

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

De acuerdo con un reciente estudio de la OMS (Organización Mundial de la Salud), en Bolivia cada persona consume bebidas alcohólicas con una media de 8,9 litros de alcohol puro al año. Este consumo se sitúa a Bolivia por encima de la media de América Latina y el Caribe (8,4 litros) por año y el segundo puesto, por debajo de Argentina (9,6 litros) en Latinoamérica (Méndez, 2019).

En Bolivia, se consumen anualmente 339 millones de litros de bebidas alcohólicas, a precios de mercado de ese año de 740 millones de dólares. Esto representa poco más del 3% del Producto Interno Bruto (PIB) que, según el Instituto Nacional de estadística (INE), se estimaba entonces en 23700 millones de dólares estadounidenses. Dicho volumen se divide en la siguiente proporción: La cerveza representa el 69% de la facturación, el vino y el singani juntos un 9% (4,8% el vino y 4,2% el singani) y las otras 10 bebidas el 22%, es decir, un promedio de 2,2% por cada una (Quiroz, 2016).

Se informó que un 69% de la población boliviana anualmente consume por lo menos una vez alcohol, es decir 7 de cada 10 bolivianos de edad media y jóvenes a partir de 19 años están consumiendo bebidas alcohólicas, en su mayoría de pésima calidad (Opinión, 2018).

Según un reportaje de un medio local, en la ciudad de Cochabamba, los vendedores de bebidas alcohólicas han notado un incremento de precios debido a un alza de aranceles del 40%, una medida que busca favorecer a la industria nacional pero que también podría potenciar el contrabando (Velásquez, 2024).

En Tarija, la qacha de membrillo es un subproducto tradicional obtenido mediante la deshidratación al sol de la fruta, proceso que permite conservar

sus propiedades nutricionales y su sabor natural. Este producto se elabora principalmente en diversas regiones de Tarija, como el Valle Alto, Vinto y Camargo, donde ha cobrado importancia por su aporte a la economía regional. La producción de qacha de membrillo no solo fortalece la agroindustria local, sino que también tiene presencia en ferias y mercados internacionales potenciales, consolidándose como un producto emblemático de la región (Sánchez, 2025).

Justificación

- Debido a la disponibilidad de qacha de membrillo en la provincia Cercado de Tarija durante todo el año. Se propone la transformación de la qacha en licor con el fin de obtener un producto de calidad para la provincia Cercado.
- En el mercado local de Tarija, existe la elaboración y comercialización de bebidas alcohólicas; considerando que son productos de alta demanda por la población tarijeña. El presente trabajo de investigación propone la elaboración de licor utilizando qacha de membrillo, con la finalidad de diversificar y brindar otra opción de consumo para la población en el mercado de bebidas alcohólicas.
- Por medio del presente trabajo de investigación, pretende establecer la formulación básica para la elaboración de licor de qacha de membrillo; con la finalidad de que sea incorporada en aperitivos de la población tarijeña como en coctelería, platos gourmet, etc.
- Se pretende incentivar el consumo de licores para aprovechar sus propiedades nutricionales relacionados como: digestivos, estimulan el apetito, ayudan a regular la tensión arterial y mejoran el colesterol, siendo, en el caso de frutos ricos en fibra y antiinflamatorios.

Objetivos

Los objetivos propuestos para el siguiente trabajo de investigación son:

Objetivo general

Elaborar licor a partir de qacha de membrillo, mediante el proceso de maceración alcohólica, con la final de obtener un producto de calidad para la provincia Cercado del departamento de Tarija.

Objetivos específicos

- Determinar las características físicas, fisicoquímicas y microbiológicas de la qacha de membrillo con la finalidad de conocer su composición nutricional y carga microbiana.
- Realizar el análisis sensorial de las pruebas preliminares licor de qacha de membrillo, para determinar la muestra ideal, realizar un control de parámetros fisicoquímicos en las muestras preliminares con la finalidad de desarrollar un seguimiento al licor de qacha de membrillo.
- Aplicar diseño factorial 2^3 en la etapa de maceración alcohólica, con el fin de establecer las variables de control en el proceso, realizar el análisis sensorial de las muestras experimentales, con el fin de obtener la muestra final.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del producto final con el propósito de conocer su composición, realizar un control de parámetros fisicoquímicos al producto final con la finalidad de determinar su comportamiento durante el almacenamiento y realizar el balance de materia y energía en el proceso de maceración con la finalidad de establecer las corrientes de entrada y salida de la materia.

Planteamiento del problema

En la provincia Cercado de Tarija, no existen licores elaborados a base de qacha de membrillo. Por lo cual, la qacha de membrillo no es aprovechado y/o comercializado siendo su valor agregado mínimo en licores aun existiendo la disponibilidad de qacha de membrillo. Así mismo, no se aprovecha los beneficios nutricionales como ser: digestivos, estimulador del apetito, regulador de la tensión arterial, entre otros.

Tomando en cuenta la tendencia de la población tarijeña en cuanto a consumo de bebidas alcohólicas durante los últimos años. Se pretende la elaboración de licor de qacha de membrillo mediante el proceso de maceración alcohólica con la necesidad de obtener un producto de calidad y brindar otra opción en cuanto a consumo de bebidas alcohólicas para la provincia Cercado.

Formulación del problema

¿Se podrá elaborar un licor a partir de qacha de membrillo, mediante el proceso de maceración alcohólica, con la finalidad de obtener un producto de calidad para la provincia Cercado del departamento de Tarija?

Campo de acción

Para el siguiente trabajo de investigación, se delimitaron los siguientes campos de acción.

- **Espacial**

El campo espacial donde se realizó el presente trabajo de investigación fue en la provincia Cercado del departamento de Tarija.

- **Temporal**

El tiempo de desarrollo del presente trabajo de investigación fue durante las gestiones 2025-2026.

- **Institución**

La institución donde se desarrolló el presente trabajo de investigación fue en el laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.) dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Objeto de investigación

Elaboración de licor a partir de qacha de membrillo mediante el proceso de maceración alcohólica.

Hipótesis

La aplicación del proceso de maceración alcohólica, permitirá elaborar licor de qacha de membrillo, con la finalidad de obtener un producto de calidad para la provincia Cercado del departamento de Tarija.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Origen de los licores

El origen de los licores se remonta a la antigua práctica de la destilación, desarrollada inicialmente en Asia Menor, el norte de África y el sureste de Europa alrededor de los siglos III y IV a.C. Los primeros usos de la destilación no fueron para bebidas, sino para la obtención de esencias y fines medicinales, práctica que arraigó en culturas como la egipcia y luego fue perfeccionada por alquimistas árabes durante la Edad Media, quienes difundieron el conocimiento por Europa (García, 2022).

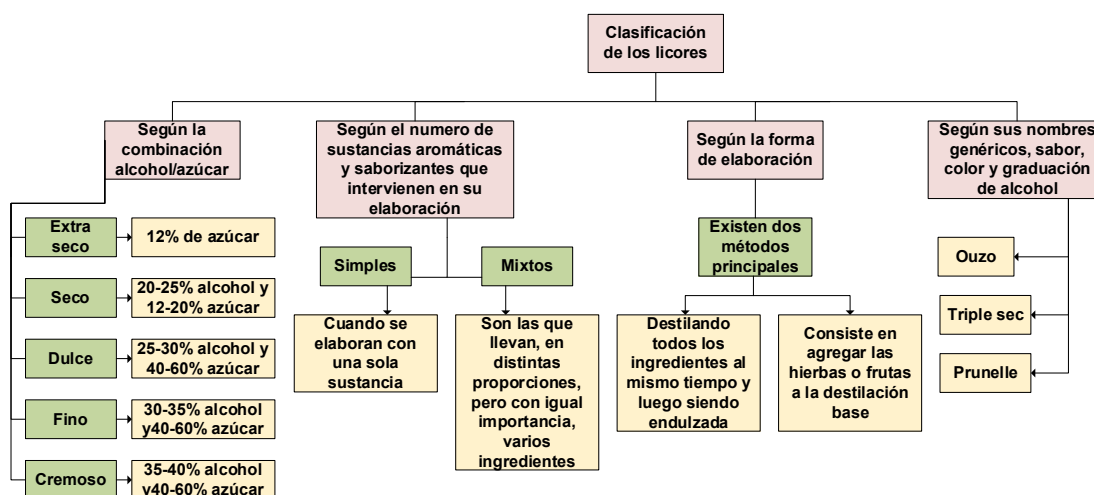
Definición de licores

Castillo (2016), define los licores de frutas como “bebidas espirituosas, generalmente dulces, compuestas por alcohol, agua, azúcar, esencias aromáticas y otros posibles ingredientes que se obtienen mediante diferentes procesos, siendo los más frecuentes los de la destilación o maceración” (p. 1).

Un licor es una bebida alcohólica aromatizada que se obtiene por maceración de diversas sustancias vegetales naturales y dice que algunos licores se elaboran a partir de alcoholes neutros precedentes de orujo, vino o cereales otros están elaborados con coñac, vodka o aguardiente, es decir, bebidas alcohólicas previamente envejecidas. Hay otros que son el resultado de mezclar alcohol y productos naturales. Bebidas alcohólicas obtenidas mediante la mezcla de alcohol, agua, azúcar y aromas naturales (frutas, hierbas o especias), elaboradas tradicionalmente por maceración o destilación de ingredientes botánicos (George, 1989).

Clasificación de los licores

Los licores pueden clasificarse de diferentes maneras, como se indica en la Figura 2.1.

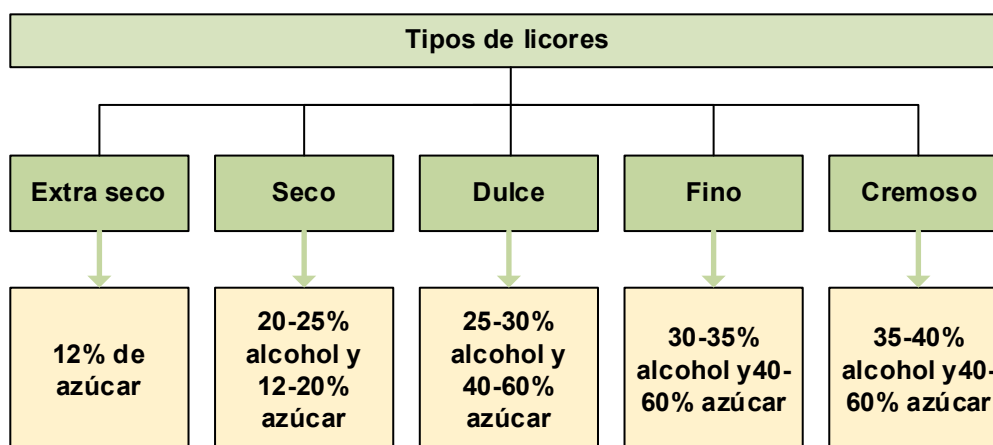


Fuente: Pérez, 2015

Figura 2.1: Clasificación de los licores

Tipos de licores

En la Figura 2.2, se muestran los tipos de licores, según la relación alcohol/azúcar:



Fuente: Gómez, 2023

Figura 2.2: Tipos de licores

Para el presente trabajo de investigación se consideró los tipos de licor según la combinación de alcohol/azúcar, como ser: extra secos: hasta el 12% de azúcar, secos: entre (20 - 25) % de alcohol del (12 - 20) % de azúcar, dulces: entre (25 - 30) % de alcohol del (22 - 30) % de azúcar, finos: entre (30 - 35) % de alcohol del (40 - 60) % de azúcar, y los cremosos: entre (35-40) % de alcohol del (40 - 60) % de azúcar (Gómez, 2023).

Caracterización de la qacha de membrillo y alcohol etílico (C₂H₆O)

Se describe la qacha de membrillo y C₂H₆O, como materia prima para el proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo mediante el proceso de maceración alcohólica

Caracterización de la qacha de membrillo

La qacha de membrillo (cacha de membrillo) es un subproducto elaborado a partir del fruto del membrillo (*Cydonia oblonga*), una fruta originaria del continente asiático que se caracteriza por su textura firme y sabor amargo debido a su alto contenido de taninos y bajos azúcares. Este producto se obtiene mediante la deshidratación del membrillo, lo que permite concentrar sus azúcares naturales y conservar sus propiedades durante largo tiempo. El fruto, para ser apto para esta elaboración, debe estar en un punto óptimo de madurez con piel amarilla clara y sin daños para garantizar (RAE, 2024).

Propiedades fisicoquímicas de la qacha de membrillo

En la Tabla 2.1, se detallan las propiedades fisicoquímicas de la qacha de membrillo.

Tabla 2.1

Propiedades fisicoquímicas de la qacha de membrillo

Parámetros	Unidad	Valor
Humedad	%	15
Azúcares totales	g	60
Fibra dietética	g	13
Acidez total	g	2
pH	-	4
Cenizas	g	3
Pectina	g	2
Taninos	mg	100

Fuente: Bistoni et al., 2012

Propiedades nutricionales de la qacha de membrillo

En la Tabla 2.2, se detalla las propiedades nutricionales de la qacha de membrillo.

Tabla 2.2***Propiedades nutricionales de la qacha de membrillo***

Propiedades	Unidad	Valor
Calorías	kcal	25,2
Hidratos de carbono	g	6,3
Fibra	g	6,4
Calcio	mg	14
Magnesio	mg	6
Potasio	mg	200
Vitamina C	mg	13

Fuente: Pérez, 2011**Caracterización del alcohol etílico**

El alcohol etílico, o etanol, es un líquido incoloro, volátil e inflamable con un olor característico y sabor ligeramente quemado. Su fórmula química es C_2H_6OH y su punto de ebullición está cerca de $78^{\circ}C$. Se obtiene principalmente por fermentación anaeróbica de azúcares o síntesis química. En la industria de licores, el alcohol etílico se vende en varias calidades, siendo el alcohol de primera calidad (aproximadamente 96% en volumen) el más usado, producido a partir de patatas, melaza o cereales. El alcohol filtrado extra fino, que pasa por una filtración con carbón activo para eliminar impurezas como aldehídos, mejorando su olor y sabor, lo que lo hace ideal para bebidas espirituosas (Vericard, 2004).

Especificaciones técnicas del alcohol etílico

En la Tabla 2.3, se detallan las especificaciones técnicas del alcohol etílico.

Tabla 2.3**Especificaciones técnicas del alcohol etílico**

Parámetros	Características
Estado físico	Líquido
Color	Incoloro
Grado alcohólico (20°C)	96% GL
Punto de ebullición	78,3 °C
Densidad (20°C)	(0,8089 - 0,810) g/cm ³
Punto de inflamación	12 - 17 °C
Solubilidad	Miscible en agua
Vida útil	Indefinido

Fuente: Pérez, 2025**Caracterización de los insumos para la elaboración de licor de qacha de membrillo**

La caracterización permitirá identificar los atributos más relevantes de los insumos que se utilizaron en la elaboración del licor de qacha de membrillo.

Azúcar blanca

La azúcar blanca es un edulcorante sólido, cristalino y de sabor dulce, compuesto principalmente por sacarosa, que se obtiene mayoritariamente de la caña de azúcar y la remolacha. Se caracteriza por su pureza y color blanco, resultado de un proceso de refinación que elimina impurezas y melazas. Este azúcar es ampliamente utilizado en la alimentación por su capacidad para endulzar y mejorar el sabor de los alimentos y bebidas sin aportar sabor ni color extra (Cabrera, 2018).

Según López (2018), la azúcar refinada de caña debe ser pura, clarificada y descolorida para garantizar transparencia en el licor final, pero presenta baja solubilidad en etanol puro, requiriendo preparación previa como almíbar acuoso (1:1 azúcar: agua destilada) a (60 - 70) °C. Esta práctica asegura que el licor tenga un sabor agradable, sin aromas o sabores extraños que pudieran afectar la experiencia sensorial del consumidor.

Agua destilada

El agua destilada es un tipo de agua purificada que se obtiene mediante el proceso de destilación, el cual consiste en calentar el agua hasta evaporarla y luego condensar ese vapor para separar las impurezas y contaminantes presentes inicialmente. Como resultado, el agua destilada es prácticamente libre de minerales, microorganismos, sales y otras sustancias, lo que le confiere alta pureza y un pH cercano a la neutralidad. Esta pureza la hace ideal para usos en laboratorios, industria, medicina y procesos de elaboración de alimentos y bebidas, donde se requiere agua sin impurezas que puedan afectar la calidad del producto (González, 2023)

El agua destilada, debido a su pureza, es la más indicada para la elaboración de licores finos. Entre tanto, en mayor cantidad, el proceso de obtención del agua destilada va a encarecer el producto. Para pequeñas producciones, o si tuviera condiciones de producirla a bajo costo, vale la pena utilizarla para garantizar un licor de excelente calidad (López, 2018).

Bentonita en polvo

La bentonita en polvo es una arcilla formada principalmente por montmorillonita, caracterizada por su alto poder de absorción e hinchamiento cuando entra en contacto con líquidos. Se utiliza ampliamente en la industria por sus propiedades coloidales, actuando como agente clarificante, adsorbente y estabilizador, especialmente en procesos de vinificación, refinación y tratamiento de líquidos (García, 2022).

La bentonita en polvo cumple una función esencial en la elaboración de licores, especialmente en la clarificación y estabilización de las bebidas. Actúa como agente floculante, adsorbiendo proteínas y otras sustancias que causan turbidez, logrando que estas partículas se aglutinen y precipiten, lo que permite obtener un licor más limpio, transparente y estable. Además, la bentonita no

altera el sabor ni el aroma del licor, y su uso contribuye a mejorar la vida útil y calidad sensorial del producto (García, 2022).

Descripción del tipo de proceso tecnológico

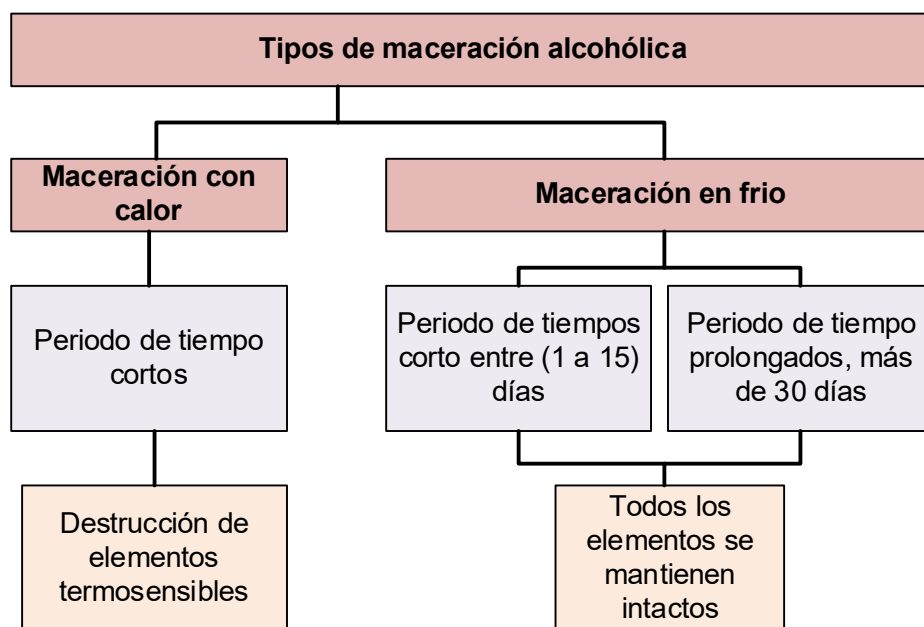
El tipo de proceso que se utilizó en el trabajo de investigación fue la siguiente:

Maceración alcohólica

La maceración alcohólica es un proceso en el que se sumergen ingredientes sólidos, como frutas o hierbas, en alcohol durante un tiempo determinado para extraer sus sabores, aromas y compuestos activos. Este proceso permite que las características organolépticas de los sólidos se transfieran al líquido, obteniéndose así una bebida con mayor complejidad y riqueza en sabor. Es fundamental que la maceración se realice en condiciones controladas de temperatura y luminosidad para preservar la calidad del producto final (Martínez, 2023).

Tipos de maceración alcohólica

En la Figura 2.3, se muestran los tipos de maceración, como ser:



Fuente: Barrientos et al, 2019

Figura 2.3: Tipos de maceración

Características de los factores que influyen en la maceración alcohólica

En la Tabla 2.4, se detallan los factores que influyen en la maceración alcohólica.

Tabla 2.4

Factores que influyen en la maceración alcohólica

Factores	Descripción
Tiempo de maceración	30 días, según tipo y tamaño
Temperatura de maceración	20-25 °C
Alcohol utilizado	Grados: 40°, 50° y 95°
pH	3.5, regulado para estabilidad
Acidez	Sabor y estabilidad
Porcentaje de fruta	Extracción de aromas y calidad

Fuente: Ortiz, 2014

Descripción de los factores que influyen en la maceración alcohólica

Los factores que influyen en la maceración alcohólica que se ha de utilizar en el trabajo de investigación se detalla a continuación:

Tiempo de maceración

Galindo Villafuerte (2023), describe que el tiempo de maceración varía de 1 a 30 días según el tamaño de partículas de fruta, permitiendo la disolución gradual de sabores y aromas vía ósmosis alcohólica; periodos óptimos de 20-30 días a temperatura ambiente maximizan extracción sin degradación excesiva, extendiéndose a 38 días para frutas duras como pera o membrillo.

Temperatura de maceración

Paqui Maza (2019), indica que temperatura ambiente (20 - 25) °C preservan compuestos volátiles delicados durante 1 mes de maceración, mientras que métodos en frío (>2 semanas a <14°C) minimizan la oxidación y en caliente (50°C por 2 horas) aceleran el proceso, pero reducen el bouquet fresco; >30°C promueve los microorganismos y la pérdida aromática.

Alcohol etílico

Guano (2025), enfatiza que alcoholes neutros de (40 - 96) °GL (etanol rectificado o aguardiente 42,5°GL) facilitan la solubilización de esencias, con altas graduaciones extrayendo mejor de cáscaras; la higiene y graduación inicial influyen en el perfil final post-dilución con jarabe.

pH

Álvarez et al. (2004), señalan que el pH inicial de frutas cítricas como naranja y mandarina (alrededor de 4,5 - 5,0 en jugos) debe ajustarse a rangos ácidos finales de (3,9 - 4,3) mediante la maceración con alcoholes y adición de compuestos ácidos naturales, para prevenir el crecimiento microbiano y estabilizar el medio durante la extracción, ya que valores >4,6 favorecen la contaminación y los bajos pH intensifican la extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras.

Acidez

Paqui Maza (2019), explica que la acidez total (ácidos orgánicos como málico o cítrico) aumenta con mayor porcentaje de fruta, correlacionándose inversamente con pH; niveles óptimos (0,5 - 1,0) % equilibran dulzor post-maceración y evitan cristalización en jarabes.

Porcentaje de fruta

Galindo Villafuerte (2023), recomienda (30 - 50) % fruta/volumen para óptima intensidad sensorial sin turbidez excesiva, ya que proporciones >50% elevan la acidez, reducen el pH y requieren clarificación con bentonita; Los diseños factoriales optimizan esta variable para color y absorbancia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del presente trabajo de investigación “Elaboración de licor de qacha de membrillo mediante el proceso de maceración alcohólica” se desarrolló en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA) de la Facultad de Ciencias y Tecnología dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, y el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tipos de intervención experimental

El presente trabajo presenta una metodología experimental de laboratorio, para la elaboración de licor a partir de qacha de membrillo, con el fin de desarrollar un producto en base a los siguientes análisis:

- Análisis físico de la qacha de membrillo.
- Análisis fisicoquímico de la qacha de membrillo.
- Análisis microbiológico de la qacha de membrillo.
- Análisis fisicoquímico en la etapa de maceración alcohólica.
- Análisis microbiológico en la etapa de maceración alcohólica.
- Análisis sensorial de las muestras del licor de qacha de membrillo.
- Análisis del diseño factorial 2^3 en el proceso de licor de qacha de membrillo.
- Operacionalización de las variables en la maceración del licor de qacha de membrillo.

Paradigma de investigación

Un paradigma se entiende como un consenso institucionalizado, generalmente implícito, que establece el marco de referencia dentro del cual se definen los criterios para juzgar la realidad, interpretar los fenómenos y orientar la investigación científica. Los paradigmas determinan tanto las preguntas que se consideran relevantes como los métodos apropiados para abordarlas. (García, 2005).

Según Acosta (2005), para la ciencia un paradigma es "un conjunto de realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad de practicantes" (p. 4).

Paradigma positivista

Según Martínez (2013), "caracteriza al paradigma positivista como un sistema hipotético-deductivo que busca "causas reales" de los fenómenos mediante control experimental, observación sistemática y correlación de variables, destaca su énfasis en la validez interna y la replicabilidad metodológica" (p. 2). Para Herrera (2024), "enfatisa el rol del paradigma en la investigación física y matemática, subrayando su capacidad para generar resultados verificables mediante técnicas cuantitativas" (p. 31).

Enfoque de la investigación

El proceso de investigación se concentra en las mediciones numéricas. Utiliza la observación del proceso en forma de recolección de datos y los analiza para llegar a responder sus preguntas de investigación. Plantea un problema de estudio delimitado y concreto. Sus preguntas de investigación versan sobre cuestiones específicas (Otero, 2018). Según Hernández et al., (2014), "la investigación cualitativa asume una realidad subjetiva, dinámica y compuesta por multiplicidad de contextos. El enfoque cualitativo de investigación privilegia el análisis profundo y reflexivo de los significados subjetivos e intersubjetivos que forman parte de las realidades estudiadas" (p. 9)

Métodos técnicos e instrumentos

Según Hernández et al., (2014), "el método es el conjunto de procesos sistemáticos y críticos que se aplican al estudio de un fenómeno" (p. 5). Para Arias et al., (2022), "el método es un proceso sistemático y organizado utilizado para responder a una pregunta o resolver un problema de investigación. Incluye la identificación del problema, la recopilación y análisis de datos, y la

presentación de conclusiones y recomendaciones” (p. 13). Así mismo, para la técnica “es un procedimiento específico utilizado para recopilar y analizar información dentro del método de investigación se incluyen encuestas, entrevistas, observación y experimentos” (Arias et al., 2022). Según Arias, (2012), “el instrumento es cualquier recurso material que se emplea para recoger información” (p. 25).

Análisis físico de la qacha de membrillo

En la Tabla 3.1 se muestra los métodos y técnicas que se tomaron en cuenta para determinar los parámetros físicos de la qacha de membrillo, realizados en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.); perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Tabla 3.5

Parámetros físicos de la qacha de membrillo

Parámetros	Métodos	Técnicas	Unidad
Altura	Cálculo	Medición	mm
Ancho	Cálculo	Medición	mm
Peso	Gravimetría	Pesaje	g
Porción comestible	Gravimetría	Separación	g
Porción no comestible	Gravimetría	Separación	g

Fuente: Elaboración propia

Análisis fisicoquímicos de la qacha de membrillo

En la Tabla 3.2, se muestra los métodos y técnicas que se tomaron en cuenta para determinar los parámetros fisicoquímicos de la qacha de membrillo, realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Tabla 3.6**Parámetros fisicoquímicos de la qacha de membrillo**

Parámetros	Métodos	Técnicas	Unidad	Norma
Humedad	Gravimetría	Secado en estufa	g/mg (%)	NB 313010:05
Ceniza	Gravimetría	Calcinación en mufla	g/mg (%)	NB 39034:10
Acidez	Volumetría	Titulación	g/mg (%)	NB 325006:03
Materia grasa	Gravimetría	Soxleth	g/mg (%)	NB 228:98
Proteína total	Kjedahl	Digestión y valoración	g/mg (%)	NB/ISO 8968-1:08
Fibra bruta	Gravimetría	Digestión ácido base	g/mg (%)	NB 35004:14
Hidratos de carbono	Cálculo	Cálculo indirecto	g/mg (%)	NB 312031:10
Valor energético	Cálculo	Cálculo indirecto	kcal/100g	NB 312032:06
pH	Potenciometría	pH-metro	mol/L	NB 313010:05

Fuente: CEANID, 2025**Análisis microbiológico de la qacha de membrillo**

En la Tabla 3.3 se muestra los métodos y técnicas que se tomaron en cuenta para determinar los parámetros microbiológicos de la qacha de membrillo, realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Tabla 3.7**Parámetros microbiológicos de la qacha de membrillo**

Microorganismos	Método	Técnica	Unidad	Norma
<i>Escherichia coli</i>	UFC	Cultivo	UFC/g	NB 32005
Mohos y levaduras	UFC	Cultivo	UFC/g	NB 32006
<i>Salmonella</i>	UFC	Cultivo	UFC/g	ISO 6579

Fuente: CEANID, 2025**Análisis fisicoquímico del licor de la qacha de membrillo**

En la Tabla 3.4 se muestra los métodos y técnicas que se tomaron en cuenta para determinar los parámetros fisicoquímicos del licor de la qacha de membrillo, realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Tabla 3.8
Parámetros fisicoquímicos del licor de la qacha de membrillo

Parámetros	Métodos	Técnicas	Unidad,	Norma
Humedad	Gravimetría	Secado en estufa	g/mg (%)	NB 313010:05
Ceniza	Gravimetría	Calcinación en mufla	g/mg (%)	NB 39034:10
Acidez	Volumetría	Titulación	g/mg (%)	NB 324010:09
Materia grasa	Gravimetría	Soxleth	g/mg (%)	NB 228:98
Proteína total	Kjedahl	Digestión y valoración	g/mg (%)	NB/ISO 8968-1:08
Fibra bruta	Gravimetría	Digestión ácido base	g/mg (%)	NB 35004:14
Hidratos de carbono	Cálculo	Cálculo indirecto	g/mg (%)	NB 312031:10
Valor energético	Cálculo	Cálculo indirecto	kcal/100g	NB 312032:06
pH	Potenciometría	pH-metro	mol/L	NB 313010:05
Grado alcohólico	Alcoholímetro	p/v	mL	NB 322003:04
Azúcares Totales	Volumetría	Medición	g/mg (%)	-

Fuente: CEANID, 2025

Análisis microbiológico del licor de la qacha de membrillo

En la Tabla 3.5 se muestra los métodos y técnicas que se tomaron en cuenta para determinar los parámetros microbiológicos del licor de la qacha de membrillo, realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Tabla 3.9
Parámetros microbiológicos del licor de la qacha de membrillo

Microorganismos	Métodos	Técnicas	Unidad	Norma
<i>Escherichia coli</i>	UFC	Cultivo	UFC/g	NB 32005
Mohos y levaduras	UFC	Cultivo	UFC/g	NB 32006
<i>Salmonella</i>	UFC	Cultivo	UFC/g	ISO 6579

Fuente: CEANID, 2025

Equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios

En el presente trabajo de investigación se requirió el uso de equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios para la elaboración de licor de la qacha de membrillo, que se detallan a continuación:

Equipos

En la Figura 3.1 se muestran los equipos que se utilizó para la elaboración de licor de qacha de membrillo y son detallados en el (Anexo G).

Cocina semi industrial	Macerador
• Marca: TODO INOX S.R.L • Modelo: SKU: 51.09-0081 • Material: Chapa de acero galvanizado • Quemadores: Dobles	• Marca: INVICTA • Material: Vidrio • Tipo de cierre: Rosca • Tipo de tapa: Plástico • Capacidad: 1300 ml • Altura: 16 cm • Diámetro: 9 cm • Peso: 450g

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4: Equipos para la elaboración de licor de qacha de membrillo

Instrumentos

En la Figura 3.2 se muestran los instrumentos que se utilizó para la elaboración de licor de qacha de membrillo y son detallados en el (Anexo G).

Balanza analítica	• Marca: RADWAG • Modelo: AS310.R2 • Capacidad: 10 mg- 310 g • Error: 1mg	Refractómetro	• Marca: U-95000-002 • Modelo: Alle france • Precisión: 0,2 °Brix • Industria: Poland
Alcoholímetro	• Marca: Nahita • Capacidad: 0- 100 GL • Material: Vidrio	PH-metro	• Marca: LAQUA • Modelo: B08K0006 • Precisión: $\pm 0,003$ pH • Rango: 0- 14 pH • Industria: Japón
Balanza de precisión	• Marca: RADWAG • Modelo: PS 4500.R2 • Capacidad: 0,5g- 4500g • Error: 0,1g	Bureta digital	• Marca: JENCONS • Modelo: Digitrate-PRO 50 • Precisión: 0,2 • Rango: 0,01- 50 ml • Industria: España
Destilador enológico	• Marca: SELECTA • Modelo: DE-1626 • Potencia: 1800 W • Tiempo: 7min/200ml • Peso: 27Kg	Termobalanza	• Marca: RADWAG • Modelo: PM 60.3Y.WH • Capacidad: 60g • Temperatura MAX: 250°C

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5: Instrumentos para la elaboración de licor de gacha de membrillo

Material de laboratorio

En la Tabla 3.6 se muestra el material de laboratorio que se utilizó en la elaboración de licor de gacha de membrillo y son detallados en el (Anexo G).

Tabla 3.10

Materiales de laboratorio para la elaboración de licor de gacha de membrillo

Materiales	Capacidad	Material
Vaso de precipitación	50 y 100 ml	Vidrio
Probeta	100 ml	Vidrio
Embudo	Mediano	Plástico
Erlenmeyer	50 ml	Vidrio
Picnómetro	30 y 50 ml	Vidrio
Pipeta	5 ml	Vidrio
Termómetro	100 °C	Vidrio
Tubo de ensayo	30 ml	Vidrio
Piseta	500 ml	Plástico

Fuente: Elaboración propia

Utensilios de cocina

En la Tabla 3.7 se muestra los utensilios que se utilizó en la elaboración de licor de gacha de membrillo y son detallados en el (Anexo G).

Tabla 3.11**Utensilios para la elaboración de licor de qacha de membrillo**

Utensilios	Capacidad	Material
Cuchara	Mediana	Acero inoxidable
Olla	4 L	Acero inoxidable
Fuente	Mediano	Plástico
Plato	Pequeño	Plástico
Colador	Mediano	Plástico
Repasador	Mediano	Tela
Cuchillo	Mediano	Acero Inoxidable
Frascos	(370, 1300) ml	Vidrio
Botella	(750, 1000) ml	Vidrio

Fuente: Elaboración propia**Reactivos alimentarios**

En la Tabla 3.8 se muestra los reactivos alimentarios que se utilizó en la elaboración de licor de qacha de membrillo y se detallan a continuación:

Tabla 3.12**Reactivos alimentarios para la elaboración de licor de qacha de membrillo**

Reactivo	Estado	Concentración	Unidad	Cantidad	Marca
NaOH	Líquido	0,1 N	ml	50	-
Fenolftaleína	Líquido	0,05%	ml	10	-

Fuente: Elaboración propia**Insumos alimentarios**

En la Tabla 3.9 se muestra los insumos que se utilizó en la elaboración de licor de qacha de membrillo y se detallan a continuación:

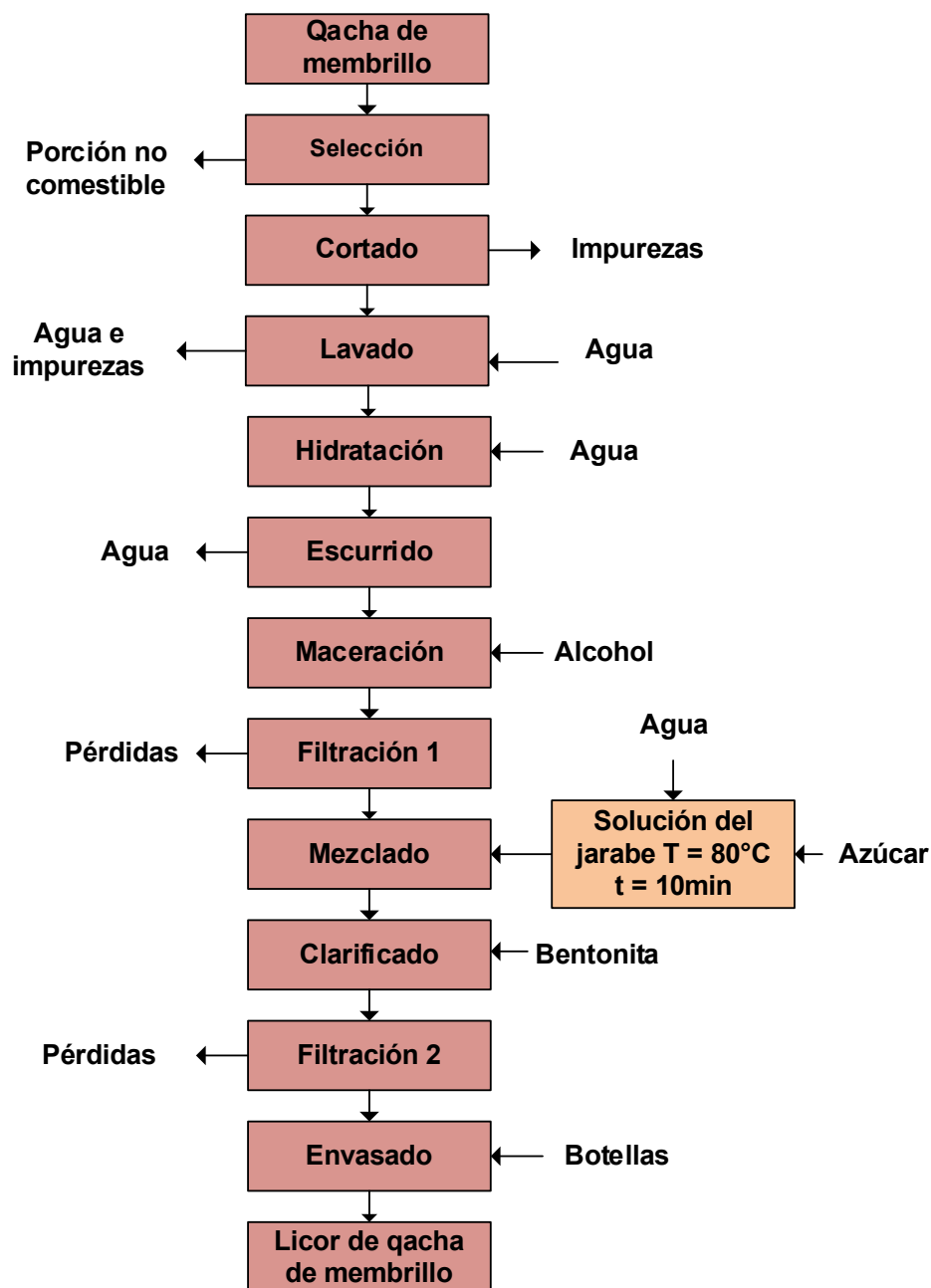
Tabla 3.13**Insumos alimentarios para la elaboración de licor de qacha de membrillo**

Insumos	Estado	Unidad	Cantidad	Marca
Azúcar	Sólido	kg	2	IABSA
Alcohol etílico	Líquido	l	8	Alcosur
Agua destilada	Líquido	l	10	-
Bentonita	Sólido	g	2	ENOVINT

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo

En la Figura 3.3, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de licor de qacha de membrillo.



Fuente: Elaboración propia

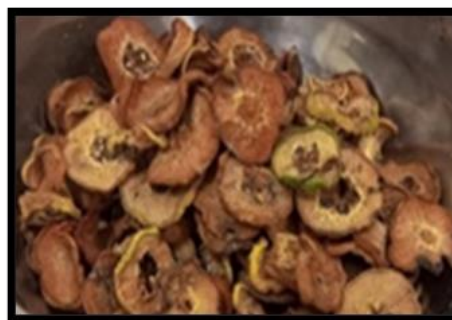
Figura 3.6: Diagrama de flujo de elaboración de licor de qacha de membrillo

Descripción del diagrama de proceso de licor de qacha de membrillo

A continuación, se describen las etapas de elaboración de licor de qacha de membrillo.

Qacha de membrillo

En la Figura 3.4, se muestran la qacha de membrillo que se utilizaron en el presente trabajo, con origen de la comunidad de Rio San Juan del Oro, en el municipio de Yunchará del departamento de Tarija.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7: Qacha de membrillo

Selección

En la Figura 3.5 se muestra la selección de la qacha de membrillo, que inicia con la inspección visual de la qacha de membrillo, seleccionando qachas de tamaño uniforme con un rango de (3 – 6) cm. Se priorizó qachas con estructura intacta, color amarillo-anaranjado intenso y ausencia de daños mecánicos y pudrición.

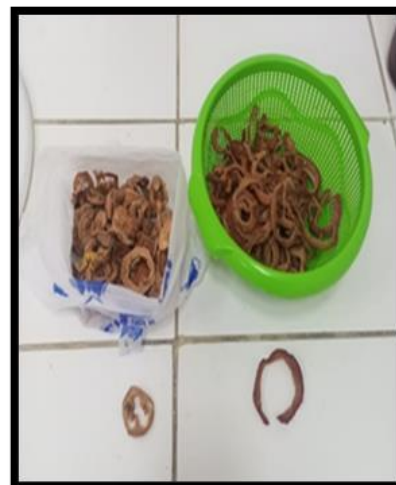


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8: Selección

Cortado

En la Figura 3.6, se muestra el proceso de cortado el cual consistió en colocar la qacha de membrillo en un recipiente de plástico. Posteriormente, con un cuchillo de acero inoxidable, se quitó la parte central (semillas y corazón) de la fruta para separar la porción comestible de la no comestible, seguidamente se picó en muestras pequeñas para favorecer al proceso.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.9: Cortado

Lavado

En la Figura 3.7, se muestra el proceso de lavado que consistió en colocar las muestras de qacha de membrillo en un recipiente de plástico con agua potable (1000 ml en 400 g de qacha), por inmersión directa en forma manual con la finalidad de eliminar cualquier impureza o cuerpos extraños adheridos sobre la superficie de las muestras de qacha.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.10: Lavado

Hidratación

En la Figura 3.8, se muestra el proceso de hidratación de las muestras de qacha de membrillo, realizado en un recipiente de plástico con agua potable en una relación de 1:2 (una parte de qacha/dos partes de agua). En este paso se ablandó las muestras de qacha para mejorar su textura y sabor al facilitar la liberación de pectinas y compuestos aromáticos, durante un tiempo de 7 minutos a temperatura ambiente (25°C).



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.11: Hidratación

Escurreido

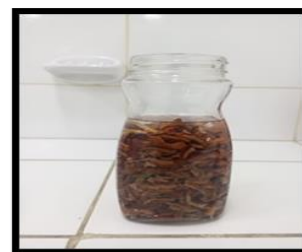
En la Figura 3.9, se muestra el escurrido de muestras de qacha de membrillo, donde se utilizó un colador de plástico, para eliminar el exceso de agua que contenga las muestras de qacha de membrillo por el proceso de hidratación.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.12: Escurreido

Maceración

En la Figura 3.10, se muestran el proceso de maceración de las muestras de qacha de membrillo previamente acondicionadas e hidratadas. Para este proceso se utilizó un frasco de vidrio de 500 ml de capacidad con tapa de plástico con cierre.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.13: Maceración

Posteriormente, se agregó alcohol etílico al 75%, con la relación (p/v), peso 43% de muestras de qacha de membrillo y volumen 57%. La maceración se realizó durante (17 a 23) días, controlando la acidez, pH y grado alcohólico cada tres días para evaluar las variables del proceso experimental.

Filtración I

En la Figura 3.11, se muestra el proceso de la filtración I del licor madre, en donde se utilizó un colador de plástico de 20 cm de diámetro y malla de plástico de 1mm; con la finalidad de separar la qacha de membrillo del extracto alcohólico de la mezcla.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.14: Filtración I

Mezclado

En la Figura 3.12 se muestra el proceso de mezclado, en el cual se combinó el extracto alcohólico con muestras de qacha de membrillo (licor madre) con solución de jarabe (48,5°Brix), en relación volumétrica 1:1. Primero, se agregó el jarabe a 25°C sobre el licor madre para evitar la formación de



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.15: Mezclado

espuma excesiva en un recipiente de acero inoxidable de 3000 ml de capacidad. Inmediatamente, se realizó la agitación manual de forma lenta con una paleta de madera durante (5 - 10) minutos en movimientos circulares continuos desde el fondo hacia la superficie, asegurando la homogeneización completa de sabores, aromas y densidad. Posteriormente, la mezcla se trasvasó a botellas de vidrio de 750 ml

esterilizadas y se selló herméticamente y se dejó reposar en un lugar fresco y oscuro entre (20 - 25°C) durante (7 - 15) días. Este reposo facilita la integración de compuestos volátiles y la estabilización del pH (3.5 - 4.6) del licor de qacha de membrillo.

Solución de jarabe

En la Figura 3.13 se muestra el proceso de preparación del jarabe, utilizando agua y azúcar en relación 1:1 (p/v), equivalente (50% azúcar/50% agua). En un recipiente de acero inoxidable se vertió el agua y el azúcar. Se mezcló hasta alcanzar los 80°C y se mantuviera a esa temperatura durante 10 minutos para asegurar la disolución completa y evitar la caramelización en la mezcla.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.16: Solución de jarabe

Clarificado

En la Figura 3.14 se muestra el proceso de clarificación del licor, para el cual se utilizó una suspensión de bentonita al 0,1% p/v (0,431 g de bentonita hidratada en 3,87 ml de agua a 25 °C durante 24 horas). Posteriormente, se incorporó lentamente al licor entre (15 - 20°C); mientras se agita lentamente durante cinco minutos para tener



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.17: Clarificado

una dispersión homogénea. La mezcla se dejó reposar entre (24 - 72) horas a temperatura controlada (20 - 25) °C sin agitar. Permitiendo la sedimentación completa de las partículas y pectinas en el fondo del envase; logrando brillo y

estabilidad, este proceso reduciendo la turbidez inicial del licor de qacha de membrillo.

Filtración II

En la Figura 3.15 se muestra el proceso de filtración II del licor de qacha de membrillo, que consistió en pasar el licor clarificado (post-bentonita) a través de un embudo de plástico equipado con un filtro de tela fina (malla 100-200) μm . Primeramente, se decantó suavemente el licor sobrenadante, evitando remover el sedimento del fondo del envase. Se colocó el embudo sobre un recipiente receptor limpio y esterilizado. Posteriormente se vertió



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.18: Filtración II

el licor lentamente en el embudo para separar las pequeñas partículas residuales del primer filtrado y sedimentos restantes. Permitiendo el flujo por gravedad durante (10-15) minutos, presionando ligeramente si era necesario para completar el volumen sin generar turbidez. En esta etapa se eliminó impurezas finas, asegurando un licor cristalino y apto para envasado final.

Envasado

En la Figura 3.16 se muestra la etapa de envasado, utilizando botellas de vidrio transparente de 750 ml de capacidad previamente lavadas con agua a temperatura de 20 °C por un tiempo de cinco min y esterilizadas; mediante inmersión en baño María a 93°C durante 20 minutos para eliminar completamente cualquier carga microbiana residual y prevenir la contaminación post-clarificación. Se llenaron



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.19: Envasado

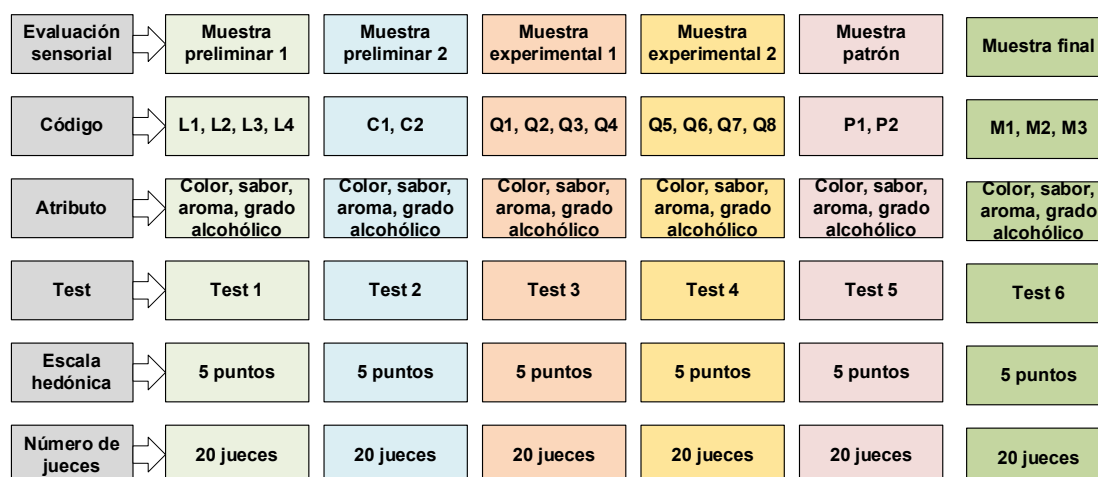
las botellas hasta 90% de su capacidad para permitir dilatación térmica y en el envase se sellan herméticamente con tapones sintéticos de calidad alimentaria. Finalmente, las botellas se almacenan en posición horizontal en lugar fresco y oscuro entre (12 - 18°C) durante (7 - 14) días adicionales para su maduración final.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se define como la disciplina científica que utiliza los sentidos humanos para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a las características de los alimentos percibidas a través de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Este análisis permite conocer y cuantificar las propiedades organolépticas de los productos, como su apariencia, aroma, sabor, textura y, en ocasiones, sonido, con el fin de evaluar la calidad, frescura y aceptabilidad del producto (Anzaldúa, 1994). Asimismo, según Espinoza (2007), la evaluación sensorial se define como "la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a las características percibidas por los sentidos" (p. 22).

Evaluación sensorial para la valoración del licor de qacha de membrillo obtenido

En la Figura 3.17, se detallan las evaluaciones sensoriales que se realizaron en el presente trabajo de investigación para la elaboración de licor de qacha de membrillo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.20: Evaluaciones sensoriales del licor de qacha de membrillo

Diseño experimental

Según el grupo de Investigación de Ingeniería Tisular, (2024) “el diseño de investigación como el plan, estructura y estrategia concebidos para obtener respuestas a preguntas de investigación y controlar la varianza, abarcando desde la formulación de hipótesis hasta el análisis de datos” (p. 42). Así mismo, Rodríguez, (2014) “Diseño experimental debe contener la definición de tratamientos, unidades experimentales, observaciones a tomar y el método de asignación de tratamientos, con el propósito de controlar variables extrañas y asegurar la validez interna y externa de los resultados” (p. 154).

Diseño factorial 2^k

El diseño factorial 2^k es una metodología experimental ampliamente utilizada para estudiar el efecto conjunto de k factores, donde cada factor se evalúa en dos niveles específicos, combinados denominados como niveles alto y bajo, o presencia y ausencia. Este enfoque permite no solo analizar el efecto individual de cada factor sobre la variable respuesta, sino también identificar y cuantificar las posibles interacciones entre los factores, lo que resulta fundamental para entender de manera integral cómo las variables influyen en el proceso o sistema bajo estudio (Medina & López, 2011).

El diseño factorial se aplicó en la parte experimental del presente trabajo de investigación se muestra en la ecuación 3.1

$$2^K \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

Donde

2 = Número de niveles

K = Número de variables

Diseño factorial 2^3 en el proceso de maceración alcohólica

En el presente trabajo se aplicó el diseño experimental en la etapa de maceración para la elaboración de licor de qacha de membrillo de acuerdo a la ecuación 3.2:

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ prueba/ réplica} \quad \text{(Ecuación 3.2)}$$

Para tal efecto las variables propuestas y sus niveles de variación son los siguientes:

A = Porcentaje de qacha de membrillo (%) (2 niveles)

B = Concentración de alcohol (%) (2 niveles)

C = Tiempo de maceración (días) (2 niveles)

En la Tabla 3.10, se muestra la matriz del diseño factorial que se aplicó en la etapa de maceración del licor de qacha de membrillo conformado por tres variables: porcentaje de qacha de membrillo (A), concentración de alcohol (B) y tiempo de maceración (C).

Tabla 3.14
Matriz de diseño factorial en la etapa de maceración

Corridas	Factores							Variable respuesta		
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y_{i1}	Y_{i2}	Y_{i3}
(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y_1	Y_1	Y_1
a	+	-	-	-	-	+	+	Y_2	Y_2	Y_2
b	-	+	-	-	+	-	+	Y_3	Y_3	Y_3
ab	+	+	-	+	-	-	-	Y_4	Y_4	Y_4
c	-	-	+	+	-	-	+	Y_5	Y_5	Y_5
ac	+	-	+	-	+	-	-	Y_6	Y_6	Y_6
bc	-	+	+	-	-	+	-	Y_7	Y_7	Y_7
abc	+	+	+	+	+	+	+	Y_8	Y_8	Y_8

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Y_{i1} = Variable respuesta grado alcohólico °GL

La variable respuesta grado alcohólico (°GL) del licor de qacha de membrillo se realizó mediante picnometría para mediciones iniciales precisas del etanol puro (maceración) y post-destilación del licor final, complementada con alcoholímetro para controles rápidos cada 4 días durante el proceso de maceración (OIV, 2016).

Y_{i2} = Variable repuesta de acidez del licor (%)

La acidez (variable respuesta) del licor de qacha de membrillo se calculó por titulación ácido-base con bureta, hidróxido de sodio (NaOH 0,1 N) e indicador fenolftaleína, monitoreando acidez málica cada 4 días durante la maceración y post-jarabe (AOAC International, 2016).

Y_{i3} = Variable respuesta de pH del licor (%)

La variable respuesta pH del licor de qacha de membrillo se determinó mediante un pH-metro digital calibrado para monitorear la acidez evolutiva, asegurando estabilidad microbiológica, con controles analíticos cada 4 días durante la maceración (AOAC International, 2016).

La Tabla 3.11, se muestran la variación de los factores (nivel alto y nivel bajo) aplicado en la etapa de maceración; conformado por las tres variables: porcentaje de qacha de membrillo (A) Nivel alto 45% y nivel bajo 39%, concentración de alcohol (B) muestra nivel alto 78% y nivel bajo el 72% y tiempo de maceración (C) muestra nivel alto 23 días y nivel bajo 17 días.

Tabla 3.15

Nivel de variación de los factores en la etapa de maceración

Variables	Unidad	Nivel inferior	Nivel superior
Porcentaje de cacha (A)	(%)	39	45
Concentración de alcohol (B)	(%)	72	78
Tiempo de maceración (C)	(Días)	17	23

Fuente: Elaboración propia

Operacionalización de variables para el proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo

Cuadro 3.1

Operacionalización de variables para el proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo

Hipótesis	Variables	Definición variable	Índice subvariables	Indicador
La aplicación del proceso de maceración alcohólica, permitió elaborar licor de qacha de membrillo, con la finalidad de obtener un producto de calidad para la provincia Cercado de Tarija.	Independiente	La maceración alcohólica es un proceso donde las frutas se sumergen en alcohol para extraer sus compuestos aromáticos y saborizantes, creando bebidas con perfiles sensoriales únicos. (Van Den Bossche, 2018)	Tiempo de maceración	días
	Proceso de maceración de frutas		Temperatura	°C
			pH	-
			Grado alcohólico	%v/v
			Acidez	%
	Dependiente	El licor es una bebida alcohólica obtenida por destilación, maceración o mezcla de diversas sustancias, compuesta principalmente de alcohol, agua, azúcar y esencias aromáticas variadas, que pueden incluir frutas, hierbas, especias, flores u otros botánicos (RAE, 2024).	Grado alcohólico	%v/v
	Licor de qacha de membrillo		Acidez	g/L
			pH	1-14
			Análisis fisicoquímico	%
			Análisis microorganismo	UFC/mL
Evaluación sensorial			Color, sabor, aroma, grado alcohólico	

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 3.1, se muestra la operacionalización de las variables independiente y dependiente en el desarrollo de la parte experimental para la elaboración de licor de qacha de membrillo.

CAPÍTULO IV

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Caracterización de la qacha de membrillo

Para la caracterización de la qacha de membrillo, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros; físicos, fisicoquímicos y microbiológicos que se detallan a continuación:

Propiedades físicas de la qacha de membrillo

En la Figura 4.1, se observan las muestras de qacha de membrillo, en las cuales se realizó los análisis físicos: espesor, ancho, porción comestible (%) y no comestible (%). Procedente de la comunidad San Juan de Oro en el Municipio de Yunchará del departamento de Tarija.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Muestras de qacha de membrillo

En la Tabla 4.1, se observan los resultados de las propiedades físicas de la qacha de membrillo, obtenidos a partir de 15 muestras seleccionadas al azar y aleatoriamente.

Tabla 4.16**Propiedades físicas de la qacha de membrillo**

Muestra	Peso (g)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	PC (g)	PNC (g)	PC (%)	PNC (%)
1	8,15	60,70	5,40	7,27	0,88	89,20	10,80
2	2,44	44, 50	4,00	2,00	0,44	81,97	18,03
3	1,84	31,00	4,31	1,41	0,43	76,63	23,37
4	6,07	49,18	4,00	5,45	0,62	89,78	10,21
5	4,10	47,56	2,36	2,21	1,89	53,90	46,10
6	4,86	52,70	3,00	4,13	0,73	84,97	15,03
7	4,88	41,64	2,50	4,40	0,48	90,16	9,84
8	2,60	37,00	3,54	2,00	0,60	76,92	23,07
9	4,97	42,34	5,46	4,14	0,83	87,48	12,52
10	3,21	46,40	3,22	2,72	0,49	84,73	15,27
11	4,16	49,71	3,74	4,13	0,03	99,27	0,73
12	4,13	46,28	5,60	3,84	0,29	92,97	7,03
13	2,86	35,80	4,30	2,00	0,86	69,93	30,06
14	3,36	34,00	5,42	2,34	0,02	69,64	30,36
15	3,46	35,30	7,00	3,17	0,29	91,61	8,39
Σ	61,00	609,61	63,85	51,21	8,88	1148,9	260,81
$\bar{x}$	4,07	40,64	4,25	3,41	0,59	81,50	18,50

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 4.1, se observan los resultados promedios de las propiedades físicas de la qacha de membrillo que presentan: peso 4,07g, ancho 40,64mm, el espesor 4,25mm, porción comestible 76,60% y no comestible 17,38%.

Propiedades fisicoquímicas de la qacha de membrillo

En la Tabla 4.2, se muestran los análisis obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la qacha de membrillo de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.17**Propiedades fisicoquímicas de la qacha de membrillo**

Parámetros	Unidad	Valores
Ceniza	g/100g	3,08
Acidez titulable (ácido málico)	g/100g	3,43
Fibra	g/100g	14,99
Grasa	g/100g	1,16
Hidratos de carbono	g/100g	78,01
Humedad	g/100g	14,60
pH	-	3,54
Proteína total (Nx6,25)	g/100g	3,15
Valor energético	Kcal/100g	343,00

Fuente: CEANID, 2025

Según la Tabla 4.2, se observan los resultados de los análisis fisicoquímicos de la qacha de membrillo como ser: Ceniza 3,08 g/100g; Acidez titulable (como ácido málico) 3,43 g/100g; Fibra 14,99 g/100g; Grasa 1,16 g/100g; Hidratos de carbono 78,01 g/100g; Humedad 14,60 g/100g; pH 3,54; Proteína total (Nx6,25) 3,15 g/100g y Valor energético 343,00 Kcal/100g.

Análisis microbiológico de la qacha de membrillo

En la Tabla 4.3, se muestran los análisis obtenidos del análisis microbiológico de la qacha de membrillo de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.18**Análisis microbiológico de la qacha de membrillo**

Microorganismos	Unidad	Valores
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levadura	UFC/g	$2,1 \times 10^1$
<i>Salmonella</i>	P/A en 25 g	Ausencia

(*) no se observan desarrollo de colonias

Fuente: CEANID, 2025

Según la Tabla 4.3, se muestran los resultados de los análisis microbiológicos de la qacha de membrillo como ser: *Escherichia coli* $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g; Mohos y levaduras $2,1 \times 10^1$ UFC/g y *Salmonella* P/A en 25 g.

Análisis de micronutrientes de la qacha de membrillo

En la Tabla 4.4, se muestran los análisis de micronutrientes obtenidos de la qacha de membrillo de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.19

Análisis de micronutrientes de la qacha de membrillo

Parámetros	Unidad	Valores
Calcio	mg/100g	31,70
Fósforo	mg/100g	31,00

Fuente: CEANID, 2025

Según la Tabla 4.4, se muestran los resultados de los análisis de micronutrientes de la qacha de membrillo como ser: Calcio 31,7 mg/100g y Fósforo 31 mg/100g.

Propiedades fisicoquímicas del alcohol etílico

En la Tabla 4.5, se muestran los análisis obtenidos de los análisis fisicoquímicos de alcohol etílico de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.20

Propiedades fisicoquímicas de alcohol etílico

Parámetros	Unidad	Valores
Acidez total	g/L	0,07
Extracto seco total	mg/L	n.d
Grado alcohólico	%(v/v)	96,0
Metanol	mg/L	< 52
n.d. no detectado		

Fuente: CEANID, 2025

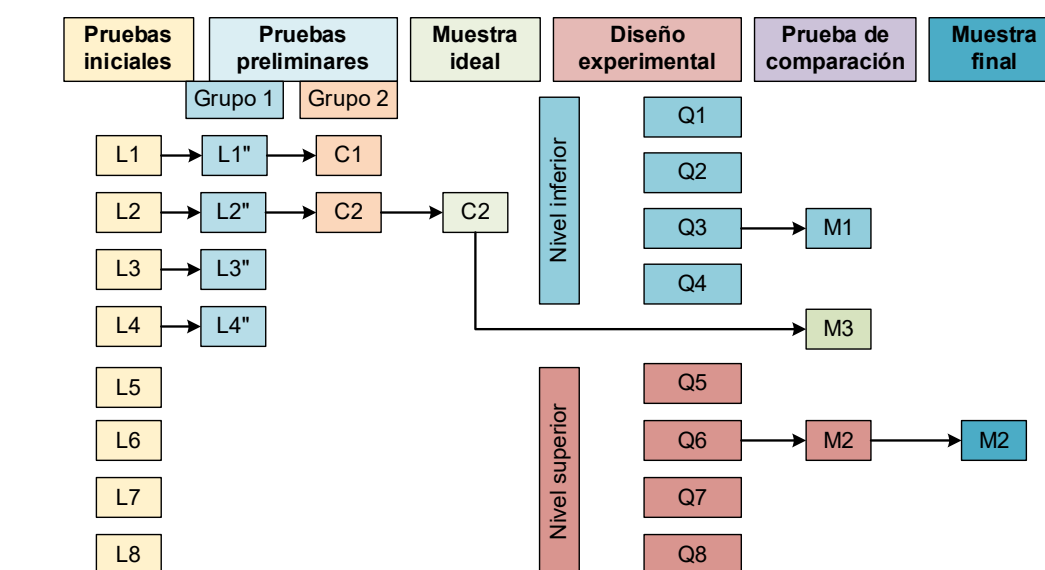
Según la Tabla 4.5, se observan los resultados de los análisis fisicoquímicos de alcohol etílico como ser: Acidez total 0,07 g/L; Extracto seco total (n.d); grado alcohólico 96,0 %(v/v) y metanol < 52 mg/L.

Caracterización de las variables del proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo

Para la caracterización de las variables del proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo, se tomaron los siguientes aspectos con el fin de plantear tecnología a nivel experimental.

Pruebas iniciales para la elaboración de licor de qacha de membrillo

Para el desarrollo de la parte experimental de elaboración de licor de qacha de membrillo, se procedió a realizar ocho pruebas iniciales (L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7 y L8); donde se hizo variar la dosificación: porcentaje de concentración de alcohol etílico, porcentaje de qacha de membrillo y °Brix. Con la finalidad de obtener una metodología experimental. En base a estas pruebas iniciales, se realizaron las muestras preliminares del grupo 1 que fueron recodificadas como L1" (L1), L2" (L2), L3" (L3) y L4" (L4); en donde, se realizó la variación en la dosificación en los porcentajes: concentración de alcohol etílico y porcentaje de qacha de membrillo como se detalla en la Figura 4.2. Así mismo, se obtuvieron las muestras preliminares del grupo 2, (C1 y C2); con el fin de determinar la muestra ideal.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22: Pruebas iniciales para la obtención de licor de qacha de membrillo

Variación en la dosificación de insumos de licor de qacha de membrillo para las muestras iniciales

Para realizar la variación de las ocho muestras de licor de qacha de membrillo (L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7 y L8). Se tomo en cuenta la formulación de licor citado por la Norma Técnica de Licores (1994), con la finalidad de obtener la metodología experimental para el proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo. En la Tabla 4.6 se menciona la variación en la dosificación de insumos de las ocho pruebas iniciales para la elaboración de licor de qacha de membrillo.

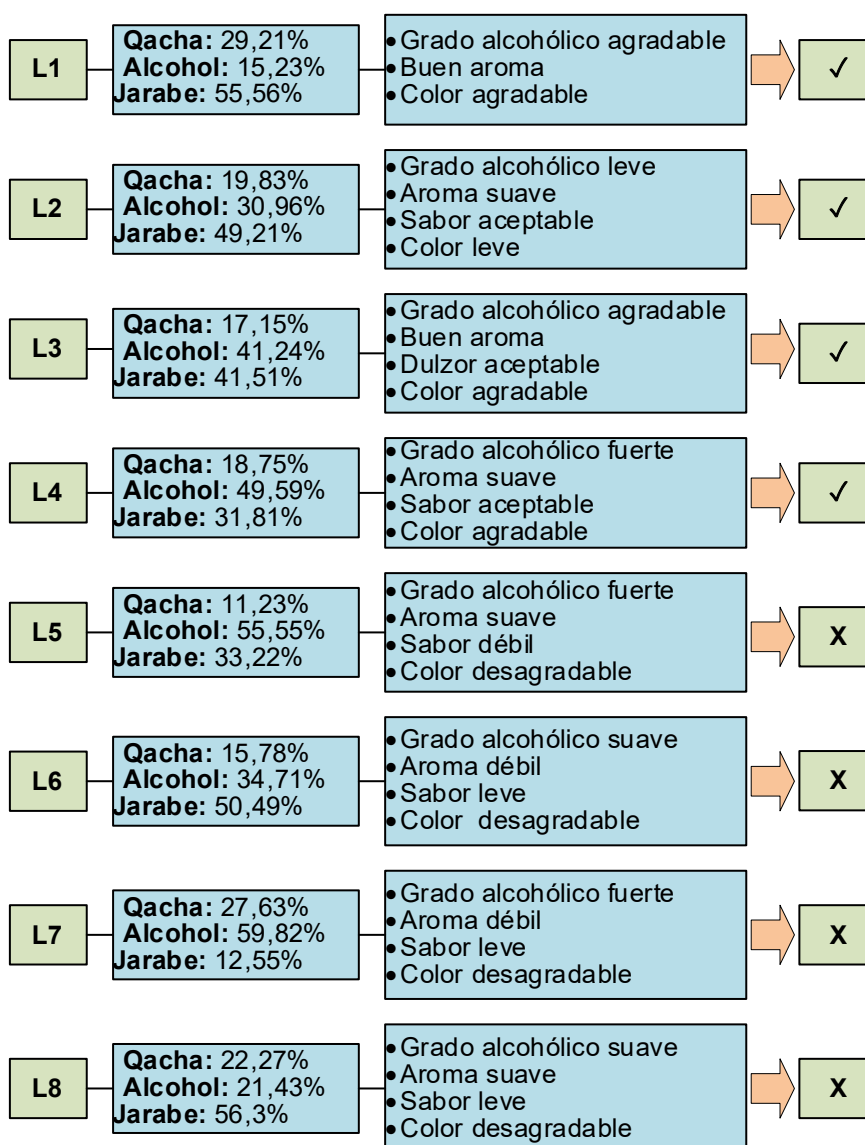
Tabla 4.21

Variación en la dosificación de insumos para pruebas preliminares

Insumos	Unidad	Rango
Qacha	%	11.23 - 29.21
Alcohol	%	13.82 - 59.82
Jarabe	%	12.55 - 56.96

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.6, se muestran las ocho pruebas iniciales de licor de qacha de membrillo, que fueron valoradas de manera subjetiva en Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos como se muestra en la Figura 4.3.



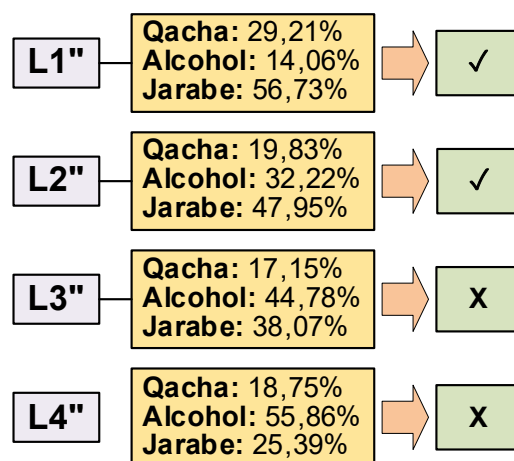
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23: Valoración subjetiva para pruebas iniciales de licor de qacha de membrillo

Según la Figura 4.3, en base a los resultados de la variación subjetiva, se pudo observar que las muestras (L1, L2, L3 y L4) fueron las de mayor preferencia por presentar mejores características en los atributos: sabor, color, aroma y grado alcohólico aceptable; a comparación en las muestras (L5, L6, L7 y L8), que presentaron un grado alcohólico fuerte, aroma bajo, color poco agradable y sabor muy dulce.

Variación en la dosificación de insumos del licor de qacha de membrillo para muestras preliminares (grupo 1)

Para la dosificación de las muestras preliminares (grupo 1), se tomaron en cuenta las pruebas iniciales (L1, L2, L3 y L4) las cuales fueron recodificadas como (L1", L2", L3" y L4"). En donde se realizó de nuevo la variación insumos en la dosificación en función de los porcentajes de concentración de alcohol y °Brix; con la finalidad de mejorar el aroma y sabor en el proceso de elaboración del licor de qacha de membrillo a nivel experimental. En la Figura 4.4 se especifica la dosificación de insumos de las cuatro muestras preliminares (grupo 1).



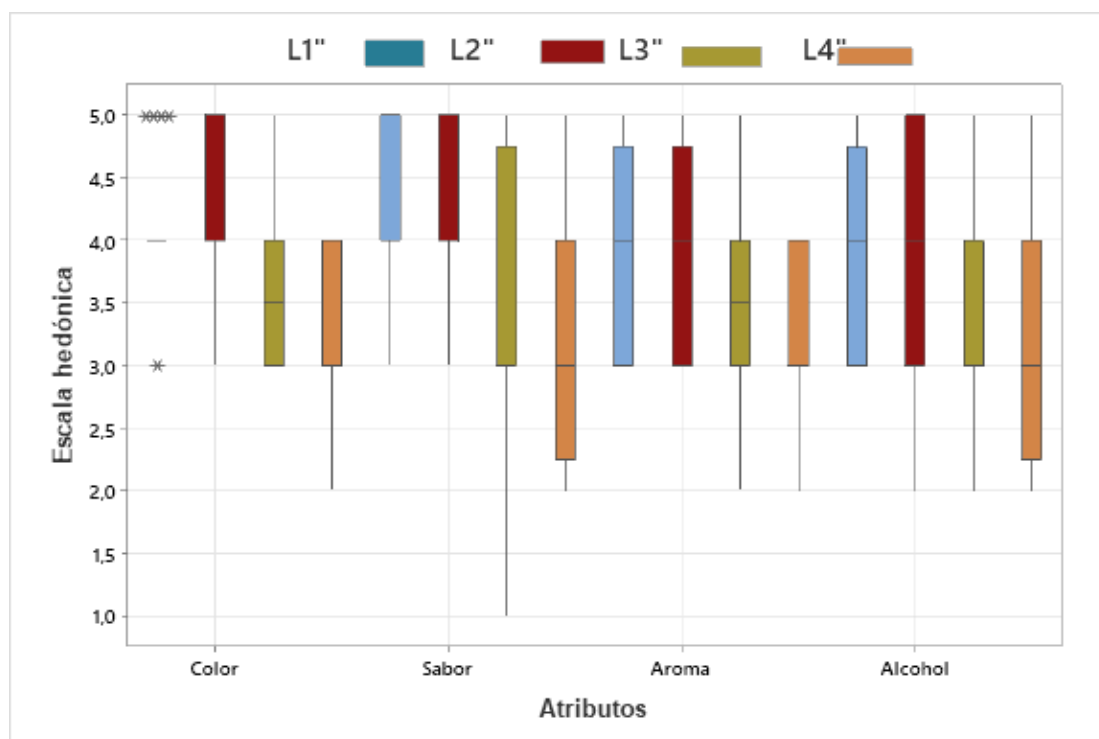
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24: Dosificación de insumos para las muestras preliminares (grupo 1)

En la Figura 4.4 las muestras preliminares del (grupo 1) (L1", L2", L3" y L4"); fueron evaluadas sensorialmente utilizando la escala hedónica de cinco puntos en donde se valoraron los atributos: aroma, sabor, color y grado alcohólico con 20 jueces no entrenados; con el fin de elegir la muestra preliminar de licor de qacha de membrillo.

Estadístico de caja y bigote de las muestras preliminares del (grupo 1) de licor de qacha de membrillo

En la Figura 4.5, se muestra el estadístico caja y bigote de la muestra preliminar del grupo 1 de datos obtenidos del (Anexo C), para los atributos; color, sabor, aroma y grado alcohólico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25: Caja y bigote para muestras preliminares (grupo 1) de licor de qacha de membrillo

Según la Figura 4.5; se puede observar los resultados en función del valor de mediana para el atributo: color 4,0 (L1'' y L2''), 3,5 (L3'') y 3,0 (L4''); sabor 4,0 (L1'' y L2'') y 3,0 (L3'' y L4''); aroma 4,0 (L1'' y L2'') 3,5 (L3'') y 3,0 (L4''); grado alcohólico 4,0 (L1'' y L2'') y 3,0 (L3'' y L4''). Así mismo, realizado el análisis de varianza se pudo observar que no existe diferencia significativa en los atributos color, sabor, aroma y grado alcohol para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Estadístico de Tukey para el atributo color (grupo 1) de licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.7, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) para el atributo color.

Tabla 4.22

Estadístico de Tukey para atributo color

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
L2" - L1"	0,10	0,50	No hay diferencia
L2" - L3"	0,70	0,50	Si hay diferencia
L2" - L4"	1,05	0,50	Si hay diferencia
L1" - L3"	0,60	0,50	Si hay diferencia
L1" - L4"	0,95	0,50	Si hay diferencia
L3" - L4"	0,35	0,50	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.7, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos (L2" - L3, L2" - L4", L1" - L3" y L1" - L4") para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Estadístico de Tukey para el atributo sabor (grupo 1) de licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.8, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) para el atributo color.

Tabla 4.23

Estadístico de Tukey para atributo sabor

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
L2" - L1"	0,20	0,51	No hay diferencia
L2" - L3"	0,85	0,51	Si hay diferencia
L2" - L4"	1,20	0,51	Si hay diferencia
L1" - L3"	0,65	0,51	Si hay diferencia
L1" - L3"	1,00	0,51	Si hay diferencia
L3" - L4"	0,35	0,51	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.8, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos (L2" - L3, L2" - L4", L1" - L3" y L1" - L4") para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Estadístico de Tukey para el atributo aroma (grupo 1) de licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.9, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del Anexo para el atributo color.

Tabla 4.24

Estadístico de Tukey para atributo aroma

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
L1" - L2"	0,05	0,43	No hay diferencia
L1" - L3"	0,10	0,43	No hay diferencia
L1" - L4"	0,65	0,43	Si hay diferencia
L2" - L3"	0,35	0,43	No hay diferencia
L2" - L4"	0,60	0,43	Si hay diferencia
L3" - L4"	0,25	0,43	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.9, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos (L1" - L4" y L2" - L4) para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Control de parámetros fisicoquímicos para las pruebas preliminares (grupo 1) de licor de qacha de membrillo

Se realizaron los controles individuales de los parámetros fisicoquímicos como ser pH, acidez y grado alcohólico en las pruebas preliminares (grupo 1) de licor de qacha (L1", L2", L3" y L4"); con el fin de realizar un seguimiento del comportamiento de estos parámetros.

Control de pH en las muestras preliminares (grupo 1)

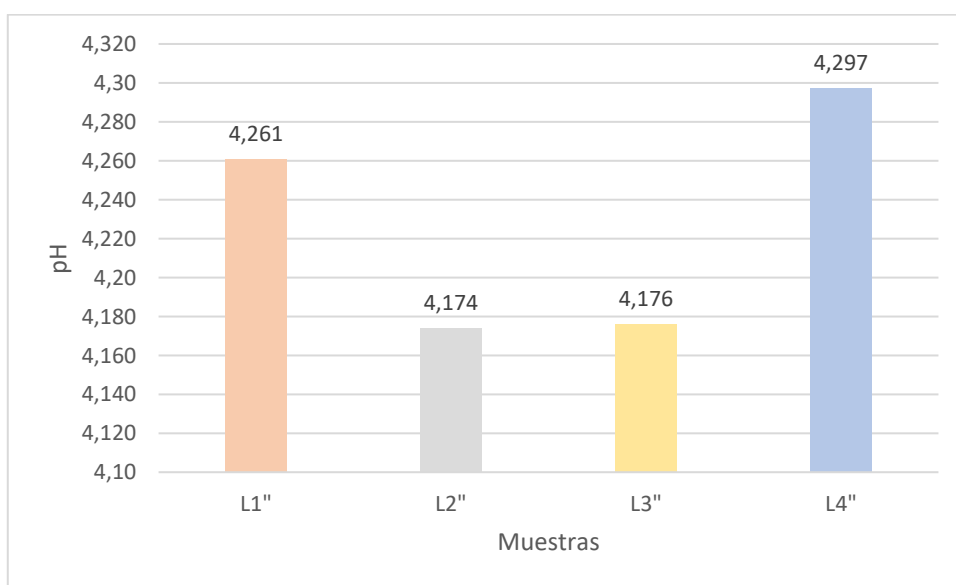
En la Tabla 4.10, se muestran los resultados obtenidos de pH en las pruebas preliminares (grupo 1) de licor de qacha de membrillo, utilizando la determinación de pH de bebidas alcohólicas que se detalla en el (Anexo D).

Tabla 4.25**Control de pH en las muestras preliminares (grupo 1)**

Muestras	pH
L1"	4,261
L2"	4,174
L3"	4,176
L4"	4,297

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.6, se muestran el control individual de pH en las pruebas preliminares (grupo 1) en base a los datos de la Tabla 4.10.

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 4.26:** Control de pH en las muestras preliminares (grupo 1)

Según la Figura 4.6, se observa que existe variación de pH en las muestras preliminares (grupo 1) de las muestras de licor de qacha de membrillo fueron: L1" (4,161), L2" (4,174), L3" (4,176) y L4" (4,297). Presentando esta variación en forma de dosificación de insumos de las cuatro muestras de licor.

Control de grado de acidez en muestras preliminares (grupo 1)

En la Tabla 4.11, se muestran los resultados obtenidos del porcentaje de acidez en las pruebas preliminares (grupo 1) de licor de qacha de membrillo, utilizando la determinación de acidez de bebidas alcohólicas que se detalla en el (Anexo D).

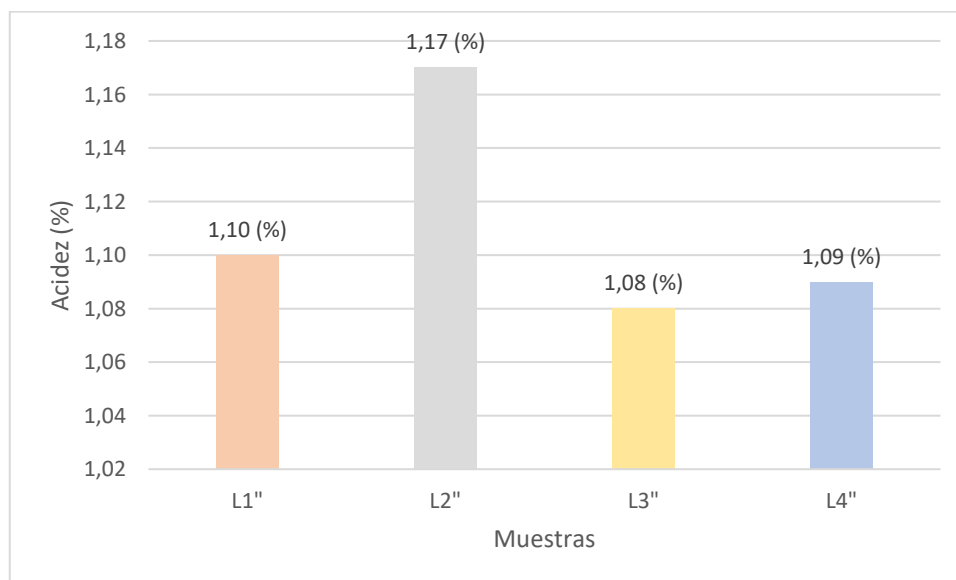
Tabla 4.26

Control de acidez en las pruebas preliminares (grupo 1)

Muestras	Unidad	Acidez
L1"	%	1,09
L2"	%	1,17
L3"	%	1,36
L4"	%	1,87

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.7, se muestran el control del porcentaje de acidez en las pruebas preliminares (grupo 1) en base a los datos de la Tabla 4.11.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27: Control de acidez en las muestras preliminares (grupo 1)

Según la Figura 4.7, se observa que existe variación en las pruebas preliminares (grupo 1) en donde el porcentaje de acidez de las muestras de licor de qacha de membrillo fueron: L1" (1,10%), L2" (1,17%), L3" (1,08%) y

L4" (1,09%). Presentando esta variación en forma de dosificación de insumos de las cuatro muestras de licor.

Control de grado de alcohólico en las muestras preliminares (grupo 1)

En la Tabla 4.12, se muestran los resultados obtenidos del contenido alcohólico en las pruebas preliminares (grupo 1) de licor de qacha de membrillo, utilizando la determinación del contenido alcohólico de bebidas alcohólicas que se detalla en el (Anexo D).

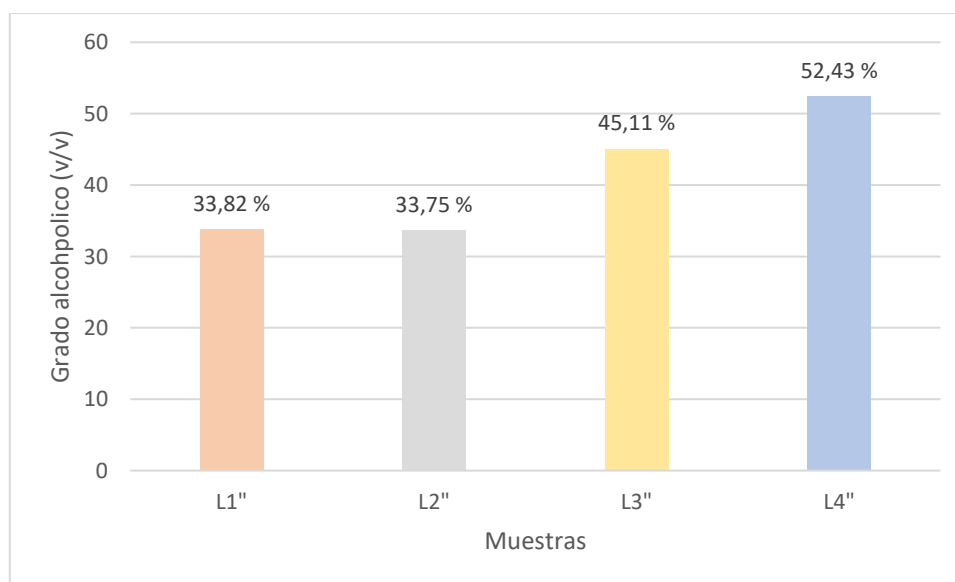
Tabla 4.27

Control de grado alcohólico en las muestras preliminares (grupo 1)

Muestras	Unidad	Grado alcohólico
L1"	%(v/v)	33,82
L2"	%(v/v)	33,75
L3"	%(v/v)	45,11
L4"	%(v/v)	52,43

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.8, se muestran el control de grado alcohólico en las muestras preliminares (grupo 1) en base a los datos de la Tabla 4.12.



Fuente: Elaboración propia

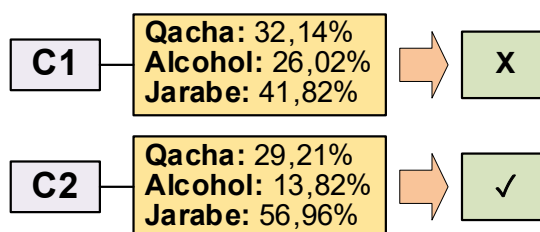
Figura 4.28: Control de contenido de alcohol en las muestras preliminares (grupo 1)

Según la Figura 4.8, se observa que existe variación en muestras preliminares (grupo 1) en donde el grado alcohólico de las muestras de licor de qacha de membrillo fueron: L1" (33,82%), L2" (33,75%), L3" (45,11%) y L4" (52,43%). Presentando esta variación en forma de dosificación de insumos de las cuatro muestras de licor.

De acuerdo a la evaluación sensorial realizada para los atributos evaluados de las muestras preliminares (grupo 1) y según el análisis estadístico de varianza para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, se pudo observar que los jueces eligieron las muestras (L1" y L2") por presentar sabor agradable, aroma aceptable, grado alcohólico suave y color adecuado.

Variación en la dosificación de insumos de licor de qacha de membrillo para las muestras preliminares (grupo 2)

Para la dosificación de las muestras preliminares (grupo 2), se tomaron en cuenta las pruebas iniciales (L1" y L2"), las cuales fueron recodificadas como (C1 y C2). En donde se realizó de nuevo la variación insumos en la dosificación en función de los porcentajes de concentración de alcohol, porcentaje de qacha de membrillo y °Brix, con la finalidad de mejorar el aroma y sabor en el proceso de elaboración del licor de qacha de membrillo a nivel experimental. En la Figura 4.9 se especifica la dosificación de insumos de las dos muestras preliminares (grupo 2).



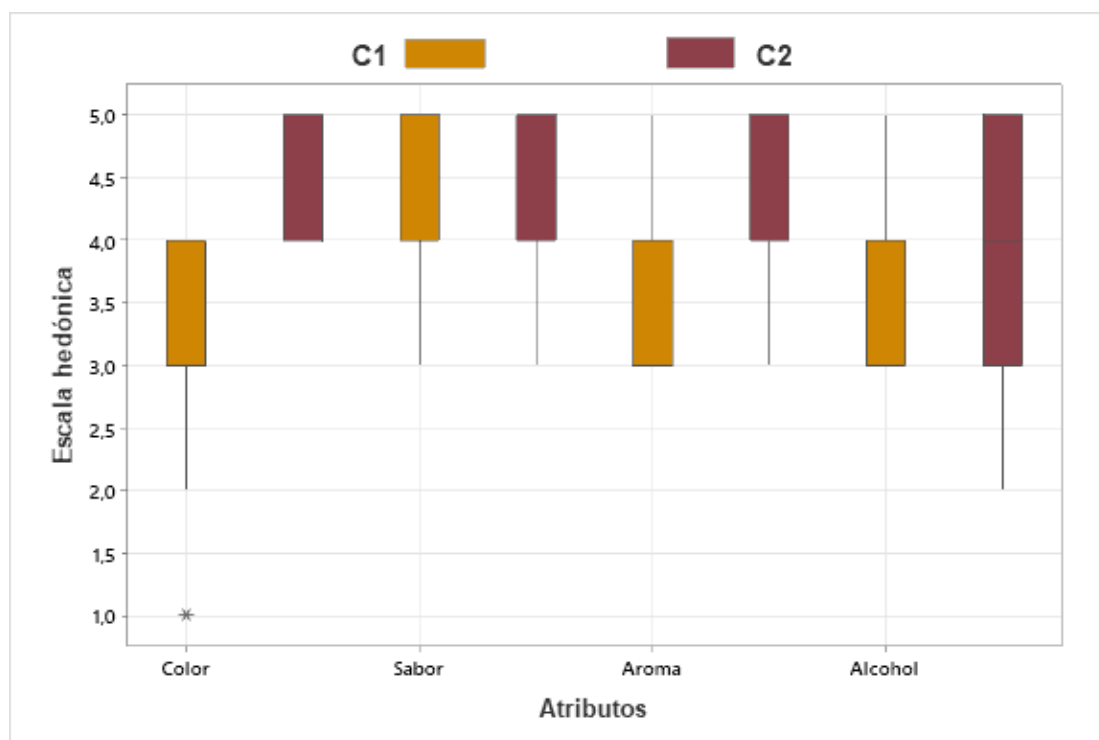
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29: Dosificación de insumos para las muestras preliminares (grupo 2)

En la Figura 4.9 las muestras preliminares (grupo 2) (C1 y C2); fueron evaluadas sensorialmente utilizando la escala hedónica de cinco puntos en donde se valoraron los atributos: aroma, sabor, color y grado alcohólico con 20 jueces no entrenados; con el fin de elegir la muestra de licor de qacha de membrillo.

Estadístico de caja y bigote de las muestras preliminares del (grupo 2) de licor de qacha de membrillo

En la Figura 4.10, se muestran el estadístico caja y bigote del (grupo 2) de datos obtenidos del (Anexo C), para los atributos; color, sabor, aroma y grado alcohólico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30: Caja y bigote para muestras preliminares (grupo 2) de licor de qacha de membrillo

Según la Figura 4.10; se puede observar los resultados en función del valor de mediana para el atributo: color 3,0 (C1) y 4,0 (C2); sabor 4,0 (C1, C2); aroma 4,0 (C1, C2); grado alcohólico 4,0 (C1, C2). Así mismo, realizado el análisis de

varianza se pudo observar que no existe diferencia significativa en los atributos color, sabor, aroma y grado alcohólico para un nivel de significancia $\alpha = 0,5$.

Control de parámetros fisicoquímicos en las muestras preliminares (grupo 2) de licor de qacha de membrillo

Se realizó en control de los parámetros fisicoquímicos; pH, acidez y grado alcohólico en las dos muestras (grupo 2) de licor de qacha de membrillo (C1 y C2); con el fin de realizar un seguimiento del comportamiento de pH, acidez y grado alcohólico en las muestras de licor.

Control de pH en las muestras preliminares (grupo 2)

En la Tabla 4.13, se muestran los resultados obtenidos de pH en pruebas preliminares (grupo 2) de licor de qacha de membrillo, utilizando la determinación de pH de bebidas alcohólicas que se detalla en el (Anexo D).

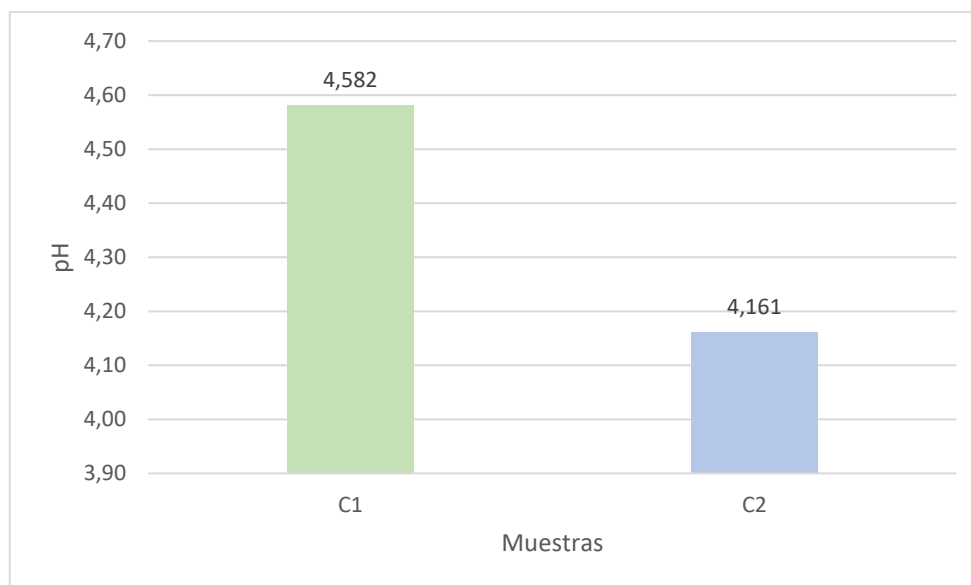
Tabla 4.28

Control de pH en las muestras preliminares (grupo 2)

Muestras	pH
C1	4,582
C2	4,161

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.11, se muestran el control de pH en las muestras preliminares (grupo 2) en base a los datos de la Tabla 4.13.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31: Control de pH en las muestras preliminares (grupo 2)

Según la Figura 4.11, se observa que existe variación en las muestras preliminares (grupo 2) en donde el pH de las muestras de licor de qacha de membrillo fueron: C1 (4,582) y C2 (4,161). Presentando esta variación en forma de dosificación de insumos de las dos muestras de licor.

Control de grado de acidez en muestras preliminares (grupo 2)

En la Tabla 4.14, se muestran los resultados obtenidos del porcentaje de acidez en pruebas preliminares (grupo 2) de licor de qacha de membrillo, utilizando la determinación de la acidez de bebidas alcohólicas que se detalla en el (Anexo D).

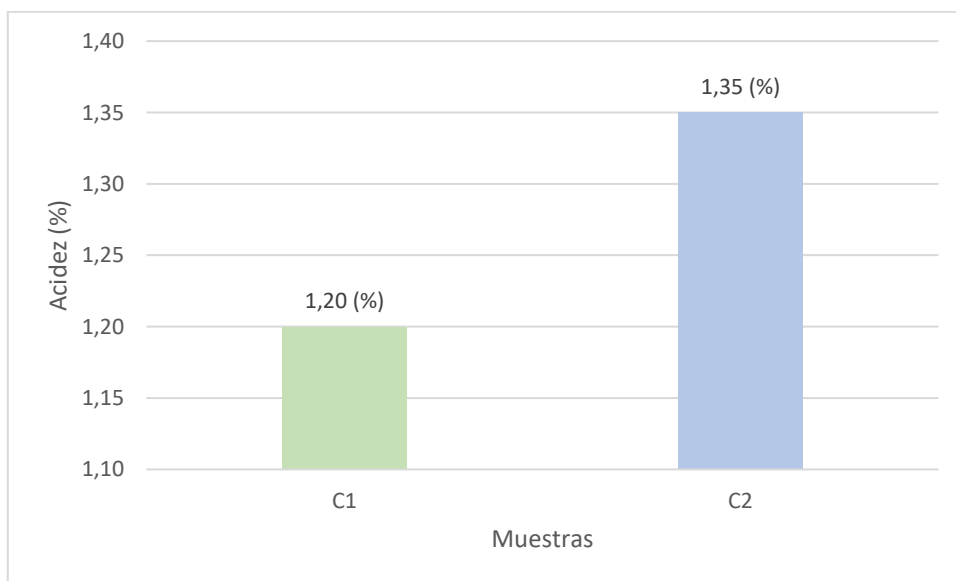
Tabla 4.29

Control de acidez en las muestras preliminares (grupo 2)

Muestra	Unidad	Acidez
C1	%	1,20
C2	%	1,35

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.12, se muestra el control de grado del porcentaje de acidez en pruebas preliminares (grupo 2) en base a los datos de la Tabla 4.14.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32: Control de acidez en las muestras preliminares (grupo 2)

Según la Figura 4.12, se observa que existe variación de las muestras preliminares (grupo 2) en donde el porcentaje de acidez de las muestras de licor de qacha de membrillo fueron: C1 (1,2%) y C2 (1,35%), Presentando esta variación en forma de dosificación de insumos de las dos muestras de licor.

Control de grado de alcohólico de las muestras preliminares (grupo 2)

En la Tabla 4.15, se muestran los resultados obtenidos del grado alcohólico en las muestras preliminares (grupo 2) de licor de qacha de membrillo, utilizando la determinación el grado alcohólico de bebidas alcohólicas que se detalla en el (Anexo D).

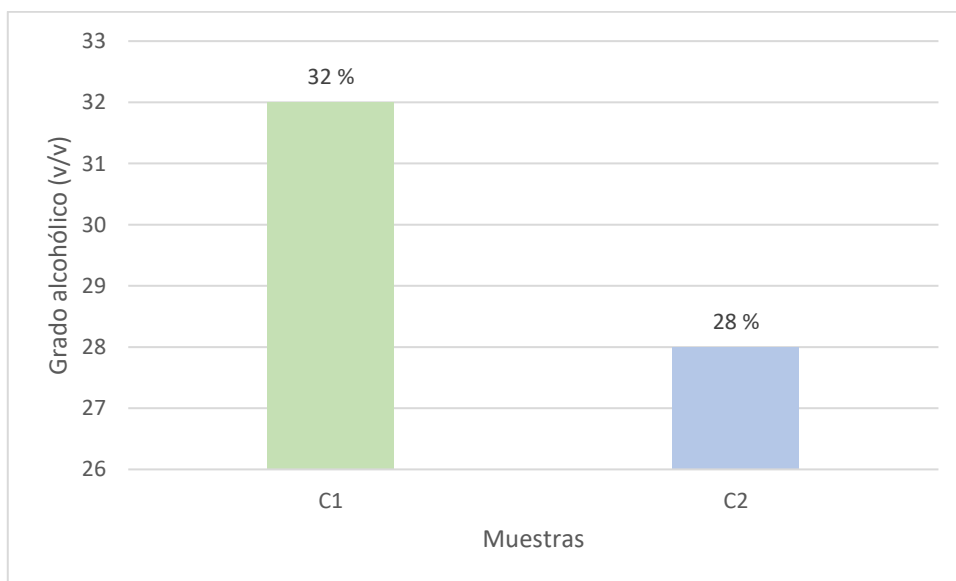
Tabla 4.30

Control de grado alcohólico en las muestras preliminares (grupo 2)

Muestra	Unidad	Grado alcohólico
C1	%(v/v)	32
C2	%(v/v)	28

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.13, se muestra el control de grado alcohólico en las muestras preliminares (grupo 2) en base a los datos de la Tabla 4.15.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33: Control de grado alcohólico muestras preliminares (grupo 2)

Según la Figura 4.13, se observa que existe variación de las muestras preliminares (grupo 2) en donde el grado alcohólico de las muestras de licor de qacha de membrillo fueron: C1 (32%) y C2 (28%), Presentando esta variación en forma de dosificación de insumos de las dos muestras de licor.

Diseño factorial 2^3 en la etapa de maceración alcohólica de licor de qacha de membrillo

Para el diseño experimental del presente trabajo, se realizado en base a la muestra C2, se aplicó la matriz del diseño factorial 2^3 de la Tabla 3.11 en donde se tomaron en cuenta las variables con nivel superior e inferior de acuerdo a la Tabla 3.12. En la Tabla 4.16, se muestra la dosificación de la muestra ideal C2.

Tabla 4.31

Dosificación de la muestra ideal C2

Insumos	%	Valores
Qacha	%	29,21
Alcohol	%	13,82
Jarabe	%	56,96

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.17, se muestra la dosificación de las muestras para el factor concentración de alcohol de las muestras experimentales del nivel mínimo y máximo de licor de qacha de membrillo.

Tabla 4.32

Dosificación de las muestras para el factor concentración de alcohol

Q1 (%)		Q2 (%)		Q3 (%)		Q4 (%)	
Qacha	27,09	Qacha	33,35	Qacha	26,77	Qacha	32,98
Alcohol	41,42	Alcohol	39,88	Alcohol	40,94	Alcohol	39,43
Jarabe	31,48	Jarabe	26,77	Jarabe	32,29	Jarabe	27,70
Q5 (%)		Q6 (%)		Q7 (%)		Q8 (%)	
Qacha	26,77	Qacha	33,36	Qacha	27,30	Qacha	32,94
Alcohol	40,94	Alcohol	39,88	Alcohol	41,62	Alcohol	39,38
Jarabe	32,29	Jarabe	26,15	Jarabe	31,07	Jarabe	27,67

Fuente: Elaboración propia

Variable pH en el licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.18, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza de la respuesta pH en el programa STAT GRAPHICS para Windows en la etapa de maceración alcohólica de licor de qacha donde la variable respuesta fue pH de datos extraídos del (Anexo G).

Tabla 4.33

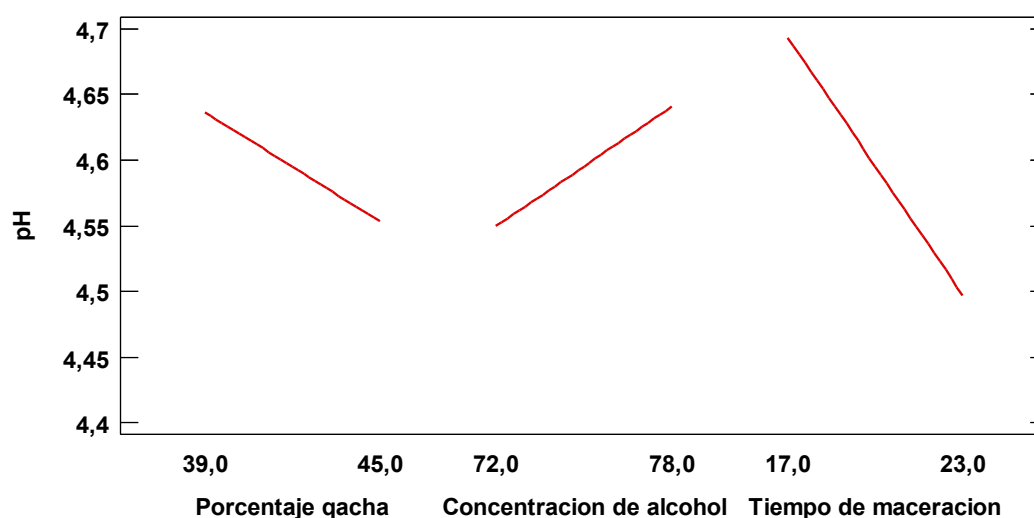
Análisis de Varianza de pH en la etapa de maceración alcohólica

<i>Fuente de variación FV</i>	<i>Suma de Cuadrados SC</i>	<i>Grados de Libertad GI</i>	<i>Media de cuadrados MC</i>	<i>F cal</i>	<i>F tab</i>
A: Porcentaje qacha	0,02763910	1	0,02763910	12,50	5,35
B: Concentración de alcohol	0,03303310	1	0,03303310	14,93	5,35
C: Tiempo de maceración	0,15425300	1	0,15425300	69,74	5,35
AB	0,00322056	1	0,00322056	1,46	5,35
AC	0,00273006	1	0,00273006	1,23	5,35
BC	0,00805506	1	0,00805506	3,64	5,35
ABC	0,00387506	1	0,00387506	1,75	5,35
Error total	0,01769450	8	0,00221181		
Total	0,25050000	15			

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.18, según el análisis de varianza se observa que para los factores A, B y C existe diferencia significativa debido a que $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que estos factores son significativos en el proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$; sin embargo, las interacciones (AB, AC, BC, ABC) no son significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

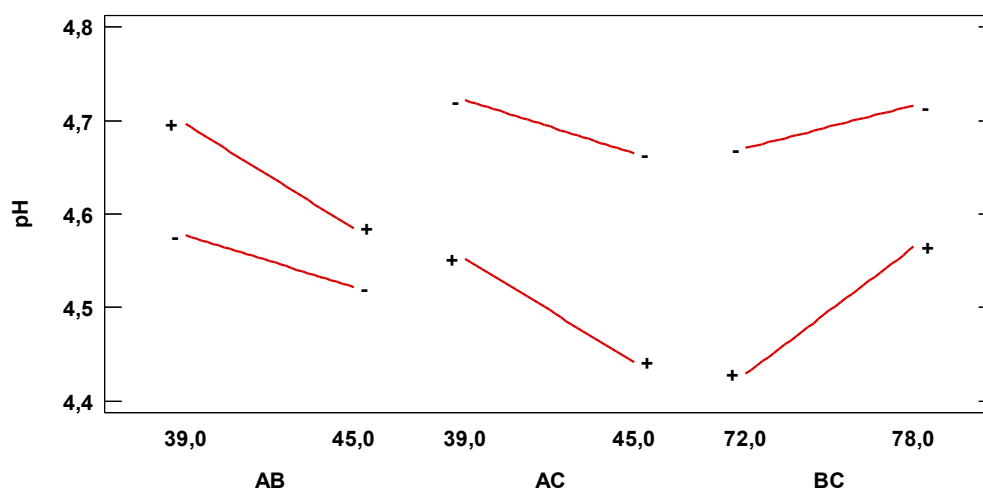
En la Figura 4.14, se muestra los efectos principales de los factores: porcentaje de qacha (A), concentración de alcohol (B), tiempo de maceración (C) con relación al pH.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34: Efectos principales de los factores para pH

Según la Figura 4.14, se observa que el factor: tiempo de maceración (C); incide significativamente en el pH para un nivel alto y bajo; sin embargo, la concentración de alcohol (B), porcentaje de qacha (A); inciden levemente en el pH para sus niveles alto y bajo. En la Figura 4.15, se observa las interacciones relacionado con la variable respuesta pH.

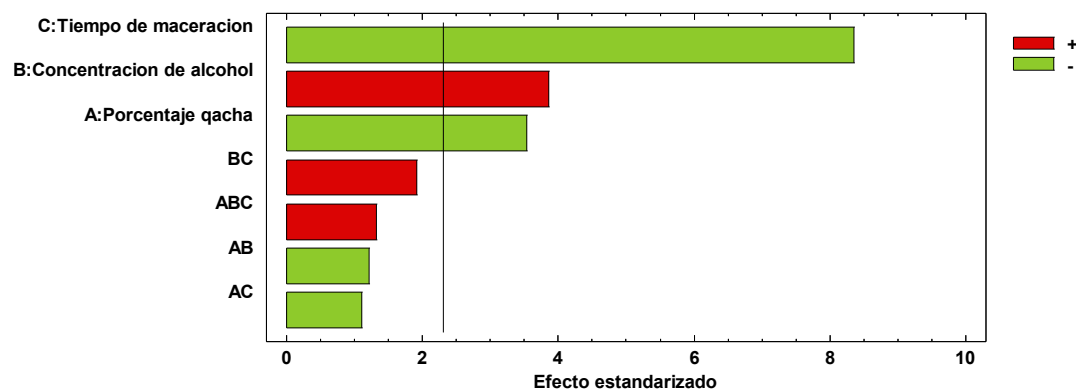


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35: Interacciones de factores para pH

Según la Figura 4.15, se puede observar que el pH para la interacción AB se ve levemente afectado cuando el porcentaje de qacha se encuentra en el nivel superior e inferior entre (39,0-45,0) % influyendo significativamente en la variable respuesta. Sin embargo, para la interacción AC y BC el pH no varía cuando tiempo de maceración se encuentra en el nivel superior e inferior entre (17-23) días.

En la Figura 4.16, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado de los factores analizados en función del pH para el diseño factorial, tomando en cuenta el nivel de significancia estadístico determinado por la línea de referencia (2,306); de tal manera que los factores e interacciones exceden la línea de referencia indicaran que son significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36: Diagrama de Pareto estandarizado para pH

Según la Figura 4.16. se puede observar que los valores absolutos de los efectos estandarizados se encuentran de forma decreciente; donde el factor: Tiempo de maceración (C), concentración de alcohol (B) y porcentaje de qacha (A) son estadísticamente significativos debido a que el valor del factor sobrepasa la línea vertical de referencia. Sin embargo, para interacciones ABC, BC y AC no son significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Variable acidez en el licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.19, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza acidez en el programa STAT GRAPHICS para Windows en la elaboración de licor de qacha donde la variable respuesta fue acidez de datos extraídos del (Anexo G).

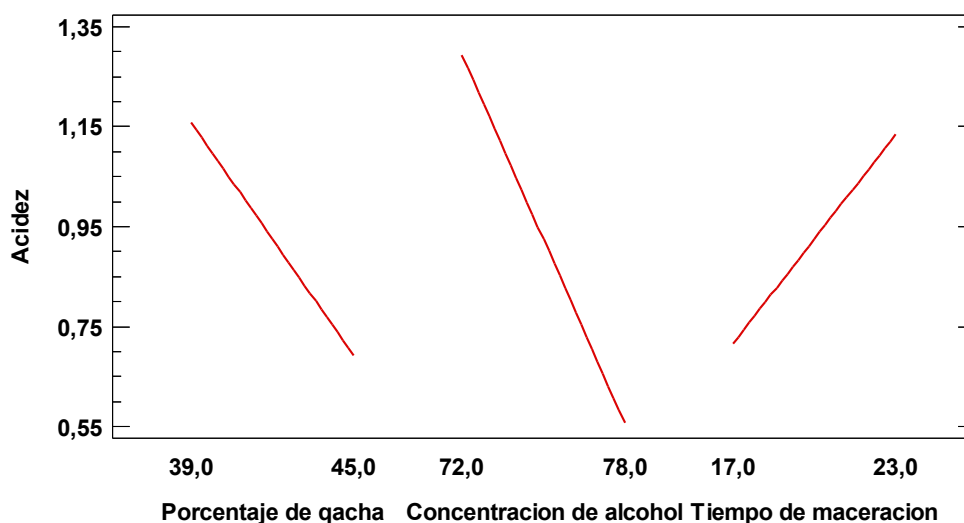
Tabla 4.34
Análisis de Varianza de acidez en la etapa de maceración alcohólica

<i>Fuente de variación FV</i>	<i>Suma de Cuadrados SC</i>	<i>Grados de Libertad Gl</i>	<i>Media de cuadrados MC</i>	<i>F cal</i>	<i>F tab</i>
A: Porcentaje de qacha	0,8728230	1	0,8728230	0,83	5,35
B: Concentración de alcohol	2,1572300	1	2,1572300	2,05	5,35
C: Tiempo de maceración	0,7018250	1	0,7018250	0,67	5,35
AB	0,9481890	1	0,9481890	0,90	5,35
AC	0,5487110	1	0,5487110	0,52	5,35
BC	0,7417520	1	0,7417520	0,71	5,35
ABC	1,0045100	1	1,0045100	0,96	5,35
Error total	8,413830	8	1,0517300		
Total	15,388900	15			

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.19, según el análisis de varianza se observa que para el factor: A, B y C e interacciones AB, AC, BC y ABC no existe diferencia significativa debido a que $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada y se puede afirmar que estos factores e interacciones no son significativos en el proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

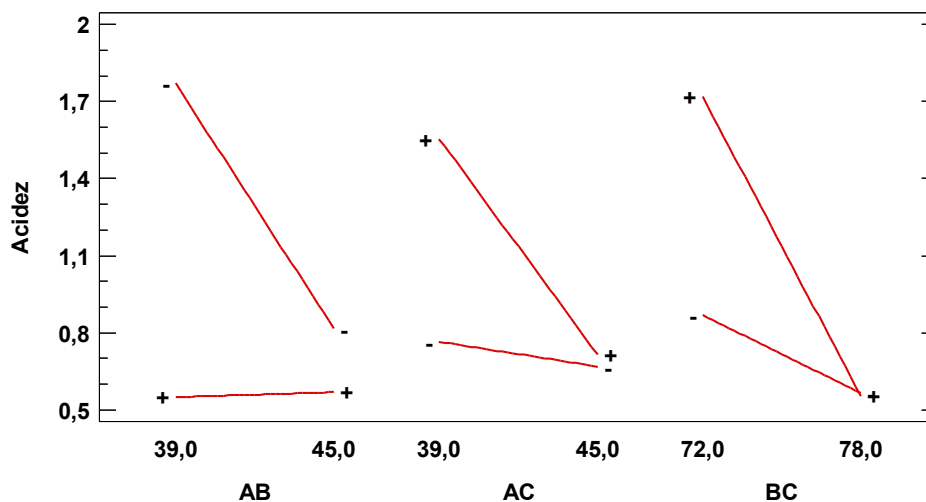
En la Figura 4.17, se muestra los efectos principales de los factores: porcentaje de qacha (A), concentración de alcohol (B) y tiempo de maceración (C) con relación a la acidez.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37: Efectos principales de los factores acidez

Según la Figura 4.17, se observa que el factor: porcentaje de qacha (C); incide significativamente en la acidez para un nivel alto y bajo; sin embargo, la concentración de alcohol (B), tiempo de maceración (A); no incide en la acidez para sus niveles alto y bajo. En la Figura 4.19, se observa las de interacciones relacionado con la variable acidez.

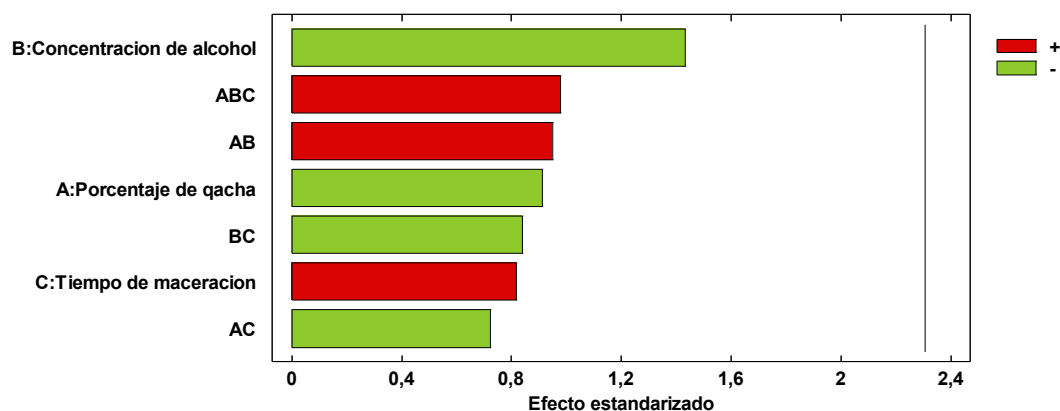


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.38: Gráfica de interacciones acidez

Según la Figura 4.18, se puede observar que la acidez para la interacción BC se ve afectado cuando el porcentaje de qacha se encuentra en el nivel superior e inferior entre (39,0-45,0) % presentando variación en la acidez de manera que influye significativamente en la variable respuesta. Sin embargo, para la interacción AC y AB la acidez no varía cuando el tiempo de maceración encuentra en el nivel superior e inferior entre (17-23) días.

En la Figura 4.19, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado de los factores analizados en función de acidez para el diseño factorial, tomando en cuenta el nivel de significancia estadístico determinado por la línea vertical de referencia (2,306); de tal manera que los factores e interacciones exceden la línea de referencia indicaran que son significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.39: Diagrama de Pareto Estandarizado acidez

Según la Figura 4.19, se puede observar que los valores absolutos de los efectos estandarizados se encuentran de forma decreciente; donde los factores e interacciones (A, B, C, AB, AC, BC y ABC) no son estadísticamente significativos debido a que el valor del factor no sobrepasa la línea vertical de referencia para el nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Variable porcentaje de alcohol en el licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.20, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza acidez en el programa STAT GRAPHICS para Windows en la elaboración de licor de qacha donde la variable respuesta fue porcentaje de alcohol de datos extraídos del (Anexo G).

Tabla 4.35

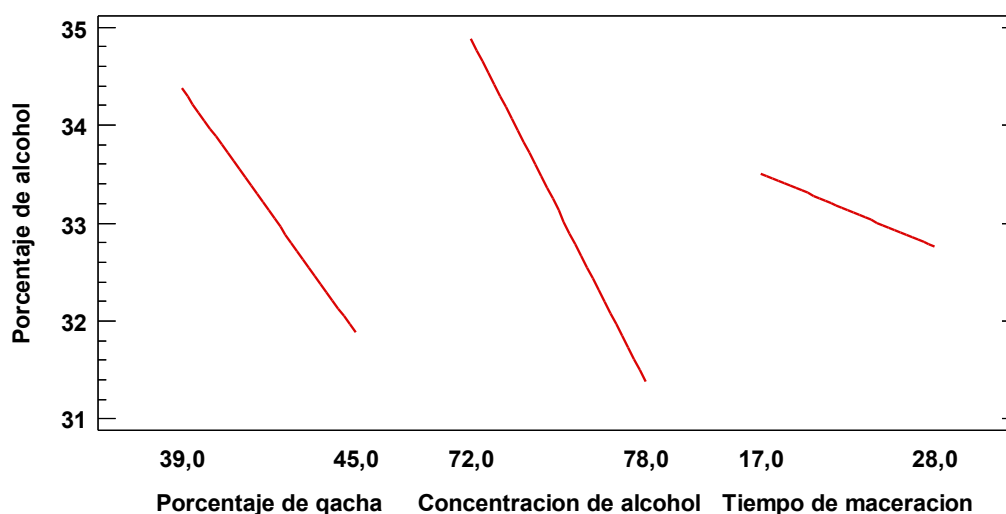
Análisis de Varianza de porcentaje de alcohol

<i>Fuente de variación FV</i>	<i>Suma de Cuadrados SC</i>	<i>Grados de Libertad GI</i>	<i>Media de cuadrados MC</i>	<i>F cal</i>	<i>F tab</i>
A: Porcentaje de qacha	25,00000	1	25,000	2,17	5,35
B: Concentración de alcohol	49,00000	1	49,000	4,26	5,35
C: Tiempo de maceración	2,25000	1	2,250	0,20	5,35
AB	0,25000	1	0,250	0,02	5,35
AC	1,00000	1	1,000	0,09	5,35
BC	144,00000	1	144,000	12,52	5,35
ABC	0,25000	1	0,250	0,02	5,35
Error total	92,00000	8	11,500		
Total	313,7500	15			

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.20, según el análisis de varianza se observa que para la interacción BC existe diferencia significativa debido a que $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que este factor e interacción son significativos en el proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo; Sin embargo, para los factores (A, B y C) e interacciones (AB, AC y ABC) no son significativos para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

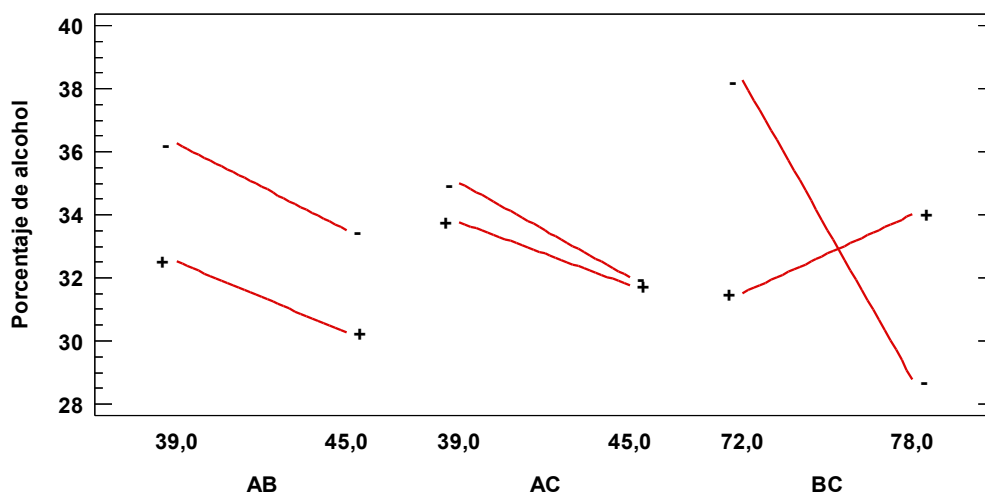
En la Figura 4.20, se muestra los efectos principales de los factores: tiempo de maceración (A), concentración de alcohol (B), porcentaje de qacha (C) con relación al porcentaje de alcohol.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.40: Efectos principales de los factores porcentaje de alcohol

Según la Figura 4.20, se observa que el factor: concentración de alcohol (B); incide significativamente en el contenido de alcohol para un nivel alto y bajo; sin embargo, el porcentaje de qacha (A), tiempo de maceración (C); no incide en el contenido de alcohol para sus niveles alto y bajo. En la Figura 4.21, se observa las interacciones relacionado con la variable respuesta porcentaje de alcohol.

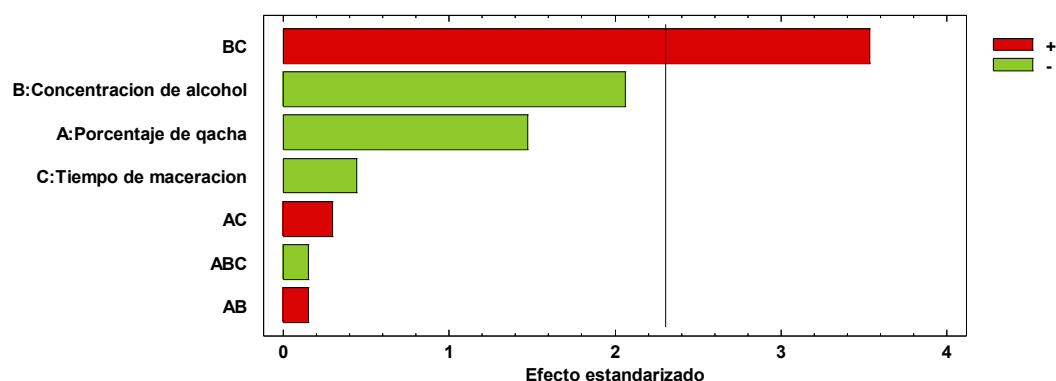


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.41: Grafica de interacciones porcentaje de alcohol

Según la Figura 4.21, se puede observar que el porcentaje de alcohol para la interacción BC se ve afectado cuando el porcentaje de alcohol se encuentra en el nivel superior e inferior entre (72,0-78,0) % presentando variación en el porcentaje de alcohol de manera que influye significativamente en la variable respuesta. Sin embargo, para la interacción AC y AB el porcentaje de alcohol no varía cuando el porcentaje de qacha se encuentra en el nivel superior e inferior entre (39,0-45,0) %.

En la Figura 4.22, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado de los factores analizados en función del porcentaje de alcohol para el diseño factorial, tomando en cuenta el nivel de significancia estadístico determinado por la línea vertical de referencia (2,306); de tal manera que los factores e interacciones exceden la línea de referencia indicaran que son significativos para un nivel de significancia α 0,05.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.42: Diagrama de Pareto Estandarizado porcentaje de alcohol

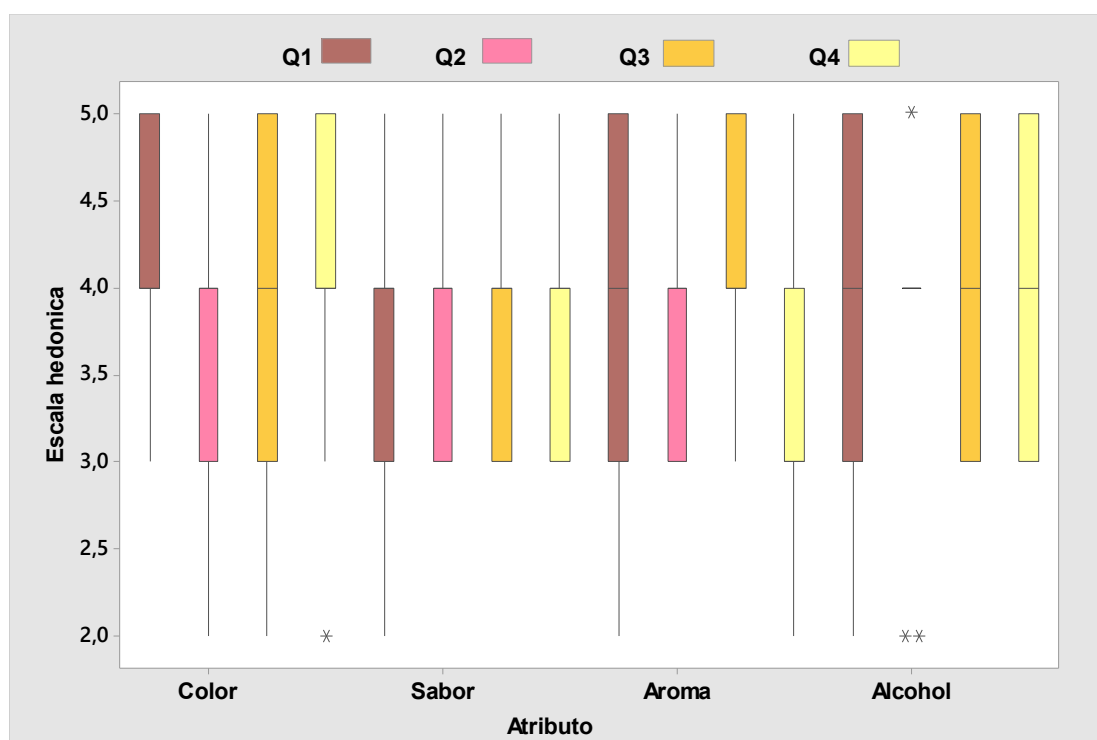
Según la Figura 4.22, se puede observar que los valores absolutos de los efectos estandarizados se encuentran de forma decreciente; donde la interacción BC (concentración de alcohol-Porcentaje de qacha) es estadísticamente significativo debido a que el valor del factor sobrepasa la línea vertical de referencia. Sin embargo, para concentración de alcohol (B), tiempo de maceración (A), porcentaje de qacha (C) e interacciones ABC, AB y AC no son significativos para un nivel de significancia α = 0,05.

Evaluación sensorial de muestras experimentales de licor de qacha de membrillo

Para realizar la evaluación sensorial de las ocho muestras experimentales de licor de qacha de membrillo, se procedió a evaluar las muestras en función de la variable porcentaje de qacha (A), concentración de alcohol (B), tiempo de maceración (C) de su nivel alto y nivel bajo. Con la finalidad de complementar el diseño experimental y corroborar los efectos de los factores tomados en cuenta; así mismo, obtener la muestra final de licor de qacha.

Estadístico de caja y bigote de las muestras experimentales nivel inferior de licor de qacha de membrillo

En la Figura 4.23, se muestran los estadísticos de caja y bigote en función de los atributos: grado alcohólico, color, aroma y sabor.



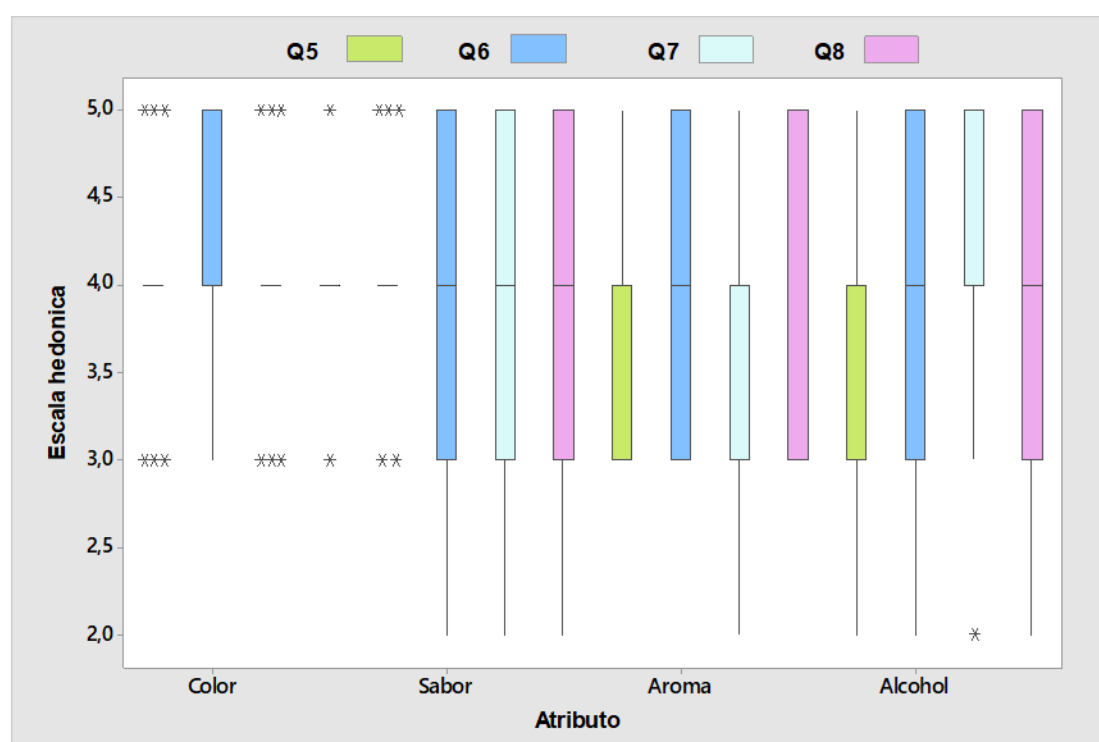
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.43: Caja y bigote de las muestras experimentales nivel inferior de licor de qacha de membrillo

En la Figura 4.23, se puede observar que los resultados de las medianas en función de los atributos evaluados como ser: grado alcohólico 4,0 (Q3); aroma 4,0 (Q3), color 4,0 (Q3) y sabor 4,0 (Q3). Por lo que realizando el análisis estadístico de varianza no existe diferencia significativa para los atributos grado alcohólico, color, aroma y sabor.

Estadístico de caja y bigote de las muestras experimentales nivel superior de licor de qacha de membrillo

En la Figura 4.24, se muestran los estadísticos de caja y bigote en función de los atributos: grado alcohólico, color, aroma y sabor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.44: Caja y bigote de las muestras experimentales nivel superior de licor de qacha de membrillo

En la Figura 4.24, se puede observar que los resultados de las medianas en función de los atributos evaluados como ser: grado alcohólico 4,0 (Q6), aroma 4,0 (Q6); color 4,0 (Q6) y sabor 4,0 (Q6). Por lo que realizando el análisis

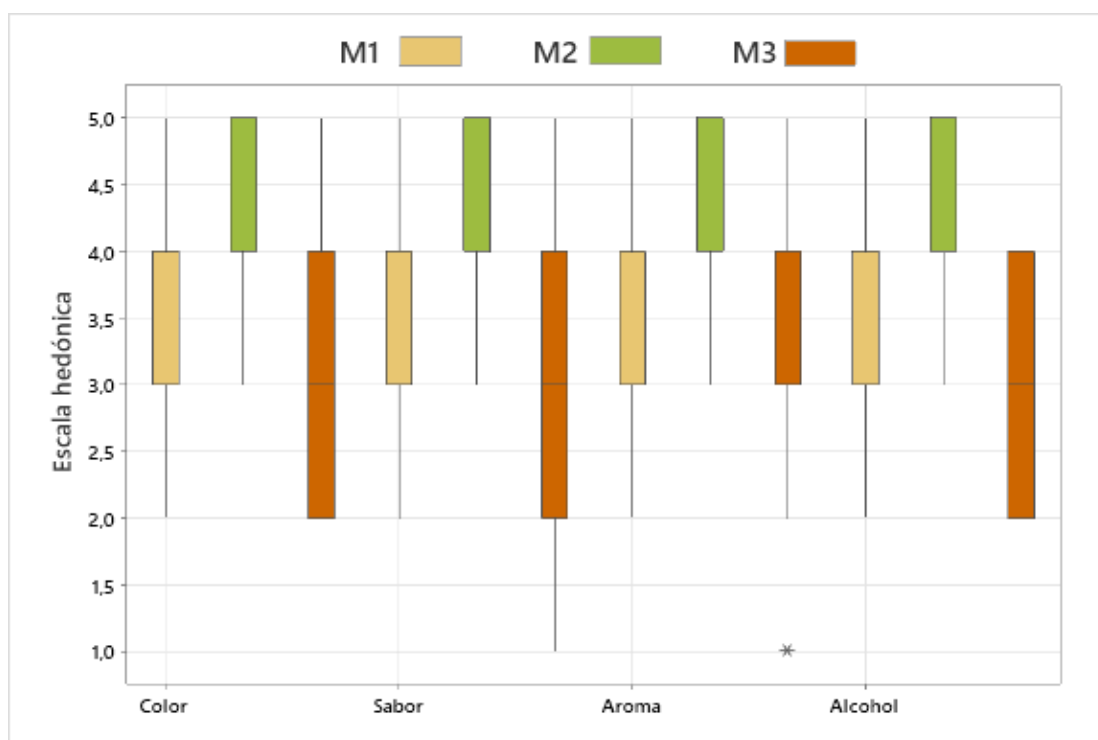
estadístico de varianza no existe diferencia significativa para los atributos grado alcohólico, color, aroma y sabor.

Evaluación sensorial de las muestras experimentales del nivel inferior, superior y muestra ideal de licor de qacha de membrillo

Para realizar la evaluación sensorial de las dos muestras experimentales de licor de qacha, se procedió a evaluar las muestras del nivel inferior Q3, nivel superior Q6 y muestra ideal C2, que fueron recodificadas como M1(Q3), M2 (Q6) Y M3 (C2). Con la finalidad de obtener la muestra final.

Estadístico caja y bigote de muestras del diseño experimental del nivel superior e inferior y muestra ideal de licor de qacha

En la Figura 4.25, se muestran los estadísticos de caja y bigote en función de los atributos grado alcohólico, color, aroma y sabor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.45: Caja y bigote pruebas experimentales de licor de qacha nivel inferior, superior y muestra ideal

Según la Figura 4.25, se puede observar los resultados de las medianas en función de los atributos evaluados son: color 4 (M2), sabor 5 (M2), aroma 4 (M2) y alcohol 5 (M2). Así mismo, realizado el análisis estadístico de varianza se pudo evidenciar que si existe diferencia significativa para el atributo color, sabor, aroma y grado alcohólico de las muestras evaluadas para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Estadístico de Tukey para el atributo color de licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.21, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) para el atributo color.

Tabla 4.36

Estadístico de Tukey para atributo color

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
M2 - M1	0,60	0,48	Si hay diferencia
M2 - M3	1,13	0,48	Si hay diferencia
M1 - M3	0,53	0,48	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.21, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos M2 - M1, M2 - M3 y M1 - M3 para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Estadístico de Tukey para el atributo sabor de licor de qacha de membrillo

En la tabla 4.22, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) para el atributo sabor.

Tabla 4.37

Estadístico de Tukey para atributo sabor

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
M2 - M1	0,74	0,57	Si hay diferencia
M2 - M3	1,73	0,57	Si hay diferencia
M1 - M3	0,93	0,57	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.22, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos M2 - M1, M2 - M3 y M1 - M3 para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Estadístico de Tukey para el atributo aroma de licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.23, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) para el atributo aroma.

Tabla 4.38

Estadístico de Tukey para atributo aroma

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
M2 - M1	0,66	0,48	Si hay diferencia
M2 - M3	1,00	0,48	Si hay diferencia
M1 - M3	0,34	0,48	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.23, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos M2 - M1 y M2 - M3; sin embargo, para las muestras M1 - M3 no existe diferencia estadística para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Estadístico de Tukey para el atributo grado alcohólico de licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.24, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) para el atributo grado alcohólico.

Tabla 4.39

Estadístico de Tukey para atributo grado alcohólico

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
M2 - M1	0,74	0,46	Si hay diferencia
M2 - M3	1,47	0,46	Si hay diferencia
M1 - M3	0,73	0,46	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.24, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos M2 - M1, M2 - M3 y M1 - M3 para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Así mismo, finalizado la evaluación sensorial de las muestras experimentales tanto del nivel superior e inferior y muestra ideal se identificó mediante una encuesta la preferencia que tenían los jueces por las muestras evaluadas y se eligió como muestra final a M2 para la elaboración de licor de qacha de membrillo por la preferencia de los jueces.

Caracterización del producto terminado

En la caracterización del licor de qacha de membrillo, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales se detallan a continuación:

Análisis fisicoquímico de licor de qacha

En la Tabla 4.25, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímicos de licor de qacha de membrillo de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.40

Análisis fisicoquímico de licor de qacha

Parámetros	Unidad	Resultados
Acidez total (ácido acético)	g/l	3,29
Hidratos de carbono	%	36,48
Proteína total	%	0,09
Grasa	%	n.d
Humedad	%	78,83
Ceniza	%	0,13
Azucares reductores	g/l	28,10
Azucares totales	g/l	258,30
Grado alcohólico	%	28,00
Valor energético	Kcal/100g	305,00
n.d. (no detectado)		

Fuente: CEANID, 2026

En la Tabla 4.25, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de licor de qacha que presenta: Hidratos de carbono 36,48 %, Proteína total 0,09 %, Grasa n.d, Humedad 78,83 %, Cenizas 0,13 %, Azucares reductores

28,10 g/l, Azúcares totales 258,30 g/l, Grado alcohólico 28,00% y Valor energético 305,00 Kcal/100.

Análisis microbiológico de licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.26 se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico del licor de qacha de membrillo de los datos extraídos del (Anexo A)

Tabla 4.41

Análisis microbiológico de licor de qacha de membrillo

Microorganismos	Unidad	Resultado
<i>Mohos y levaduras</i>	(UFC/g)	$<1.0 \times 10^1$ (*)

(*) No se observa desarrollo de colonias.

Fuente: CEANID, 2026

En la Tabla 4.26, se puede observar los resultados obtenidos del análisis microbiológico licor de qacha de membrillo que presenta: Mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g.

Análisis de micronutrientes de licor de qacha de membrillo

En la Tabla 4.27, se detallan los resultados obtenidos del análisis de micronutrientes del licor de qacha de membrillo de los datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.42

Análisis de micronutrientes de licor de qacha de membrillo

Microorganismos	Unidad	Resultado
<i>Calcio</i>	mg/100g	3,4
<i>Fosforo</i>	mg/100g	5,9

Fuente: CEANID, 2026

En la Tabla 4.27, se puede observar los resultados obtenidos del análisis de micronutrientes de licor de qacha de membrillo que presenta: Calcio 3,4 mg/100g y Fosforo 5,9 mg/100g.

Control de pH y acidez del licor de qacha de membrillo durante el almacenamiento

Para llevar a cabo el control de pH y acidez durante el almacenamiento, en base a la muestra final de licor de qacha M2 (Q6), se realizó el control cada 7 días de la muestra durante 42 días; la finalidad de conocer el comportamiento de estos parámetros durante el almacenamiento.

Control de (pH) en el licor de qacha durante el almacenamiento

En la Tabla 4.28, se detallan los resultados obtenidos del control de pH del licor de qacha durante el tiempo del almacenamiento.

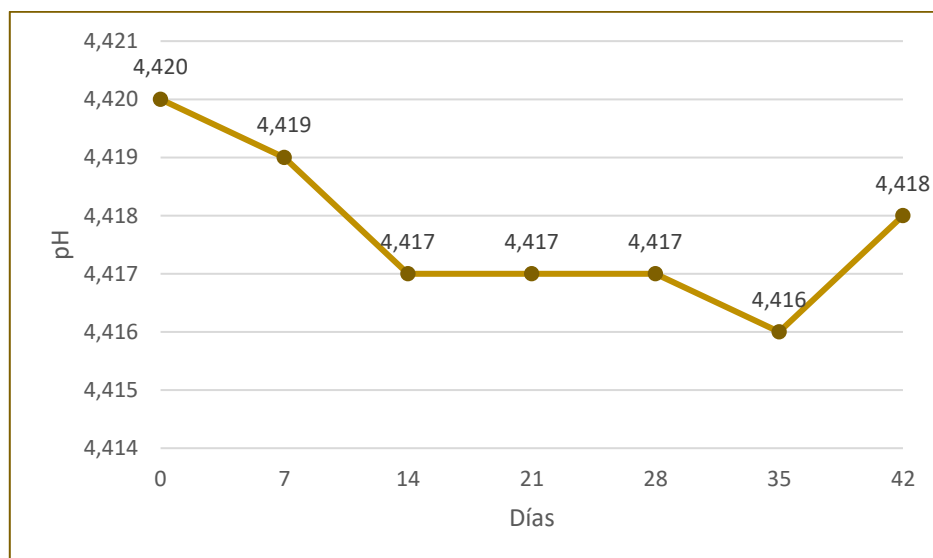
Tabla 4.43

Control de pH de licor de qacha durante el almacenamiento

Tiempo (días)	pH M2
0	4,420
7	4,419
14	4,417
21	4,417
28	4,417
35	4,416
42	4,418

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.26, se muestra el control de pH del licor de qacha durante el almacenamiento en base a la Tabla 4,28.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.46: Control de pH

Según la Figura 4.26, la muestra M2 presentan para el primer día un pH inicial de 4,420 a partir del séptimo día la muestra presenta descenso leve en el pH de 4,419 hasta llegar a un valor final de 4.418.

Control de porcentaje de acidez del licor de qacha de membrillo durante el almacenamiento

En la Tabla 4.29, se detallan los resultados obtenidos del control de acidez en el licor de qacha durante el tiempo de almacenamiento.

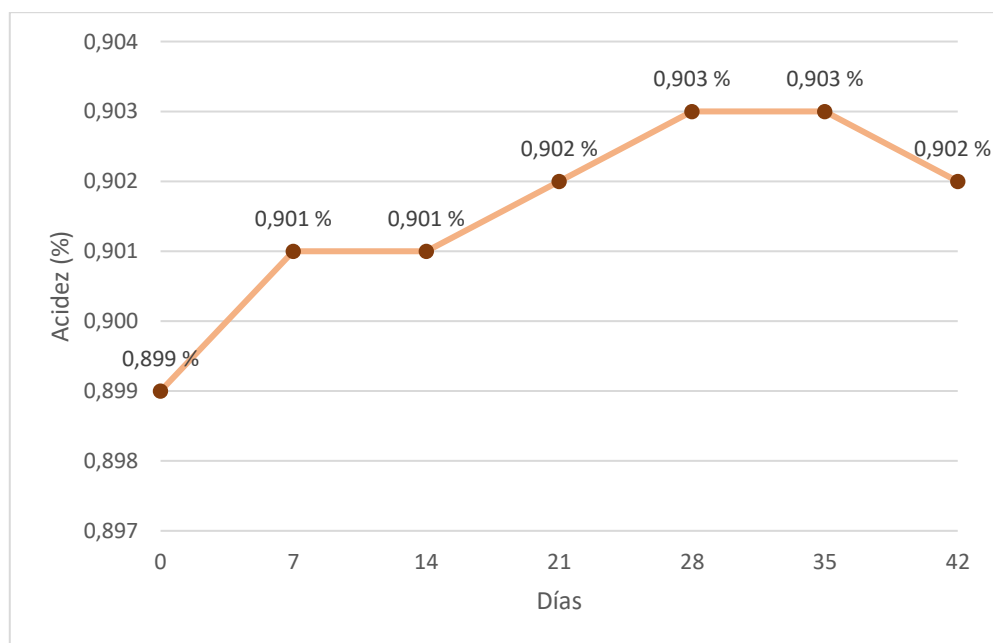
Tabla 4.44

Control de porcentaje de acidez de licor de qacha durante el almacenamiento

Tiempo (días)	Porcentaje de acidez M2
0	0,899
7	0,901
14	0,901
21	0,902
28	0,903
35	0,903
42	0,902

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.27, se muestra el control de porcentaje de acidez del licor de gacha de membrillo durante la maceración alcohólica en base a la Tabla 4.29.



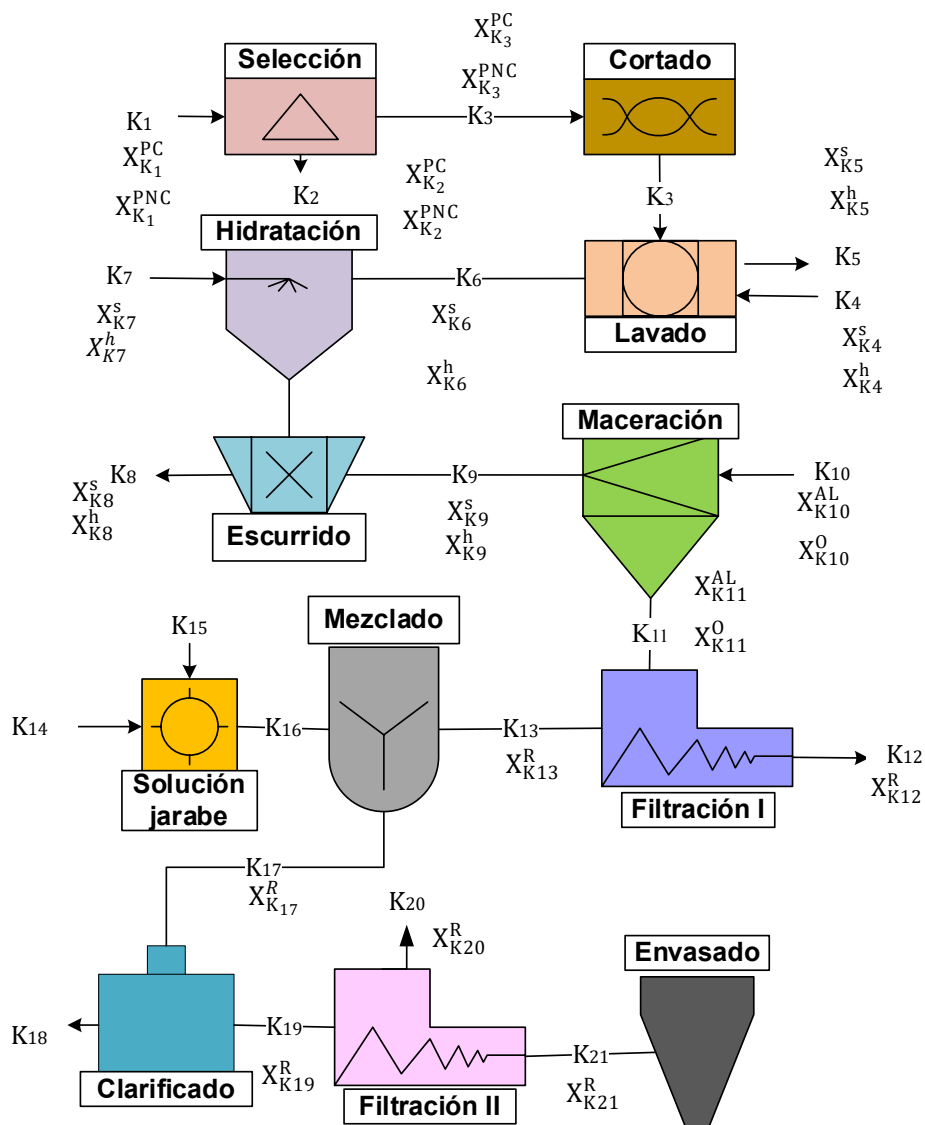
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.47: Control de porcentaje de acidez

Según la Figura 4.27, la muestra M2 presenta para el primer día un porcentaje de acidez de 0,899% para el doceavo día presenta ascenso en el porcentaje de acidez de 0,901% hasta llegar a un valor final de 0,902%.

Balance general para la elaboración de licor de qacha de membrillo

En la Figura 4.28, se muestra el balance general de materia en las etapas en donde se realizaron los procesos de elaboración de licor de qacha de membrillo a partir de 500,00 g de qacha de membrillo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.48: Balance general de materia en la elaboración de licor de qacha de membrillo

Donde:

K_1 = Qacha de membrillo (g)

K_2 = Porción no comestible (g)

K_3 = Qacha de membrillo seleccionada (g)

K_4 = Agua para lavado (g)

K_5 = Agua de lavado (g)

K_6 = Qacha de membrillo lavado (g)

K_7 = Agua para hidratación (g)

K_8 = Agua de la hidratación (g)

K_9 = Qacha de membrillo hidratada (g)

K_{10} = Alcohol (g)

K_{11} = Licor madre (g)

K_{12} = Qacha de membrillo macerada (g)

K_{13} = Licor madre filtrado (g)

K_{14} = Agua para el jarabe (g)

K_{15} = Azúcar (g)

K_{16} = Solución de jarabe (g)

K_{17} = Licor de qacha de membrillo (g)

K_{18} = Bentonita (g)

K_{19} = Licor con bentonita (g)

K_{20} = Sedimento (g)

K_{21} = Licor de qacha de membrillo sin sedimentos (g) (ml)

$X_{K_1}^{PC}$ = Fracción porcentual de porción comestible de qacha de membrillo

X_{K1}^{PNC} = Fracción porcentual de porción no comestible de qacha de membrillo

X_{K2}^{PC} = Fracción porcentual de porción comestible de qacha de membrillo

X_{K2}^{PNC} = Fracción porcentual de porción no comestible de qacha de membrillo

X_{K3}^{PC} = Fracción porcentual de porción comestible de qacha de membrillo

X_{K3}^{PNC} = Fracción porcentual de porción no comestible de qacha de membrillo

X_{K3}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles de qacha de membrillo

X_{K3}^h = Fracción porcentual de humedad de qacha de membrillo

X_{K4}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles de agua

X_{K4}^h = Fracción porcentual de humedad de agua

X_{K5}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles agua escurrida

X_{K5}^h = Fracción porcentual de humedad de agua escurrida

X_{K6}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles de qacha lavada

X_{K6}^h = Fracción porcentual de humedad de qacha lavada

X_{K7}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles de agua

X_{K7}^h = Fracción porcentual de humedad de agua

X_{K8}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles de agua escurrida

X_{K8}^h = Fracción porcentual de humedad de agua escurrida

X_{K9}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles de qacha hidratada

X_{K9}^h = Fracción porcentual de humedad de qacha hidratada

X_{K9}^{AL} = Fracción porcentual de alcohol de qacha hidratada

X_{K9}^O = Fracción porcentual de otros componentes de qacha hidratada

X_{K10}^{AL} = Fracción porcentual de alcohol

X_{K10}^O = Fracción porcentual de otros componentes de alcohol

X_{K11}^{AL} = Fracción porcentual de alcohol de licor madre

X_{K11}^O = Fracción porcentual de otros componentes de licor madre

X_{K11}^R = Fracción porcentual de rendimiento de licor madre

X_{K12}^R = Fracción porcentual de rendimiento de impurezas

X_{K13}^R = Fracción porcentual de rendimiento licor madre filtrado

X_{K14}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles de azúcar

X_{K14}^h = Fracción porcentual de humedad de azúcar

X_{K15}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles de agua

X_{K15}^h = Fracción porcentual de humedad de agua

X_{K16}^S = Fracción porcentual de sólidos solubles de jarabe

X_{K16}^h = Fracción porcentual de humedad de jarabe

X_{K13}^R = Fracción porcentual de rendimiento de licor madre

X_{K16}^R = Fracción porcentual de rendimiento de jarabe

X_{K17}^R = Fracción porcentual de rendimiento de licor de qacha de membrillo

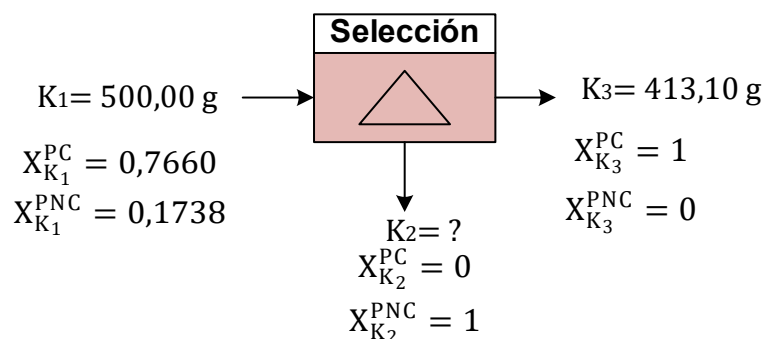
X_{K19}^R = Fracción porcentual de rendimiento de licor con bentonita (clarificación)

X_{K20}^R = Fracción porcentual de rendimiento de sedimento

X_{K21}^R = Fracción porcentual de rendimiento de licor filtrado

Balance de materia en la etapa de selección de qacha membrillo

En la Figura 4.29, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de selección de qacha de membrillo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.49: Balance de materia en la etapa de selección

Balance de materia global en la etapa de selección de qacha de membrillo:

$$K_1 = K_2 + K_3 \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Para el cálculo de la porción no comestible se tomó en cuenta el rendimiento en la etapa de selección de qacha de membrillo.

$$K_1 * X_{K_1}^{PNC} = K_2 * X_{K_2}^{PNC} + K_3 * X_{K_3}^{PNC} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

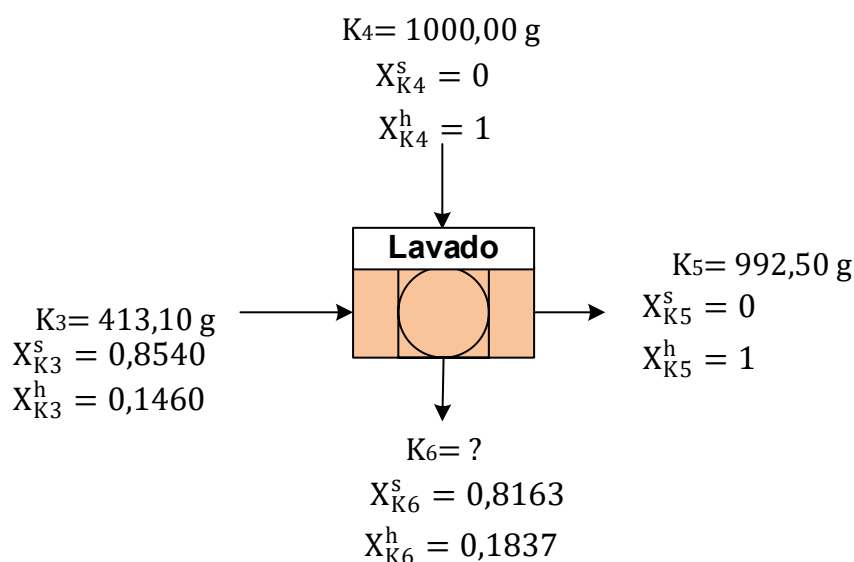
$$K_2 = \frac{K_1 * X_{K_1}^{PNC}}{X_{K_2}^{PNC}}$$

$$K_2 = \frac{500,00 * 0,1738}{1}$$

$K_2 = 86,90 \text{ g}$ de porción no comestible

Balance de materia en la etapa de lavado de qacha de membrillo

En la Figura 4.30, se muestra el proceso de balance de materia en etapa de lavado de qacha de membrillo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.50: Balance de materia en la etapa de lavado

Balance de materia global en la etapa de lavado de qacha de membrillo:

$$K_3 + K_4 = K_5 + K_6 \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Para el cálculo de K_6 se tomó en cuenta el contenido de sólidos en el proceso:

$$K_3 * X_{K3}^s + K_4 * X_{K4}^s = K_5 * X_{K5}^s + K_6 * X_{K6}^s \quad \text{Ecuación 4.4}$$

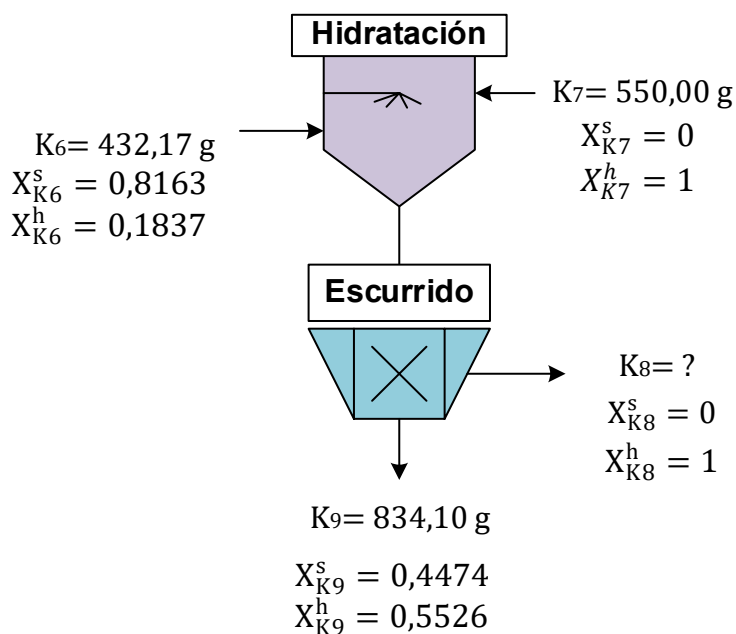
$$K_6 = \frac{K_3 * X_{K3}^s}{X_{K6}^s}$$

$$K_6 = \frac{413,10 * 0,8540}{0,8163}$$

$K_6 = 432,17 \text{ g}$ de qacha de membrillo lavado

Balance de materia en la etapa de hidratación y escurrido de qacha de membrillo

En la Figura 4.31, se muestra el proceso de balance de materia en etapa de hidratación y escurrido de qacha de membrillo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.51: Balance de materia en la etapa de hidratación y escurrido

Balance de materia global en la etapa de hidratación y escurrido de qacha de membrillo:

$$K_6 + K_7 = K_8 + K_9 \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Para el cálculo de K_8 se tomó en cuenta el contenido de humedad en el proceso:

$$K_6 * X_{K6}^h + K_7 * X_{K7}^h = K_8 * X_{K8}^h + K_9 * X_{K9}^h \quad \text{Ecuación 4.6}$$

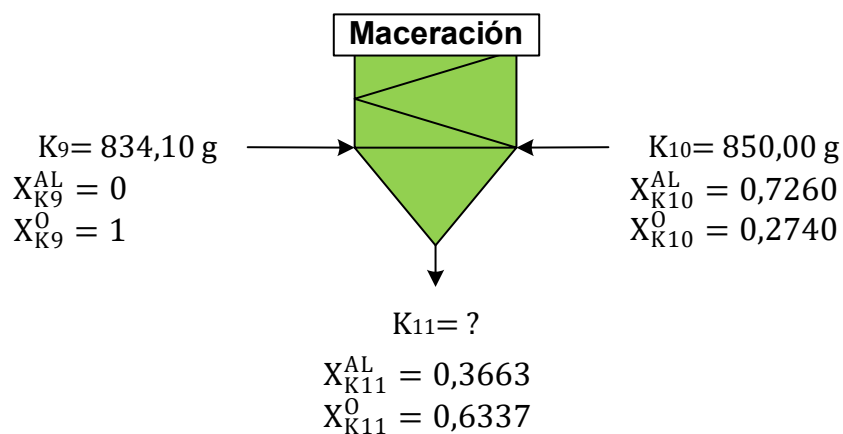
$$K_8 = \frac{K_6 * X_{K6}^h + K_7 * X_{K7}^h - K_9 * X_{K9}^h}{X_{K8}^h}$$

$$K_8 = \frac{432,17 * 0,1837 + 550,00 * 1 - 834,10 * 0,5526}{1}$$

$$K_8 = 168,47 \text{ g de agua}$$

Balance de materia en la etapa maceración

En la Figura 4.32, se muestra el proceso de balance de materia en etapa de maceración.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.52: Balance de materia en la etapa de maceración

Balance de materia global en la etapa de maceración:

$$K_9 + K_{10} = K_{11} \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Para el cálculo de K_{11} se tomó en cuenta la ecuación 4.8:

$$K_9 * X_{K9}^O + K_{10} * X_{K10}^O = K_{11} * X_{K11}^O \quad \text{Ecuación 4.8}$$

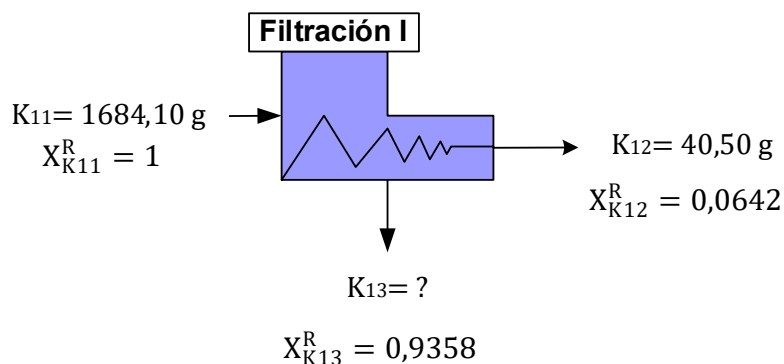
$$K_{11} = \frac{K_9 * X_{K9}^O + K_{10} * X_{K10}^O}{X_{K11}^O}$$

$$K_{11} = \frac{834,10 * 1 + 850,00 * 0,2740}{0,6337}$$

$$K_{11} = 1684,10 \text{ g de licor madre}$$

Balance de materia en la etapa de filtración I de licor madre qacha

En la Figura 4.33, se muestra el proceso de balance de materia en etapa de filtración I.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.53: Balance de materia en la etapa de filtración I

Balance de materia global en la etapa de filtración del licor madre de qacha de membrillo:

$$K_{11} = K_{13} + K_{12} \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Para el cálculo de K_{13} la se tomó en cuenta el rendimiento en la etapa de filtración I licor madre de qacha de membrillo.

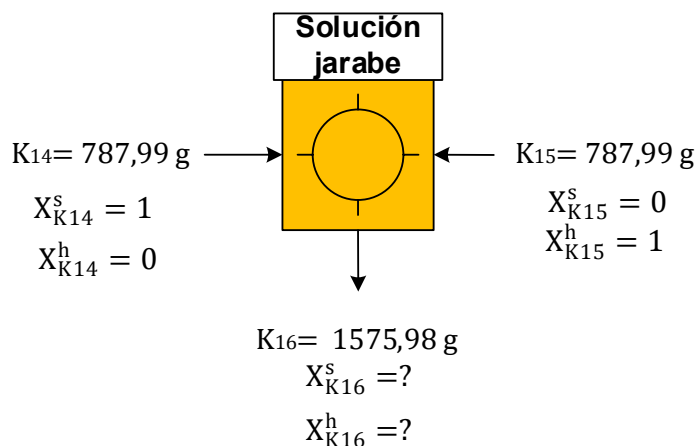
$$K_{13} = K_{11} * X_{K13}^R \quad \text{Ecuación 4.9}$$

$$K_{13} = 1684,10 * 0,9358$$

$$K_{13} = 1575,98 \text{ de licor madre de qacha de membrillo}$$

Balance de materia en la etapa de preparación de almíbar

En la Figura 4.34, se muestra el proceso de balance de materia en etapa de preparación de almíbar.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.54: Balance de materia en la etapa de solución de jarabe

Balance de materia global en la etapa de preparación de jarabe:

$$K_{14} + K_{15} = K_{16} \quad \text{Ecuación 4.10}$$

Para el cálculo de X_{K16}^s se tomó en cuenta el contenido de sólidos en el proceso:

$$K_{14} * X_{K14}^s + K_{15} * X_{K15}^s = K_{16} * X_{K16}^s \quad \text{Ecuación 4.11}$$

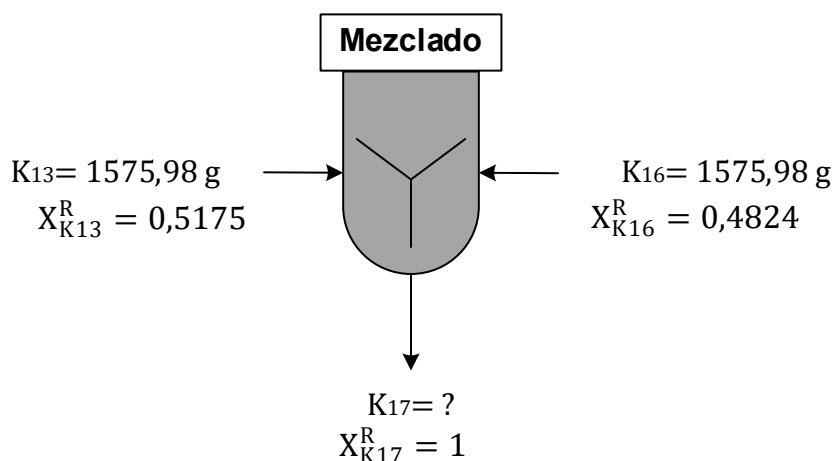
$$X_{K16}^s = \frac{K_{14} * X_{K14}^s}{K_{16}}$$

$$X_{K16}^s = \frac{787,99 * 1}{1575,98}$$

$$X_{K16}^s = 0,50$$

Balance de materia en la etapa de mezclado

En la Figura 4.35, se muestra el proceso de balance de materia en etapa de mezclado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.55: Balance de materia en la etapa de mezclado

Balance de materia global en la etapa de filtrado del licor madre de qacha de membrillo:

$$K_{13} + K_{16} = K_{17} \quad \text{Ecuación 4.12}$$

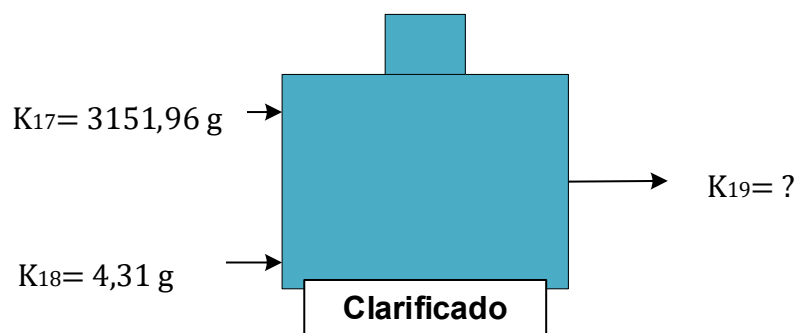
Para el cálculo de K_{17} se tomó en la ecuación 4.12 en la etapa de filtrado.

$$K_{17} = 1575,98 + 1575,98 \quad \text{Ecuación 4.13}$$

$$K_{17} = 3151,96 \text{ g de licor de qacha de membrillo}$$

4.8.8 Balance de materia en la etapa de clarificado

En la Figura 4.36, se muestra el proceso de balance de materia en etapa de clarificado de licor de qacha de membrillo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.56: Balance de materia en la etapa de clarificado

Balance de materia global en la etapa de clarificado del licor madre de qacha de membrillo:

$$K_{17} + K_{18} = K_{19} \quad \text{Ecuación 4.14}$$

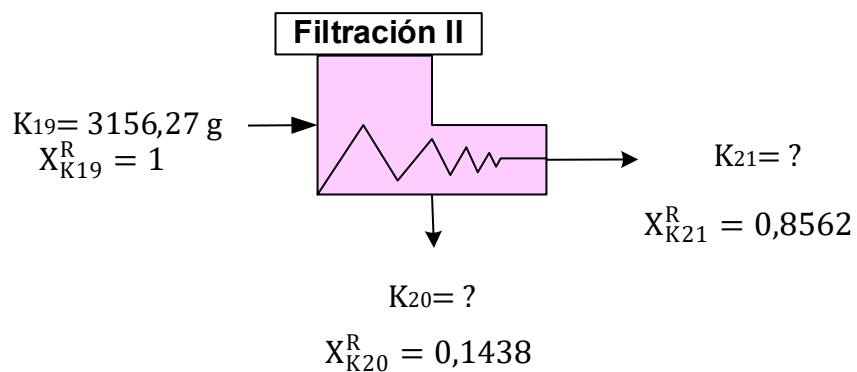
Para el cálculo de K_{19} se tomó en la ecuación 4.14 en la etapa de clarificado.

$$K_{19} = 3151,96 + 4,31 \quad \text{Ecuación 4.15}$$

$K_{19} = 3156,27$ g de licor con bentonita

Balance de materia en la etapa de filtración II de licor qacha

En la Figura 4.37, se muestra el proceso de balance de materia en etapa de filtración II de licor de qacha de membrillo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37: Balance de materia en la etapa de filtración II

Balance de materia global en la etapa de filtrado II del licor de qacha de membrillo:

$$K_{19} = K_{21} + K_{20} \quad \text{Ecuación 4.16}$$

Para el cálculo de K_{20} se tomó en cuenta el rendimiento en la etapa de filtrado de licor qacha de membrillo.

$$K_{20} = K_{19} * X_{K20}^R \quad \text{Ecuación 4.17}$$

$$K_{20} = 3156,27 \text{ g} * 0,1438$$

$$K_{20} = 453,87 \text{ g de sedimento}$$

Para el cálculo de K_{21} se tomó en cuenta el rendimiento en la etapa de filtrado de licor qacha de membrillo.

$$K_{21} = K_{19} * X_{K21}^R \quad \text{Ecuación 4.18}$$

$$K_{21} = 3156,27 \text{ g} * 0,8562$$

$$K_{21} = 2702,40 \text{ g de licor de qacha de membrillo}$$

Para el calculo del volumen del licor de qacha de membrillo se tomo en cuenta la ecuación 4.19:

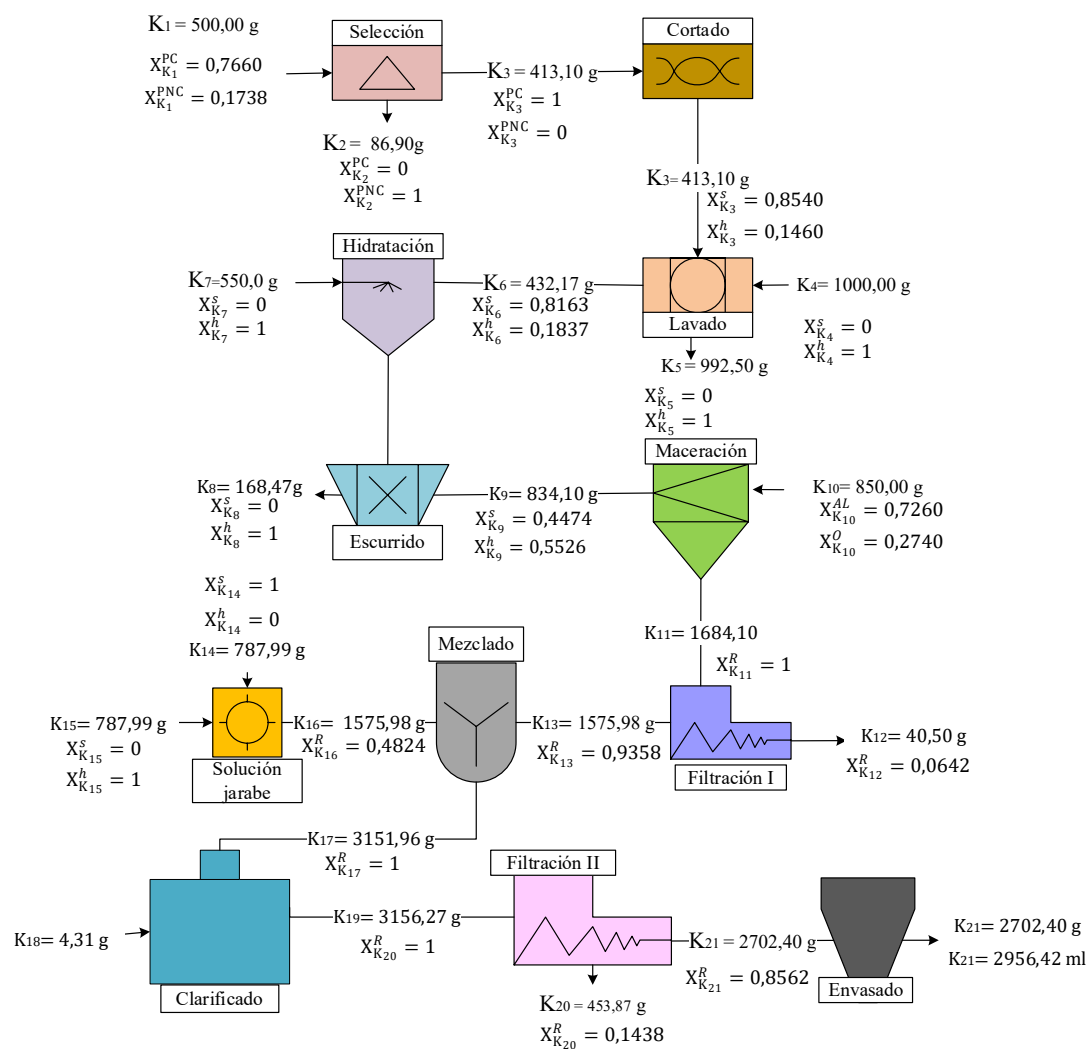
$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ecuación 4.19}$$

La densidad del licor de qacha es:

$$v = 2702,40 \text{ g} * 1,094 \frac{\text{ml}}{\text{g}}$$

$$v = 2956,42 \text{ ml de licor}$$

En la Figura 4.38, se muestra el resumen de los resultados obtenidos del balance general de materia en el proceso de elaboración de licor de qacha de membrillo.

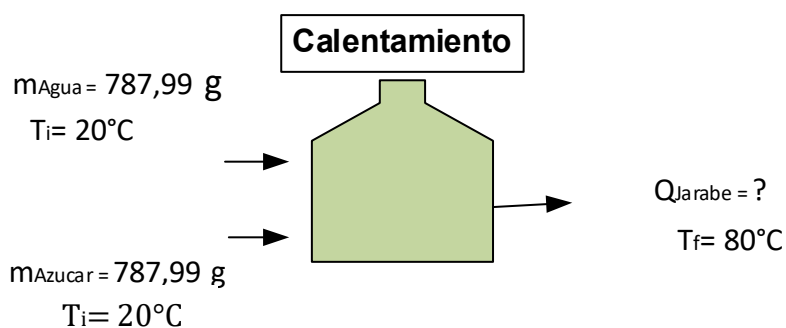


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.38: Resumen de balance de materia

Balance de energía en el calentamiento del agua para el jarabe

El balance de energía para el calentamiento del agua se realizó para preparar la solución de jarabe (agua + azúcar). En la Figura 4.39, se muestra el diagrama para el balance de energía en el calentamiento de agua.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.39: Calentamiento del agua

Para calentar el jarabe para la solución del jarabe se tomó en cuenta el calor necesario para calentar el recipiente de acero inoxidable y el calor necesario para calentar el agua a dicha temperatura:

Para calcular el calor necesario para calentar el agua hasta 80°C , se utilizó la ecuación 4.17 según (Sears & Zemansky, 2018):

$$Q_{\text{Jarabe}} = m_{\text{Agua}} * C_{p\text{Agua}} * \Delta T + m_{\text{Agua}} * \lambda + m_{\text{Azúcar}} * C_{p\text{Azúcar}} * \Delta T \quad \text{Ecuación 4.17}$$

Donde:

Q_{Jarabe} = calor necesario para calentar el jarabe (kcal)

m_{Agua} = masa del agua (0,78799 kg)

$C_{p\text{Agua}}$ = capacidad calórica del agua ($1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$) (Lewis, 1993)

$\Delta T = (T_f - T_i)$ variación de la temperatura en el calentamiento del agua
($80 - 20$) $^\circ\text{C}$

$m_{\text{Azúcar}}$ = masa de azúcar (0,78799 kg)

$C_{p\text{Azúcar}}$ = capacidad calórica ($0,299 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$) (Cengel & Boles, 2019)

Remplazando datos en la ecuación 4.17:

$$Q_{\text{Jarabe}} = 0,78799 \text{ kg} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (80 - 20) ^\circ\text{C} + 0,78799 \text{ kg} * 0,299 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (80 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Jarabe}} = 61,415 \text{ kcal}$$

Para calcular el calor necesario para calentar el recipiente de acero inoxidable hasta 80°C, se utilizó la ecuación 4.18, según (Lewis, 1993):

$$Q_R = m_R * C_{pR} * \Delta T \quad \text{Ecuación 4.18}$$

Donde:

Q_R = calor necesario para calentar el recipiente de acero inoxidable (kcal)

$m = 0,56$ kg (masa del recipiente de acero inoxidable)

$C_{p\text{ olla}}$ = capacidad calórica del recipiente de acero inoxidable (0,12 kcal/kg °C)
(Lewis, 1993)

$\Delta T = (T_f - T_i)$ variación de temperatura en el calentamiento (80 - 20) °C

Remplazando datos en la ecuación 4.18:

$$Q_R = 0,56 \text{ kg} * 0,12 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (80 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_R = 4,03 \text{ kcal}$$

Según (Valiente, 1986) se puede determinar la suma de calores en base a la ecuación simplificada que se muestra a continuación:

$$Q_T = \sum Q_i \quad \text{Ecuación 4.19}$$

Donde:

$Q_T = Q_{T.C}$ = Calor total necesario para llevar a cabo un proceso

$\sum Q_i$ = suma de calores involucrados en el proceso

Remplazando datos en la ecuación 4.19:

$$Q_{T.C} = 4,03 \text{ kcal} + 61,415 \text{ kcal}$$

$$Q_{T.C} = 65,445 \text{ kcal}$$

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Realizado las características físicas de qacha de membrillo mostraron un diámetro de: ancho 40,64 mm; espesor de 4,25 mm; porción comestible 81,50 % y porción no comestible 18,50 %.
- El análisis fisicoquímico de la qacha de membrillo presentó: Ceniza 3,08 g/100g; Acidez titulable (como ácido málico) 3,43 g/100g; Fibra 14,99 g/100g; Grasa 1,16 g/100g; Hidratos de carbono 78,01 g/100g; Humedad 14,60 g/100g; pH 3,54; Proteína total (Nx6,25) 3,15 g/100g y Valor energético 343,00 Kcal/100g.
- El análisis microbiológico de la qacha de membrillo fue: *Escherichia coli* < $1,0 \times 10^1$ UFC/g; Mohos y levaduras $2,1 \times 10^1$ UFC/g y *Salmonella* P/A en 25 g. El análisis de micronutrientes de la qacha de membrillo fue: Calcio 31,7 mg/100g y Fósforo 31 mg/100g.
- El análisis fisicoquímico del alcohol etílico muestra: Acidez total 0,07 g/L; Extracto seco total (n.d); Grado alcohólico 96,0 %(v/v) y Metanol < 52 mg/L.
- Realizada la evaluación sensorial no se detectaron diferencias significativas en color y sabor entre grupos ($p > 0,05$), aunque sí en color, sabor y aroma ($p \leq 0,05$). La prueba C2 se eligió como óptima por su mayor preferencia sensorial, según medianas de jueces.
- Aplicado el diseño experimental 2^3 para la variable acidez y grado alcohólico se observó que la interacción BC existe diferencia significativa $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se afirma que el factor e interacción son significativos en el proceso de

elaboración de licor de qacha de membrillo para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

- Mediante la evaluación sensorial de las muestras experimentales (niveles superior e inferior) y la muestra ideal, se aplicó una encuesta para determinar las preferencias de los jueces. La muestra M2 fue seleccionada como la formulación final para la elaboración del licor de qacha de membrillo, dada su mayor aceptación sensorial general.
- Durante el almacenamiento del licor final (muestra M2), el pH mostró estabilidad con un valor inicial de 4,420 (día 1), un leve descenso a 4,419 (día 7) y final de 4,418. La acidez presentó un ligero ascenso de 0,899% (día1) a 0,901% (día12), alcanzando 0,902% al final.
- El licor de qacha de membrillo (muestra M2) presentó: Hidratos de carbono 36,48%, Proteínas totales 0,09%, Grasas no detectadas (nd), Humedad 78,83%, Cenizas 0,13%, Azúcares reductores 28,10 g/L, Azúcares totales 258,30 g/L, Grado alcohólico 28,00% v/v y Valor energético 305,00 kcal/100 g.
- En base al análisis de micronutrientes de licor de qacha de membrillo fue: Calcio 3,4 mg/100g y Fósforo 5,9 mg/100g. En el análisis microbiológico muestra Mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g.
- Para el balance de materia y energía se evidenció que a partir de 500,00 g de qacha de membrillo se obtiene 2702,40g ó 2956,42 ml de licor de qacha de membrillo. Así mismo, para determinar la cantidad total de calor para la solución de jarabe es de 65,445 kcal.

Recomendaciones

- Se recomienda desarrollar nuevos licores a base de frutas deshidratadas como ser: (durazno, pera, manzana, etc.), para aprovechar su alto valor energético, estabilidad microbiológica. Por qué esta estrategia diversifica la oferta de licores premium y agrega valor a materias primas de productores locales.
- Se recomienda implementar una planta piloto para la producción de licor de qacha de membrillo porque la muestra demostró estabilidad fisicoquímica óptima (pH 4,418, acidez 0,902%, 28% alcohol), y mayor preferencia sensorial, para validar procesos semi-industriales (maceración, filtración), y extender a licores de frutas deshidratadas (durazno, pera, etc), para productores locales de Tarija, posicionando productos premium en mercados gourmet.
- Se recomienda continuar la investigación mediante la implementación de más pruebas experimentales para optimizar el licor de qacha de membrillo, incorporando fruta deshidratada directamente en el licor final porque intensifica el aroma característico de la fruta y darle un distintivo al licor.

