

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El “Singani”, es una bebida tradicional boliviana cuyo origen data de las épocas coloniales. Su nombre tiene relación con la población de “Sinkani”, del departamento de Potosí. En el siglo XVI, en esta población, ubicada al sur de Bolivia, se inicia la destilación de uva Moscatel de Alejandría con el fin de obtener una bebida de mayor grado alcohólico y de esta forma surge la milenaria práctica del destilado de uva, conocido desde entonces como “SINGANI” (Mancilla, 2025).

El primer instrumento rústico utilizado para la destilación del singani artesanal fue de barro de arcilla conocido con el nombre de k'onchana, luego se utilizó la Falca un equipo construido de cobre y estaño. A nivel industrial se utilizan los alambiques que son fabricados de cobre (Mancilla, 2025).

El singani es una bebida alcohólica resultante de la destilación exclusiva de vinos de manera que el producto destilado homogéneo y bien constituido esté libre de color, de aspecto limpio y transparente, posee además un aroma característico al de la variedad de uva al que proceda y presente un sabor genuino (Ramírez y Reyes, 2020).

Con una denominación de origen que limita las zonas donde puede producirse este producto, encontrándose éstas en los departamentos de Tarija, Chuquisaca, La Paz y Potosí, cuyos viñedos están entre 1600 y 1800 metros sobre el nivel del mar, siendo este uno de los principales rasgos del Singani, pues la altura a la que se cultiva la uva le da sus características organolépticas y hace que preserve mejor su aroma (CANCILLERIA, 2020).

La producción de singani asciende a 3,6 millones de litros anuales. Los productores legales de vino y singani se concentran en Tarija, y también incluyen productores en los departamentos de Chuquisaca, Potosí y Santa Cruz (FAUTAPO, 2012).

En el departamento de Tarija existe un sector de destilerías, que incluye empresas industriales y artesanales. Entre las marcas industriales más destacadas se encuentran Casa Real, Kuhlmann, La Concepción, Juan Diablo, Barbacana, Aranjuez, entre otras, que son las destilerías importantes en la producción de singani y aguardiente.

En el sector artesanal de destilerías, Tarija ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años. Productores como la Casa Vieja, Chapaco Alzau, El Potro, Campiñas Chapacas, Sausini, La Chapaquita, La Angostura, Pura Cepa, Bodega Dos Hermanos, San Isidro, Tarijeño, Cruce del Zorro, Doña Chela, El Cumpa, Victoria, Tres Uvas, La Tradición y Vilte, se distinguen por sus métodos de producción tradicionales.

1.2 Justificación

- El presente trabajo de investigación busca identificar que las concentraciones de metanol presente en el producto (singani) elaborado en el Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro; cumplan con la Norma NB 324010:04 establecida por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA).
- En la actualidad el singani se destaca como un destilado de la uva Moscatel de Alejandría por el cual existe pocos trabajos de investigación relacionados a determinar la cantidad total de metanol presente en la producción de singani; ya que el metanol es una sustancia tóxica para el ser humano que puede causar varios problemas de salud como dolor de cabeza, convulsiones, dificultad en la visión, etc.
- Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación proporcionarán información relevante para los turistas que visitan la

Ruta del vino y singani, sobre los riesgos en la salud por el consumo de metanol (CH_3OH) y otros parámetros fisicoquímicos.

- Así mismo el presente trabajo de investigación tiene como finalidad contribuir a la promoción y valorización de los diferentes singanis que se producen en el Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro.

1.3 Objetivos

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

1.3.1 Objetivo general

- Realizar el control de calidad del contenido de metanol en el singani artesanal, utilizando el método de espectrofotometría, establecidos en la Norma Boliviana NB 324010:04 provenientes del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar la localización de la toma de muestras de los productores que comprenden la Ruta del vino y singani 1 y Ruta del vino y singani 2
- Determinar los parámetros fisicoquímicos del singani “variedad Moscatel de Alejandría” con la finalidad de identificar la calidad de cada parámetro.
- Determinar el contenido de metanol en muestras de singani, utilizando la técnica de espectrofotometría conforme al procedimiento que indica la Norma Boliviana NB 324010:04.

- Aplicar el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para controlar la variable de contenido de metanol.

1.4 Planteamiento del problema

El singani de uva blanca, variedad *Moscatel de Alejandría* proveniente del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro, no cuenta con valores publicados que demuestren el grado del cumplimiento de la norma NB 324010:04, con respecto al contenido de metanol. Además, la falta de control sobre el contenido de metanol expone a los consumidores a riesgos de salud por la toxicidad de esta sustancia en el producto, lo que también dificulta su valoración de los singanis adulterados en el mercado. Con la aplicación del método espectrofotométrico permitirá determinar la cantidad de metanol, con el fin de identificar los valores para evaluar si cumple o no cumple con la norma y garantizar la seguridad hacia el consumidor final.

1.5 Formulación del problema

En la producción de Singani en Bolivia, el metanol no se sintetiza intencionalmente, sino que se forma de manera natural durante la fermentación y destilación del vino de uva Moscatel de Alejandría. Este fenómeno ocurre por la hidrólisis de pectinas presentes en la piel y pulpa de la uva, que liberan metoxilos transformados en metanol por acción enzimática.

1.6 Campo de acción

El campo de acción propuesto para el siguiente trabajo de investigación, se detalla a continuación:

- **Espacial**

El trabajo de investigación se realizó en muestras de singani artesanal provenientes de Calamuchita, San Isidro y Valle de la Concepción.

➤ **Temporal**

El presente trabajo de investigación se realizó en la gestión 2025.

➤ **Institucional**

La institución donde se realizó el presente trabajo de investigación, fue en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo “CEANID”, y Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA); dependientes de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” Tarija – Bolivia.

1.7 Objeto de estudio

Determinación de la concentración de metanol en el singani (*Moscatel de Alejandría*).

1.8 Hipótesis

La aplicación del método espectrofotométrico, permitirá determinar el contenido de metanol en muestras de singani (variedad *Moscatel de Alejandría*), proveniente del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro con el fin de identificar si cumple con la Norma NB 324010:04.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del metanol

Realizada la búsqueda de información referente al origen del metanol no se conoce con exactitud, pero, sin embargo, el metanol fue utilizado en el proceso de embalsamiento por los antiguos egipcios que obtenían mediante la pirolisis de la madera. En el año 1661 Robert Boyle aisló el metanol puro a través de la destilación de la madera de Buxus (QPK, 2023).

En 1834, Jean-Baptiste y Eugene Peligot determinaron su composición elemental. En 1923 Alwin Mittasch y Pier Mathias, desarrollan un medio para convertir un gas de síntesis en metanol. El metanol moderno de baja presión fue desarrollado a finales de 1960 con la tecnología; actualmente propiedad de Johnson Matthey (QPK, 2023).

2.2 Definición de metanol

El metanol es un alcohol cuya formula es: CH_3OH . Se emplea tanto como solvente o bien en procesos de síntesis de nuevas moléculas a sí mismo este alcohol puede encontrarse en diversos productos incluyendo: adhesivos, pinturas, tintas, removedores de pintura, productos de limpieza, resinas, anticongelantes, etc. (Copaja, 2018).

2.3 Propiedades fisicoquímicas del metanol

El metanol (CH_3OH) es un líquido incoloro con olor característico a alcohol que es altamente inflamable y tóxico si se ingiere o inhala. Debe almacenarse y manipularse de acuerdo con las normas de seguridad para prevenir incendios, explosiones, derrames y la exposición. En la Tabla 2.1 se presentan las propiedades fisicoquímicas del metanol.

Tabla 2.1

Propiedades fisicoquímicas del metanol

Propiedades	Valores
Punto de ebullición (°C)	64,47 °C
Punto de fusión (°C)	-97 °C
Solubilidad en el agua	Totalmente soluble
Densidad de vapor (Ar = 1)	1,1
Gravedad específica (Agua = 1)	0,791
Presión del vapor	97 mmHg- 20°C
Formula química	CH ₃ OH
Peso molecular	32,04 g/mol

Fuente: METOR, 2020

2.4 Aplicaciones del metanol

En la Figura 2.1 se detallan las diferentes aplicaciones en general del metanol.

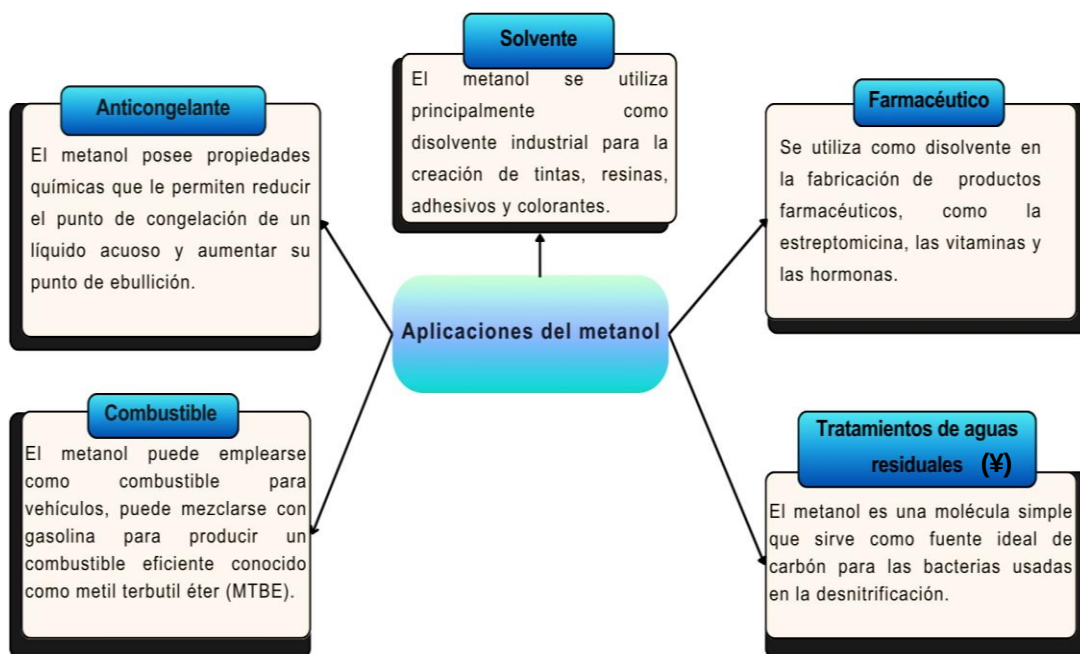


Figura 2.1 Aplicaciones del metanol

Fuente: Curcio y Podebiora ^(*), 2025 y ChemicalSafetyFacts, 2022

2.4.1 Anticongelante

El metanol posee propiedades químicas que le permiten reducir el punto de congelación de un líquido acuoso y aumentar su punto de ebullición. Estas propiedades hacen que se utilice como anticongelante en el líquido lavaparabrisas para evitar que se congele. También se inyecta en gasoductos, donde reduce el punto de congelación del agua durante el transporte de petróleo y gas (ChemicalSafetyFacts, 2022).

2.4.2 Solvente

El metanol se utiliza principalmente como disolvente industrial para la creación de tintas, resinas, adhesivos y colorantes. También se utiliza como disolvente en la fabricación de importantes ingredientes y productos farmacéuticos, como el colesterol, la estreptomicina, las vitaminas y las hormonas. Su solubilidad en muchos disolventes orgánicos y en agua lo convierte en una opción versátil para la extracción y purificación de compuestos químicos (ChemicalSafetyFacts, 2022).

2.4.3 Combustible

Aproximadamente el 45 % del metanol mundial se utiliza en aplicaciones energéticas. El metanol puede emplearse como combustible para vehículos o para embarcaciones. También puede mezclarse con gasolina para producir un combustible eficiente conocido como metil terbutil éter (MTBE), que puede generar menos emisiones que la gasolina convencional. El metanol también se utiliza en el biodiésel, un combustible renovable elaborado a partir de grasas vegetales o animales que puede utilizarse en lugar de los combustibles convencionales o mezclarse con ellos (ChemicalSafetyFacts, 2022).

2.4.4 Tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales que se juntan en las plantas de tratamiento contienen, por lo general, altos niveles de amoníaco. Mediante un proceso de degradación de bacterias, este amoníaco es convertido en nitrato. En un proceso subsecuente llamado desnitrificación, se remueve el nitrato mediante tratamientos químicos y degradación de bacterias (Curcio y Podebiora, 2025).

El metanol es una molécula simple que sirve como fuente ideal de carbón para las bacterias usadas en la desnitrificación. Aceleradas por la adición del metanol, las bacterias anaerobias convertirán rápidamente el nitrato (NO_3) en un inofensivo gas de nitrógeno (N_2) (Curcio y Podebiora, 2025).

2.5 Daños del metanol en la salud

Las intoxicaciones producidas por el metanol son consecuencia de su uso en bebidas alcohólicas en sustitución del etanol o por deficiencias en el proceso de destilación, lo que ha dado lugar a intoxicaciones epidémicas en diferentes partes del mundo. La mayor parte de los casos ocurren en personas con alcoholismo crónico, que por su dependencia y sus escasos recursos económicos se ven obligados a consumir bebidas adulteradas de bajo costo. (Contreras et al, 2019).

En los seres humanos la toxicidad se produce a través de sus productos metabolitos, formaldehído y, especialmente, el ácido fórmico que llega a producir disfunción neurológica, metabólica, respiratoria, renal y cardiovascular; en algunos casos se puede producir ceguera permanente y muerte (Contreras et al, 2019).

La mayor parte del metanol circula en el agua plasmática, atraviesa la barrera hematoencefálica y es metabolizado lentamente en el hígado. La vida media oscila entre 12 a 24 horas. Apenas cerca del 10 % es excretado sin cambios

por el riñón y a través del pulmón. El 90 % restante es metabolizado a ácido fórmico que se elimina por vía urinaria. Una vez absorbido se dirige al hígado donde sufre procesos de oxidación. En la Figura 2.2 se muestran los síntomas causados por el metanol.



Figura 2.2 Síntomas de intoxicación por metanol

Fuente: Medline Plus, 2025

Según la Figura 2.2 “*Síntomas de intoxicación por metanol*” los síntomas más comunes por consumo de metanol son: dificultad respiratoria, presión arterial baja, mareo, diarrea, pancreatitis, ceguera y coma.

El DL50 (Dosis Letal 50), es un parámetro toxicológico que indica la cantidad de una sustancia (en mg por kg de peso corporal) que provoca la muerte en el 50% de una población experimental (generalmente animales de laboratorio) bajo condiciones controladas, en humanos el metanol es altamente tóxico incluso en dosis pequeñas (Mancilla, 2025).

- 10 ml pueden causar síntomas graves (cefalea, visión borrosa, vómitos).
- 30 ml pueden provocar ceguera permanente.

- 60-100 ml pueden ser letales.

El mecanismo de toxicidad se debe a que el metanol se metaboliza en el hígado a formaldehído y ácido fórmico, que son neurotóxicos y afectan el nervio óptico y el sistema nervioso central. (Mancilla, 2025).

2.6 Definición del singani “variedad Moscatel de Alejandría”

El singani es un aguardiente boliviano de origen vínico obtenido por la destilación de vino proveniente de la fermentación alcohólica de la variedad *Moscatel de Alejandría* (Malbec, 2021).

La Destilación por los alambiques es un proceso que consiste en calentar el vino en la caldera a fuego directo a vapor para luego a los 70°C comienza la evaporación de los alcoholes que pasan a través del capitel el cuello de cisne y el refrigerante, para luego condensar a líquido transparente con un porcentaje de alcohol que fluctúa entre los 54 a 73% de alcohol. Se distinguen 3 etapas: Cabeza, corazón y colas (Mancilla, 2025).

Cabeza es la primera fracción que destila donde se extrae el alcohol metílico, el corazón es la parte agradable que es la que se destina al singani, las colas son los últimos alcoholes de mayor peso molecular y se vuelve a redestilar. El singani de grado fuerte luego es acondicionado y rebajado a 40°GL (%) (Mancilla, 2025).

2.7 Denominación de origen del singani

La Ley N° 1334 del 4 de mayo de 1992 fija las normas sobre la producción, elaboración y comercialización del singani y establece el reglamento de la Denominación de Origen de la bebida nacional; en ella se indica el área de producción permitida que comprende valles de los departamentos de Tarija, Chuquisaca, La Paz y Potosí (Malbec, 2021).

Además, define al Singani como "Aguardiente obtenido por la destilación de vinos naturales de uva fresca producida, destilada y embotellada en las zonas de producción de origen". También señala que el singani elaborado con materias primas diferentes a la uva *Moscatel de Alejandría*, inclusive utilizando las prácticas enológicas recomendadas para tal efecto, no contará con derecho a la utilización de la denominación de origen (Malbec, 2021).

2.8 Caracterización de los parámetros fisicoquímicos del singani

En la Figura 2.3 se detallan los parámetros fisicoquímicos del singani:

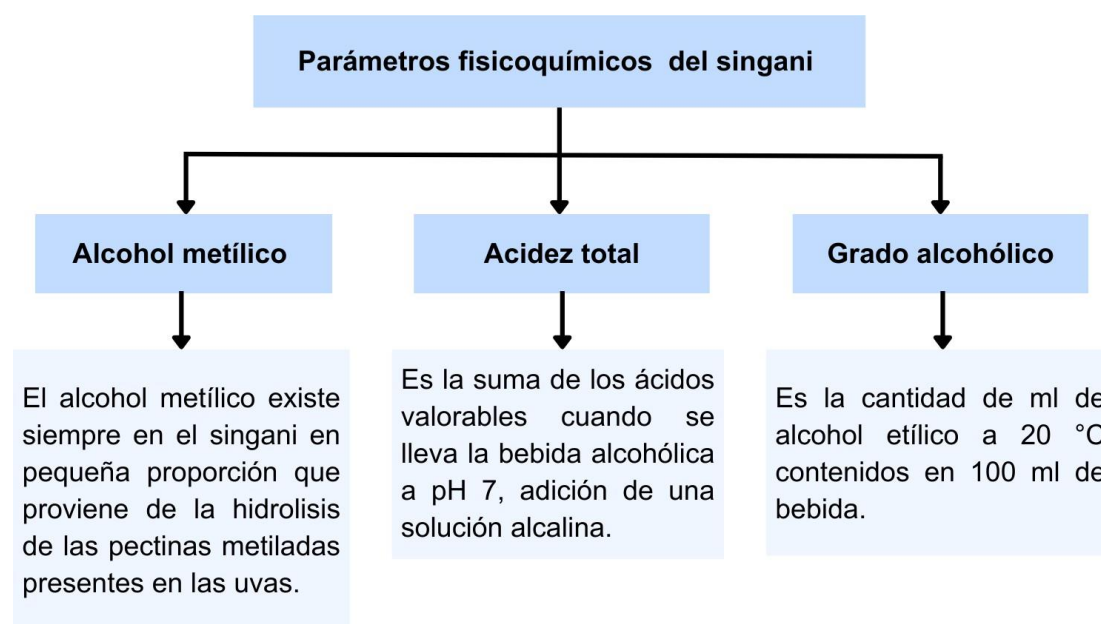


Figura 2.3 Parámetros fisicoquímicos del singani

Fuente: IBNORCA, 2025

2.8.1 Alcohol metílico

Según IBNORCA (2025), el alcohol metílico existe siempre en el vino en pequeña proporción que provienen de la hidrólisis de las pectinas metiladas presentes en las uvas por la enzima pectina metil esterasa (PME). Por lo tanto, también existirá en el singani (p. 1).

2.8.2 Acidez total

Es la suma de los ácidos valorables cuando se lleva la bebida alcohólica a un pH 7, (neutro) adición de una solución alcalina. El anhídrido carbónico y anhídrido sulfuroso libre y combinado no están comprendidos en la acidez total. La acidez total se expresa en (mg/l) de bebida o en (g/l) (IBNORCA, 2025).

2.8.3 Grado alcohólico

Según IBNORCA (2025), es la cantidad de ml de alcohol etílico a 20 °C, contenidos en 100 ml de bebida alcohólica medidos a 20 °C (p. 1).

2.9 ¿Cómo se genera el metanol en Singani?

Se genera a partir de la materia prima: uvas Moscatel de Alejandría, durante la fermentación, las enzimas pectinasas descomponen las pectinas → liberan grupos metoxilo → se convierten en metanol.

Destilación: el metanol se concentra en las fracciones iniciales (cabezas) del destilado (Mancilla, 2025).

2.9.1 Factores que influyen en la elaboración

Los factores que influyen son dos: tiempo y temperatura de fermentación, presencia de pieles y semillas (más pectinas) y el corte inadecuado de cabezas y colas en la destilación (Mancilla, 2025).

2.9.2 Cómo prevenir intoxicación por metanol

- Selección de materia prima: usar uvas sanas y evitar maceraciones prolongadas.
- Control de fermentación: temperatura adecuada y evitar exceso de contacto con pieles.
- Destilación correcta:

Separar las cabezas (donde se concentra el metanol).

Usar alambiques limpios y calibrados.

- Análisis químico: verificar concentración antes de comercializar.
- Cumplir con los requisitos físico-químicos siendo 750 mg/l el máximo.

2.10 Características organolépticas del singani

En el año 2007 la Norma Boliviana NB 324001 establece, los requisitos organolépticos que debe presentar el singani. En la Tabla 2.2 se presentan las características del singani variedad “*Moscatel de Alejandría*”

Tabla 2.2

Requisitos organolépticos del singani

Requisitos organolépticos	Singani			
Descripción	Singani de altura	Singani primera selección	de	Singani de segunda selección
Aspecto	Límpido y/o brillante	Claro, límpido y/o brillante		Claro, límpido y/o brillante
Color	Incoloro (ámbar, si es añejado)	Incoloro		Incoloro
Olor	Predomina el aroma a la variedad moscatel de Alejandría (Terpenos), si es añejado aromas típicos de la madera utilizada.	Intensidad aromática media o ligera.		Intensidad aromática media o ligera.
Sabor	Fino, aterciopelado suave, con estructura equilibrada.	Intenso definidos	bien	De gusto agradable

Fuente: IBNORCA, 2022

2.11 Química analítica cuantitativa

El análisis cuantitativo se interesa en la determinación de qué cantidad de una sustancia en particular está presente en una muestra. La sustancia determinada muchas veces se llama componente deseado, y puede constituir una pequeña o gran parte de la muestra analizada (Day y Underwood, 1989). En la Figura 2.4 se muestra los diferentes tipos de métodos analíticos cuantitativos que se utilizan para determinar ciertos componentes.

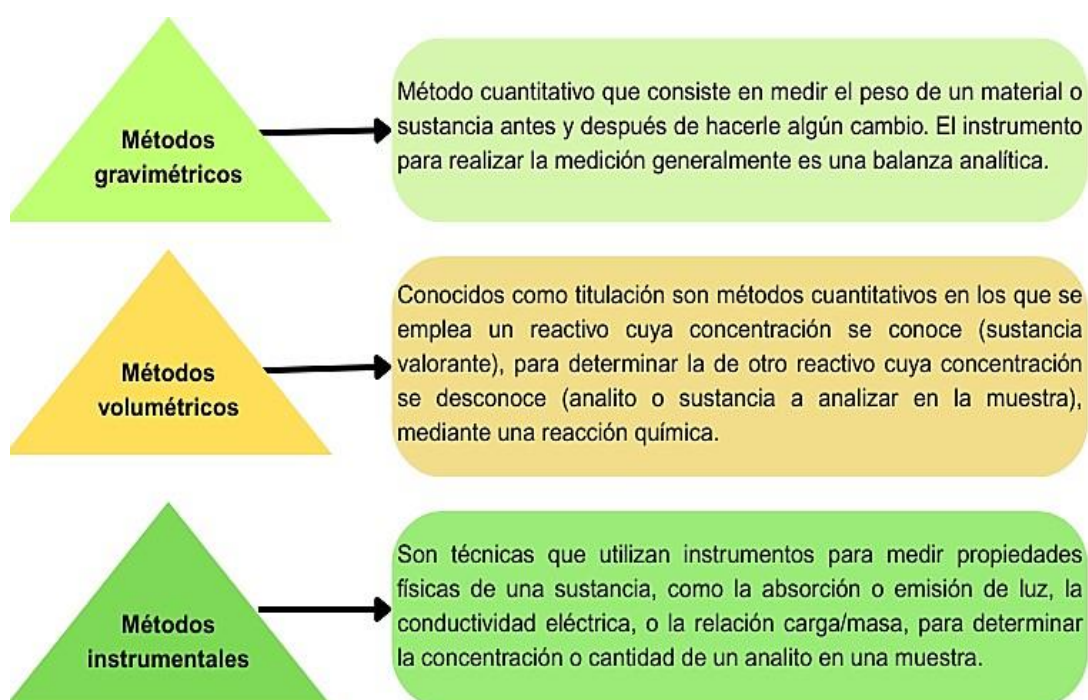


Figura 2.4 Métodos analíticos cuantitativos

Fuente: Ondarse, 2024

2.12 Métodos de análisis para determinar metanol

En la Figura 2.5, se muestra los métodos de análisis para determinar metanol presente en el singani de uva *Moscatel de Alejandría*.

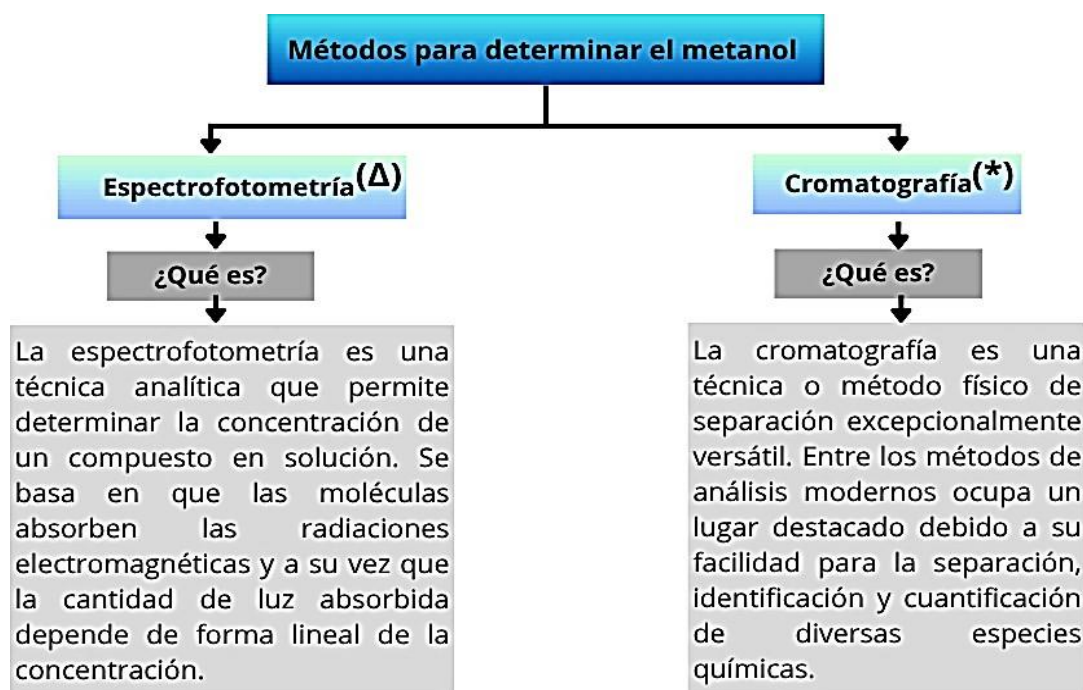


Figura 2.5 Métodos para determinar metanol en el singani

Fuente: UnADM ^(Δ), 2025 ; Corzo ^(*), 2019

2.12.1 Cromatografía

La cromatografía es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, la cual tiene aplicación en todas las ramas de la ciencia. Es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes. Puede cumplir dos funciones básicas que no se excluyen mutuamente Corzo, (2019).

- Separar los componentes de la mezcla, para obtenerlos más puros y que puedan ser usados posteriormente (etapa final de muchas síntesis).
- Medir la proporción de los componentes de la mezcla (finalidad analítica). En este caso, las cantidades de material empleadas son pequeñas.

2.12.2 Espectrofotometría UV-visible

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida (Díaz et al, 2025). En la Figura 2.6 se muestra el proceso espectrofotométrico.

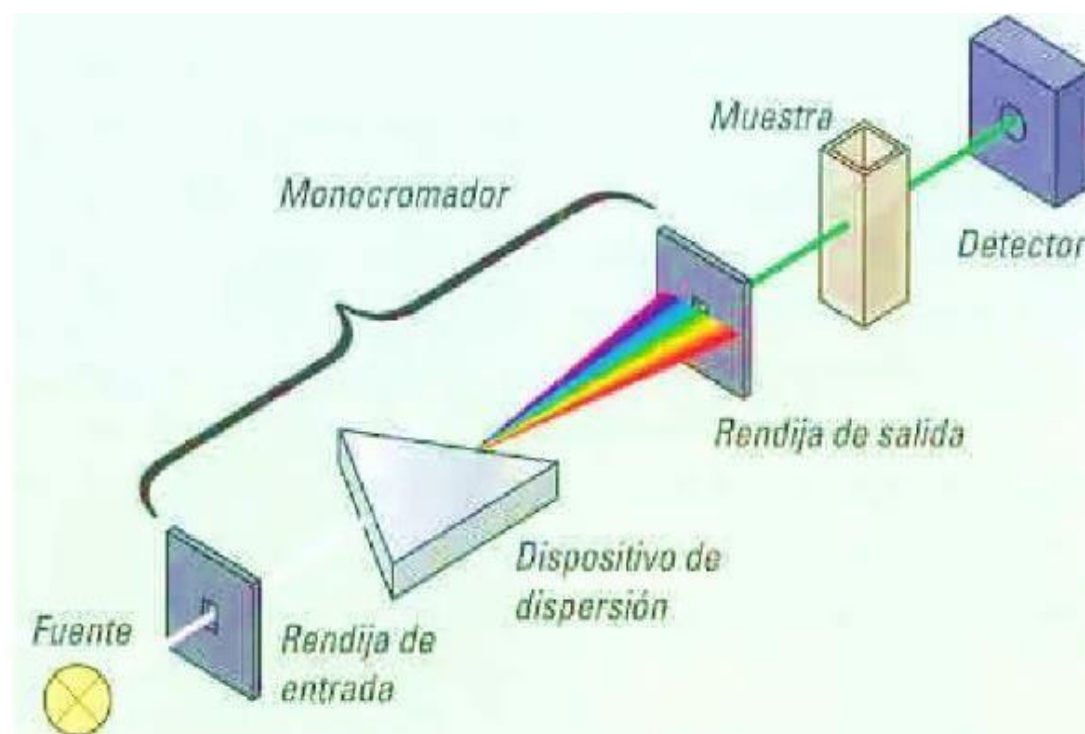


Figura 2.6 Proceso espectrofotométrico

Fuente: Motha, 2016

2.12.2.1 Absorbancia y Transmitancia

La transmitancia (T) de una sustancia en solución es la relación entre la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra (I_t) y la cantidad de luz que incidió sobre ella, y se representa

normalmente en tanto por ciento: $\% T = (I_t/I_o) \times 100$. La transmitancia nos da una medida física de la relación de intensidad incidente y transmitida al pasar por la muestra (Díaz et al, 2025).

La absorbancia (A) es un concepto más relacionado con la muestra puesto que nos indica la cantidad de luz absorbida por la misma, y se define como el logaritmo de $1/T$, en consecuencia: $A = \log 1/T = -\log T = -\log (I_t/I_o)$. Cuando la intensidad incidente y transmitida son iguales ($I_o = I_t$), la transmitancia es del 100% e indica que la muestra no absorbe a una determinada longitud de onda, y entonces A vale $\log 1 = 0$ (Díaz et al, 2025).

2.12.2.2 Ley de Lambert-Beer

Esta ley expresa la relación entre absorbancia de luz monocromática (de longitud de onda fija) y concentración de un cromóforo en solución. En la Ecuación 2.1, se describe la Ley de Lambert-Beer, la cual establece una relación fundamental en espectrofotometría:

$$A = \log I/I_o = \epsilon \cdot c \cdot l \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

donde:

A, es la absorbancia (adimensional).

I_o , es la intensidad de la luz incidente.

I , es la intensidad de la luz transmitida.

ϵ , es la absortividad molar ($L \times mol^{-1} \times cm^{-1}$).

c, es la concentración de la sustancia en la solución ($mol \times L^{-1}$).

l , es la longitud del camino óptico (cm).

La absorbancia de una solución es directamente proporcional a su concentración a mayor número de moléculas mayor interacción de la luz con ellas; también depende de la distancia que recorre la luz por la solución a igual

concentración, cuanto mayor distancia recorre la luz por la muestra más moléculas se encontrará y, por último, depende de ϵ , una constante de proporcionalidad denominada coeficiente de extinción que es específica de cada cromóforo (Díaz et al, 2025).

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Desarrollo de la parte experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo “CEANID”, y 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” (UAJMS).

3.2 Tipo de intervención experimental

En el presente trabajo de investigación se utilizó la metodología experimental a nivel de laboratorio con la finalidad de determinar el contenido de metanol en singani artesanal proveniente del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro en base a los siguientes análisis:

- Análisis de metanol total en las muestras de singani artesanal.
- Análisis de grado alcohólico en las muestras de singani.
- Análisis de pH en las muestras de singani.
- Análisis de acidez total en las muestras de singani.
- Análisis del diseño experimental (DBCA) para el factor metanol.
- Operacionalización de las variables independiente y dependiente.

3.3 Paradigma de investigación

Según Hurtado y Toro (1997), un paradigma de investigación es una concepción del objeto de estudio de una ciencia, de los problemas para estudiar, de la naturaleza de sus métodos y de la forma de explicar, interpretar o comprender los resultados de la investigación realizada. Así mismo, González (1997), señala que un paradigma constituye un marco conceptual en el que se inscriben, como supuestos básicos subyacentes, creencias y

valores a los cuales los integrantes del grupo que lo comparten se adhieren fuertemente, sin que sean siempre explícitos o conscientes

3.3.1 Paradigma positivista

Según Ricoy (2006), indica que el paradigma positivista sustentará a la investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica. Así mismo Herrera (2024), el paradigma positivista tiene como objetivo principal explicar, predecir y controlar los fenómenos mediante la verificación de teorías y leyes.

3.4 Enfoque de la investigación

Según Hernández-Sampieri et al, (2014), los enfoques de investigación son un proceso de aproximación, planteamiento, creación y abordaje del problema científico que sirve de orientación metodológica en la investigación; no simplemente se limita a actos instrumentales y decisiones operativas, ni a teorías o conceptos codificados y matematizados, sino que abarcan las metodologías, los principios y las orientaciones más generales del proceso de investigación. Así mismo, Reyes (2022), indica que es un proceso metódico, organizado y controlado que está estrechamente relacionado con los métodos de investigación: el deductivo, que se asocia típicamente con la investigación cuantitativa y va de lo general a lo específico y el inductivo, que se relaciona con los estudios cualitativos que va de los casos específicos a las generalizaciones.

3.5 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

Según Tamayo y Tamayo (2012), “El método científico es un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen

a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo”. Así mismo, Arias (2012), define el método como el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis.

Según Maya (1997), las técnicas de investigación comprenden un conjunto de procedimientos organizados sistemáticamente que orientan al investigador a profundizar el conocimiento y al planteamiento del problema de nuevas líneas de investigación. Así mismo, (Rudio, 1986), un instrumento de investigación es una herramienta específica utilizada para recopilar y analizar información en el proceso de investigación. Los instrumentos de investigación ayudan a los investigadores a obtener información precisa y confiable sobre su tema de estudio y a llegar a conclusiones válidas y confiables.

Los métodos y técnicas que fueron utilizados en el presente trabajo se detallan a continuación:

3.5.1 Análisis fisicoquímico del singani artesanal

En la Tabla 3.1 se puede observar los métodos y técnicas que se utilizaron para los análisis fisicoquímicos de singani artesanal, los cuales se realizaron en el CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Tabla 3.1

Análisis fisicoquímicos del singani artesanal			
Parámetros	Métodos	Técnicas	Unidad
Grado alcohólico	NB 324003 - 2004	Alcoholimetría	(20/20) °C (°GL)
pH	NB 324006 - 2004	Potenciometría	
Acidez total	NB 324004 - 2004	Volumetría	(g/L)
Metanol	NB 324010 - 2004	Espectrofotometría	(mg/L)

Fuente: CEANID, 2025

3.6 Instrumentos, materiales y reactivos de laboratorio

Durante el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación, se utilizó los siguientes instrumentos, materiales y reactivos de laboratorio, los cuales se describen a continuación:

3.6.1 Espectrofotómetro UV / VIS

En la Figura 3.1, se describen las respectivas especificaciones técnicas del espectrómetro UV / VIS que se utilizó para determinar absorbancia y transmitancia.

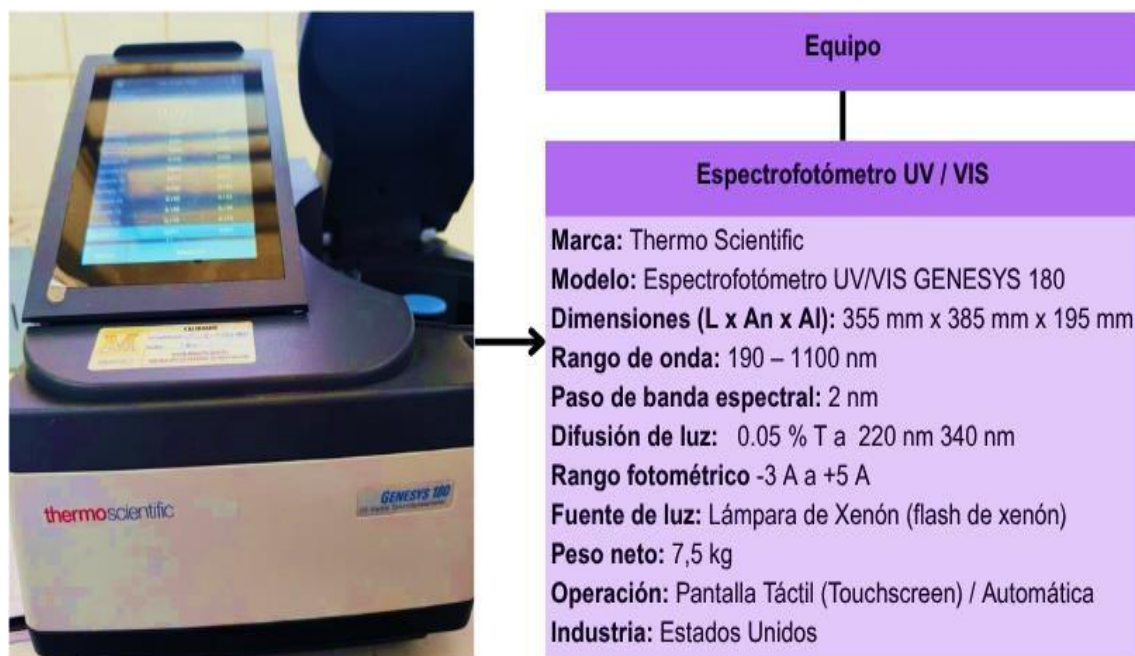


Figura 3.1 Especificación técnica espectrofotómetro UV / VIS

Fuente: CEANID, 2025

3.6.2 Instrumentos de laboratorio

En la Figura 3.2, se muestra las especificaciones técnicas de los instrumentos de laboratorio que se utilizaron para el desarrollo del presente trabajo de investigación y los cuales se encuentran en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA).

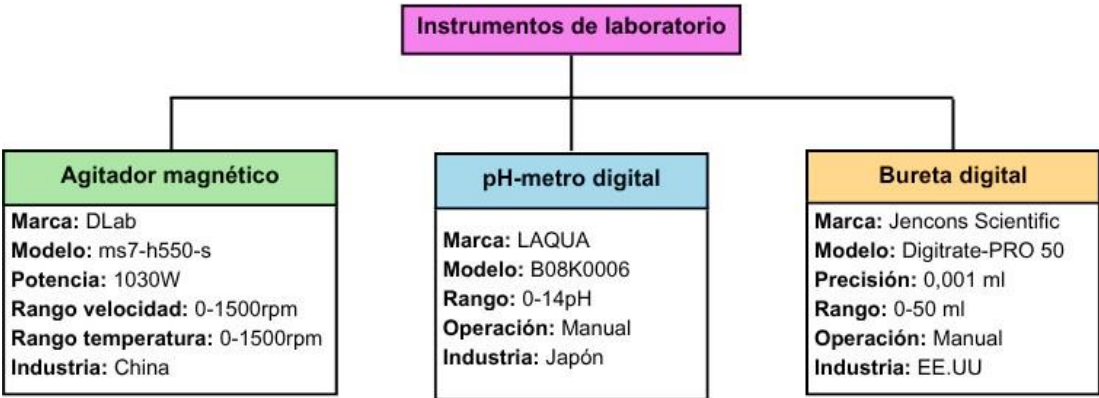


Figura 3.2 Especificaciones técnicas de instrumentos de laboratorio
Fuente: LACIA, 2025

3.6.3 Material de laboratorio

En la Tabla 3.2, se muestran los materiales de laboratorio que se utilizaron en el presente trabajo de investigación.

Tabla 3.2

Materiales de laboratorio

Materiales	Cantidad	Capacidad	Tipo
Matraz erlenmeyer	4	100 ml	Vidrio
Vaso precipitado	5	50 ml	Vidrio
Vaso precipitado	2	100 ml	Vidrio
Micro pipeta	1	5 ml	Plástico
Termómetro de alcohol	1	(0 – 100) °C	Vidrio
Piseta	1	Mediano	Plástico
Alcoholímetro	1	(0 – 100) °GL	Vidrio
Probeta	1	250 ml	Vidrio

Fuente: Elaboración propia

3.6.4 Reactivos de laboratorio

En la Tabla 3.3, se detallan los reactivos de laboratorio que se utilizaron para determinar acidez total en el singani artesanal del presente trabajo de investigación:

Tabla 3.3

Reactivos de laboratorio

Reactivos	Marca	Concentración
Hidróxido de sodio (NaOH)	DIEMAR	0,1 N
Fenolftaleína	DIEMAR	1%
Agua destilada	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.7 Procedimiento experimental para determinar los parámetros fisicoquímicos en singanis artesanales

Para realizar el análisis de los parámetros fisicoquímicos en el singani artesanal de muestras provenientes del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro. A continuación, se describen los procedimientos experimentales que se utilizaron:

3.7.1 Procedimiento experimental para la determinación de grado alcohólico en el singani

En la Figura 3.3, se muestra el procedimiento experimental para determinar el grado alcohólico en el singani a nivel de laboratorio siguiendo la metodología establecida por el IBNORCA NB 324003:2004.



Figura 3.3 Procedimiento experimental para determinar el
grado alcohólico

Fuente: Elaboración propia

3.7.2 Procedimiento experimental para la determinación de metanol en el singani

En la Figura 3.4, se muestra el procedimiento experimental para determinar metanol en el singani artesanal a nivel de laboratorio siguiendo la metodología establecida por el IBNORCA NB 324010: 2004.

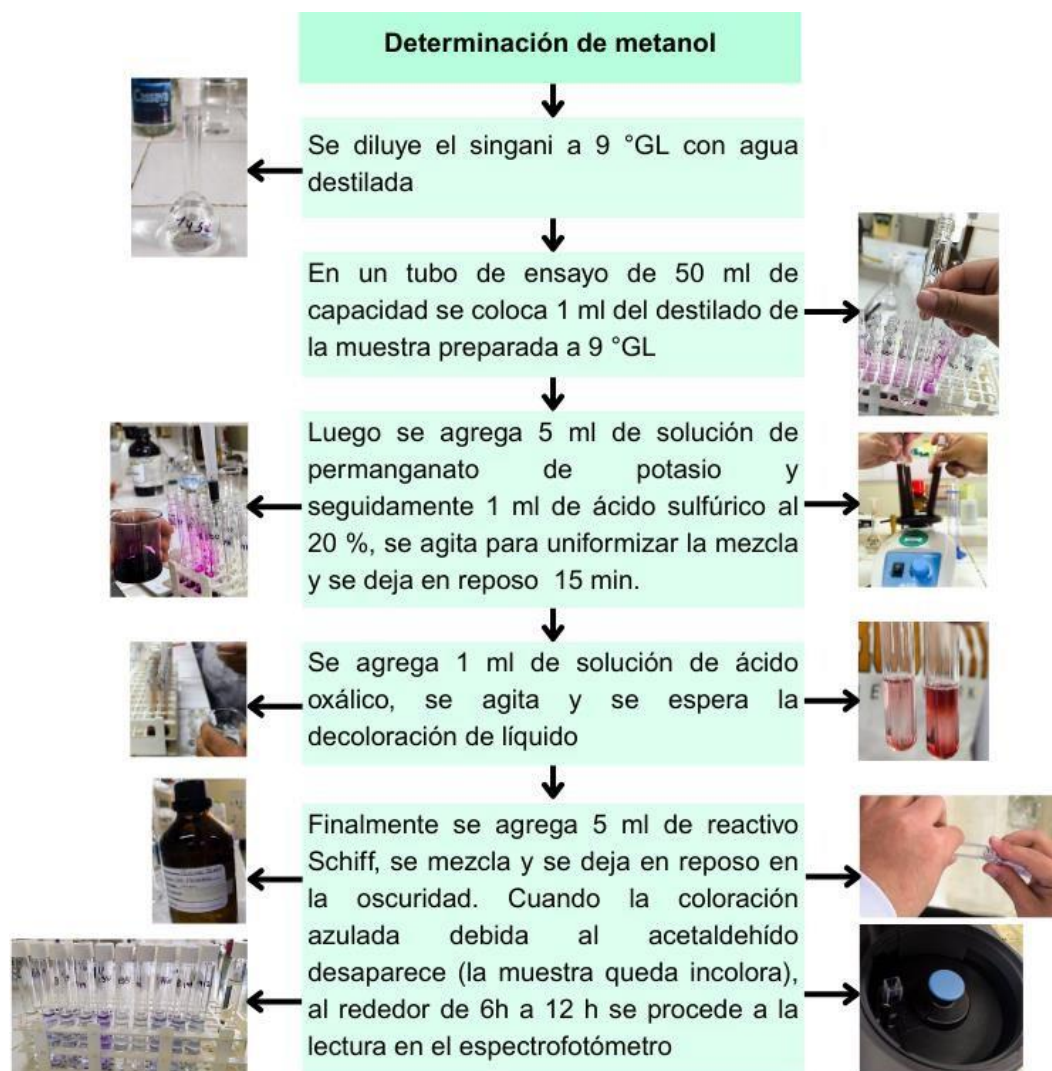


Figura 3.4 Procedimiento experimental para determinar metanol

Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Procedimiento experimental para la determinación de acidez total en el singani

En la Figura 3.5, se muestra el procedimiento experimental para determinar acidez total en el singani artesanal a nivel de laboratorio siguiendo la metodología establecida por el IBNORCA NB 324004: 2004.

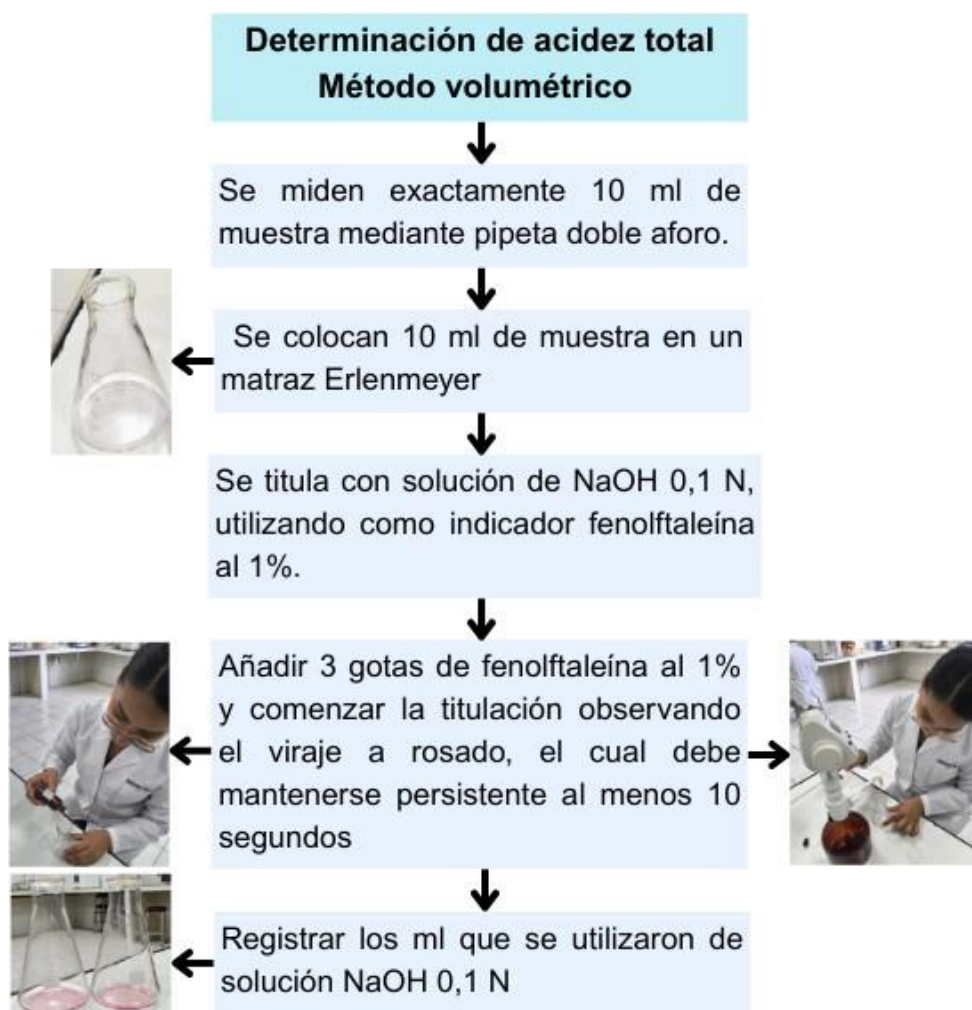


Figura 3.5 Procedimiento experimental para determinar acidez total

Fuente: Elaboración propia

3.7.4 Procedimiento experimental para la determinación de pH en el singani

En la Figura 3.6, se muestra el procedimiento experimental para determinar pH en la muestra de singani artesanal a nivel de laboratorio siguiendo la metodología establecida por el IBNORCA NB 324006:2004.



Figura 3.6 Procedimiento experimental para determinar pH

Fuente: Elaboración propia

3.8 Diseño experimental

Según Gabriel et al, (2017), el diseño experimental se define como el método, procedimiento o conjunto de reglas para asignar los tratamientos aleatoriamente a las unidades experimentales (p. 7). Así mismo, Gutiérrez y De La Vera (2008), afirman que “el diseño de experimentos es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente” (p. 6).

3.8.1 Diseño por bloques completamente al azar (DBCA)

Según Martínez (2015), afirma que el diseño de bloques completos al azar (DBCA) es uno de los diseños experimentales que tienen mayores aplicaciones en la investigación ya que este diseño es especialmente útil, para experimentos de campo en donde no es muy alto el número de tratamientos que se evalúan y el área experimental sigue un gradiente de productividad predecible. Sin embargo, Yepes (2014); el diseño en bloques completos al azar trata de comparar tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, el factor de bloques y el error aleatorio. El adjetivo completo se refiere a que en cada bloque se prueban todos los tratamientos. La aleatorización se hace dentro de cada bloque.

3.8.1.1 Diseño experimental por bloques completamente al azar para el factor contenido de metanol en el singani artesanal

En la Tabla 3.4, se muestra la matriz experimental del factor contenido de metanol en el singani, en la cual se aplicó el diseño experimental por bloques completamente al azar (DBCA) con diez tratamientos (Factor A) y bloques (Factor B):

Tabla 3.4

Matriz experimental del factor contenido de metanol en el singani

Bloques (Factor B)	Tratamientos (Factor A)										Total (Y _i)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Lote 1	y ₁₁	y ₁₂	y ₁₃	y ₁₄	y ₁₅	y ₁₆	y ₁₇	y ₁₈	y ₁₉	y ₁₁₀	y _{i1}
Lote 2	y ₂₁	y ₂₂	y ₂₃	y ₂₄	y ₂₅	y ₂₆	y ₂₇	y ₂₈	y ₂₉	y ₂₁₀	y _{i2}
Total (Y_j)	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y ₆	y ₇	y ₈	y ₉	y ₁₀	y _{ij}

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Factor A = Productores (muestras) de singani del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro

Factor B = Lote N°1 y lote N°2

y_i = Contenido de metanol (mg/L)

3.8.1.2 Diseño experimental por bloques completamente al azar para grado alcohólico en el singani

En la Tabla 3.4, se muestra la matriz experimental del factor grado alcohólico en el singani, en la cual se aplicó el diseño experimental por bloques completamente al azar (DBCA) con diez tratamientos (Factor A) y bloques (Factor B):

Tabla 3.5

Matriz experimental del factor grado alcohólico en el singani

Bloques (Factor B)	Tratamientos (Factor A)										Total (Y_2)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Lote 1	y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{15}	y_{16}	y_{17}	y_{18}	y_{19}	y_{110}	y_{21}
Lote 2	y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	y_{25}	y_{26}	y_{27}	y_{28}	y_{29}	y_{210}	y_{22}
Total (Y_i)	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}	y_{2j}

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Factor A = Productores (muestras) de singani del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro

Factor B = Lote N°1 y lote N°2

y_2 = Grado alcohólico (°GL)

3.9 Operacionalización de las variables fisicoquímicos para el singani artesanal

Según Carrasco, (2006). La operacionalización de las variables es un proceso clave que define el significado de esta tarea y establece los criterios para su ejecución. Esta labor implica la descomposición de las variables en sus referentes empíricos, es decir, en elementos observables y medibles. Los criterios que guían este proceso pueden derivar de: Las características de las unidades de análisis, las funciones de las unidades de análisis dentro del problema de investigación y los componentes de las variables que conforman el problema de investigación. Así mismo Ñaupas et al, (2014), afirman que la operacionalización de variables es un procedimiento lógico que consiste en transformar las variables teóricas en variables intermedias, luego éstas en variables empíricas o indicadores y finalmente elaborar los índices (p. 191).

En el Cuadro 3.1, se muestra la operacionalización de las variables fisicoquímicas para el singani artesanal del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro del presente trabajo de investigación.

Cuadro 3.1

Operacionalización de las variables fisicoquímicas para singani

Hipótesis	Variables		Definición	Parámetros	Indicadores	Escala
Con la aplicación del método espectrofotométrico, permitirá determinar el contenido de metanol en muestras de singani (variedad <i>Moscatel de Alejandría</i>), proveniente del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro con el fin de identificar si cumple con la Norma NB 324010:04.	Dependiente	Determinar la concentración de metanol en muestras de singani	El metanol es un alcohol cuya estructura es: CH ₃ OH. Se emplea tanto como solvente o bien en procesos de síntesis de nuevas moléculas (Copaja, 2018).	Físicos	Grado alcohólico	°GL
				Fisicoquímicos	Metanol	mg/L
					pH	-
					Acidez total	g/L
	Independiente	Método de espectrofotometría	La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución (Díaz et al, 2025).	Metanol	Absorbancia / Transmitancia	A / (%T)
				Grado alcohólico	Alcoholimetría	% (v/v)
				Longitud de onda	λ	Nm
				Ley de Lambert - Beer	A= εbc	(M ⁻¹ x cm ⁻¹) (cm) (M)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIONES

4.1 Ubicación geográfica de la Ruta del vino y singani

Para el presente trabajo de investigación, se seleccionaron dos zonas geográficas de la provincia de José María Avilés que corresponden a la ruta del vino y singani 1 y ruta del vino y singani 2. Estas rutas incluyen a los siguientes productores:

- **Ruta del vino y singani 1:** Bodegas Kuhlmann, Tarijeño, Valle D Vino, Vilte, Casa Vieja y Bodega Sfarcich.
- **Ruta del vino y singani 2:** Destilería Casa Real, Casa Blanca, Wine Stop, Casa Vieja y Bodega Doña Chela.

La Figura 4.1 muestra el mapa de ubicación geográfica específica de la ruta del vino y singani 1 y ruta del vino y singani 2.

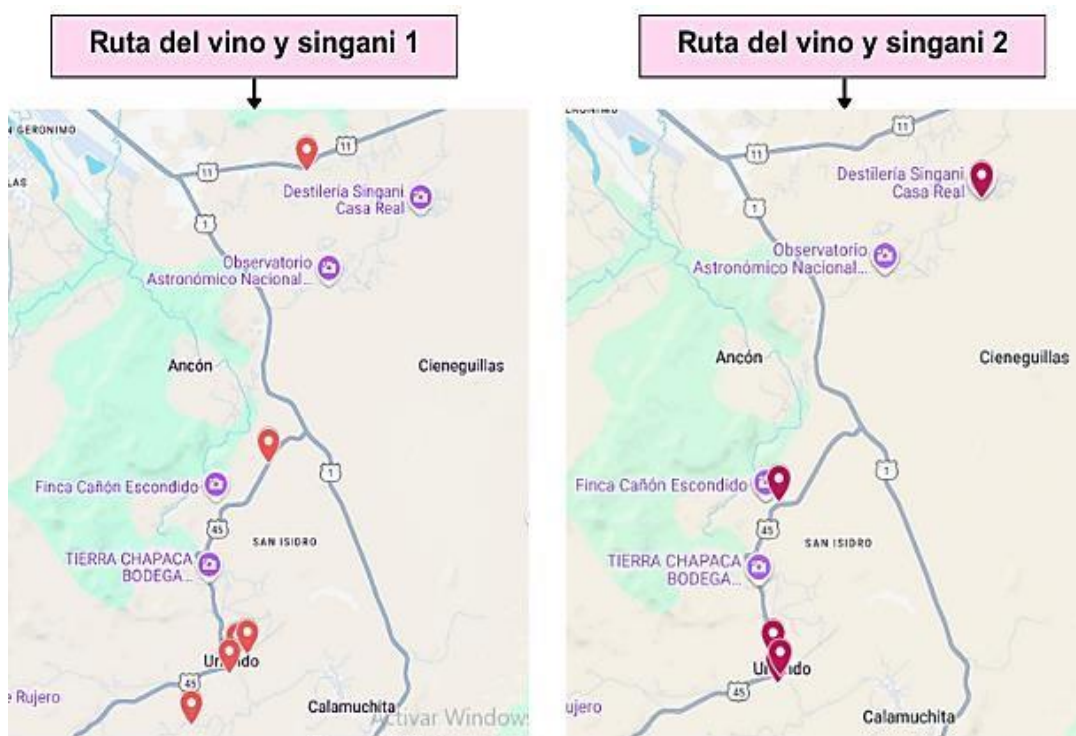


Figura 4.1 Ubicación geográfica de la ruta del vino y singani 1 y ruta del vino y singani 2

Fuente: Google maps, 2025

4.1.1 Localización de la toma de muestras de singani artesanal

En la Figura 4.2, se puede observar la localización de los puntos donde se tomaron las muestras en las cuales se limitó exclusivamente a los productores de singani artesanal. Se seleccionaron un total de diez muestras de las cuales ocho muestras fueron tomadas de las bodegas que integran la Ruta del vino y singani 1 y Ruta del vino y singani 2, y dos muestras correspondieron a productores independientes de Calamuchita que destilan de manera tradicional utilizando falcas.

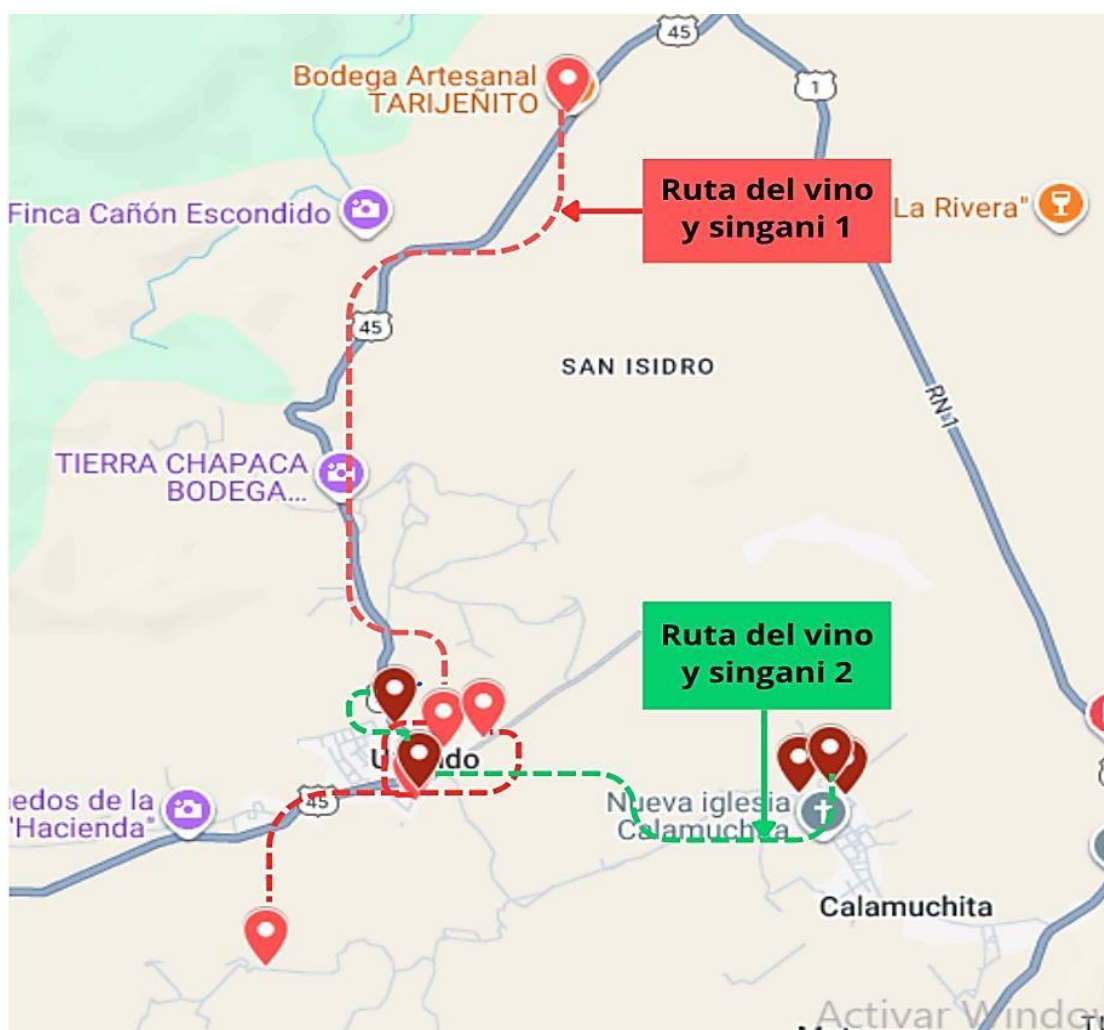


Figura 4.2 Localización de la toma de muestras.

Fuente: Google maps, 2025

4.2 Caracterización de las variables de control de calidad en singani artesanal

Para realizar la caracterización del control de calidad en singanis artesanales del contenido de metanol, grado alcohólico, pH y acidez total, se detallan a continuación:

4.2.1 Desarrollo metodológico para el control de calidad en singani artesanal

En la Figura 4.3, se observa el desarrollo metodológico a nivel de laboratorio para el control de calidad del singani artesanal. En el cual el lote N°1 corresponde al *Valle de la Concepción* (S-1, S-2, S-3, S-5, S-6 y S-8), *Calamuchita* (S-7, S-9 y S-10) y *San Isidro* (S-4). Así mismo, para el lote N°2 que corresponde al *Valle de la Concepción* (S/1, S/2, S/3, S/5, S/6 y S/8), *Calamuchita* (S/7, S/9 y S/10) y *San Isidro* (S/4).

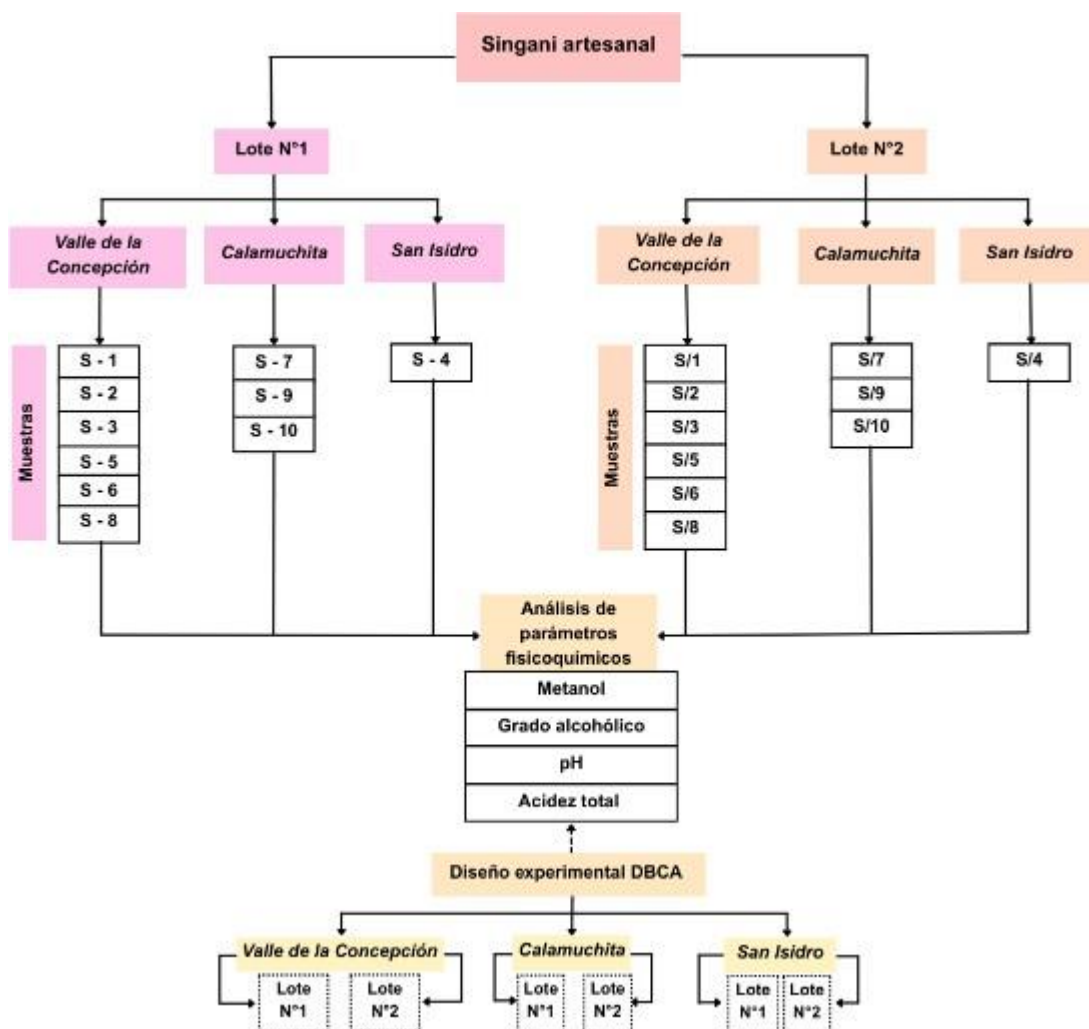


Figura 4.3 Desarrollo metodológico para el control de calidad de singani artesanal

Fuente: Elaboración propia

Para realizar los análisis de los parámetros fisicoquímicos para el control de calidad del singani artesanal, se tomaron en cuenta en base a la Norma Boliviana (NB) que se detalla en el Cuadro 4.1:

Cuadro 4.1**Parámetros fisicoquímicos del control de calidad del singani artesanal**

Parámetros	Norma Boliviana
Metanol	NB 324010:04
Grado alcohólico	NB 324003:2004
pH	NB 324006:04
Acidez total	NB 324006:2015

Fuente: CEANID, 2025

Basándose en el Cuadro 4.1, se tomó en cuenta el procedimiento para determinar el grado alcohólico (Figura 3.3), contenido de metanol (Figura 3.4), acidez total (Figura 3.5) y pH (Figura 3.6).

4.3 Caracterización de las muestras de singani artesanal para el lote N°1

Para realizar la caracterización de las muestras de singani artesanal para el lote N°1, se tomaron en cuenta un total de diez muestras codificadas (Valle de la Concepción Calamuchita y San Isidro), y las cuales se pueden observar en la Figura 4.4.

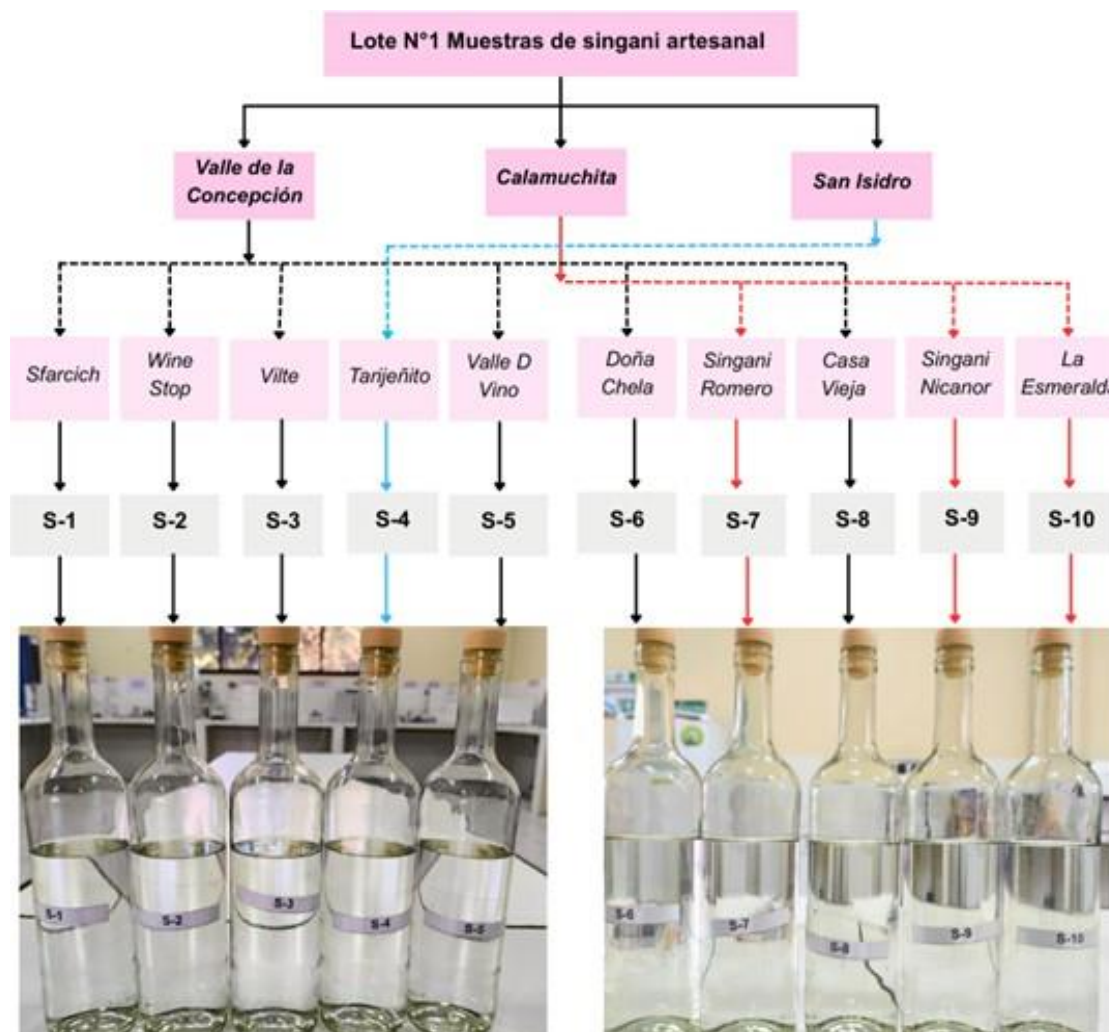


Figura 4.4 Caracterización de las muestras de singani artesanal lote N°1
Fuente: Elaboración Propia

4.3.1 Control de calidad del contenido de metanol en singani artesanal para lote N°1

En la Tabla 4.1, se muestran los resultados obtenidos del contenido de metanol expresada (mg/l) en singani artesanal provenientes del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro (Figura 4.4), y de datos extraídos del (Anexo A) para el lote N°1.

Tabla 4.1

Contenido de metanol en singani artesanal para el lote N°1

Procedencia	Muestras	Unidad	Resultados
Valle de la Concepción	S-1	mg/l	719,5
	S-2	mg/l	577,0
	S-3	mg/l	424,4
	S-5	mg/l	442,2
	S-6	mg/l	787,2
	S-8	mg/l	377,3
Calamuchita	S-7	mg/l	788,2
	S-9	mg/l	459,2
	S-10	mg/l	283,8
San Isidro	S-4	mg/l	1265,9

Fuente: CEANID, 2025

En la Figura 4.5 se muestran los resultados del contenido de metanol de las diez muestras de singani artesanal en base a los datos de la Tabla 4.1.

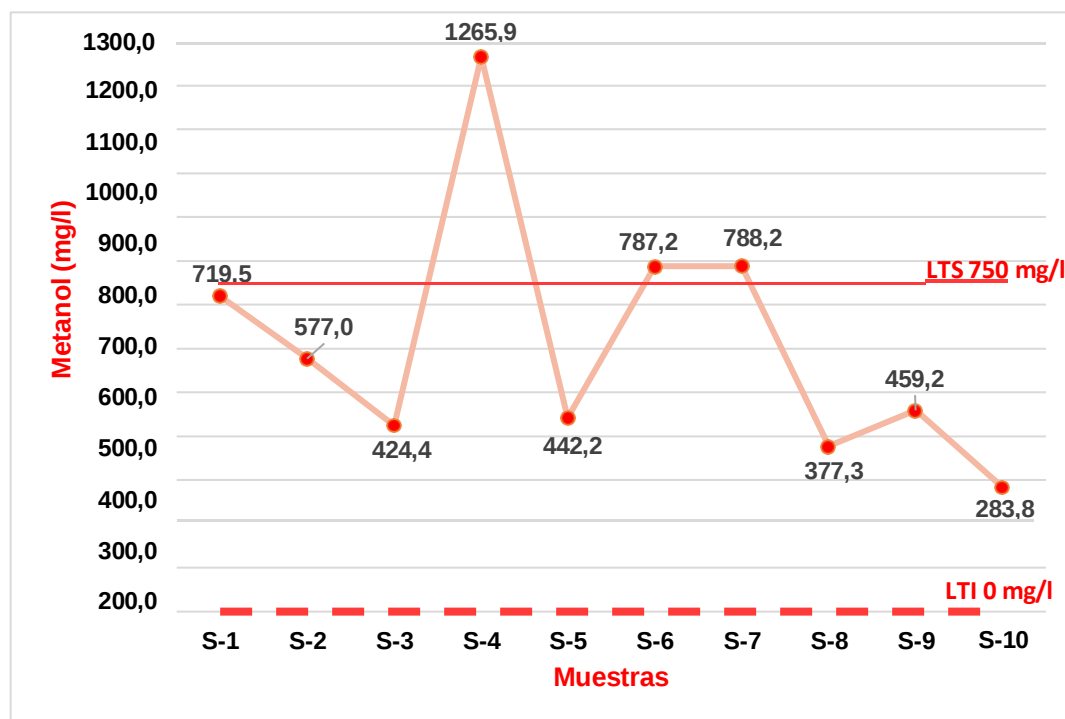


Figura 4.5 Contenido de metanol en singani artesanal para el lote N°1

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.5, se puede observar que las muestras S-4 (1265,9 mg/l), S-6 (787,2 mg/l) y S-7 (788,2 mg/l) presentan un valor por encima de la NB 324010:2004 para el contenido de metanol; en comparación con las muestras S-1 (719,5 mg/l), S-2 (577,0 mg/l), S-3 (424,4 mg/l), S-5 (442,2 mg/l), S-8 (377,3 mg/l), S-9 (459,2 mg/l) y S-10 (283,8 mg/l), que presentan valores menores de contenido de metanol.

4.3.2 Figura de control para el contenido de metanol en singani artesanal para el lote N°1

En función a los datos de la Tabla 4.1, se procedió a realizar el gráfico de control de límites máximos y mínimos con respecto al contenido de metanol establecido en base a la norma NB 324010:2004. En la cual se tomaron en cuenta un rango permitido entre (0 a 750) mg/l, con respecto a los requisitos

que debe cumplir el singani como bebida alcohólica apta para el consumo humano.

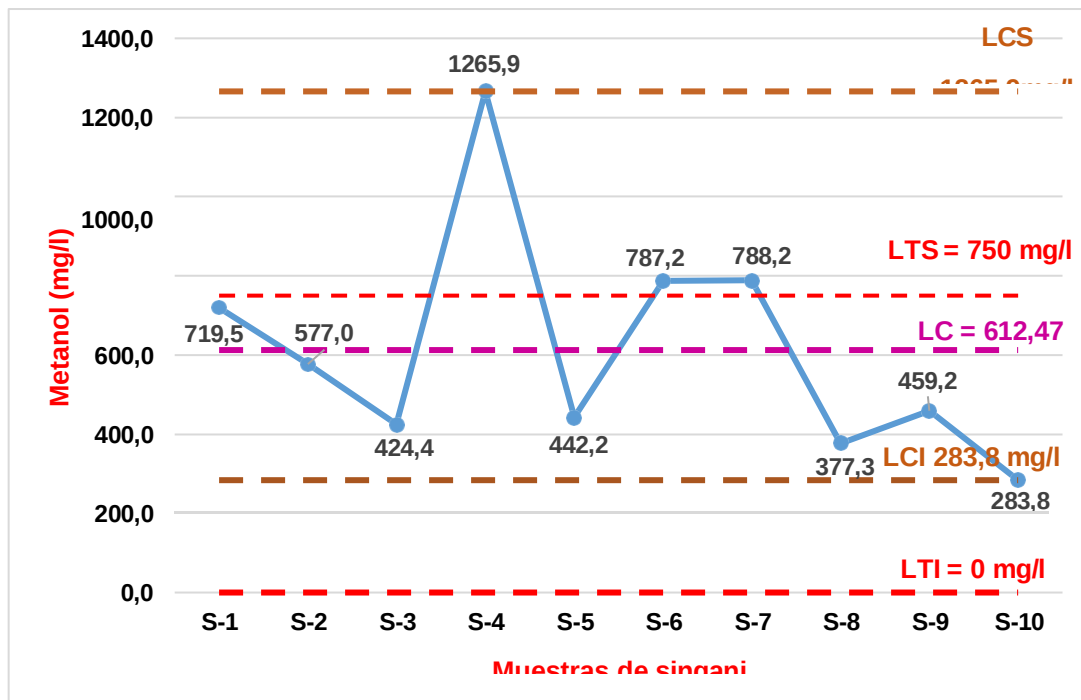


Figura 4.6 Control de metanol en singani artesanal para el lote N°1

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.6, se puede observar que las muestras S-4 (1265,9 mg/l), S-6 (787,2 mg/l) y S-7 (788,2 mg/l) no cumplen con la NB 324010:2004, ya que supera el valor límite de tolerancia superior permitido de 750 mg/l. Tomando en cuenta los valores del límite superior de control (1265,9 mg/l) indica que es un proceso no apto, es decir no está bajo control; en cuanto a los valores de la línea central (612,47 mg/l), se detecta que no cumplen las muestras S-4, S-6, S-7 y S-1. Mientras que las muestras S-2 (577,0 mg/l), S-3 (424,4 mg/l), S-5 (442,2 mg/l), S-8 (377,3 mg/l), S-9 (459,2 mg/l) y S-10 (283,8 mg/l) cumplen con los requisitos de la norma. Sin embargo, la muestra S-1 (719,5 mg/l) contiene un valor cercano al límite de tolerancia superior permitido por la NB 324010:2004.

Realizado el control de contenido de metanol para el singani artesanal para el lote N°1 se detectó que las muestras S-4 (Bodega Tarijeño), S-6 (Bodega doña Chela) y S-7 (Singani Romero), pueden afectar la salud de los consumidores que realizan el tour de la Ruta del vino y singani 1 y Ruta del vino y singani 2.

4.3.3 Control de calidad de grado alcohólico en singani artesanal para el lote N°1

En la Tabla 4.2, se muestran los resultados obtenidos del grado alcohólico expresado en (%) (v/v) en singani artesanal provenientes del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro (Figura 4.4), y de datos extraídos del (Anexo A) para el lote N°1.

Tabla 4.2

Grado alcohólico en singani artesanal para el lote N°1

Procedencia	Muestras	Unidad	Resultados
Valle de la Concepción	S-1	% (v/v)	53,0
	S-2	% (v/v)	42,5
	S-3	% (v/v)	49,3
	S-5	% (v/v)	39,4
	S-6	% (v/v)	33,9
	S-8	% (v/v)	34,7
Calamuchita	S-7	% (v/v)	55,0
	S-9	% (v/v)	48,7
	S-10	% (v/v)	36,4
San Isidro	S-4	% (v/v)	36,6

Fuente: CEANID, 2025

En la Figura 4.7 se muestran los resultados del grado alcohólico de las diez muestras de singani artesanal en base a los datos de la Tabla 4.2.

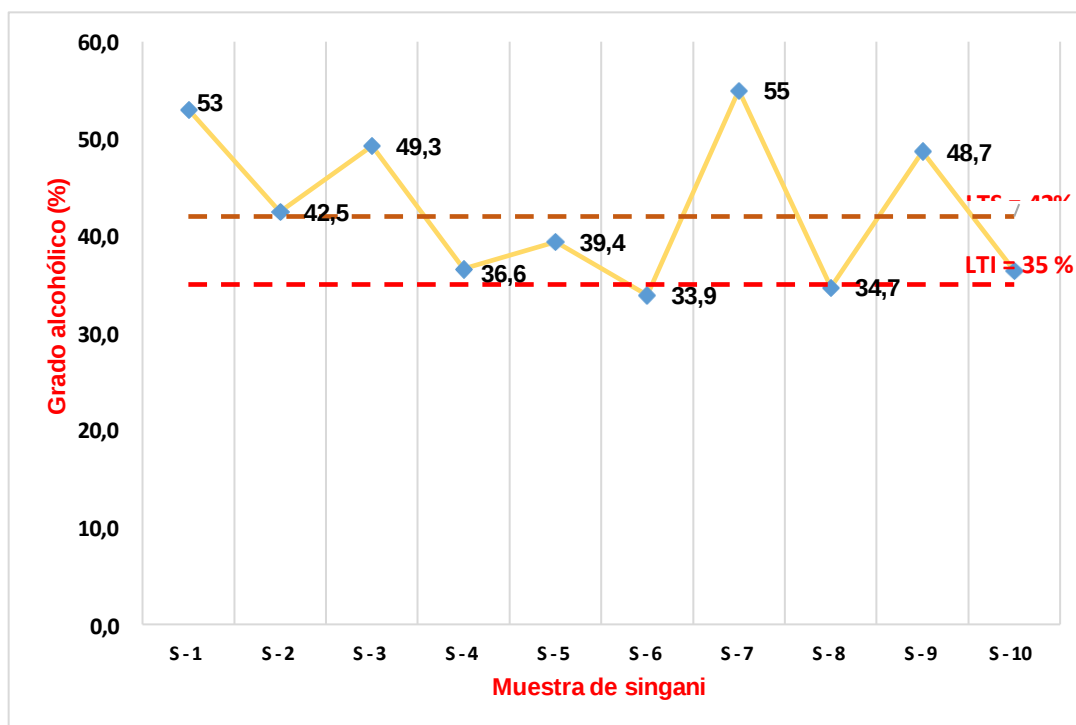


Figura 4.7 Grado alcohólico en singani artesanal para el lote N°1

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.7, se observa que las muestras S-7 (55,0%) y S-1 (53,0%) presentan un valor por encima de la Norma Boliviana NB 324003:2004 para el grado alcohólico; en comparación de las muestras S-2 (42,5%), S-3 (49,3%), S-4 (36,6%), S-5 (39,4%), S-6 (33,9%), S-8 (34,7%), S-9 (48,7%) y S-10 (36,4%), que presentan valores inferiores del grado alcohólico % (v/v).

4.3.4 Figura de control para el grado alcohólico en singani artesanal del lote N°1

En función de los datos de la Tabla 4,2 se procedió a realizar la gráfica de control de límites máximos y mínimos con respecto al grado alcohólico en base la norma NB 324003:2004. En la cual se tomaron en cuenta un rango permitido entre 35% a 42%, con respecto a los requisitos que debe cumplir el singani artesanal para el consumo humano.

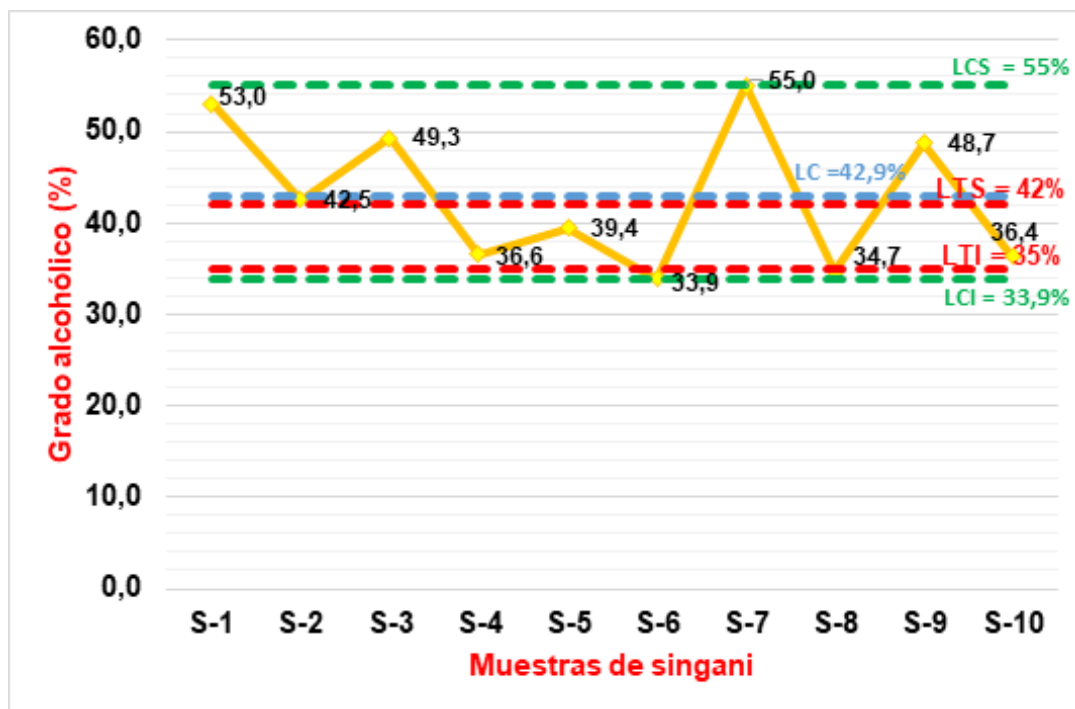


Figura 4.8 Control de grado alcohólico en singani artesanal para el lote N°1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.8, se puede observar que cinco muestras de singani artesanal S-1 (53,0%), S-2 (42,5%), S-3 (49,3%), S-7 (55,0%) y S-9 (48,7%) no cumplen NB 324003:2004, ya que supera el límite de tolerancia superior permitido del 42%. Tomando en cuenta el valor del límite superior de control (55%) indica, que es un proceso no apto, es decir, no está bajo control; en cuanto al valor de la línea central (42,9%) se detecta que no cumplen las muestras S-1, S-3, S-7 y S-9. Así mismo, las muestras S-6 (33,9%) y S-8 (34,7%), están por debajo del valor límite mínimo del 35%. Finalmente, las muestras S-4 (36,6%), S-5 (39,4%), S-10 (36,4%) cumplen con los requisitos de la norma.

4.3.5 Control de calidad de pH en singani artesanal para el lote N°1

En la Tabla 4.3, se muestran los resultados obtenidos de pH en singanis artesanales provenientes del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro (Figura 4.4), y de datos extraídos del (Anexo A) para el lote N°1.

Tabla 4.3

Resultados de pH en singani artesanal para el lote N°1

Procedencia	Muestras	Unidad	Resultados
Valle de la Concepción	S-1	pH	4,56
	S-2	pH	4,38
	S-3	pH	2,92
	S-5	pH	4,85
	S-6	pH	8,05
	S-8	pH	3,28
Calamuchita	S-7	pH	4,23
	S-9	pH	3,79
	S-10	pH	4,30
San Isidro	S-4	pH	3,65

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.9 se muestran los resultados de pH de las diez muestras de singanis artesanales en base a los datos de la Tabla 4.3.

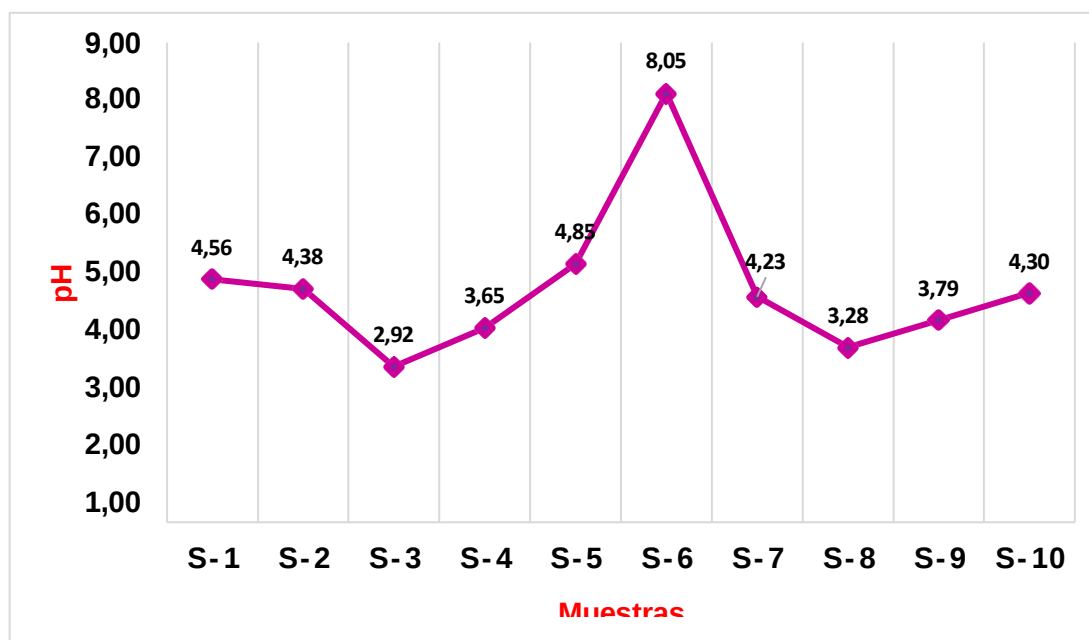


Figura 4.9 pH en singani artesanal para el lote N°1

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.9, se puede observar que la muestra S-6 (8,05), presenta un valor por encima de la NB 324006:2004 para pH; en comparación con las muestras S-1 (4,56), S-2 (4,38), S-3 (2,92), S-4 (3,65), S-5 (4,85), S-7 (4,23), S-8 (3,28), S-9 (3,79) y S-10 (4,30), que presentan valores menores de pH.

4.3.6 Figura de control de pH en singani artesanal para el lote N°1

En función a los datos de la Tabla 4.3, se procedió a realizar el gráfico de control para los límites máximos y mínimos de pH, establecido en base a la norma NB 324006:2004. En la cual se tomaron en cuenta un rango permitido entre (3,5 a 6,0) de pH, con respecto a los requisitos que debe cumplir el singani como bebida alcohólica apta para el consumo humano.

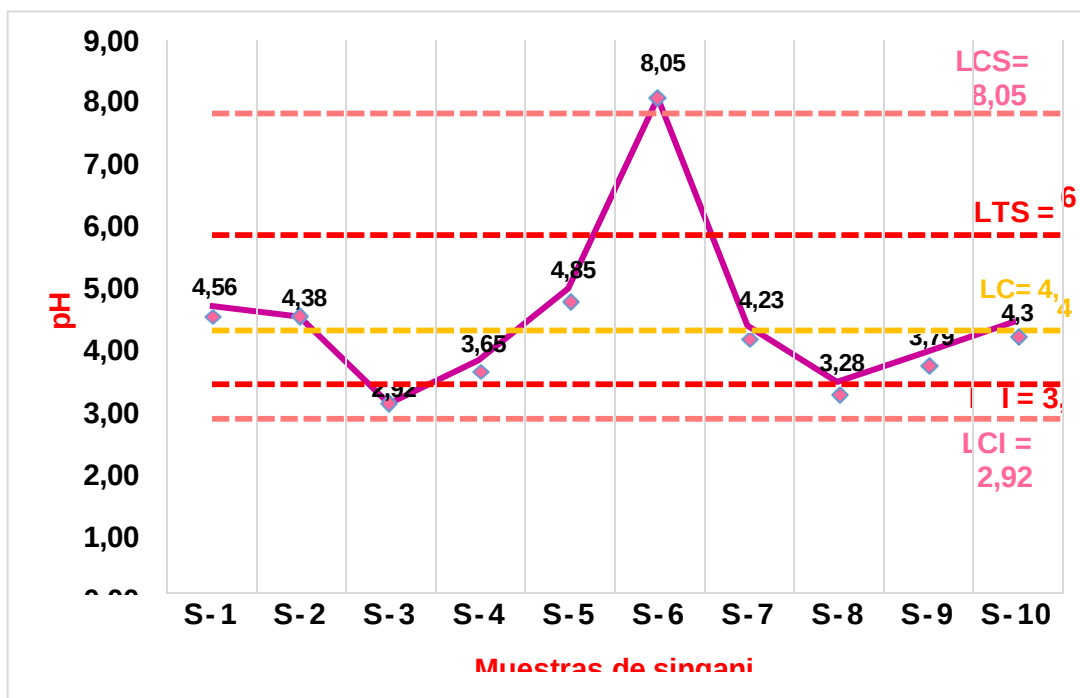


Figura 4.10 Control de pH en singani artesanal para el lote N°1

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.10, se puede observar que la muestra S-6 (8,05), no cumple con la NB 324006:2004, ya que supera el valor límite de tolerancia superior permitido de pH 6,0. Tomando en cuenta el valor de límite superior de control

(8,05), indica que es un proceso no apto, es decir no está bajo control; en cuanto al valor de la línea central (4,4) se detecta que no cumplen las muestras S-1, S-5, y S-8. Las muestras S-3 (2,92) y S-8 (3,28), están por debajo del valor límite de tolerancia inferior de pH 3,5. Finalmente, las muestras S-1 (4,56), S-2 (4,38), S-4 (3,65), S-5 (4,85), S-7 (4,23), S-9 (3,79) y S-10 (4,30) cumplen con los requisitos de la norma.

4.3.7 Control de calidad de acidez total en singani artesanal del lote N°1

En la Tabla 4.4, se muestran los resultados obtenidos acidez total expresada en (mg/l) en singani artesanal provenientes del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro (Figura 4.4), y de datos extraídos del (Anexo A) para el lote N°1.

Tabla 4.4

Resultados de acidez total en singani artesanal para el lote N°1

Procedencia	Muestras	Unidad	Resultados
Valle de la Concepción	S-1	mg/l	310
	S-2	mg/l	70
	S-3	mg/l	460
	S-5	mg/l	190
	S-6	mg/l	30
	S-8	mg/l	500
Calamuchita	S-7	mg/l	480
	S-9	mg/l	930
	S-10	mg/l	110
San Isidro	S-4	mg/l	390

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.11 se muestran los resultados de acidez total de las diez muestras de singani artesanal en base a los datos de la Tabla 4.4.

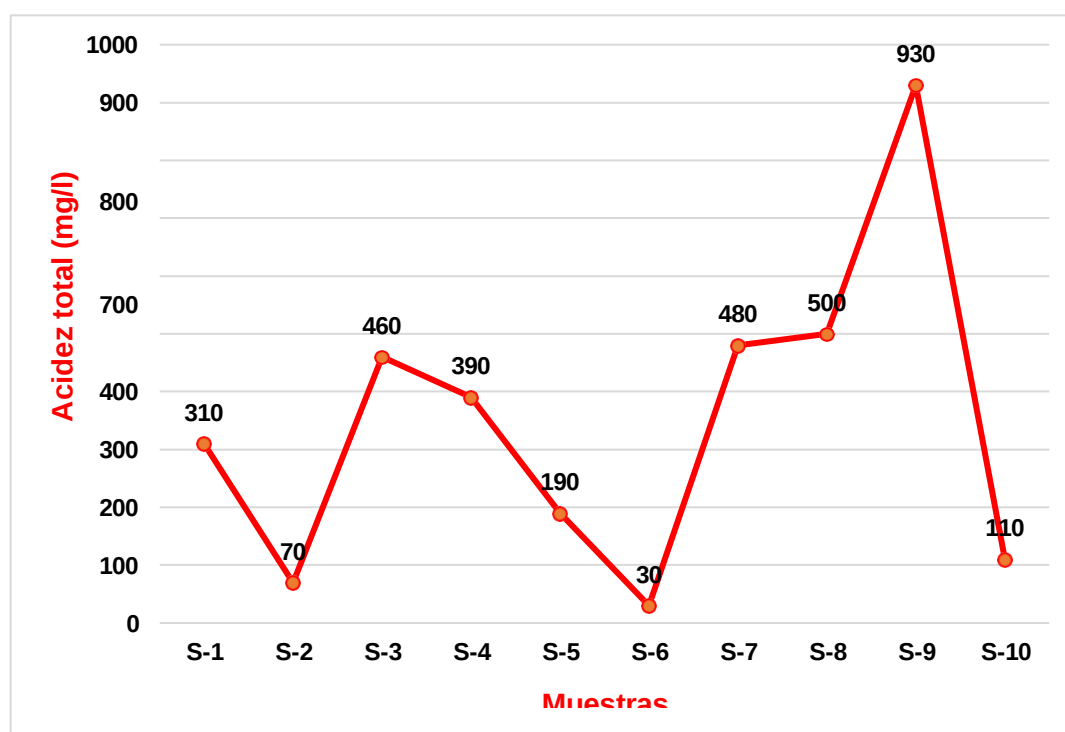


Figura 4.11 Acidez total en singani artesanal para el lote N°1

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.11, se observa que la muestra S-9 (930 mg/l) presenta un valor por encima de la NB 324004:2004, para la acidez total; en comparación con las muestras S-1 (310 mg/l), S-2 (70 mg/l), S-3 (460 mg/l), S-4 (390 mg/l), S-5 (190 mg/l), S-6 (30 mg/l), S-7 (480 mg/l), S-8 (500 mg/l) y S-10 (110 mg/l), que presentan valores menores de acidez total.

4.3.8 Figura de control de acidez total en singani artesanal del lote N°1

En función de los datos de la tabla 4.4, se procedió a realizar la gráfica de control de límites máximos y mínimos de la acidez total establecido en base a la norma 324004:2004. En la cual se tomaron en cuenta un rango permitido entre (0 a 1000) mg/l, con respecto a los requisitos que debe cumplir el singani como bebida alcohólica apta para el consumo humano.

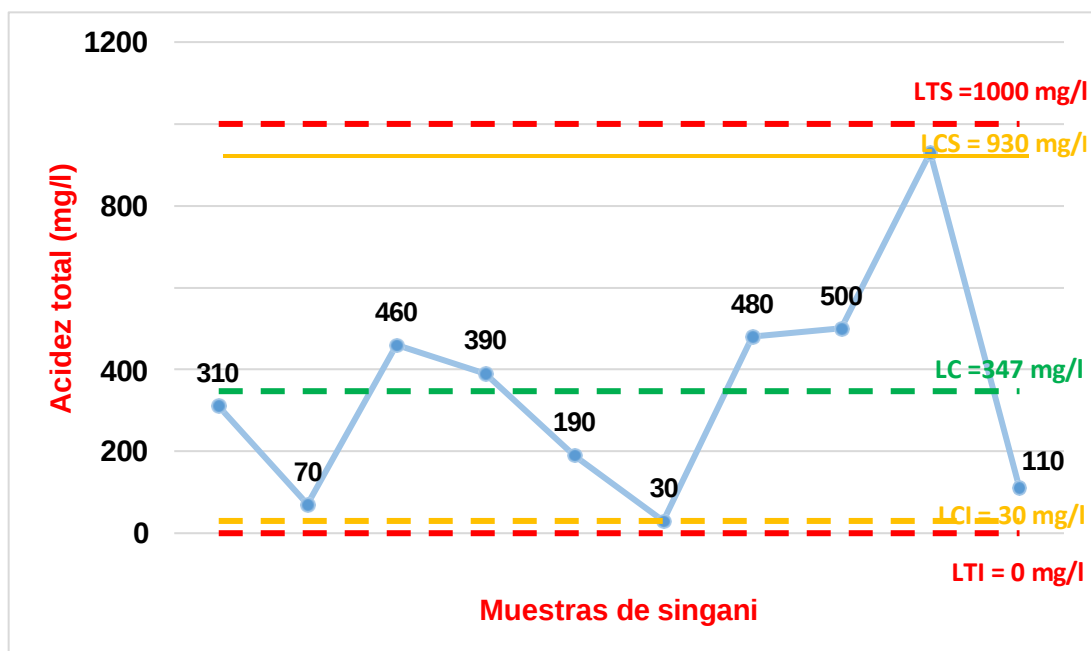


Figura 4.12 Control de acidez total en singani artesanal para el lote N°1
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.12, se observa que todas las muestras S-1 (310 mg/l), S-2 (70 mg/l), S-3 (460 mg/l), S-4 (390 mg/l), S-5 (190 mg/l), S-6 (30 mg/l), S-7 (480 mg/l), S-8 (500 mg/l), S-9 (930mg/l) y S-10 (110 mg/l), cumplen con los requisitos de la NB 324004:2004. Sin embargo, la muestra S-9 (930mg/l) contiene un valor cercano al límite de tolerancia superior permitido por la NB 324004:2004. Tomando en cuenta el valor de la línea central (347 mg/l) se detecta que no cumplen las muestras S-3, S-4, S-7, S-8 y S-9.

4.4 Caracterización de las muestras de singani artesanal para el lote N°2

Para la caracterización del singani artesanal del lote N°2, se consideraron los mismos diez productores (Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro) tomados en cuenta en el lote N°1. En donde, las muestras se tomaron después de un tiempo de un mes y cuya codificación corresponde según la Figura 4.13.

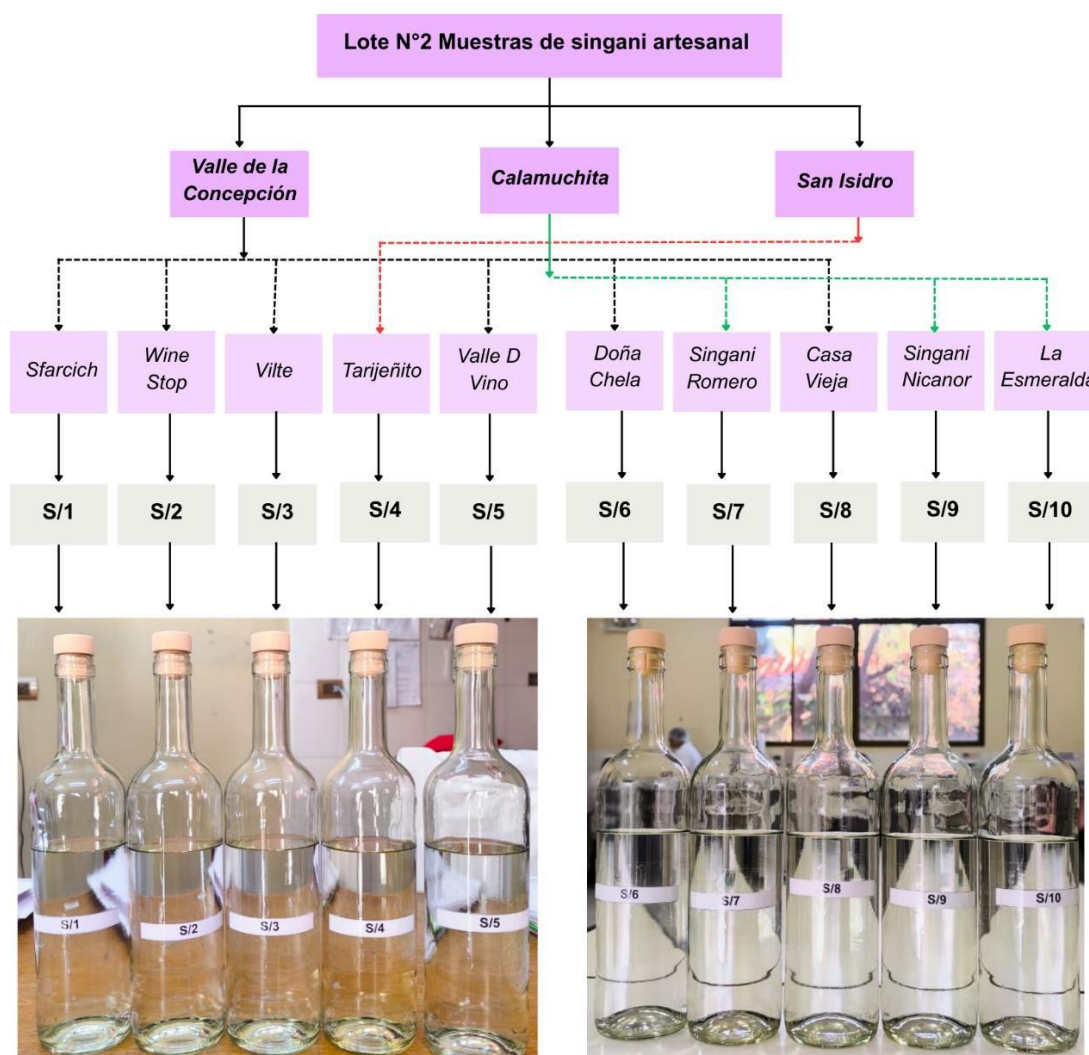


Figura 4.13 Caracterización de las muestras de singani artesanal del lote N°2
Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Control de calidad del contenido de metanol en singani artesanal para lote N°2

En la Tabla 4.5, se muestran los resultados obtenidos del contenido de metanol expresada (mg/l) en singani artesanal provenientes del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro (Figura 4.13), y de datos extraídos del (Anexo A) para el lote N°2.

Tabla 4.5

Contenido de metanol en singani artesanal para el lote N°2

Procedencia	Muestras	Unidad	Resultados
Valle de la Concepción	S/1	mg/l	494,0
	S/2	mg/l	301,6
	S/3	mg/l	337,5
	S/5	mg/l	189,2
	S/6	mg/l	317,4
	S/8	mg/l	270,7
Calamuchita	S/7	mg/l	538,0
	S/9	mg/l	313,0
	S/10	mg/l	239,0
San Isidro	S/4	mg/l	525,8

Fuente: CEANID, 2025

En la Figura 4.14 se muestran los resultados del contenido de metanol de las diez muestras de singani artesanal en base a los datos de la Tabla 4.5.

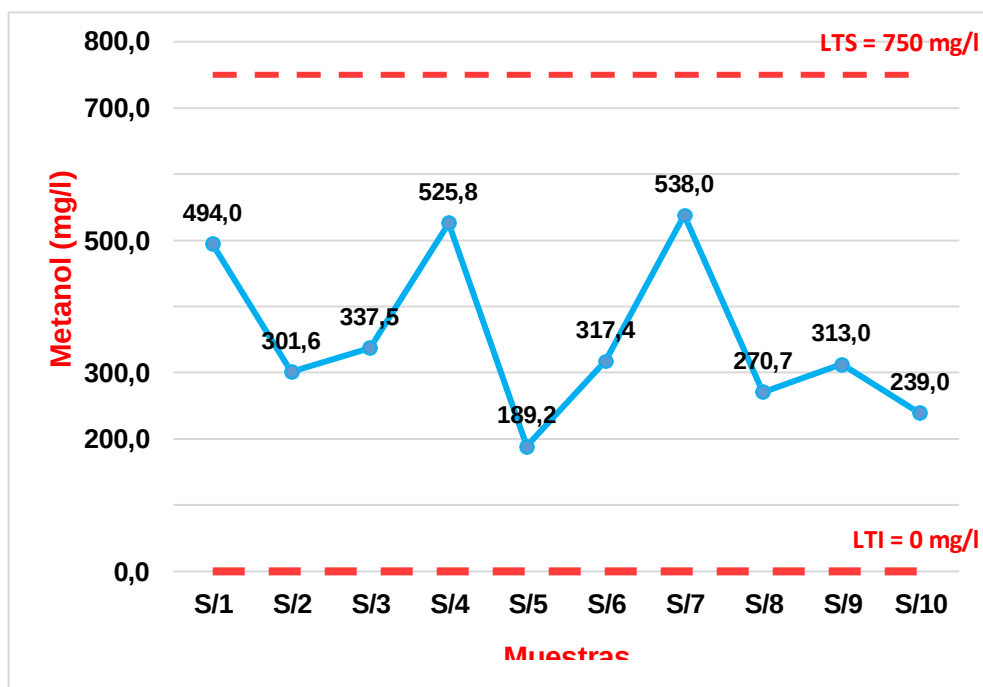


Figura 4.14 Contenido de metanol en singani artesanal para el lote N°2
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.14, se puede observar que las muestras S/4 (525,8 mg/l) y S/7 (538,0 mg/l) presentan valores cercanos al límite superior permitido por la NB 324010:2004; en comparación con las muestras S/1 (494,0mg/l), S/2 (301,6mg/l), S/3 (337,5 mg/l), S/5 (189,2 mg/l), S/6 (317,4 mg/l), S/8 (270,7mg/l), S/9 (313,0 mg/l) y S/10 (239,0 mg/l), que presentan valores menores del contenido de metanol.

4.4.2 Figura de control para el contenido de metanol en singani artesanal para el lote N°2

En función a los datos de la Tabla 4.5, se procede a realizar el gráfico de control de límites máximos y mínimos con respecto al contenido de metanol establecido en base a la norma NB 324010:2004. En la cual, se toma en cuenta un rango permitido entre (0 a 750) mg/l, con respecto a los requisitos que debe cumplir el singani como bebida alcohólica apta para el consumo humano.

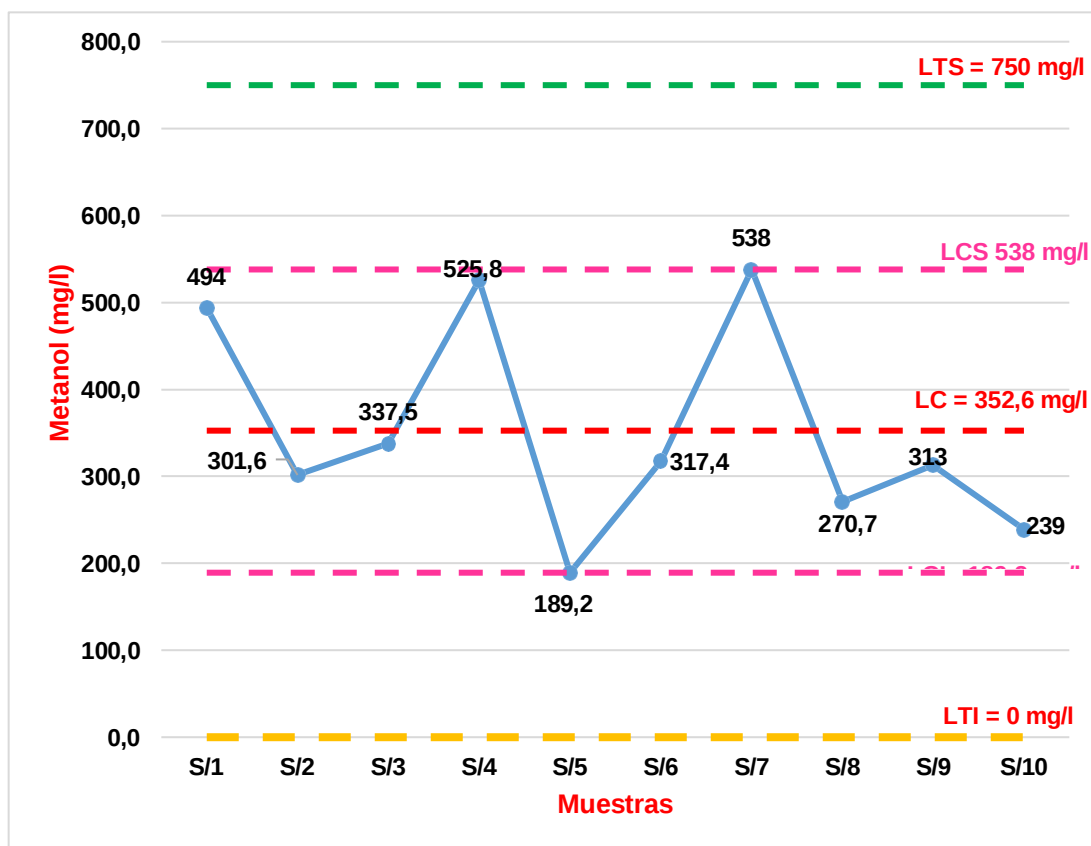


Figura 4.15 Control de metanol en singani artesanal para el lote N°2
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.15, se puede observar que las muestras las muestras S/1 (494,0 mg/l), S/2 (301,6mg/l), S/3 (337,5 mg/l), S/4 (525,8 mg/l), S/5 (189,2 mg/l), S/6 (317,4 mg/l), S/7 (538,0 mg/l), S/8 (270,7mg/l), S/9 (313,0 mg/l) y S/10 (239,0 mg/l) cumplen con los requisitos de la NB 324010:2004. Sin embargo, las muestras S/4 (525,8 mg/l) y S/7 (538,0 mg/l) presentan valores cercanos al límite de tolerancia superior (750 mg/l) permitido por la norma. Tomando en cuenta el valor del límite superior de control (538 mg/l) indica que es un proceso apto y está dentro de la NB; en cuanto los valores de la línea central (352,6 mg/l), se tiene que no cumplen las muestras S-1, S-4, y S-7.

4.4.3 Control de calidad del grado alcohólico en singani artesanal para el lote N°2

En la Tabla 4.6, se muestran los resultados obtenidos del grado alcohólico expresado en (%) (v/v) en singani artesanal provenientes del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro (Figura 4.13), y de datos extraídos del (Anexo A) para el lote N°2.

Tabla 4.6

Grado alcohólico en singani artesanal para el lote N°2

Procedencia	Muestras	Unidad	Resultados
Valle de la Concepción	S/1	% (v/v)	53,0
	S/2	% (v/v)	43,0
	S/3	% (v/v)	48,5
	S/5	% (v/v)	37,8
	S/6	% (v/v)	33,7
	S/8	% (v/v)	34,4
Calamuchita	S/7	% (v/v)	57,0
	S/9	% (v/v)	48,3
	S/10	% (v/v)	36,5
San Isidro	S/4	% (v/v)	36,4

Fuente: CEANID, 2025

En la Figura 4.16 se muestran los resultados del grado alcohólico de las diez muestras de singani artesanal en base a los datos de la Tabla 4.6.

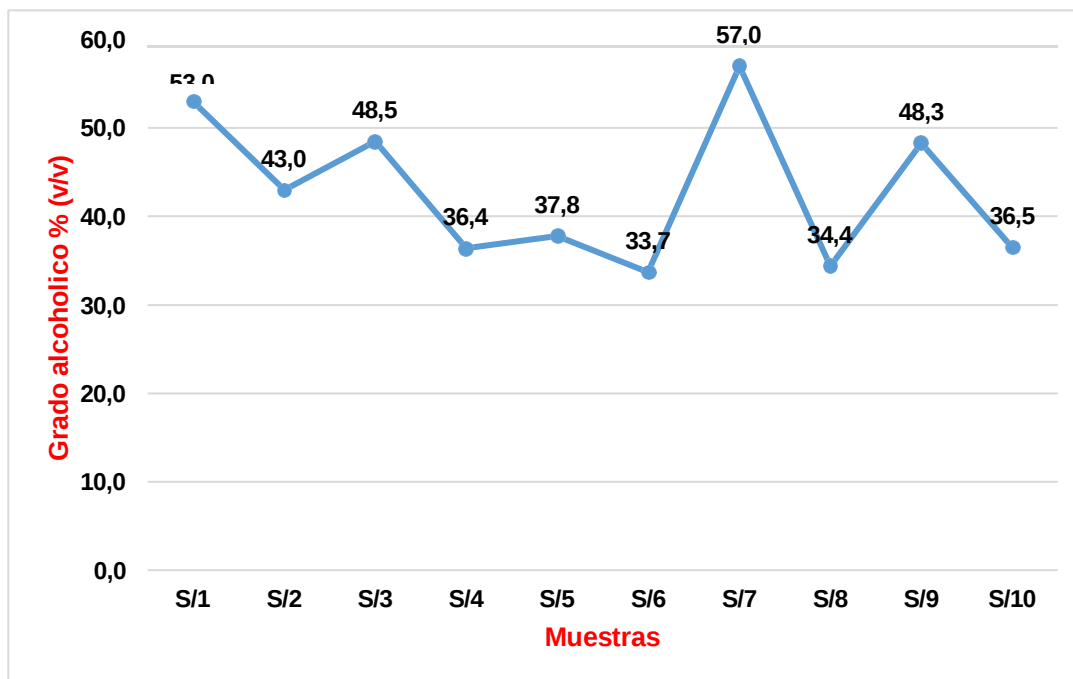


Figura 4.16 Grado alcohólico en singani artesanal para el lote N°2

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.16, se observa que las muestras S/1 (53,0%), S/3 (48,5%), S/7 (57,0%) y S/9 (48,7%) presentan un valor por encima de la Norma Boliviana NB 324003:2004 para el grado alcohólico; en comparación con las muestras S/2 (43,0%), S/4 (36,4%), S/5 (37,8%), S/6 (33,7%), S/8 (48,3%) y S/10 (36,5%) que presentan valores inferiores de grado alcohólico % (v/v).

4.4.4 Figura de control para el grado alcohólico en singani artesanal del lote N°2

En función de los datos de la Tabla 4,6 se procedió a realizar la gráfica de control de límites máximos y mínimos con respecto al contenido de grado alcohólico en base a la norma NB 324003:04 establecida por el Instituto de Normalización y Calidad (IBNORCA) la cual establece un rango permitido de graduación alcohólica entre (35% a 42%), con respecto a los requisitos que debe cumplir el singani artesanal Para tal efecto, se tomaron en cuenta las

diez muestras de singani pertenecientes al Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro.

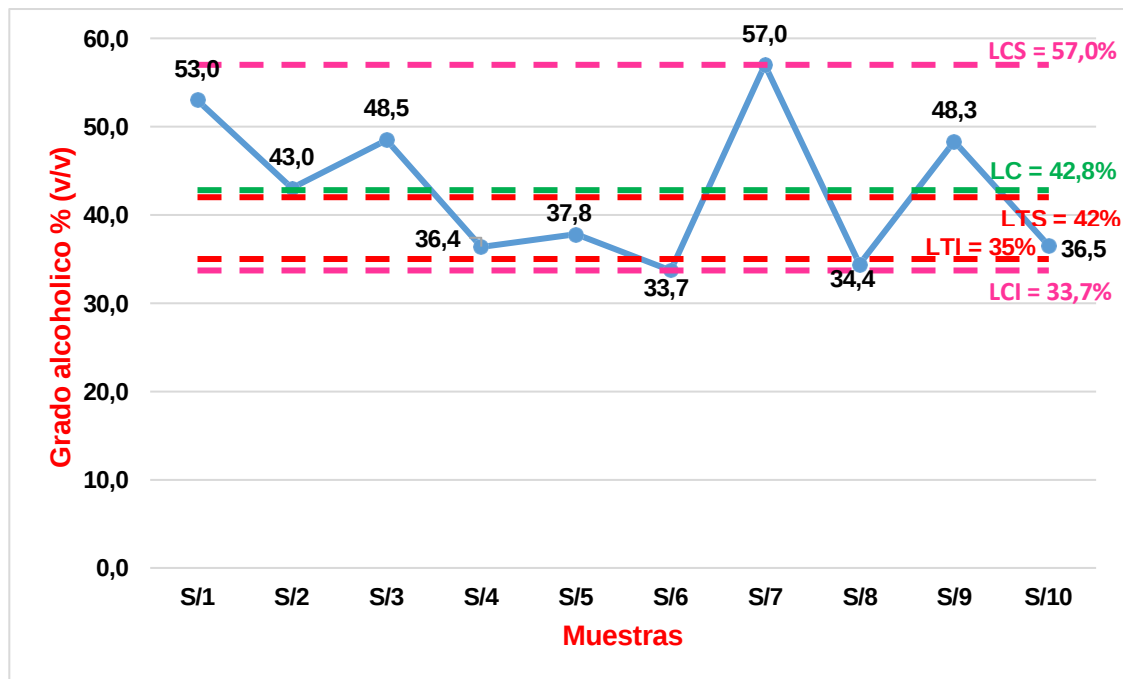


Figura 4.17 Control de grado alcohólico en singani artesanal para el lote N°2
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.17, se puede observar que cinco muestras de singani artesanal S/1 (53,0%), S/2 (43,0%), S/3 (48,5%), S/7 (57,0%) y S/9 (48,3%) no cumplen con la NB 324003:2004 ya que supera el valor límite de tolerancia superior permitido del 42 %. Tomando en cuenta el valor del límite de control superior (57,0%) indica que es un proceso no apto, es decir, no está bajo control; en cuanto a los valores de la línea central (42,8%) se tiene que no cumplen las muestras S-1, S-2, S-3, S-7 y S-9. Las muestras S/6 (33,7%) y S/8 (34,4%), están por debajo del valor límite de tolerancia inferior del 35 %. Finalmente, las muestras S/4 (36,4%), S/5 (37,8%) y S/10 (36,5%) cumplen con los requisitos de la norma.

4.4.5 Control de calidad de pH en singani artesanal para el lote N°2

En la Tabla 4.7, se muestran los resultados obtenidos pH en singanis artesanales provenientes del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro (Figura 4.13), y de datos extraídos del (Anexo A) para el lote N°2.

Tabla 4.7

Resultados de pH en singani artesanal para el lote N°2

Procedencia	Muestras	Unidad	Resultados
Valle de la Concepción	S/1	pH	4,57
	S/2	pH	4,47
	S/3	pH	3,06
	S/5	pH	4,16
	S/6	pH	6,98
	S/8	pH	3,72
Calamuchita	S/7	pH	4,27
	S/9	pH	3,28
	S/10	pH	4,18
San Isidro	S/4	pH	3,98

Fuente: CEANID, 2025

En la Figura 4.18 se muestran los resultados de pH de las diez muestras de singanis artesanales en base a los datos de la Tabla 4.7.

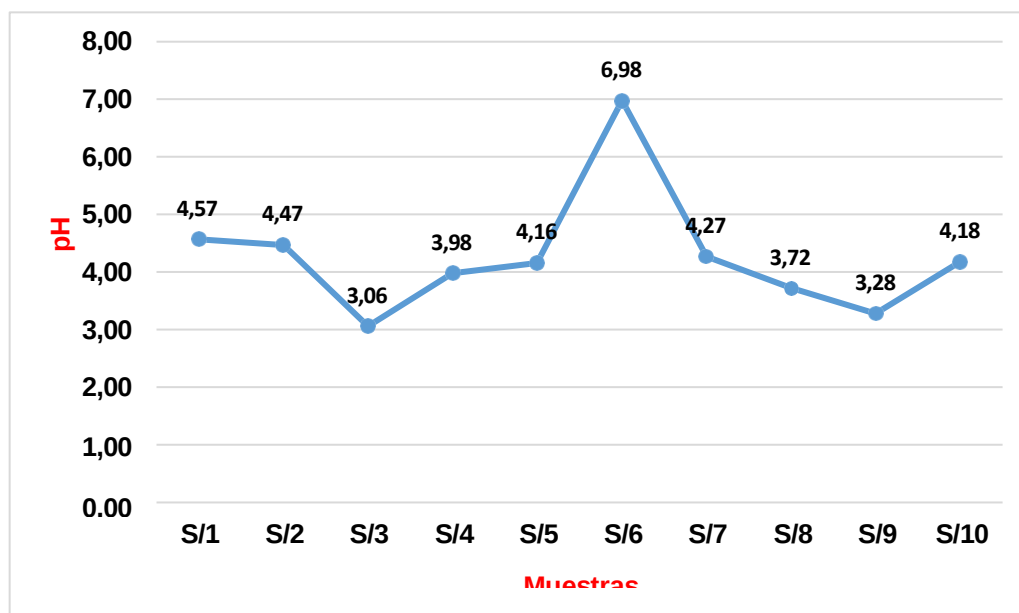


Figura 4.18 pH en singani artesanal para el lote N°2

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.18 se puede observar que la muestra S/6 (6,98), presenta un valor por encima de la NB 324006:2004, para pH; en comparación con las muestras S/1 (4,57), S/2 (4,47), S/3 (3,06), S/4 (3,98), S/5 (4,16), S/7 (4,27), S/8 (3,72), S/9 (3,28) S/10 (4,18), que presentan valores menores de pH.

4.4.6 Figura de control de pH en singani artesanal del lote N°2.

En función a los datos de la Tabla 4.7, se procedió a realizar el gráfico de control para los límites máximos y mínimos de pH, establecido en base a la norma NB 324006:2004. En la cual se tomaron en cuenta un rango permitido entre (3,5 a 6,0) de pH, con respecto a los requisitos que debe cumplir el singani como bebida alcohólica apta para el consumo humano.

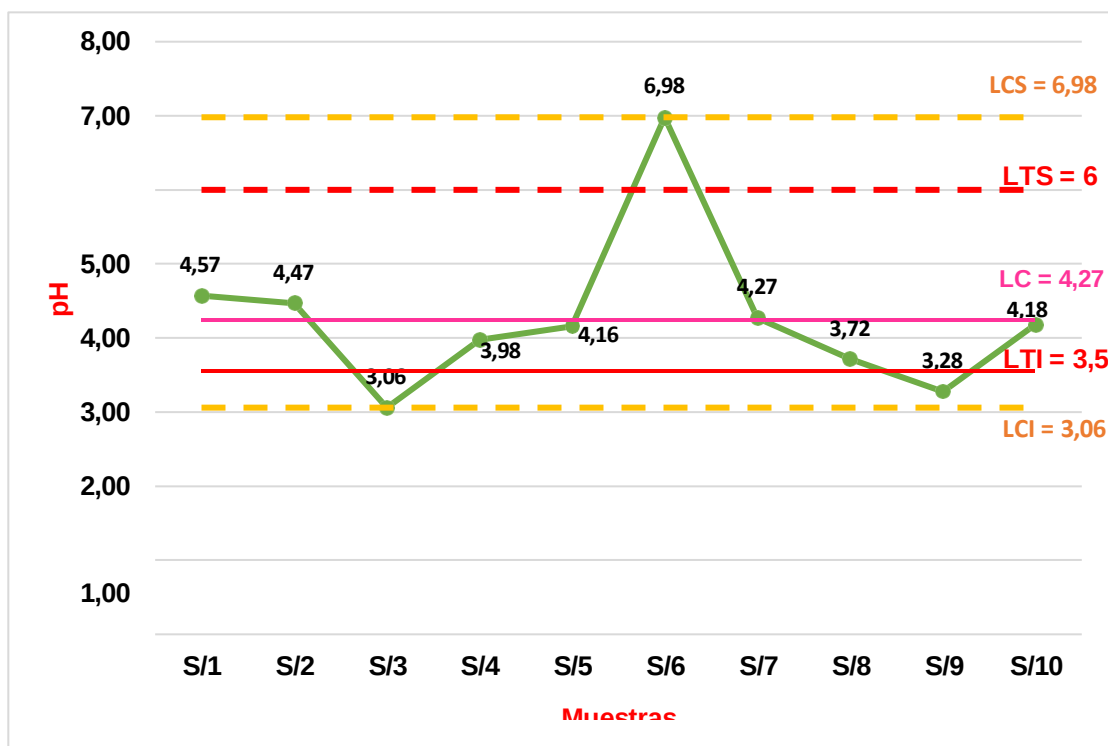


Figura 4.19 Control de pH en singani artesanal para el lote N°2

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.19, se puede observar que la muestra S/6 (6,98), no cumple con la NB 324006:2004 ya que supera el valor límite de tolerancia superior permitido de pH 6,0. Tomando en cuenta el valor del límite superior de control (6,98), indica que es un proceso no apto, es decir no está bajo control; en cuanto a los valores de la línea central (4,27) se tiene que no cumplen las muestras S-1, S-2, S-7 y S-6. Las muestras S/3 (3,06) y S/9 (3,28), están por debajo del valor límite mínimo de pH 3,5. Finalmente, las muestras S/1 (4,57), S/2 (4,47), S/4 (3,98), S/5 (4,16), S/7 (4,27), S/8 (3,72) y S/10 (4,18) cumplen con los requisitos de la norma.

4.4.7 Control de calidad de acidez total en singani artesanal del lote N°2

En la Tabla 4.8, se muestran los resultados obtenidos acidez total expresado en (mg/l) en singanis artesanales provenientes del Valle de la Concepción,

Calamuchita y San Isidro (Figura 4.13), y de datos extraídos del (Anexo A) para el lote N°2.

Tabla 4.8

Resultados de acidez total en singani artesanal para el lote N°2

Procedencia	Muestras	Unidad	Resultados
Valle de la Concepción	S/1	mg/l	333,6
	S/2	mg/l	70,3
	S/3	mg/l	633,7
	S/5	mg/l	182,6
	S/6	mg/l	12,4
	S/8	mg/l	712,8
Calamuchita	S/7	mg/l	750,6
	S/9	mg/l	1300,5
	S/10	mg/l	203,3
San Isidro	S/4	mg/l	452,5

Fuente: CEANID, 2025

En la Figura 4.20 se muestran los resultados de acidez total de las diez muestras de singani artesanal en base a los datos de la Tabla 4.8.

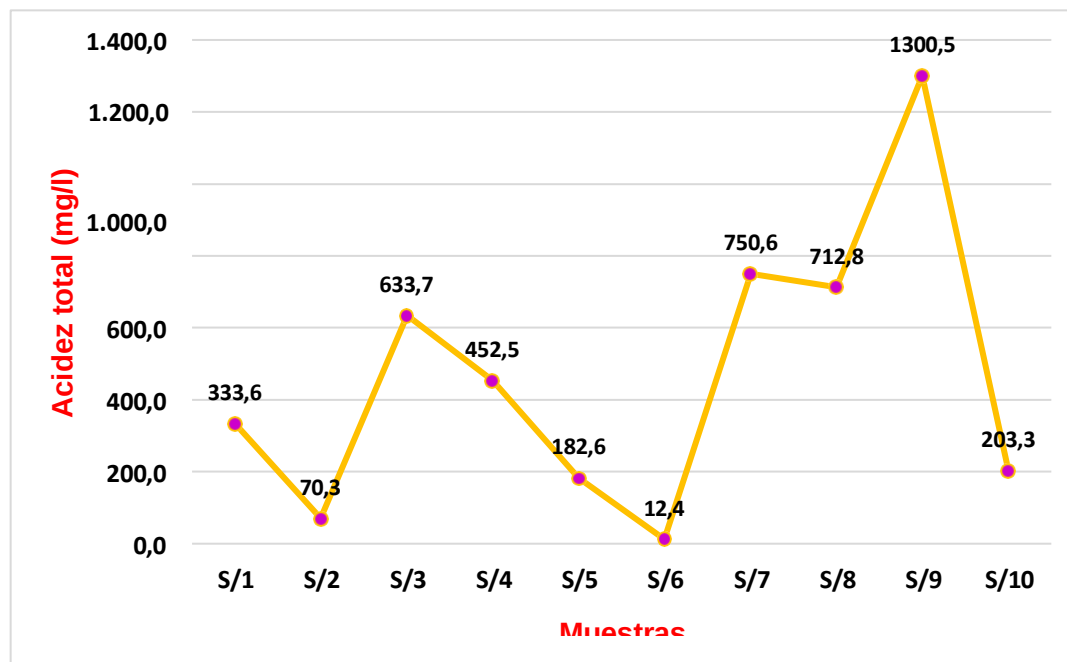


Figura 4.20 Acidez total en singani artesanal para el lote N°2

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.20, se puede observar que la muestra S/9 (1300,5 mg/l) presenta un valor por encima de la NB 324004:2004 para la acidez total; en comparación con las muestras S/1 (333,6 mg/l), S/2 (70,3 mg/l), S/3 (633,7 mg/l), S/4 (452,5 mg/l), S/5 (182,6 mg/l), S/6 (12,4 mg/l), S/7 (750,6 mg/l), S/8 (712,8 mg/l), S/10 (203,3 mg/l), que presentan valores menores de acidez total.

4.4.8 Figura de control de acidez total en singani artesanal del lote N°2

En función de los datos de la Tabla 4.8, se procedió a realizar la gráfica de control de límites máximos y mínimos de la acidez total establecido en base a la norma 324004:2004. En la cual se tomaron en cuenta un rango permitido entre (0,0 a 1000) mg/l, con respecto a los requisitos que debe cumplir el singani como bebida alcohólica apta para el consumo humano.

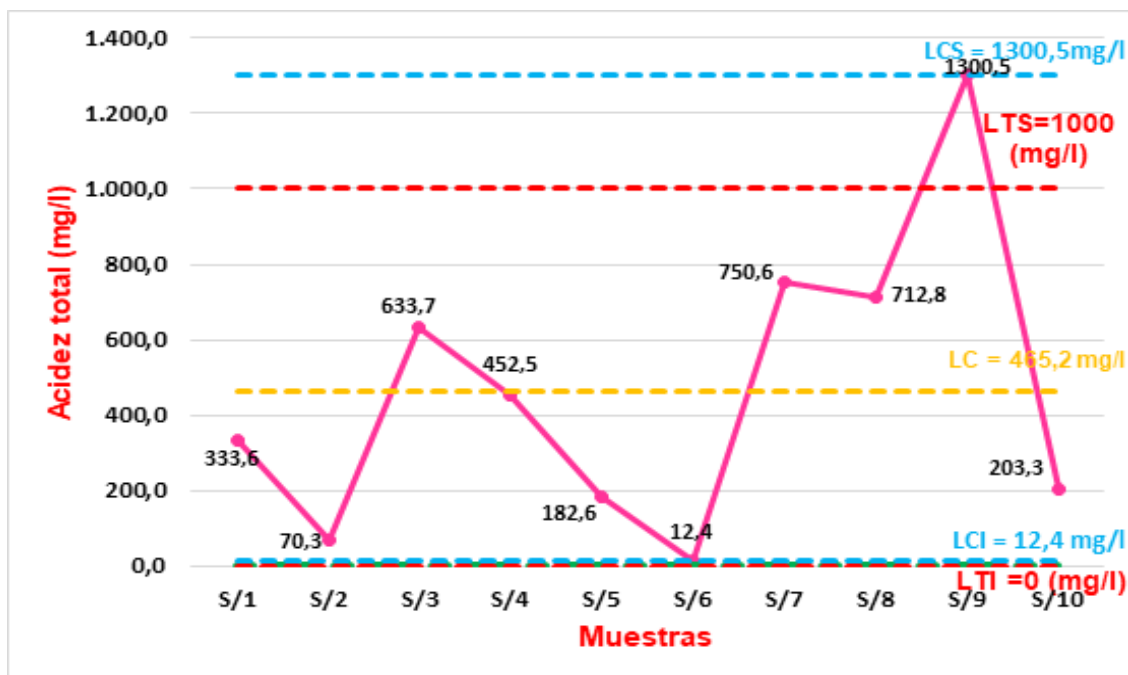


Figura 4.21 Control de acidez total en singani artesanal para el lote N°2

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4.21, se puede observar que la muestra S/9 (1300,5 mg/l) no cumple con la NB 324004:2004, ya que supera el valor límite de tolerancia superior permitido (1000 mg/l). Tomando en cuenta el valor del límite de control superior (1300,5 mg/l), indica que es un proceso no apto, es decir no está bajo control; en cuanto a los valores de la línea central (465,2 mg/l) se tiene que no cumplen las muestras S-3, S-7, S-8 y S-9. Para las muestras S/1 (333,6 mg/l), S/2 (70,3 mg/l), S/3 (633,7 mg/l), S/4 (452,5 mg/l), S/5 (182,6 mg/l), S/6 (12,4 mg/l), S/7 (750,6 mg/l), S/8 (712,8 mg/l) y S/10 (203,3 mg/l), cumplen con los requisitos de la norma.

4.5 Matriz de la variable del contenido de metanol del diseño DBCA en singani artesanal

En la Tabla 4.9, se puede observar la matriz de la variable de los resultados de contenido de metanol expresado en mg/l para singani artesanal procedente

del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro. En donde se incluyen los dos lotes (Factor B) y los diez tratamientos (Factor A) para el diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

Tabla 4.9

Matriz de resultados de contenido de metanol

(Factor B)	Productores de singani artesanal (Factor A)									
Lotes	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10
Lote 1	719,5	577,0	424,4	1265,9	442,2	787,2	788,2	377,3	459,2	283,8
	S/1	S/2	S/3	S/4	S/5	S/6	S/7	S/8	S/9	S/10
Lote 2	494,0	301,6	337,5	525,8	189,2	317,4	538,0	270,7	313,0	239,0

Fuente: Elaboración propia

4.6 Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de metanol en muestras de singani artesanal

En la Tabla 4.10, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño experimental por bloques completamente al azar en singani artesanal, donde la variable respuesta es el contenido de metanol de datos extraídos del (Anexo D).

Tabla 4.10

Análisis de varianza de la variable respuesta contenido de metanol

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Factor A	494933,76	9	54992,64	1,26	3,18
Factor B	4656993,55	1	4656993,55	106,47**	5,12
Error	393658,65	9	43739,85		
Total	1226202,51	19			

Fuente: Elaboración propia

**Altamente significativo

En la Tabla 4.10, según el análisis de varianza se observa que, no existen diferencias significativas en el Factor A, ya que $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,26 < 3,18$), por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Por lo que no existe diferencias significativas en el contenido de metanol entre las muestras de los productores (Factor A).

Para el Factor B, $F_{cal} > F_{tab}$ ($106,47 > 5,12$) por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$; lo que indica que es altamente significativo estadísticamente. Esto significa que existen diferencias significativas entre el lote N°1 y lote N°2 (Factor B) para el contenido de metanol.

4.7 Matriz de la variable del grado alcohólico del diseño DBCA en singani artesanal

En la Tabla 4.11, se puede observar la matriz de la variable de los resultados de grado alcohólico expresado en % v/v para singani artesanal. En donde se incluyen los dos lotes (Factor B) y los diez tratamientos (Factor A) para el diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

Tabla 4.11

Matriz de resultados de grado alcohólico

(Factor B)	Productores de singani artesanal (Factor A)									
Lotes	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10
Lote 1	53,0	42,5	49,3	36,6	39,4	33,9	55,0	34,7	48,7	36,4
	S/1	S/2	S/3	S/4	S/5	S/6	S/7	S/8	S/9	S/10
Lote 2	53,0	43,0	48,5	36,4	37,8	33,7	57,0	34,4	48,3	36,5

Fuente: Elaboración propia

4.8 Análisis de varianza para la variable respuesta del grado alcohólico en muestras de singani artesanal

En la Tabla 4.12, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño experimental por bloques completamente al azar en singani artesanal, donde la variable respuesta es el grado alcohólico de datos extraídos del (Anexo D).

Tabla 4.12

Análisis de varianza de la variable respuesta grado alcohólico

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Factor A	1189,18	9	132,13	173,86**	3,18
Factor B	0,04	1	0,04	0,05	5,12
Error	6,85	9	0,76		
Total	1196,07	19			

Fuente: Elaboración propia

**Altamente significativo

En la Tabla 4.12, según el análisis de varianza se observa que, si existen diferencias altamente significativas para el Factor A, ya que $F_{cal} > F_{tab}$

(173,86 > 3,18), por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Para el Factor B $F_{cal} < F_{tab}$ (0,05 < 5,12), por lo que se acepta la hipótesis planteada y concluir que el lote N°1 y lote N°2 (Factor B), no influye directamente en el grado alcohólico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Realizado la localización de un total de diez muestras de singani artesanal seis corresponden al Valle de la Concepción, tres a Calamuchita y una muestra a San Isidro, que integran a la Ruta del vino y singani 1 y Ruta del vino y singani 2.
- Realizado el control del contenido de metanol de las muestras del lote N°1, que corresponden al Valle de la Concepción, presentaron valores de (S-2) 577,0 mg/l, (S-1) 719,5 mg/l y (S-6) 787,2 mg/l siendo superiores. Calamuchita con valores de (S-9) 459,2 mg/l y (S-7) 788,2 mg/l y San Isidro con el valor más elevado de metanol (S-4) 1265,9 mg/l. Finalmente, las muestras del lote N°2 presentaron valores entre (S-8) 270,7 mg/l hasta (S-4) 525,8 mg/l, que cumplen con la norma.
- Así mismo, la gráfica de control de límites superior e inferior del contenido de metanol, se observa que las muestras del lote N°1 S-4 (1265,9 mg/l), S-6 (787,2 mg/l) y S-7 (788,2 mg/l) no cumplen con la NB 324010:2004, ya que supera el valor límite superior permitido de 750 mg/l. Para el lote N°2 todas las muestras cumplen con la NB, sin embargo, las muestras S/4 (525,8 mg/l) y S/7 (538,0 mg/l) presentan valores cercanos al límite superior permitido por la norma.
- Realizado el control del grado alcohólico de las muestras del lote N°1, para el Valle de la Concepción presentan grado alcohólico entre 33,9% (S-6) hasta 53,0% (S-1). Calamuchita con valores del 36,4% (S-10) hasta 55,0% y San Isidro del 36,6% (S-4). Para el lote N°2 que corresponde al Valle de la Concepción los valores se encuentran entre 33,7% (S/6) hasta

53,0% (S/1), Calamuchita con valores entre 36,5% (S/10) hasta 57,0% (S/7) y San Isidro del 36,4% (S/4).

- Realizada la gráfica de control de límites superior e inferior de grado alcohólico se observa que las muestras del lote N°1 S-1 (53,0%), S-2 (42,5%), S-3 (49,3%), S-7 (55,0%) y S-9 (48,7%) no cumplen con la NB 324003:2004, ya que supera el valor máximo permitido del 42%. Para el lote N°2 las muestras S/1 (53,0%), S/2 (43,0%), S/3 (48,5%), S/7 (57,0%) y S/9 (48,3%) no cumplen con la NB. Así mismo, las muestras del lote N°1 S-6 (33,9%) y S-8 (34,7%), como el lote N°2 S/6 (33,7%) y S/8 (34,4%), están por debajo del valor límite inferior del 35%.
- Realizado el control de pH de las muestras del lote N°1 que corresponde al Valle de la Concepción presentan valores de pH entre 2,92 (S-3) hasta 8,05 (S/6). Calamuchita los valores de pH oscilan entre 3,79 (S-9) hasta 4,30 (S-10) y San Isidro del 3,65 (S-4). Para el lote N°2 las muestras del Valle de la Concepción los valores se encuentran entre 3,06 (S/3) hasta 6,98 (S/6), Calamuchita con valores entre 3,28 (S/9) hasta 4,27 (S/7) y San Isidro del 3.98 (S/4).
- Realizada la gráfica de control de límites superior e inferior de pH, se observa que la muestra del lote N°1 S-6 (8,05) y del lote N°2 S/6 (6,98) no cumplen con la NB 324006:2004, ya que supera el valor máximo permitido de pH 6. Así, mismo las muestras del lote N°1 S-3 (2,92) y S-8 (3,28) como del lote N°2 S/3 (3,06) y S/9 (3,28), están por debajo del valor límite mínimo de pH 3,5.
- Realizado el control de acidez total de las muestras del lote N°1, que corresponde al Valle de la Concepción presentan valores de acidez total entre 30 mg/l (S-6) hasta 500 mg/l (S-8). Calamuchita con valores de 110

mg/l (S-10) hasta 930 mg/l (S-9) y San Isidro del 390 mg/l (S-4). Para el lote N°2 las muestras del Valle de la Concepción con valores que se encuentran entre 12,4 mg/l (S/6) hasta 712,8 mg/l (S/8), Calamuchita con valores entre 203,3 mg/l (S/10) hasta 1300,5 mg/l (S/9) y San Isidro del 452,5 mg/l (S/4).

- Así mismo, la gráfica de control de límites superior e inferior de acidez total, se observa que todas las muestras del lote N°1 cumplen con la NB 324004:2004. Sin embargo, la muestra S-9 (930 mg/l) contiene un valor cercano al límite superior permitido por la norma. Para el lote N°2 se observa que la muestra S/9 (1300,5 mg/l) no cumple con la NB 324004:2004, ya que supera el valor superior permitido (1000 mg/l).
- Realizado el análisis de varianza del diseño experimental por bloques completamente al azar (DBCA) para el contenido de metanol se determinó que, no existen diferencias significativas en el Factor A (productores), ya que $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,26 < 3,18$), por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.
- Realizado el análisis de varianza del diseño experimental por bloques completamente al azar (DBCA) para el grado alcohólico observó que, si existen diferencias altamente significativas para el Factor A, ya que $F_{cal} > F_{tab}$ ($173,86 > 3,18$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que las entidades de control y sanidad alimentaria, como ser el SENASAG debería exigir a los productores de singani artesanal la aplicación de la NB 324010:2004 (requisitos del singani); con el fin de garantizar la calidad e inocuidad de este producto.
- Se recomienda que las bodegas Integradas del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro, que son parte de la Ruta del vino y singani 1 y Ruta del vino y singani 2 deberían implementar un sistema de control durante el proceso de destilación de singani artesanal.
- Se recomienda que todos los productores artesanales deben utilizar la Norma Boliviana NB 324010:2004 para el control de los parámetros físicos y fisicoquímicos del singani artesanal; con el fin de garantizar que el producto final se encuentre dentro de la norma.
- Se debe implementar un sistema de control de calidad en la elaboración artesanal, tales como: Buenas Prácticas Agrícolas, Buenas Prácticas de Manufactura, Control en la destilación y Calibración de equipos (Alcoholímetros, termómetros, etc.).
- Todas estas prácticas deben implementarse con el uso de marcas comerciales por los productores artesanales, registradas en SENASAG, lo que aumentaría la confianza al consumidor y mejoraría las oportunidades de mercado
- Se recomienda que los productores del Valle de la Concepción, Calamuchita y San Isidro, deben ser asesorados por el Centro Vitivinícola

Tarija (CEVITA), para garantizar que cumplan con los cortes de cabeza durante el destilado para evitar la presencia del contenido de metanol.

- Los sistemas productivos favorecen a utilizar la altitud de la zona, suelo, clima y variedad; que dan una bebida genuina con características propias de la región.