1 y L2 del licor madre de piña, obteniendo el siguiente resultado de datos extraídos del Anexo E.

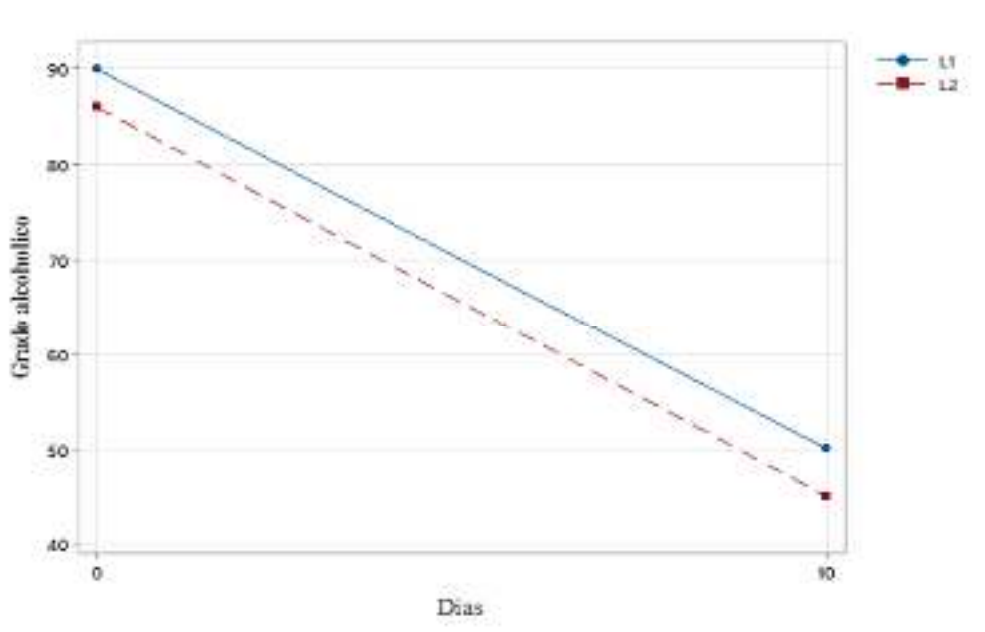
Tabla 4.12

## Variación del grado alcohólico en el tiempo de maceración alcohólica

Días	Muestra	
	Grado alcohólico %	
	L1	L2
0	90	86
10	50	45

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.8, se muestra la variación del grado alcohólico en el proceso de maceración alcohólica para las muestras L1 y L2 en el licor madre de piña de acuerdo a los datos de la tabla 4.12.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.8:** Variación del grado alcohólico en función del tiempo de maceración

En la figura 4.8, se puede observar los datos iniciales del grado alcohólico que presentan las muestras L1 (90), L2 (86) y al transcurrir diez días hubo variación en el grado alcohólico, donde se observó variación ya que empezó a bajar el grado alcohólico en L1 (50) y L2(45).

### 4.3. Diseño factorial $2^3$ en el proceso de maceración alcohólica para la elaboración de licor de piña

Para la aplicación del diseño experimental en el proceso de maceración alcohólica de la piña, se realizó considerando las variables: Concentración de piña (A), Porcentaje de alcohol (B) y Tiempo de maceración (C). Tomándose en cuenta como variables respuesta: pH, grado alcohólico ( $^{\circ}$ GL) y porcentaje de acidez total.

#### 4.3.1 Variable respuesta de pH en el proceso de maceración alcohólica de piña

La tabla 4.13, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño  $2^3$  aplicando el programa Statgraphics Centurión versión 19 para Windows 10 de datos extraídos del Anexo (F), en el proceso macerado de la piña para la variable respuesta pH.

**Tabla 4.13**

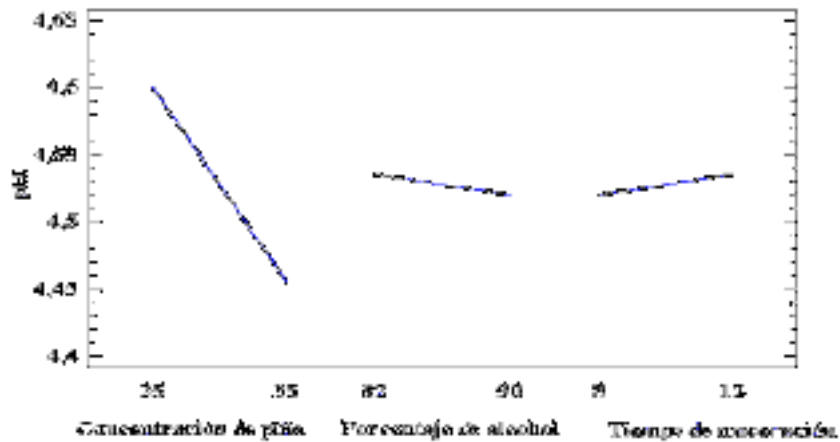
*Análisis de varianza de la variable pH en el proceso de macerado*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Fcal	F tab	Valor-P
Factor A	0,08439	1	0,08439	71,64	5,318	0,0000
Factor B	0,00090	1	0,00090	0,76	5,318	0,4075
Factor C	0,00096	1	0,00096	0,82	5,318	0,3928
Interacción AB	0,00883	1	0,00883	7,50	5,318	0,0255
Interacción AC	0,00211	1	0,00211	1,80	5,318	0,2170
Interacción BC	0,00005	1	0,00005	0,05	5,318	0,8325
Interacción ABC	0,00021	1	0,00021	0,18	5,318	0,6838
Error total	0,00942	8	0,00117			
Total	0,10689	15				

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.13, según el análisis de varianza se observa que para el factor (A) e interacción (AB) existe diferencia significativa ya que el valor-p es menor al nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que son significativos en el proceso de macerado de la piña; a diferencia de los factores (B y C) e interacciones (AC, BC y ABC), en donde no existen diferencia significativa debido ya que el valor-p es mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

En la figura 4.9, se puede observar los efectos principales para los factores: A (concentración de piña), B (porcentaje de alcohol) y C (tiempo de maceración), con relación a la variable respuesta (pH) en el proceso de macerado.

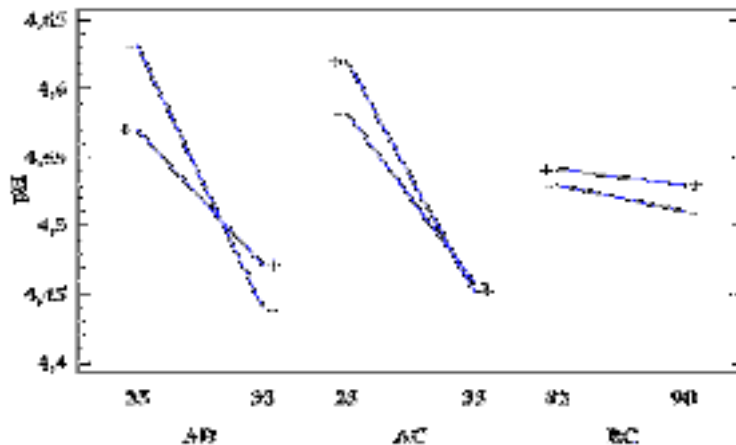


Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.9:** Efectos principales para pH

Según la figura 4.9, se puede observar que el factor: concentración de piña (A) en sus niveles alto y bajo influyen significativamente sobre la variable respuesta pH, mientras que el factor porcentaje de alcohol (B) y tiempo de maceración (C) no influyen significativamente sobre la variable respuesta pH.

En la figura 4.10, se observan las interacciones de los factores con relación a la variable respuesta pH en el proceso de macerado.



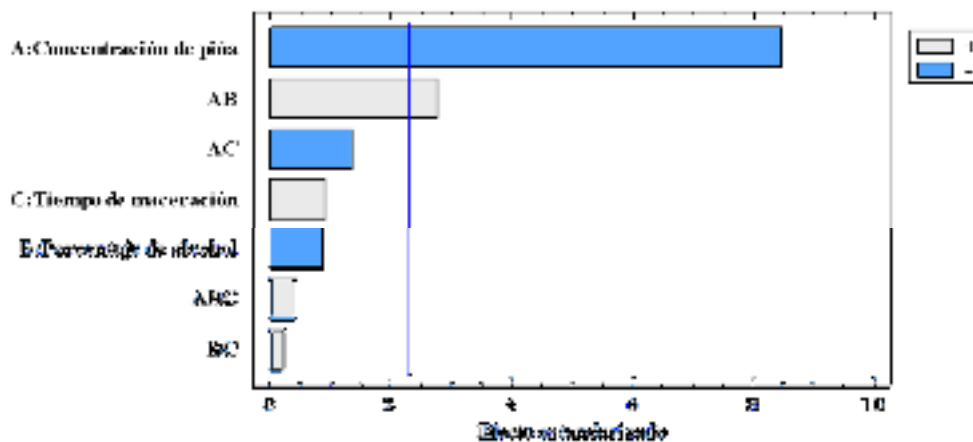
Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.10:** Interacción de factores para pH



Según la figura 4.10, se observa que las interacciones (AB y AC) son significativas debido a que los factores de las variables interactúan entre sí, influyendo significativamente en el pH para un nivel alto y bajo (35-25) %. Así mismo en el factor BC no se observa interacción para un nivel alto (90%) y nivel bajo (82%).

La figura 4.11, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para la variable respuesta pH del diseño factorial, en donde la línea vertical representa la referencia del valor crítico (2,306) en un nivel de significancia  $\alpha= 0,05$  y ocho grados de libertad. Por lo tanto, las barras que sobrepasan la línea de referencia corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.11:** Diagrama de Pareto estandarizado para el pH

En la figura 4.11, se observa que los factores: A (concentración de piña), e interacción AB (concentración de piña – porcentaje de alcohol) sobrepasan la línea vertical de referencia, por lo tanto, son estadísticamente significativos para un nivel de significancia  $\alpha= 0,05$ ; en comparación con los factores B (concentración de sacarosa) y C (tiempo de maceración) e interacciones AC (concentración de piña - tiempo de maceración), BC (porcentaje de alcohol – tiempo de maceración) y ABC (concentración de piña - porcentaje de alcohol – tiempo de maceración) que no son estadísticamente significativos.

### 4.3.2 Variable respuesta de grado alcohólico en el proceso de macerado

La tabla 4.14, muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño  $2^3$  aplicando el programa Statgraphics Centurión versión 19 para Windows 10, en el proceso de macerado, como la variable respuesta grado alcohólico ( $^{\circ}$ GL), de datos extraídos del Anexo (D).

**Tabla 4.14**

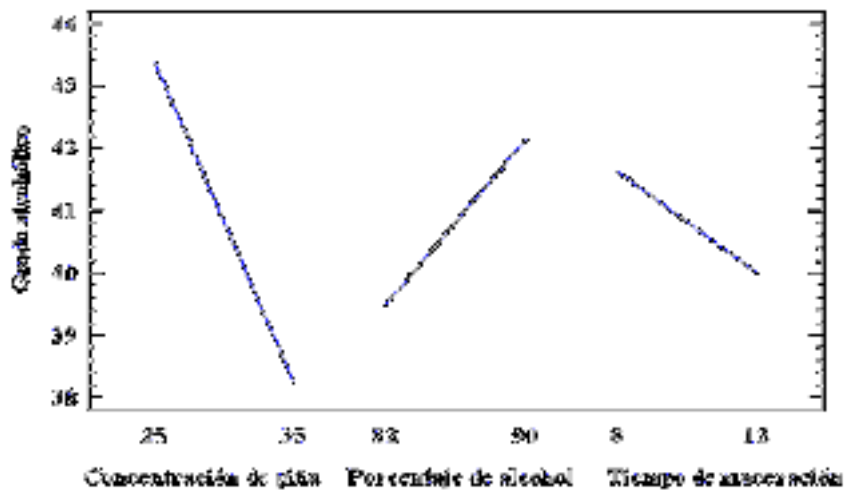
*Análisis de varianza de la variable respuesta grado alcohólico en el proceso de macerado*

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Fcal	Ftab	Valor-P
<b>Factor A</b>	105,0630	1	105,0630	62,26	5,318	0,0000
<b>Factor B</b>	27,5625	1	27,5625	16,33	5,318	0,0037
<b>Factor C</b>	10,5625	1	10,5625	6,26	5,318	0,0368
<b>Interacción AB</b>	1,5625	1	1,5625	0,93	5,318	0,3641
<b>Interacción AC</b>	0,0625	1	0,0625	0,04	5,318	0,8522
<b>Interacción BC</b>	0,0625	1	0,0625	0,04	5,318	0,8522
<b>Interacción ABC</b>	0,0625	1	0,0625	0,04	5,318	0,8522
<b>Error total</b>	13,5000	8	1,6875			
<b>Total</b>	158,4380	15				

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.14, según el análisis de varianza se observa que para los factores (A, B y C) existe diferencia significativa ya que el valor-p es menor a un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que estos factores son significativos en el proceso de macerado de piña; en comparación con las interacciones (AB, AC, BC, ABC), en donde no existe diferencia significativa.

En la figura 4.12, se puede observar los efectos principales para los factores: A (concentración de piña), B (porcentaje de alcohol) y C (tiempo de maceración), con relación a la variable respuesta (grado alcohólico) en el proceso de macerado.

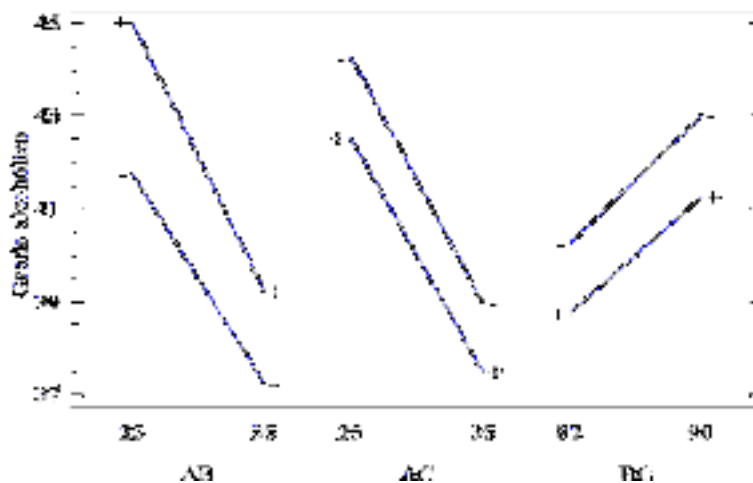


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Efectos principales para grado alcohólico

Según la figura 4.12, se puede observar que los factores: concentración de piña (A), porcentaje de alcohol (B) y tiempo de maceración (C), influyen significativamente en el grado alcohólico en un nivel alto y bajo; sobre la variable respuesta.

En la figura 4.13, se observan las interacciones de los factores con relación a la variable respuesta grado alcohólico en el proceso de macerado.



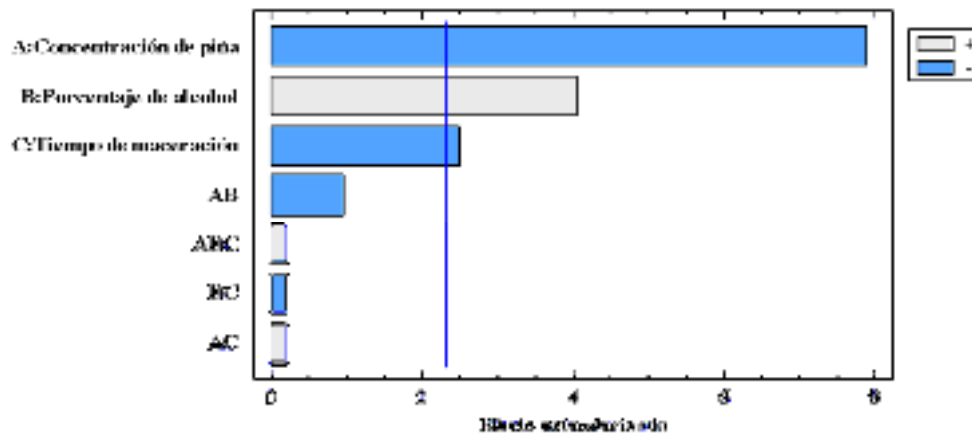
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13: Interacción de factores para grado alcohólico

Según la figura 4.13, se puede observar que en los factores (AB, AC) no existe interacción entre los factores, observándose líneas semi paralelas para un nivel bajo y

alto (25-35)% de concentración de piña; mientras que en el factor BC no existe interacción entre factores, sin embargo se ve afectado levemente cuando la concentración de piña se encuentra en su nivel alto (35%) y nivel bajo (25%) influyendo en el grado alcohólico para un nivel alto y bajo (90-82)% porcentaje de alcohol en el proceso de macerado.

La figura 4.14, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para la variable respuesta grado alcohólico del diseño factorial, en donde la línea vertical representa la referencia del valor crítico (2,306) en un nivel de significancia  $\alpha= 0,05$  y ocho grados de libertad. Por lo tanto, las barras que sobrepasan la línea de referencia corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.14:** Diagrama de Pareto estandarizado para grado alcohólico

En la figura 4.14, se observa que los factores: A (concentración de piña), B (porcentaje de alcohol) y C (tiempo de maceración) sobrepasan la línea vertical de referencia, por lo tanto, son estadísticamente significativos para un nivel de significancia  $\alpha= 0,05$ ; en comparación con las interacciones AB (concentración de piña - porcentaje de alcohol), ABC (concentración de piña–porcentaje de alcohol-tiempo de maceración), BC (concentración de piña-tiempo de maceración) y AC (concentración de piña-tiempo de maceración), que no son estadísticamente significativos.

### 4.3.3 Variable respuesta de acidez total en el proceso de maceración alcohólica

La tabla 4.15, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño  $2^3$  aplicando el programa Statgraphics Centurión versión 19 para Windows 10 de datos extraídos del Anexo (F), en el proceso de macerado de piña para la variable respuesta acidez total (% ác. cítrico).

**Tabla 4.15**

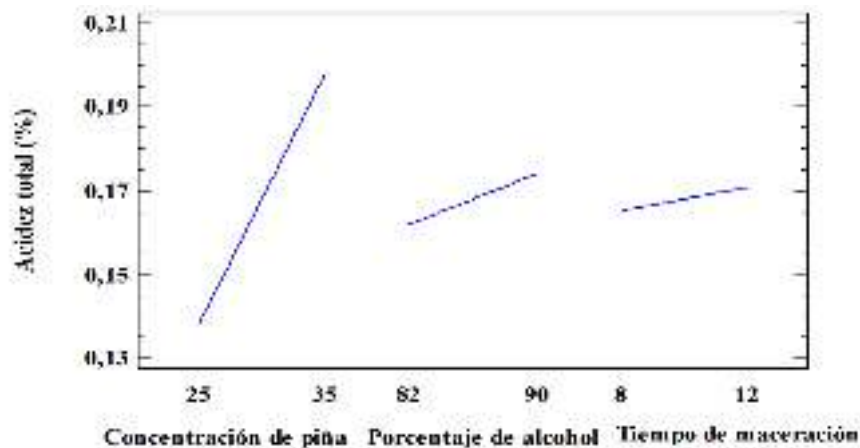
*Análisis de varianza de la variable acidez total en el proceso de macerado*

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Fcal	Ftab	Valor-P
Factor A	0,01440	1	0,01440	266,67	5,318	0,0000
Factor B	0,00057	1	0,00057	10,67	5,318	0,0114
Factor C	0,00013	1	0,00013	2,45	5,318	0,1562
Interacción AB	0,00036	1	0,00036	6,69	5,318	0,0323
Interacción AC	0,00003	1	0,00003	0,56	5,318	0,4756
Interacción BC	0,00034	1	0,00034	6,34	5,318	0,0359
Interacción ABC	0,00060	1	0,00060	11,12	5,318	0,0103
Error total	0,00043	8	0,00005			
<b>Total</b>	<b>0,01687</b>	<b>15</b>				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.15, según el análisis de varianza se observa que para los factores (A y B) e interacciones (AB, BC y ABC) existe diferencia significativa ya que el valor-p es menor a un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que estos factores e interacciones son significativos en el proceso de macerado de piña; a diferencia de los factores (C) e interacción AC, en donde no existen diferencia significativa.

En la figura 4.15, se puede observar los efectos principales para los factores: A (concentración de piña), B (porcentaje de alcohol) y C (tiempo de maceración), con relación a la variable respuesta (acidez total) en el proceso de macerado.

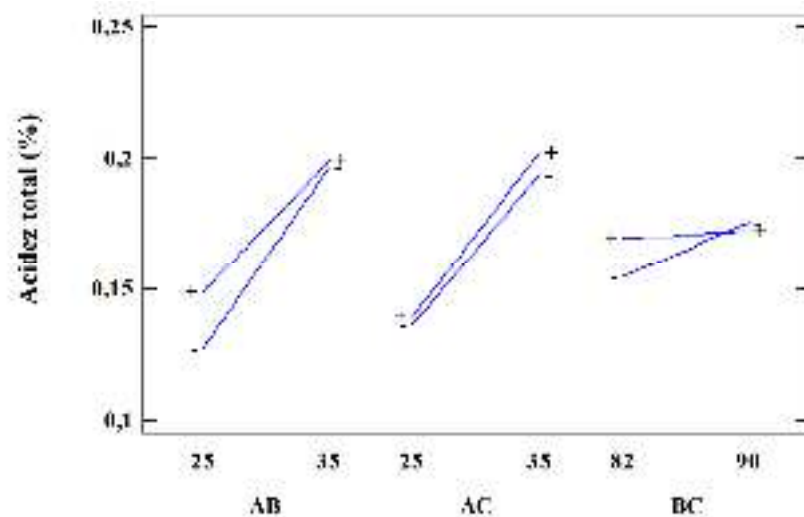


Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.15:** Efectos principales para acidez total

Según la figura 4.15, se observa que los factores: concentración de piña (A) y porcentaje de alcohol (B), influyen significativamente sobre la variable respuesta (acidez total); mientras que el factor tiempo de maceración (C) en sus niveles alto y bajo no influyen significativamente sobre variable respuesta acidez total.

En la figura 4.16, se observan las interacciones de los factores con relación a la variable respuesta (acidez total) en el proceso de macerado.

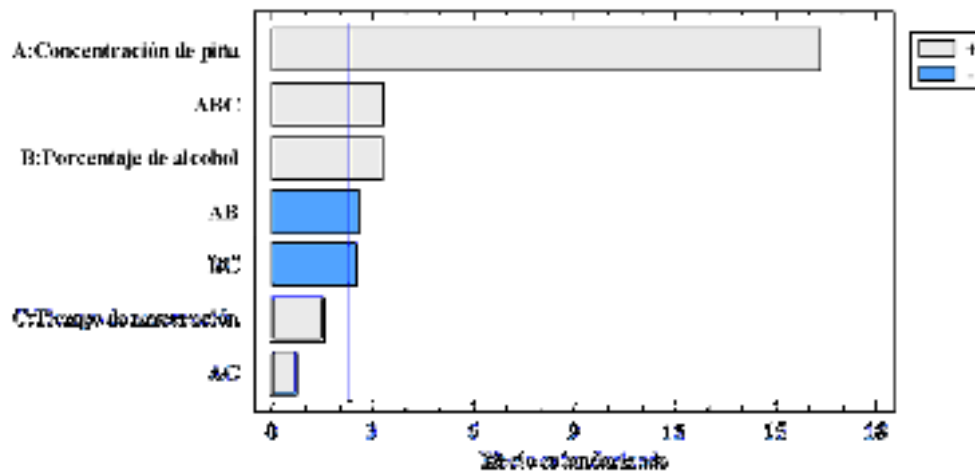


Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.16:** Interacción de factores para acidez total

Según la figura 4.16, se puede observar que en los factores AB y AC no hay interacción entre los factores. En el factor BC, si se observa interacción entre los factores cuando el porcentaje de alcohol se encuentra entre sus niveles alto y bajo (90-82) %.

La figura 4.17, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para acidez total del diseño factorial, en donde la línea vertical representa la referencia del valor crítico (2,306) en un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  y ocho grados de libertad. Por lo tanto, las barras que sobrepasan la línea de referencia corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.17:** Diagrama de Pareto estandarizado para acidez total

En la figura 4.17, se observa que los factores: A (concentración de piña) y B (porcentaje de alcohol) e interacciones ABC (concentración de piña- porcentaje de alcohol- tiempo de maceración), AB (concentración de piña - porcentaje de alcohol ) y BC (porcentaje de alcohol- tiempo de maceración) sobrepasan la línea vertical de referencia, por lo tanto, son estadísticamente significativos para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ ; en comparación con los factores C (tiempo de maceración) e interacción AC (concentración de piña- tiempo de maceración) que no son estadísticamente significativos.

De acuerdo al análisis realizado en el programa Statgraphics Centurión versión 19 para Windows 10 sobre las variables respuesta: pH, grado alcohólico y acidez total (% ác.

cítrico), se determina que el factor que más influye en el proceso de macerado de piña es el factor A (concentración de piña).

#### 4.3.4 Pruebas experimentales del factor concentración de piña del proceso de maceración alcohólica

Se realizó evaluación sensorial de ocho pruebas experimentales en función del factor concentración de la piña, para ver si existe diferencia o no entre la combinación de tratamientos del proceso de maceración alcohólica en la elaboración de licor de piña. En el cuadro 4.1, se muestra la combinación de tratamientos en función del factor concentración de piña.

**Cuadro 4.1**

*Combinación de tratamientos en función del factor concentración de piña*

Niveles	Combinación de tratamientos	Factor	Codificación
		Concentración de piña (%)	
Nivel superior	a	35	S5
	ab	35	S6
	ac	35	S7
	abc	35	S8
Nivel inferior	(1)	25	S1
	b	25	S2
	c	25	S3
	bc	25	S4

**Fuente:** Elaboración propia

Según el cuadro 4.1, se puede observar la combinación de tratamientos para las pruebas experimentales codificadas (S1, S2, S3 y S4) del nivel inferior y (S5, S6, S7 y S8) nivel superior, en función al factor concentración de piña en el proceso de maceración alcohólica.

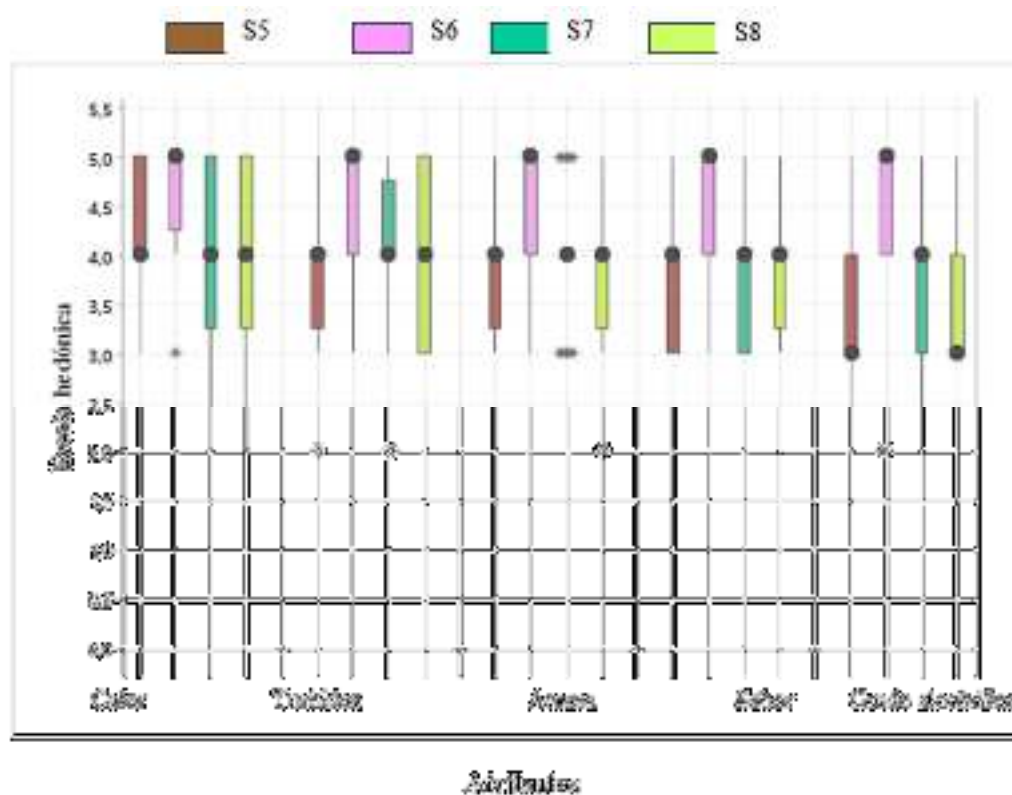
Se realizó evaluación sensorial de las pruebas experimentales del factor concentración de piña en el proceso de maceración para la elaboración de licor de piña, utilizando escala hedónica de cinco puntos teniendo en cuenta los siguientes atributos (color,



turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico) realizándolo con jueces no entrenados para poder observar el efecto del factor tomado en cuenta.

#### 4.3.4.1 Estadístico caja y bigote del factor concentración de piña del nivel superior en la elaboración de licor de piña

En la figura 4.18 se muestra los resultados del estadístico de caja y bigote de las muestras (S5, S6, S7, S8) de datos tomados del (anexo C) en base a los atributos: color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.18:** Estadístico caja y bigote del factor concentración de piña del nivel superior

Según la figura 4.18 se observa los resultados de caja y bigote, en base a sus medianas, en función de las muestras; color 5,0 (S6), turbidez 5,0 (S6), aroma 5,0 (S6), sabor 5,0 (S6) y grado alcohólico 5,0 (S6). Realizando el análisis de varianza se observa que no

existe diferencia estadística para los atributos color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico entre las muestras evaluadas para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

#### 4.3.4.2 Estadístico de Tukey en el atributo turbidez para el factor concentración de piña del nivel superior en la elaboración de licor de piña

En la tabla 4.16 se muestra resultados de análisis estadístico de Tukey para el atributo turbidez de las pruebas del factor concentración de la piña.

**Tabla 4.16**

<b>Estadístico Tukey para el atributo turbidez</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Nº de jueces</b>	<b>Mediana</b>	<b>Agrupación</b>	
S6	20	4,5	A	
S8	20	4,0	A	B
S7	20	4,0	A	B
S5	20	3,8		B

**Fuente:** Elaboración propia

En las tablas 4.16, se observa que existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos S6-S5. Sin embargo, para S6-S8, S6-S7, S8-S7, S8-S5 Y S7-S5 no existe diferencia significativa para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

#### 4.3.4.3 Estadístico de Tukey en el atributo aroma para el factor concentración de piña del nivel superior en la elaboración de licor de piña

En la tabla 4.17, se muestra resultados de análisis estadístico de Tukey para el atributo aroma de las pruebas del factor concentración de la piña de datos extraídos del Anexo C.

**Tabla 4.17**

<b>Estadístico Tukey para el atributo aroma</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Nº de jueces</b>	<b>Mediana</b>	<b>Agrupación</b>	
S6	20	4,6	A	
S7	20	4,0		B
S5	20	3,9		B
S8	20	3,8		B

**Fuente:** Elaboración propia

En las tablas 4.17, se observa que existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos S6-S8, S6-S5 y S6-S7. Sin embargo, para S7-S5, S7-S8, Y S5-S8 no existe diferencia significativa para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

#### 4.3.4.4 Estadístico de Tukey en el atributo sabor para el factor concentración de piña del nivel superior en la elaboración de licor de piña

En la tabla 4.18, se muestra resultados de análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor de las pruebas del factor concentración de la piña de datos extraídos del Anexo C.

**Tabla 4.18**

**Estadístico Tukey para el atributo sabor**

Muestra	Nº de jueces	Mediana	Agrupación	
S6	20	4,4	A	
S8	20	3,8		B
S5	20	3,7		B
S7	20	3,6		B

**Fuente:** Elaboración propia

En las tablas 4.18, se observa que existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos S6-S7, S6-S5 y S6-S8. Sin embargo, para S8-S5, S8-S7 y S5-S7, existe diferencia significativa para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

#### 4.3.4.5 Estadístico de Tukey en el atributo grado alcohólico para el factor concentración de piña del nivel superior en la elaboración de licor de piña

En la tabla 4.19, se muestra resultados de análisis estadístico de Tukey para el atributo grado alcohólico de las pruebas del factor concentración de la piña de datos extraídos del Anexo C

**Tabla 4.19**

**Estadístico Tukey para el atributo grado alcohólico**

Muestra	Nº de jueces	Mediana	Agrupación	
S6	20	4,6	A	
S7	20	3,6		B
S5	20	3,5		B
S8	20	3,5		B

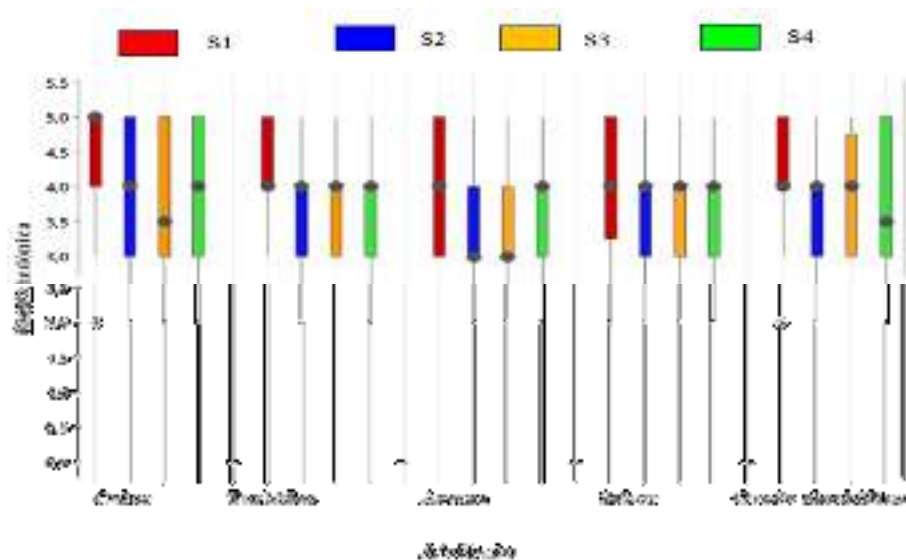
**Fuente:** Elaboración propia

En las tablas 4.19, se observa que existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos S6-S8, S6-S5 y S6-S7. Sin embargo, para S7-S8, S7-S5 y S5-S8, existe diferencia significativa para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

En base al estadístico de caja y bigote de la evaluación sensorial del factor concentración de piña y al estadístico de Tukey que se le realizó a cada atributo de las muestras, se puede notar que existe diferencia significativa entre los atributos (turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico) evaluados en las muestras S5, S6, S7 Y S8, siendo la más representativa la muestra S6 (con tiempo de maceración de 8 días) predominando en función de sus medianas; turbidez(4,5), aroma (4,6), sabor (4,4) y grado alcohólico (4,6) y quedando seleccionada por los jueces.

#### 4.3.4.6 Estadístico caja y bigote del factor concentración de piña del nivel inferior en la elaboración de licor de piña

En la figura 4.19 se muestra los resultados del estadístico de caja y bigote de las muestras (S1, S2, S3, S4) en base a los atributos: color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.19:** Estadístico caja y bigote del factor concentración de piña en el nivel inferior

Según la figura 4.19, se observa los resultados de caja y bigote de las cuatro muestras evaluadas en función de los atributos, donde los resultados en función de la mediana y posición de la caja: color 5,0 (S1), turbidez 4,0 (S1), aroma 4,0 (S1), sabor 4,0 (S1) y grado alcohólico 4,0 (S1). Asimismo, realizando el análisis estadístico de varianza se observa que no existe diferencia significativa en los atributos de las muestras para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

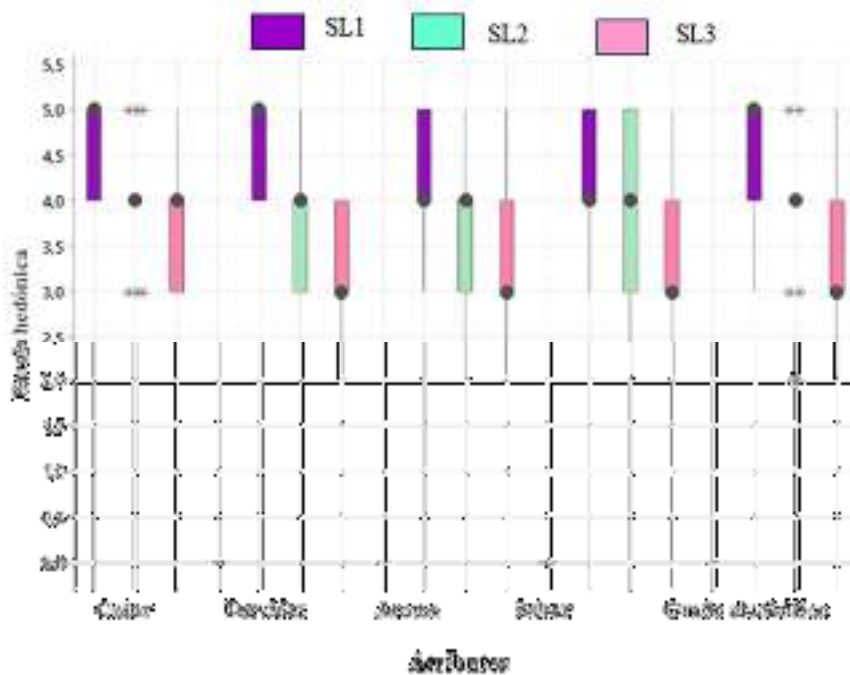
De acuerdo al análisis estadístico de varianza para el nivel inferior, se procedió a elegir la muestra S1; ya que presentó mayor aceptación por parte de los jueces en los atributos color, turbidez, aroma, sabor y grado alcohólico.

#### **4.3.5 Elección de la muestra final de licor de piña entre las pruebas del factor concentración de la piña y la prueba ideal**

Se llevo a cabo la evaluación sensorial entre las muestras S1 (nivel inferior), S6 (nivel superior) recodificadas como SL1 y SL2, y la muestra ideal L2 recodificada como SL3, con la finalidad de poder seleccionar la muestra final de licor de piña.

##### **4.3.5.1 Estadístico caja y bigote para la prueba del factor concentración de piña y prueba ideal**

En la figura 4.20, se observa los resultados del estadístico de caja y bigote de acuerdo a las muestras (SL1, SL2 Y SL3) de datos extraídos del anexo C, en base a los atributos: color, turbidez, aroma, sabor, y grado alcohólico.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4. 20:** Estadístico caja y bigote para la selección de muestra final entre la prueba del factor concentración de la piña y la prueba final

Según la figura 4.20, se observa los resultados de las medianas en función de las muestras y sus atributos; color 5,0 (SL1), turbidez 5,0 (SL1), aroma 4,0 (SL1), sabor 4,0(SL1), 4,0 (SL2) y grado alcohólico 5,0 (SL1). Realizando el análisis estadístico de varianza se puede ver que no existe diferencia significativa entre los atributos color, turbidez y grado alcohólico, pero sin embargo si hay diferencia estadística para el atributo aroma y sabor para un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

#### 4.3.5.2 Estadístico de Tukey en el atributo aroma de las pruebas experimentales del factor concentración de piña y prueba ideal

En la tabla 4.20, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo aroma de las pruebas experimentales del nivel superior inferior y prueba final de datos extraídos del Anexo C

**Tabla 4.20**

*Estadístico Tukey para el atributo aroma de las pruebas experimentales e ideal*

Muestra	Nº de jueces	Mediana	Agrupación	
SL1	15	4,4	A	
SL2	15	3,6		B
SL3	15	3,2		B

**Fuente:** Elaboración propia

En las tablas 4.20, se observa que existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos SL1-SL3 y SL1-SL2. Sin embargo, para SL2-SL3, no existe diferencia significativa para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

#### **4.3.5.3 Estadístico de Tukey en el atributo sabor de las pruebas experimentales del factor concentración de piña y prueba ideal**

En la tabla 4.21, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor de las pruebas experimentales del nivel superior inferior y prueba final de datos extraídos del Anexo C.

**Tabla 4.21**

*Estadístico Tukey para el atributo sabor de las pruebas experimentales e ideal*

Muestra	Nº de jueces	Mediana	Agrupación	
SL1	15	4,4	A	
SL2	15	3,9		B
SL3	15	3,4		B

**Fuente:** Elaboración propia

En las tablas 4.21, se observa que existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos SL1-SL3 y SL1-SL2. Sin embargo, para SL2-SL3, no existe diferencia significativa para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

En base al estadístico de caja y bigote de la evaluación sensorial del factor concentración de piña de las pruebas experimentales y prueba ideal, y de acuerdo al estadístico de Tukey que se realizó en cada atributo, se puede deducir que existe diferencia estadística significativa entre los atributos (color, turbidez, aroma, sabor y

grado alcohólico) realizados en las muestras SL1, SL2 Y SL3, donde la muestra SL1 fue seleccionada por los jueces y en función de su mediana; aroma (4,4), sabor (4,4).

#### 4.4 Caracterización de licor de piña

Para la caracterización del licor de piña, se tomó en cuenta los parámetros, fisicoquímico y microbiológico que se detallan a continuación:

##### 4.4.1 Análisis fisicoquímico del licor de piña

En la tabla 4.22, se detalla los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del licor de piña de datos extraídos del anexo A.

**Tabla 4.22**

##### *Análisis fisicoquímico del licor de piña*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>
Acidez total (como a. tartárico)	g/L	1,2600
Azúcares reductores	g/L	20,180
Extracto seco total	g/L	133,69
Grado alcohólico	% (v/v)	36,000
pH (20°)	-	4,6900

**Fuente:** CEANID,2023

En la tabla 4.22, se muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del licor de piña donde: Acidez total (como ác. cítrico) 1,26 g/L; Azúcares reductores 20,18 g/L; Extracto seco total g/L; Grado alcohólico 36 %(v/v); y pH 4,69

##### 4.4.2 Análisis microbiológico del licor de piña

En la tabla 4.23, se detalla los resultados obtenidos del análisis microbiológico del licor de piña de datos extraídos del Anexo A.



Tabla 4.23

*Análisis microbiológico del licor de piña*

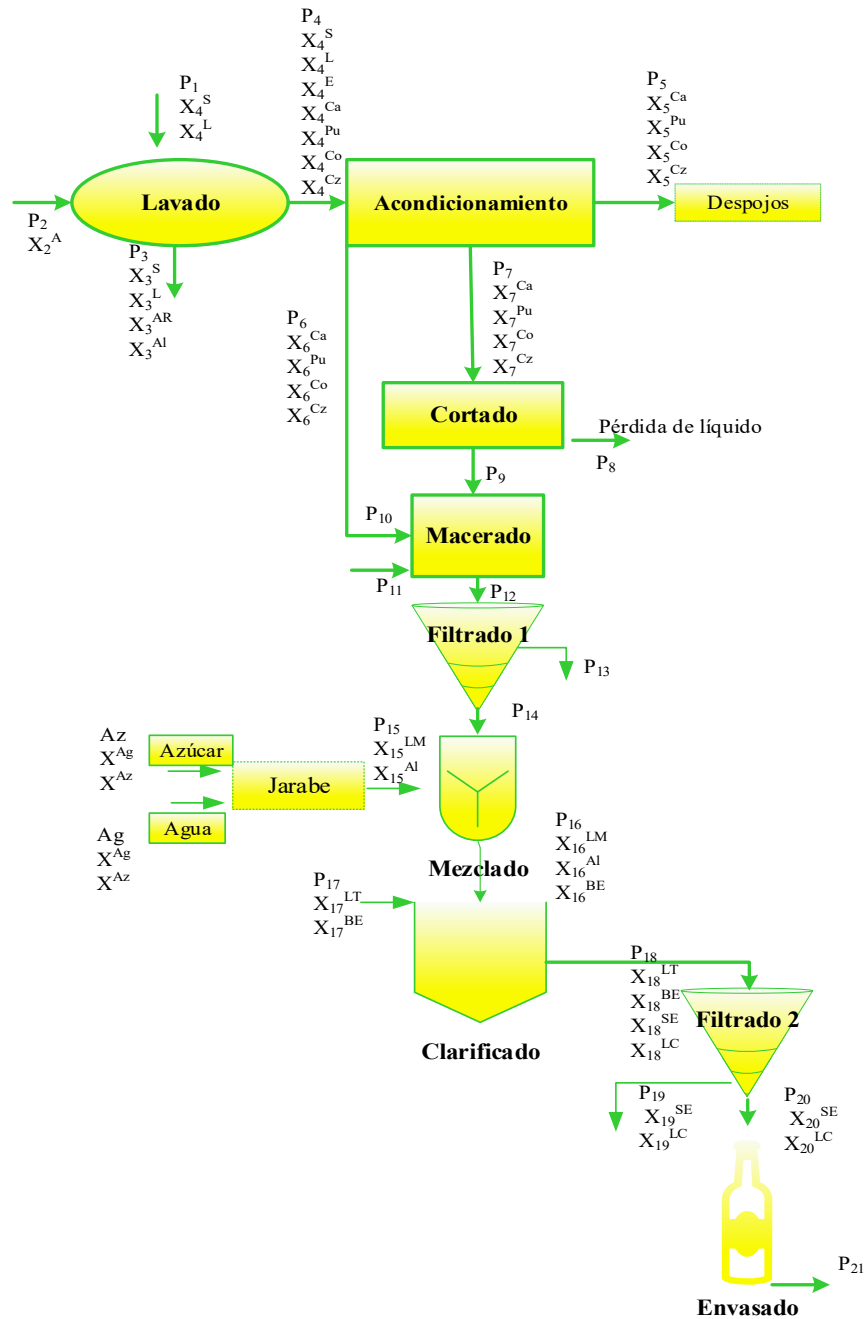
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/ml	<1,0 x 10 <sup>1</sup> (*)
Mohos y levaduras	UFC/ml	<1,0 x 10 <sup>1</sup> (*)
Escherichia coli	UFC/ml	<1,0 x 10 <sup>1</sup> (*)
(*) No se observa desarrollo de colonias		

**Fuente:** CEANID,2023

En la tabla 4.23, se muestra los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos del licor de piña donde presenta: Bacterias aerobias mesófilas <1,0 x 10<sup>1</sup>(\*) UFC/ml; Mohos y levaduras <1,0 x 10<sup>1</sup>(\*) UFC/ml; Escherichia coli <1,0 x 10<sup>1</sup>(\*) UFC/ml donde (\*) No se observa desarrollo de colonias.

#### 4.5 Balance de materia en el proceso de elaboración de licor de piña mediante el proceso de maceración

La figura 4.21, muestra el balance de materia general para el proceso de elaboración de licor de piña mediante el proceso de maceración.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Balance de materia en el proceso de elaboración de licor de piña

Donde:

$P_1$  = Piña completa (g)

$P_2$  = Agua purificada (g)

$P_3$  = Agua residual (g)

$P_4$  = Piña lavada (g)

$P_5$  = Despojos (g)

$P_6$  = Cáscara (g)

$P_7$  = Pulpa (g)

$P_8$  = Perdida de líquido (g)

$P_9$  = Pulpa picada (g)

$P_{10}$  = Cáscara picada (g)

$P_{11}$  = Alcohol (g)

$P_{12}$  = Mezcla del macerado (g)

$P_{13}$  = Desechos (cáscara y pulpa) (g)

$P_{14}$  = Licor madre (g)

$P_{15}$  = Almíbar (g)

$P_{16}$  = Licor de piña (almíbar + licor) (g)

$P_{17}$  = Bentonita (g)

$P_{18}$  = Licor más sedimentos (g)

$P_{19}$  = Sedimentos (g)

$P_{20}$  = Licor clarificado (g)

$P_{21}$  = Licor envasado (g)

$A_g$  = Agua

$A_z$  = Azúcar

$X^S$  = Fracción sólida de piña

$X^L$  = Fracción húmeda de piña

$X^E$  = Fracción de agua adherida a la piña

$X^A$  = Fracción de agua

$X^{AR}$  = Fracción de agua residual

$X^{AI}$  = Fracción de agua con impurezas

$X^{CA}$  = Fracción de cáscara

$X^{PU}$  = Fracción de pulpa

$X^{CO}$  = Fracción de corona

$X^{CZ}$  = Fracción de corazón

$X^R$  = Fracción de % de rendimiento en el cortado

$X^{LM}$  = Fracción de licor madre

$X^{AI}$  = Fracción de almíbar

$X^{AG}$  = Fracción del agua

$X^{AZ}$  = Fracción de azúcar

$X^{BE}$  = Relación de bentonita

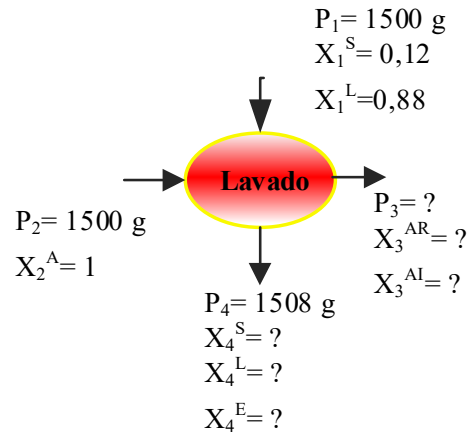
$X^{LT}$  = Fracción de licor

$X^{SE}$  = Fracción de sedimento

$X^{LC}$  = Fracción de licor clarificado

#### 4.5.1 Balance de materia en la etapa de lavado de la piña

En la figura 4.22, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de lavado de la piña que se utilizó para la elaboración de licor de piña, usando una base de 1500 g de piña completa.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.22:** Balance de materia en la etapa de lavado

Balance general de materia en la etapa de lavado

$$P_1 + P_2 = P_3 + P_4 \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Despejando  $P_3$  y reemplazando valores de la ecuación 4.1, se obtiene:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_4 \quad \text{Ecuación 4.2}$$

$$P_3 = 1500 \text{ g} + 1500 \text{ g} - 1508 \text{ g}$$

$$P_3 = 1492 \text{ g agua residual de lavado}$$

Balance parcial de materia para fracción sólida de piña en la etapa de lavado

$$P_1 X_1^S + \cancel{P_2 X_2^S} = \cancel{P_3 X_3^S} + P_4 X_4^S \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Despejando  $X_4^S$  de ecuación 4.3:

$$X_4^S = \frac{P_1 X_1^S}{P_4} = \frac{1500 \text{ g} * 0,12}{1508 \text{ g}}$$

$$X_4^S = 0,12 \text{ fracción sólida de piña}$$

Balance parcial de materia para fracción líquida de piña en la etapa de lavado

$$P_1 X_1^L + \cancel{P_2 X_2^L} = \cancel{P_3 X_3^L} + P_4 X_4^L \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Despejando  $X_4^L$  de ecuación 4.4:

$$X_4^L = \frac{P_1 X_1^L}{P_4} = \frac{1500 \text{ g} * 0,88}{1508 \text{ g}} = 0,875 \text{ fracción líquida de piña}$$

Cálculo para la fracción  $X_4^E$  de agua adherida a la piña en la etapa de lavado

$$X_4^E = 1 - X_4^L - X_4^S \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Reemplazando valores se obtiene:

$$X_4^E = 1 - 0,875 - 0,12$$

$$X_4^E = 0,005 \text{ fracción de agua adherida a la piña}$$

Balance parcial de materia para la fracción de agua residual en la etapa de lavado

$$P_2 X_2^A = P_3 X_3^{AR} + P_4 X_4^E \quad \text{Ecuación 4.6}$$

Despejando  $X_3^{AR}$  de la ecuación 4.6:

$$X_3^{AR} = \frac{(P_2 X_2^A) - X_4^E}{P_3} = \frac{(1500 \text{ g} * 1) - (1508 \text{ g} * 0,005)}{1492 \text{ g}}$$

$$X_3^{AR} = 1,00 \text{ fracción de agua residual en la etapa de lavado}$$

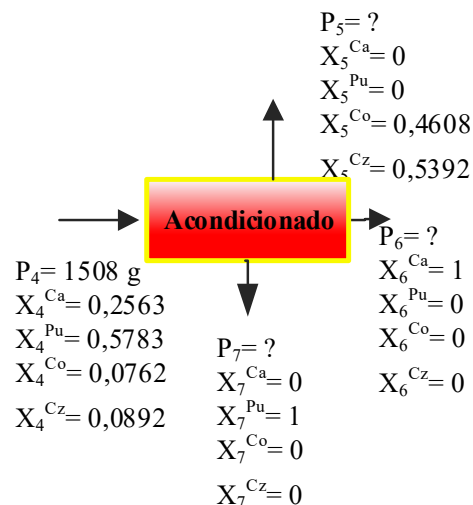
Balance parcial del agua de impurezas

$$X_3^{AI} = 1 - X_3^{AR} \quad \text{Ecuación 4.7}$$

$$X_3^{AI} = 1 - 1,00 = 0$$

#### 4.5.2 Balance de materia en la etapa de acondicionado

En la figura 4.23, se muestra el balance de materia en la etapa de acondicionado,.....



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.23:** Balance de materia en la etapa de acondicionado

Balance general de materia en la etapa de acondicionado

$$P_4 = P_5 + P_6 + P_7 \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Balance parcial de materia para pulpa

$$P_4 X_4^{Pu} + \cancel{P_5 X_5^{Pu}} + \cancel{P_6 X_6^{Pu}} + P_7 X_7^{Pu}$$

$$P_4 X_4^{Pu} = P_7 X_7^{Pu}$$

$$P_7^{Pu} = \frac{P_4 X_4^{Pu}}{X_7^{Pu}} = \frac{1508 \text{ g} * 0,5783}{1}$$

$$\text{Ecuación 4.9}$$

$$P_7^{Pu} = 872,08 \text{ g pulpa de piña}$$

Balance parcial de materia para cáscara

$$P_4 X_4^{Ca} = \cancel{P_5 X_5^{Ca}} + P_6 X_6^{Ca} + \cancel{P_7 X_7^{Ca}}$$

$$P_6 = \frac{P_4 X_4^{Ca}}{X_6^{Ca}} = \frac{1508 \text{ g} * 0,2563}{1}$$

$$\text{Ecuación 4.10}$$

$$P_6 = 386,50 \text{ g de cáscara}$$

De ecuación 4.8, despejamos  $P_5$

$$P_4 = P_5 + P_6 + P_7$$

$$P_5 = P_4 - P_6 - P_7$$

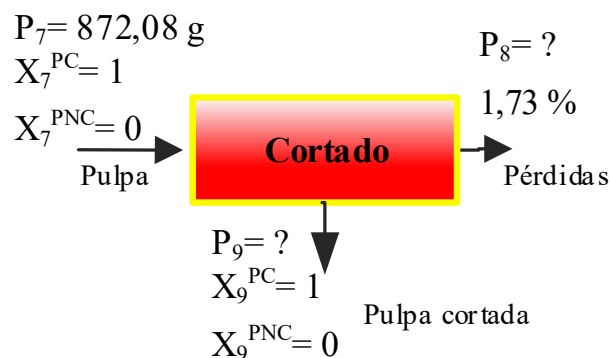
$$\text{Ecuación 4.11}$$

$$P_5 = 1508 \text{ g} - 386,50 \text{ g} - 807,08 \text{ g}$$

$$P_5 = 314,42 \text{ g de despojos}$$

### 4.5.3 Balance de materia en la etapa de cortado

En la figura 4.24, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de cortado de la piña.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.24:** Balance de materia en la etapa de cortado

Balance general de materia en la etapa de cortado

$$P_7 = P_8 + P_9$$

$$\text{Ecuación 4.12}$$

Cálculo de  $P_8$

$$P_8 = P_7 * 1,73\%$$

$$P_8 = 872,08 \text{ g} * 0,0173$$

$$P_8 = 15,08 \text{ g}$$

Despejando  $P_9$ , de ecuación 4.12, se obtiene:

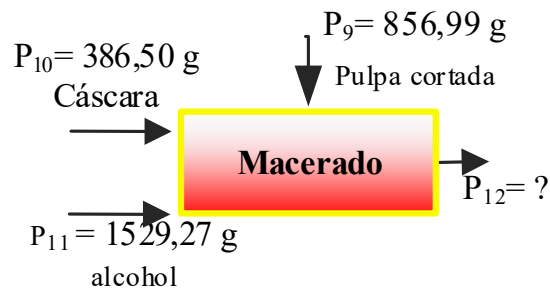
$$P_9 = P_7 - P_8$$

$$P_9 = 872,08 \text{ g} - 15,09 \text{ g}$$

$$P_9 = 856,99 \text{ g de pulpa cortada}$$

#### 4.5.4 Balance de materia en la etapa de macerado

En la figura 4.25, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de macerado.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.25:** Balance de materia en la etapa de macerado

Balance general de materia en la etapa de macerado

$$P_9 + P_{10} + P_{11} = P_{12}$$

Ecuación 4.13

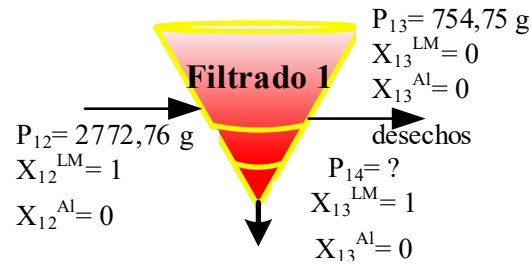
Reemplazando datos, se obtiene:

$$P_{12} = 856,99 \text{ g} + 386,50 \text{ g} + 1529,27 \text{ g}$$

$$P_{12} = 2772,76 \text{ g mezcla de macerado}$$

#### 4.5.5 Balance de materia en la etapa de filtrado 1

En la figura 4.26, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de filtrado 1.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.26:** Balance de materia en la etapa de filtrado 1

Balance general de materia en la etapa de filtrado

$$P_{12} = P_{13} + P_{14}$$

Ecuación 4.14

Despejando  $P_{14}$ , de ecuación 4.14 se obtiene:

$$P_{14} = P_{12} - P_{13}$$

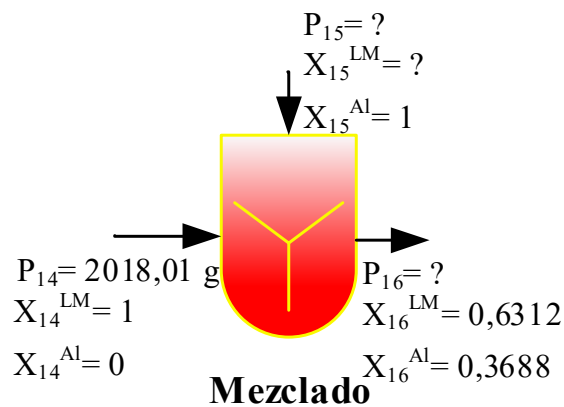
Reemplazando valores

$$P_{14} = 2772,76 \text{ g} - 754,75 \text{ g}$$

$$P_{14} = 2018,01 \text{ g de licor madre}$$

#### 4.5.6 Balance de materia en la etapa de mezclado

En la figura 4.27, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de mezclado.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.27:** Balance de materia en la etapa de mezclado

Balance general de materia en la etapa de mezclado

$$P_{14} + P_{15} = P_{16}$$

Ecuación 4.15

Balance parcial de materia para licor madre

$$P_{14}X_{14}^{LM} + P_{15}X_{15}^{LM} = P_{16}X_{16}^{LM}$$



$$P_{16} = \frac{P_{14} X_{14}^{LM}}{X_{16}^{LM}} = \frac{2018,01 \text{ g} * 1}{0,6312} \quad \text{Ecuación 4.16}$$

$P_{16} = 3197,10$  g de licor de piña

Balance parcial de materia para el almíbar

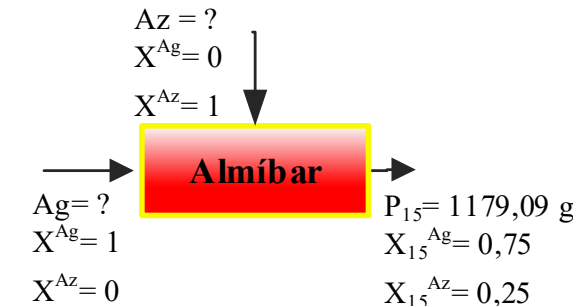
$$P_{14} X_{14}^{Al} + P_{15} X_{15}^{Al} = P_{16} X_{16}^{Al}$$

$$P_{15} = \frac{P_{16} X_{16}^{Al}}{X_{15}^{Al}} = \frac{3197,10 \text{ g} * 0,3688}{1} \quad \text{Ecuación 4.17}$$

$P_{15} = 1179,09$  g de almíbar

#### • Balance de materia para el almíbar

En la figura 4.28, se muestra el proceso de balance de materia en la preparación del almíbar.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.28:** Balance de materia para el almíbar

Balance general de materia en la etapa de mezclado

$$Ag + Az = P_{15} \quad \text{Ecuación 4.18}$$

Balance parcial de materia para agua

$$Ag X^{Ag} + Az X^{Ag} = P_{15} X_{15}^{Ag}$$

$$Ag = \frac{P_{15} X_{15}^{Ag}}{X^{Ag}} = \frac{1179,09 \text{ g} * 0,75}{1} \quad \text{Ecuación 4.19}$$

$Ag = 884,317$  g agua

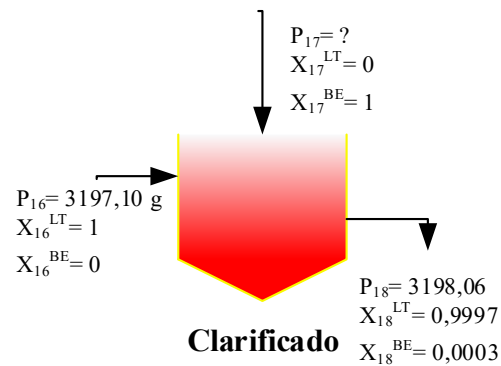
De la ecuación 4.18, despejamos Az

$$Az = P_{15} - Ag$$

$$Az = 1179,09 \text{ g} - 884,317 \text{ g} \rightarrow Az = 294,77 \text{ g de azúcar}$$

#### 4.5.7 Balance de materia en la etapa de clarificado

En la figura 4.29, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de clarificado.



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 4.29:** Balance de materia en la etapa de clarificado

Balance general de materia en la etapa de clarificado

$$P_{16} + P_{17} = P_{18} \quad \text{Ecuación 4.20}$$

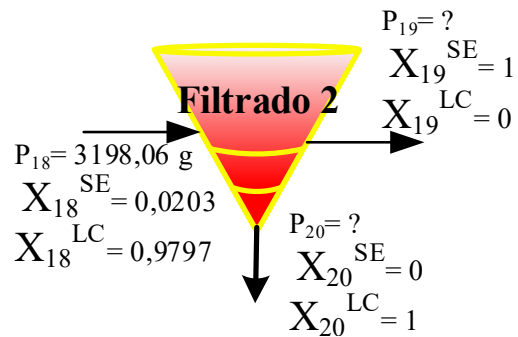
De ecuación 4.20, despejamos  $P_{17}$

$$P_{17} = P_{18} - P_{16}$$

$$P_{17} = 3198,06 \text{ g} - 3197,10 \text{ g} \quad \rightarrow \quad P_{17} = 0,96 \text{ g bentonita}$$

#### 4.5.8 Balance de materia en la etapa de filtrado

En la figura 4.30, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de filtrado.



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 4.30:** Balance de materia en la etapa de filtrado 2

Balance general de materia en la etapa de filtrado

$$P_{18} = P_{19} + P_{20} \quad \text{Ecuación 4.21}$$

Balance parcial para sedimentos

$$P_{18}X_{18}^{SE} = P_{19}X_{19}^{SE} + P_{20}X_{20}^{SE}$$

$$P_{19} = \frac{P_{18}X_{18}^{SE}}{X_{19}^{SE}} = \frac{3198,06 \text{ g} * 0,0203}{1} \quad \text{Ecuación 4.22}$$

$$P_{19} = 64,920 \text{ g sedimentos}$$

De ecuación 4.21, despejamos  $P_{20}$

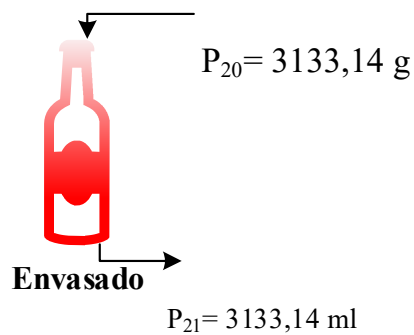
$$P_{20} = P_{18} - P_{19}$$

$$P_{20} = 3198,06 \text{ g} - 64,920 \text{ g}$$

$$P_{20} = 3133,14 \text{ g licor clarificado}$$

#### 4.5.9 Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.31, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de envasado.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.31:** Balance de materia en la etapa de envasado

Balance general de materia en la etapa de envasado

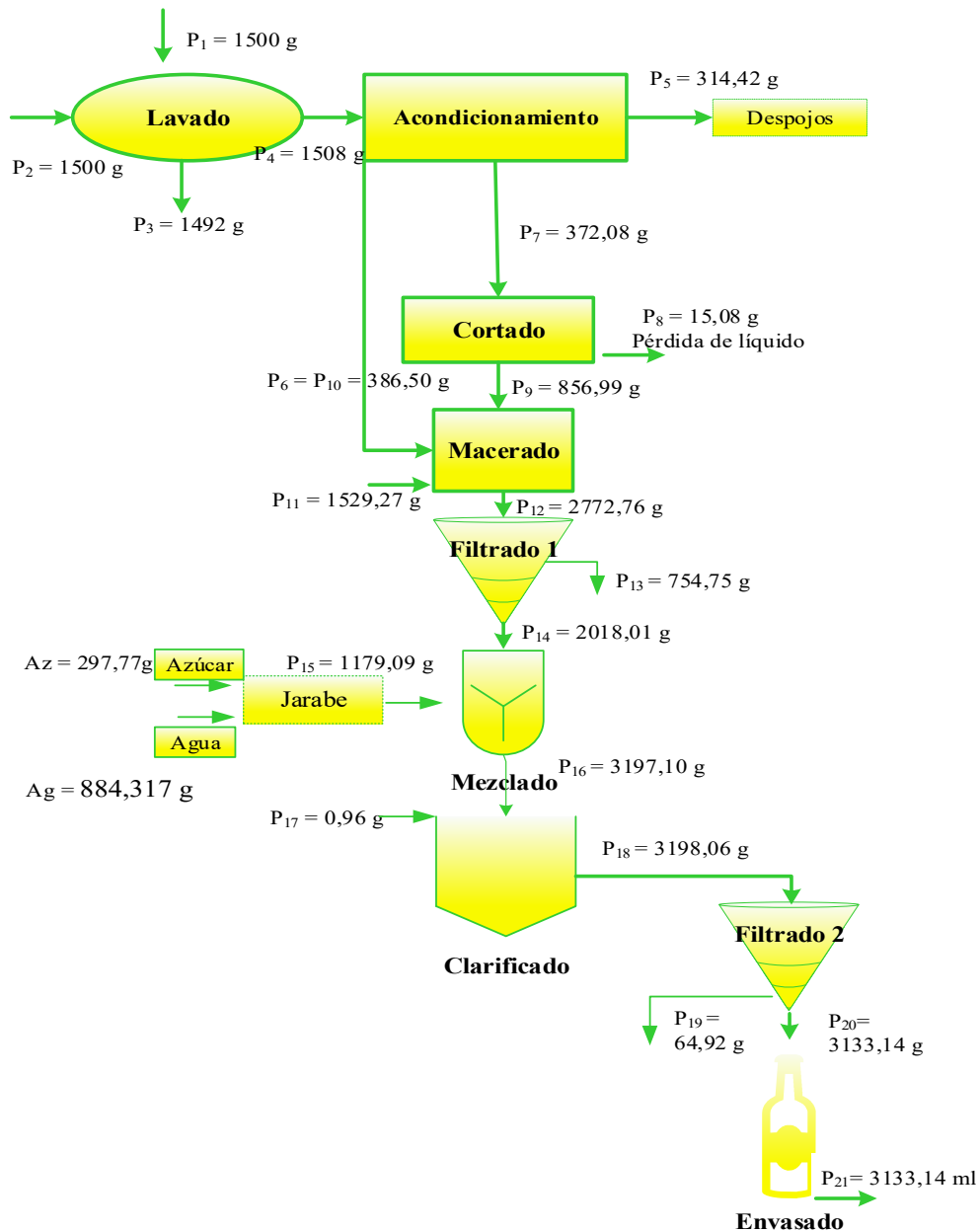
$$P_{20} = P_{21}$$

Ecuación 4.23

$$P_{21} = 3133,14 \text{ ml licor envasado}$$

#### 4.5.10 Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de licor de piña

En la figura 4.32, se muestra el resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de licor de piña.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.32:** Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de licor de piña

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

- Una vez se realiza los análisis físicos de la piña se concluye que tiene: Altura 19,8 cm; Diámetro de 30.3 cm; Peso total 1917,41 g; Pulpa 1111,56 g; Cascara 491,5 g; Corazón 171,01 g; Corona 146,1 g; PC 57,33%; PNC 41,82%.
- Según los resultados de los análisis fisicoquímico y microbiológico de la piña se ve que contiene: acidez 0,27 %; Ceniza 0,25%; Fibra 0,27%; Grasa 0,06%; Hidratos de carbono 10,86%; Humedad 87,90%; Fosforo 4,90 mg/100g; Potasio 88,10 mg/100g; Proteína total 0,66%; pH 3,7; y Valor energético 46,62 kcal/100g por otro lado B. Mesófila  $1,3 \times 10^5$ ; Escherichia coli  $< 1,0 \times 10^1$  (\*); Mohos y levaduras  $8,2 \times 10^2$ . Donde (\*) no se observa desarrollo de colonias.
- De acuerdo a las observaciones del comportamiento de las variables (pH, acidez y grado alcohólico) en el proceso de maceración alcohólica de las muestras preliminares de licor de piña que se realiza por un tiempo de ocho días se logró establecer las condiciones adecuadas para el proceso de maceración del licor de piña.
- Viendo los resultados de la evaluación sensorial de las muestras preliminares de licor de piña se fija la muestra L1 como la más aceptada por los jueces siendo seleccionada para realizar el diseño experimental en el proceso de elaboración de licor de piña.
- En base al diseño  $2^3$  en el proceso de maceración alcohólica, se determina que entre las variables; concentración de piña (A), grado alcohólico (B), tiempo de maceración (C) habiendo significancia para las variables respuestas; grado alcohólico, pH y acidez, resultando el factor (A) concentración de piña el más influyente sobre las variables.

- Después de los resultados de la evaluación sensorial de las pruebas experimentales del factor concentración de la piña y de la muestra ideal se nota que existe diferencia estadística para el atributo aroma y sabor para un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . De la misma forma en el análisis estadístico de caja y bigote y teniendo en cuenta las medianas se eligió la muestra SL1 como muestra final.
- Los resultados del análisis fisicoquímico del licor de piña presento: acidez total (como ác. cítrico) 1,26 g/L; Azúcares reductores 20,18 g/L; Extracto seco total g/L; Grado alcohólico 36 %(v/v); y pH 4,69.
- Los resultados del análisis microbiológico del licor de piña presenta: Bacterias Aerobias Mesófilas  $<1,0 \times 10^1$ (\*) UFC/ml; Mohos y Levaduras  $<1,0 \times 10^1$ (\*) UFC/ml; Escherichia Coli  $<1,0 \times 10^1$ (\*) UFC/ml donde (\*) No se observa desarrollo de colonias.

## 5.2 Recomendaciones

- Recomendar que al momento de comprar la piña tomar en cuenta el color de la piña y de las hojas, ya que deben salir fácilmente para saber que está en buenas condiciones, así como también tomar en cuenta que no esté muy madura ya que afectaría en la maceración tanto en el aroma como en el sabor y color.
- Recomendar que al momento realizar un buen acondicionamiento de la piña lavar bien la cascara ya que es la que proporciona el color y aroma del licor, por lo que no debe estar muy madura ya que si lo está es más difícil obtener un buen color.
- Se recomienda que al momento de hacer la mezcla para la maceración no dejar la cascara de un día para el otro ya que ocurrirá pardeamiento enzimático, provocando que el licor tenga un color oscuro no agradable a la vista.