

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El “Singani” es una bebida tradicional boliviana, cuyo origen data de las épocas coloniales. En forma muy breve se puede mencionar que su nombre tiene relación a la población de “Sinkani” ubicada en el departamento de potosí; lugar donde se realizó la elaboración de una bebida destinada al consumo concreto de pobladores, durante el auge de la explotación de plata, para ayudar a sobre llevar el duro invierno a 4000 metros sobre el nivel del mar. La elaboración del Singani se diferencia de la elaboración de vino, en el hecho de que la vid se somete a un proceso de fermentación posteriormente pasa por un proceso de destilación, dando como producto un destilado claro de vino (Paniagua, 2002).

La producción de singani en Bolivia es una actividad dominada por la mediana industria, muchas veces artesanal. Cuidando los antiguos procesos de elaboración y calidad. El nombre de singani se reserva por la bebida alcohólica de origen vínico, obtenido por el proceso de destilación de vino, proveniente de la fermentación alcohólica de la variedad de uva **Moscatel de Alejandría**. Este proceso de destilación consiste en una técnica utilizada para separar y seleccionar, mediante el uso de calor, componentes específicos volátiles de una mezcla líquida, con un alto grado de pureza, como son los terpenos, ésteres, el etanol y otros alcoholes, los cuales deben estar libres de metanol (FAUTAPO, 2009).

Al respecto se debe resaltar que, la mayoría de los viticultores seleccionan como cepa de cultivo la variedad **Moscatel de Alejandría**, debido a que ésta es una variedad multipropósito; es decir, se utiliza como uva de mesa, como materia prima por excelencia en la elaboración del Singani y también para la elaboración de Vinos (Acuña, 2014).

Entre las uvas de mesa, la variedad de vid de mayor cultivo en el valle central de Tarija y en el valle de Cinti del departamento de Chuquisaca, es la

Moscatel de Alejandría, misma que tiene una incidencia del 84% de la superficie productiva en el Valle Central de Tarija (FAUTAPO, 2009).

Las viñas existentes en el departamento de Tarija representan el 74% del porcentaje nacional de superficie cultivada. Chuquisaca en cambio posee el 11%, mientras que el restante 15% está distribuido en los otros departamentos de Bolivia: La Paz, Santa Cruz, Cochabamba y Potosí (Paniagua, 2002).

En la actualidad todavía continúa la vitivinicultura en los valles de Cinti, Caracoto y Luribay en el departamento de La paz y Potosí; hasta llegar a los valles de Chuquisaca y Tarija. Donde se produce actualmente un importante desarrollo de la producción e industrialización de vinos y singanis contando últimamente con 1,641 hectáreas de vid cultivada, un volumen de producción de 447,570 quintales de uva (CEVITA, 2014).

Se producen comercialmente más de 20 variedades de vid que se cultivan en la región, no todas son para la elaboración de vinos y singanis; sino también con fines de consumo en fresco (FAUTAPO, 2009).

1.2 JUSTIFICACIÓN

- ❖ Actualmente el singani se destaca como un destilado de aromas suaves por el cual existe pocos trabajos de investigación relacionados a la estandarización del perfil sensorial, siendo un producto conocido a nivel nacional; por lo que el presente trabajo establecerá los parámetros adecuados del proceso con la finalidad de resaltar los aromas primarios de la uva ***Moscatel de Alejandría***.
- ❖ El presente trabajo busca una alternativa para la transformación de la uva puesto que el departamento de Tarija es uno de los principales productores de vid, donde la variedad de mayor cultivo es la ***Moscatel de Alejandría***.

- ❖ El proyecto de elaboración de singani a partir de la uva ***Moscatel de Alejandría*** pretende analizar la influencia de la fermentación con y sin orujo para la producción de vino base mediante análisis fisicoquímico con el fin de obtener un producto rico en aromas.
- ❖ La uva ***Moscatel de Alejandría*** es una variedad de mesa blanca, representa el 75% de su producción de vid, donde el 40% es destinada a la elaboración de singani que en su mayoría es procesada a nivel artesanal (CEVITA, 2014), los cuales no son tratadas bajo estrictos controles debido a la escasa información de los productores, es por ello que surge un gran interés de buscar una técnica para mejorar la calidad del singani que es de mucho beneficio para productores de escala artesanal.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados en el presente trabajo son los siguientes:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar singani a partir de la uva ***Moscatel de Alejandría***, mediante el proceso de destilación a partir de la fermentación del mosto con la finalidad de proponer un método de proceso para obtener un producto de calidad organoléptica.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Características fisicoquímicas de la materia prima con el fin de determinar el momento de la vendimia.
- Realizar control de las variables de tiempo, °Baume y temperatura con la finalidad de realizar el seguimiento en el proceso de fermentación.
- Realizar diseño experimental en el proceso de fermentación con la finalidad de establecer las variables.

- Realizar diseño experimental en el proceso de destilación con la finalidad de establecer las variables.
- Realizar la evaluación sensorial con el fin de determinar la aceptabilidad y calidad del producto terminado.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas del producto final, con el propósito de valorar su calidad.
- Realizar balance de materia y energía en el proceso de elaboración de singani, con el propósito de cuantificar las corrientes másicas y energéticas en el proceso.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El planteamiento del problema recoge un aspecto del sector productivo en la producción de singani que no ha sido estudiado a nivel experimental ni mucho menos a nivel artesanal, por ende el trabajo pudiera servir para productores artesanales de singani, que desconozcan los factores que inciden en la elaboración de singani, a la misma vez puedan tener conocimiento de que aromas presenta el singani y su influencia que tienen estos en la elaboración de los mostos para obtener un producto final con más aromas a uva moscatel Alejandría. Así mismo no existe un método de elaboración de singani que valore los atributos sensoriales, como un aspecto muy importante al momento de valorar una bebida con sus características similares a la uva moscatel de Alejandría.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál será el método más adecuado de la fermentación del mosto, que se realizara para la elaboración de singani que contenga todas las características organolépticas propias de la uva **Moscatel Alejandría**?

1.6 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Mediante el proceso de destilación a partir de la fermentación del mosto con orujo hasta 0 °Baume, se propuso un método para elaborar singani con todas sus características organolépticas propias de la uva moscatel de Alejandría.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ORIGEN DE LA VID

La vid es originaria de Georgias y Mingrelia, aunque todos los autores le hacen procedente de Persia. En la actualidad la vid se halla en plena producción en todo el mundo entre los 34° de latitud norte y 49° de latitud sur, se cultivan viñedos fuera de esta zona en ambos hemisferio pero en forma aislada (CENAVIT, 2005).

La vid pertenece a la familia de las vitáceas o Ampelidaceas, esta familia comprende el género vitis, el cual reúne a su vez a más de sesenta especies, entre los cuales interesa destacar (CENAVIT, 2005)

- *Vitis vinífera*, cuyo origen es europeo y donde se descienden casi todas las variedades que se destinan a vinificación, consumo de mesa y elaboración de pasa.
- Variedades de procedencia americana (*Vitis rupestris*, *V. riparia*, *V. berlandieri*, *V. labrusca*, etc.). los protainjertos o pies han surgido de estas especies y de las hibridaciones entre ellas, han permitido encarar con éxito la lucha contra la filoxera.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA VID

La vid es una planta con flores, esto es, una angiosperma, de la clase de las dicotiledóneas, de la subclase con flores más simples (choripetalae), pero en el grupo dotado de cáliz y corola (Dyalypetalae), es decir, el más avanzado. Una planta leñosa tiene por lo general una vida muy larga, así es fácil encontrar una vid centenaria; tiene un largo periodo juvenil (3-5 años), durante el cual no es capaz de producir flores (CENAVIT, 2005).

La vid es un arbusto constituido por raíces, tronco, sarmientos, hojas, flores y fruto. Ya se sabe que a través de las raíces se sustenta la planta, mediante la absorción de la humedad y las sales minerales necesarias, y que el tronco y los sarmientos son meros vehículos de transmisión por los que circula el

agua con los componentes minerales (Hidalgo, 2011). En la figura 2.1 se observan las partes de la vid.

Figura 2.1
Partes de la vid



Fuente: (Hidalgo, 2011)

2.3 TIPOS DE VID

Según (FAUTAPO, 2009) las especies más importantes se pueden citar:

2.3.1 VITIS LABRUSCA

Serie Labruscoideae americanae; por ejemplo, la uva Isabel procede de esta especie.

2.3.2 VITIS RUPESTRIS

Serie Rupestres. Originaria de terrenos semisecos de aluvión, ha dado origen a muchos portainjertos.

2.3.3 VITIS RIPARIA

Serie Ripariae. Originaria de regiones mucho más frescas, ha dado origen a muchos portainjertos y a uvas de vino (híbridos productores directos).

2.3.4 VITIS BERLANDIERI

Serie Cinerascentes. Originaria de regiones áridas y suelos calcáreos; ha sido trascendental para la constitución de portainjertos resistentes a la clorosis y a la sequedad.

2.3.5 VITIS VINÍFERA

Es la vid común.

2.4 VARIEDAD MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

También denominado Moscatel de Málaga, Moscatel Romano, Moscatel de grano gordo; variedad conocida ya por los egipcios, griegos y romanos, se expandió por todo el mediterráneo. Es una cepa muy difundida en los países vitícolas del mundo como uva de mesa (Hidalgo, 2011).

La variedad moscatel de Alejandría, es utilizada principalmente para la elaboración de singani, en segundo lugar para la elaboración de vinos blancos aromáticos, de características muy interesantes, desde el punto de vista organoléptico, factor que lo diferencia de las otras variedades. Esta variedad permite obtener singanis de excelente calidad con propiedades organolépticas de sabor y aromas muy interesantes (Castillo, 2003).

En Bolivia es una de las variedades más importante que ocupa el primer lugar como variedad cultivada en todas las regiones vitivinícolas, siendo destinada a la producción de singani y vinos (60 %) y consumo directo como fruta fresca (40 %) (FAUTAPO, 2009).

2.5 TAXONOMÍA DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

La vid pertenece a la familia de las vitáceas, que comprende catorce géneros de donde destacamos Ampelopsis y Parthenocissus al que pertenecen las viñas silvestres. El género vitis, al que pertenecen las vides cultivadas, están divididas en dos: Euvites y muscadina. Todas las especies del género son

plantas con tallos sarmentosos provistos de zarcillos o de inflorescencias opuestas a las hojas. Todas las variedades de uva utilizada en mesa y en la industria vitivinícola (jugos, vinos, mermeladas y otros derivados, etc.) pertenecen al género *Vitis* (LLanos, 2014). En el cuadro 2.1 se muestra la taxonomía de la uva moscatel de Alejandría.

Cuadro 2.1
Taxonomía de la uva moscatel de Alejandría

Propiedad taxonómica	
Familia	vitáceas
Género	<i>Vitis</i>
Sub-genero	<i>Eu vitis</i>
Grupo	Europeo
Especie	<i>Vitis vinífera</i>
Sub-especie	<i>Vitis vinífera sativa</i>
Variedad	Moscatel de Alejandría

Fuente: (LLanos, 2014)

2.6 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

Las características que presenta la variedad moscatel de Alejandría (Bloque II, 2012) son las siguientes:

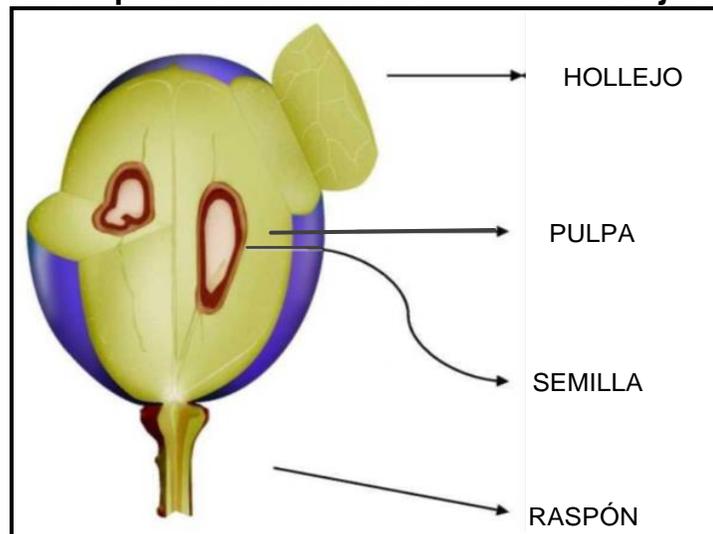
- ❖ **HOJAS:** Poco lobulada, medianas, frecuentemente extendidas, con dientes agudos, punta peciolar rojiza y con seno peciolar abierto en V, senos laterales superiores cerrados y escasa vellosoidad.
- ❖ **TRONCO:** Tortuoso, cultivo medianamente vigoroso.
- ❖ **CICLO:** Brota la segunda quincena de septiembre y florece en la segunda quincena de octubre. La vendimia se realiza a partir del mes de enero hasta abril, entra en producción a partir del cuarto año.
- ❖ **RACIMOS:** Grandes, poco compactos. Poco uniformes, tanto en tamaño de baya como en el color del hollejo. Bastante suelto de 320g a 350g longitud de 19 cm.

- ❖ **BAYAS:** Grandes de forma circular pero con tendencia a sección longitudinal elíptica; Hollejo grueso y consistente, Pulpa blanda, muy jugosa con sabor característico amoscotelado.
- ❖ **SABOR:** Dulce, con fuerte sabor a moscatel, de perfume característico de la variedad, con sabor almizclado (más ricos en geraniol que en nerol; es decir con perfumes más evocadores del geranio que de la rosa o del azahar).
- ❖ **UTILIDAD:** Variedad de doble propósito, tienen bouquet moscatelizado, especialmente para la elaboración de singanis, aromáticos vinos secos, deliciosos vinos dulces de postre, jugos, mostos concentrados.

2.7 CONSTITUCIÓN DEL GRANO DE UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

Es una baya de forma y tamaño variables. Más o menos esférica u ovalada, y por término medio de 12 a 18 mm de diámetro (LLanos, 2014). En la figura 2.2 se observa el corte esquemático de uva moscatel de Alejandría.

Figura 2.2
Corte esquemático de la uva moscatel de Alejandría



Fuente: (LLanos, 2014)

2.7.1 EL RASPÓN O ESCOBAJO

Está formado por un eje central, que se llama Pedúnculo hasta la primera ramificación y luego Raquis. Del raquis parten ramificaciones principales, las que luego se convierten en secundarias en cuyas extremidades están los pedicelos que soportan a los granos (Hidalgo, 2011).

El raspón desempeña las funciones de sostén y medio de comunicación de los granos y el sarmiento (Hidalgo, 2011).

Su peso es aproximadamente el 5 % del racimo y está formado por tanino, materia celulósica y trazas de sales cálcicas y potásicas (Hidalgo, 2011)

2.7.2 EL HOLLEJO

Está formado por una epidermis y unas 6 a 10 capas de células subyacentes. La epidermis que representa el 1-5 % de la piel, está recubierta por una especie de cera cuticular, la pruina, sobre la que resalta el agua (impermeabilización), retiene levaduras y otros microorganismos u otros organismos depositados por el viento, además de ser susceptibles de fijar aromas exógenos. Químicamente la composición típica de las ceras vegetales. La composición química de los hollejos es variables según las cepas. Consecuentemente el hollejo presenta valores de (pH= 4). A partir del envero es en el hollejo donde comienza a sintetizarse y a enriquecerse en polifenoles, en los que se incluyen los pigmentos amarillos o rojos según el color de la variedad (Hidalgo, 2011).

Por ello, dado el carácter menos del hollejo y su alta carga polifenolica al final de la maduración, es vital para la vinificación en blanco y tintos así como también en la destilación para captar los aromas esenciales. Como se puede observar en el cuadro 2.2 la composición del hollejo al estado fresco de la moscatel de Alejandría (Hidalgo, 2011).

Cuadro 2.2
Composición del hollejo al estado fresco

Componente	Porcentaje (%)
Agua	70 a 80
Sustancias tánicas	0.5 a 1.8
Sustancias minerales	1.5 a 2.0
Ácidos orgánicos	1.0

Fuente: (Castillo, 2003)

2.7.3 LAS SEMILLAS

Representan entre el (3 al 6) % del grano de uva. Normalmente cada grano contiene 4 semillas, pero existen muchos casos en los que solo se encuentra en un número de dos a tres como consecuencia de la ausencia o aborto de varios óvulos. Hay casos en que la ausencia de pepitas es una característica varietal (Palacios, 1997).

La semilla es una cavidad leñosa rodeada por una fina capa de cutícula tánica. Se destacan entre los componentes de las semillas, los lípidos y las sustancias tánicas. El aceite de la semilla de la uva se caracteriza por su alto contenido en ácido linoleico y bajo contenido en ácidos grasos saturados (Palacios, 1997). La composición del aceite de semilla de uva palomino fino se resume en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3
Composición de las semillas de la uva

Componentes	Porcentajes (%)
Agua	25-45
Hidratos de carbono	34-36
Lípidos	13-20
Taninos	4-6
Compuestos nitrogenados	4-6.5
Material mineral	2-4

Fuente: (Oreglia, 1978)

2.7.4 LA PULPA

Es la fracción más importante del grano de uva. Representa del 75 al 80 % del peso del grano cuando la uva está madura. La pulpa está formada por células de gran tamaño cuyo interior está ocupado casi exclusivamente por el jugo vacuolar una fina capa de citoplasma con el núcleo, donde se encuentran principalmente los aminoácidos y las proteínas (Palacios, 1997).

En la pulpa los componentes de mayor interés se distribuyen de la siguiente manera (Georffino, 2016)

- La zona central que envuelve a la semilla, es la más pobre en azúcares y la más rica en ácidos.
- La zona periférica en contacto con el hollejo es la parte de la pulpa más rica en sustancias polifenólicas (taninos y colorantes), la más rica en sales, la más pobre en ácidos libres, y una concentración media en azúcares.
- La zona intermedia, limitada por las dos anteriores, es la más rica en azúcares, la más pobre en sustancias tánicas.

Los componentes principales de la pulpa son el agua, azúcares, ácidos orgánicos, sustancias minerales, tánicas, nitrogenadas y pépticas, cuyo porcentaje en la uva se muestra en el cuadro 2.4 (Oreglia, 1978).

Cuadro 2.4
Composición química de la pulpa

Componente	Porcentaje (%)
Agua	70 a 80
Hidratos de carbono (glucosa y levulosa)	10 a 25
Bicarbonato de potasio (crémor tártaro)	0,3 a 1
Ácidos libres (tartárico, málico, cítrico)	0,2 a 0,5
Sustancias minerales	0,2 a 0,3
Sustancias nitrogenadas y pépticas	0,05 a 0,1

Fuente: (Oreglia, 1978)

2.8 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA UVA Y EL MOSTO

El mosto es el jugo de la uva obtenido mediante el estrujado, el molido, prensado, o cualquier otra operación que rompan los hollejos de la uva y deje el líquido. Su composición es extremadamente compleja, el rendimiento de la uva en mosto no es contante sino que depende de la cepa, del medio ecológico y sobre todo del grado de madurez (Bloque II, 2012).

En el cuadro 2.5 se observa la composición química del mosto en uvas frescas.

Cuadro 2.5
Composición fisicoquímica del mosto de uvas frescas

Componentes	Unidad de medida
Calorías	80 a 90 por cada 100 g de mosto
Agua	80 a 85 %
Azucares	14 a 22 %
Ácidos	0,7 a 1.22 %
Grasas	0 %
Proteínas	0,1 a 0.4 %
Calcio	10 a 20 mg por cada 100 g de mosto
Cloro	2 mg
Cobre	0,02 mg
Hierro	0,2 a 3,0 mg
Magnesio	7 a 17 mg
Fosforo	10 a 50 mg
Potasio	114 a 250 mg
Sodio	1 a 15 mg
Azufre	9 a 20 mg
Zinc	0,1 mg
Vitamina B ₁	0,05 mg
Vitamina B ₂	0,02 mg
Vitamina P _p	0,3 mg
Vitamina C	3 mg
Vitamina B ₃	0,05 mg

Fuente: (Carranza, 2009)

2.8.1 EL AGUA

El agua es cuantitativamente el constituyente más abundante del mosto, y oscila entre (650 a 900) gramos por litro. Es conocida la función del agua como el vehículo de sales minerales incorporada en la planta, desplazamiento de sustancias elaboradas en las hojas y en los demás órganos camino a las bayas y otros centros de acumulación; de ahí surge el papel de principal importancia desempeñado por el agua en el crecimiento y maduración de la uva. Algunas de las sustancias contenidas en el mosto están en suspensión; otras están en dispersión coloidal (Carranza, 2009).

2.8.2 AZÚCARES

La glucosa y fructosa representan, en conjunto el 95 % de los azúcares totales de la pulpa o del mosto. El valor medio de la relación glucosa/fructosa, cuando la uva alcanza el estado de madurez, es del orden 0,92. También se ha detectado pequeñas cantidades de sacarosa (0,1- 0,3) % y de pentosas (0,03- 0,01%) (Hidalgo, 2011).

La mayor o menor concentración de azúcares influye en el grado de aceptación sensorial del zumo y en la riqueza alcohólica potencial del vino (Bloque II, 2012).

2.8.3 ÁCIDOS

Realizado un análisis de los mostos para determinar la naturaleza de los ácidos en ellos contenidos, se encuentran dos clases: los ácidos orgánicos; los más importantes son el tartárico, el málico y el cítrico, la proporción de otros ácidos como el ascórbico, oxálico, glicólico, galacturónico y glicérico es relevantemente baja. Los ácidos minerales como el sulfúrico, el clorhídrico y el fosfórico se encuentran en el mosto en muy pequeñas cantidades (0,3 a 1,0 g/L) en forma de sales neutras (Carranza, 2009).

Los ácidos orgánicos están en cantidades mucho más importante (3 a 12 g/L) en una parte en estado libre y la otra parte combinados con los metales bajos la forma de sales acidas, estos constituyen la acidez del mosto. En el mosto de la uva la acidez titulable varía entre 3,35 y 10,7 g/L, expresada en ácido tartárico. Al sumar los iones de hidrogeno disociados presente en el mosto, obtendremos la energía acida expresada mediante el pH, Los mostos tienen un pH que va de 3 a 4,5 (Carranza, 2009).

Además de los ácidos libres (málico, tartárico, succínico y cítrico) también hay sales ácidas (tartrato potásico) que también tienen sabor ácido y forman parte de la acidez total (Carranza, 2009).

La mayor parte de la acidez del mosto, está constituida por el ácido tartárico especialmente al estado bitartrato de potásico y tartrato de calcio, después por el ácido málico, cítrico y finalmente trazas de otros ácidos como el succínico (Bloque II, 2012).

El bitartrato de potásico o (sal ácida). $\text{COOK-CHOH-CHOH-COOH}$. Es menos soluble en agua y menos todavía en líquidos que contengan alcohol. Esto hace que una parte del tartrato potásico existente en el jugo de las uvas precipite durante la fermentación en forma de cristales. Así el contenido en el vino de ácidos titulables puede disminuir entre (2 a 4) g/l de tartrato o 0,4 g en tartárico. Además el tartrato potásico en la fermentación también precipita el tartrato cálcico. $\text{COOCa-CHOH-CHOH-COOH}$. Como una sal neutra y soluble. En la neutralización del vino con carbonato cálcico, se transforma una parte del tartárico en tartrato cálcico (Bloque II, 2012).

2.8.4 SALES MINERALES

Son el residuo que queda después de quemar los hidratos de carbono, grasas y también absorben sales minerales del suelo necesarias para el desarrollo de la cepa, principalmente fosfatos de potasio, calcio y magnesio y también bajos contenidos de sulfatos, cloruros y silicatos. El contenido en

sustancias minerales en mostos y vinos varía muy poco y sólo debido al tipo de suelo, abonado y condiciones climáticas. En mostos hay de 3 a 4 g/l y en vinos 1,3-3 g/l. El porcentaje de cenizas de los vinos fermentados es menor que el del mosto de uva porque las levaduras utilizan una cierta cantidad de sustancias minerales para constituir su materia celular y además porque al precipitar el tartrato potásico disminuyen los cationes de calcio, potasio. Los vinos de años cálidos y secos, tienen menos sales minerales que los de años normales en temperatura y humedad (Bloque II, 2012).

2.8.5 COMPUESTOS NITROGENADOS

Son insolubles en agua y alcohol, principalmente proteínas. Los compuestos nitrogenados del mosto de uva están constituidos en parte por proteínas (albúminas y globulinas), y en parte por productos derivados de proteínas (peptonas, aminoácidos, etc). Todos los compuestos nitrogenados tienen interés en la elaboración del vino porque son las sustancias nutritivas de las levaduras. La concentración de nitrógeno presente en zumo o mosto es de 0,2 a 1,4 g/l. En otros zumos de fruta sólo hay 0,8 g/l y por ejemplo en el jugo de arándanos sólo tienen de 0,1 a 0,2 g/l. Esta cantidad es tan pequeña que la fermentación no se da de forma espontánea y se debe añadir compuestos nitrogenados en forma de sulfato de amonio o de fosfato diamónico, hasta 30 g/hl. Los compuestos nitrogenados que están presentes de forma natural en el mosto de uva son suficientes para que se produzca fermentación por las levaduras (Bloque II, 2012).

2.8.6 COMPUESTOS AROMÁTICOS

Los perfumes característicos de cada cepa, y en consecuencia responsables del aroma, se forman en el mismo grano al transcurrir, acumulándose principalmente en las células del hollejo; es probable que también exista en la pulpa moscateles, pero en cantidades muy pequeña.

Los perfumes que ceden las variedades blancas son olores típicos más o menos floridos, con matiz a carozo (Catania, 2007).

Aproximadamente, las sustancias aromáticas del mosto tiene una concentración total de 0,6 a 1 g/L. conformados por 470 a 480 compuestos en uvas blancas, cuantitativamente, entre los perfumes de la uva denominan los esterres (cerca de 132 sustancias aromáticas de este tipo), seguidos de los hidrocarburos y los alcoholes monoterpénicos típicos de cada clase, ácidos, aldehídos y otros compuestos de los cuales la mayoría son volátiles.

Son responsables en especial de los aromas característicos de los moscateles, los compuestos terpenicos (linalol, geraniol, α -terpineol, y nerol). En la uva el aroma más típico corresponde al metilantranilato, y sustancias existentes en las uvas maduras y sobremaduras (Catania, 2007)

2.8.7 VITAMINAS EN LA UVA

El contenido de vitaminas en la uva es relativamente pobre. Su importancia radia, en la influencia del crecimiento de los microorganismos que son los responsables de la fermentación, y algunas vitaminas se encuentran en cantidad suficiente para ser consideradas en la alimentación humana. Las liposolubles A, D, E y K están prácticamente ausentes en la uva (Bloque II, 1012).

En comparación con otras frutas, la uva tiene un contenido bajo en vitamina C, por lo general inferior a 8 mg por cada 100 g. finalmente la perdida es completamente total en el proceso de fermentación siendo difícil detectar su presencia en el vino (Bloque II, 1012). En el cuadro 2.6 se observa el contenido de vitaminas en el mosto.

Cuadro 2.6
Contenidos medios en vitaminas de mosto

Componentes	Cantidades
Tiamina (B ₁)	333 µg / l
Riboflavina (B ₂)	21 µg / l
Piridoxina (B ₆)	420 µg / l
Cobalamina (B ₁₂)	0.05 µg / l
Ácido pantoténico	820 µg / l
Ácido nicotínico	3.26 µg / l
Biotina	2.60 µg / l
Colina	--
Mesoinositol	500 mg / l

Fuente: (Oreglia, 1978)

2.9 DESARROLLO VEGETATIVO DEL GRANO DE UVA HASTA SU MADURACIÓN

El ciclo vegetativo del fruto de la uva (grano o baya) se inicia con la fecundación en las variedades de uva con semillas, que se llaman pirenas, y por efectos estimulantes del polen sobre el ovario, en las variedades sin semillas, conocidas como apirenas (Castillo, 2003).

La expansión del grano y su enriquecimiento en azúcares, ácidos y otras sustancias que lo llevan a la maduración, se realiza mediante un doble ciclo, con fases perfectamente definidas: el ciclo o periodo herbáceo y el ciclo o periodo translucido, que también se llama de la maduración. Estos periodos están netamente delimitados entre por el envero (Castillo, 2003).

2.9.1 PERÍODO HERBÁCEO

Las características principales del periodo herbáceo o también llamado agraz se concretan por una parte, en la permanencia de la clorofila en el epicarpio, y la por la otra, en el considerable aumento del tamaño que alcanza el grano. Al concluir este periodo, la uva contiene 20 gramos de azúcares por kilo y poco más o menos de ácidos por litro (Castillo, 2003).

2.9.2 PERÍODO DEL ENVERO O CAMBIO DE COLOR

Antes del comienzo del periodo de la maduración, se produce la breve etapa de envero, que corresponde a la época fisiológica de la coloración de la uva, se caracteriza por una paralización momentánea del crecimiento del fruto, pérdida progresiva de la clorofila y la aparición contemporánea de los pigmentos que darán al grano el color característico de la variedad. Las semillas adquieren su estructura y peso definido (Castillo, 2003).

2.9.3 PERÍODO TRANSLÚCIDO O DE LA MADURACIÓN

En su comienzo se produce un desarrollo intenso del grano y luego el crecimiento va disminuyendo progresivamente hasta cesar al cabo de algunos días. En este periodo crece sobre todo la pulpa y muy poco el hollejo (Castillo, 2003).

Con el inicio de la maduración, el grano comienza a perder consistencia, la piel adelgaza y se torna translúcida (Castillo, 2003).

En el proceso de la maduración se produce en el grano el aumento progresivo del contenido en azúcares y la disminución paralela de los ácidos (Castillo, 2003).

2.10 CONTROL EN LA MADURACIÓN DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

El estado de madurez de la uva condiciona la calidad del producto a obtener. Una maduración en buenas condiciones proporciona uvas ricas en todo sus elementos. Por lo tanto es importante saber que pasa en el transcurso de la maduración de la uva comprendiendo el interés particular de la enología y la industria por estas transformaciones (Rosa, 1998).

Para ello se realiza un control de maduración en la viña para conocer el momento óptimo de la maduración fenólica en la uva. Los análisis de grado Baume que determinan el azúcar contenido de la uva, (la concentración de

los azúcares superiores a 200 mg/l pueden originar problemas para desdoblar los últimos gramos de azúcar con el riesgo que repercute en la fermentación). Y los análisis de los taninos y antocianos que determinan que determinar el equilibrio y estabilidad posterior de los vinos (Rosa, 1998).

2.10.1 MADUREZ FISIOLÓGICA

Esta etapa es muy importante desde el punto de vista enológico ya que en realidad para el enólogo la maduración comienza del envero. La duración de esta etapa es muy variable y puede ir de 20 a 50 días según el punto de vista e cosecha deseado. A partir de este momento el agua, los azúcares y los compuestos nitrogenados son transportados al grano las bayas comienzan a aumentar el peso y el tamaño, pero no por multiplicación celular sino por acumulación de sustancias nutritivas (principalmente azúcares) y agua alcanzando su tamaño máximo y la semilla se encuentra apta para germinar (Catania, 2007).

2.10.2 MADUREZ TECNOLÓGICA

La maduración tecnológica definida como el grado de madurez que determina el momento de la vendimia, en función del destino específico de la uva. Se basa en la medida de los azúcares y los ácidos de la pulpa, se determina mediante los grados Brix, la acidez total y el pH. Tradicionalmente la madurez de la uva se basaba en la determinación de los tenores de azúcares reductores y la acidez de la pulpa. Una óptima relación entre ambos decidía el momento de la cosecha (Catania, 2007).

Esta forma de determinar la madurez no tenía en cuenta el estado de madurez de la piel y la semilla, ya que en algunas regiones vitivinícolas de lugares cálidos la madurez de la pulpa es más rápida que el resto de los componentes del grano y se llega a la madurez tecnológica con la semilla y la piel obteniendo vinos ácidos (Catania, 2007).

2.11 LA VENDIMIA DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

La fijación de la fecha en que ha de iniciarse la vendimia es una de las primeras pautas que ha de considerar antes de la vinificación. Para lo cual la fijación no debe ser empírica, no hay que considerar solo la apariencia de la uva, su consistencia, su acidez y el color de las partes leñosas. Es necesario seguir el proceso de maduración con medidas precisas (Rosa, 1998).

La iniciación de la vendimia puede preverse de dos modos: a largo plazo o siguiendo a intervalos cortos la evolución de la maduración. El primero se basa en la duración del ciclo vegetativo teniendo en cuenta los plazos, bien entre la floración y la maduración o bien entre el envero y la maduración (Rosa, 1998).

2.11.1 ÍNDICE DE MADURACIÓN

Estos índices se basan en que el grado de maduración de la uva es caracterizado esencialmente por la cantidad de azúcar presente en el grano que estos comienzan a formarse durante el ablandamiento del grano (Castillo, 2003).

A si mismo se toma en cuenta los ácidos que presenta la uva entre los más importantes son el ácido tartárico y málico (Castillo, 2003)

2.12 SINGANI

El singani es una bebida obtenida de la destilación de los productos resultantes de la fermentación, siguiendo siguiendo las prácticas tradicionales existentes en las zonas de producción (CENAVIT, 2005).

El singani deberá ser 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 (CENAVIT, 2005).

El singani se procede a partir de la elaboración del vino base el cual es destinado a destilados especiales. La materia prima empleada para la elaboración del singani es la variedad moscatel de Alejandría que abarca una extensión mayoritaria en el departamento (CENAVIT, 2005).

2.13 ORIGEN DEL SINGANI

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 para el consumo de los mineros quienes trabajaban en las frías minas de Potosí (4000 m.s.n.m.), ciudad que por su gran actividad minera, se encontraba en su época de auge, en el año 1573 (FAUTAPO, 2009).

De esta forma, se dio origen al Singani, bebida que resalta entre otras por su nobleza y por la elegancia en la expresión de sus suaves aromas varietales típicos de uva blanca Moscatel de Alejandría de viñedos de altura. En este contexto, la calidad del Singani es equivalente a los más finos destilados europeos y del mundo (FAUTAPO, 2009).

Bolivia posee la Ley N° 1334 del 4 de Mayo de 1992, que fija las normas sobre la producción, elaboración y comercialización del Singani. Asimismo, establece el reglamento de la Denominación de Origen del Singani, que tiene como objetivo básico el proteger al consumidor, garantizando la autenticidad y calidad del producto, al productor, que deberá someterse a normas y reglas de producción (FAUTAPO, 2009).

La Legislación Boliviana define al Singani como “el aguardiente obtenido por la destilación de vinos naturales de uva fresca producida, destilada y embotellada en las zonas de producción de origen (FAUTAPO, 2009).

2.14 TIPOS DE SINGANI

Existen tres tipos de singani los cuales se detallan a continuación:

2.14.1 GRAN SINGANI / SINGANI DE ALTURA

Es el producto obtenido por destilación simple o doble de vinos provenientes exclusivamente de la fermentación alcohólica de la uva Moscatel de Alejandría, producidos en una altura mínima de 1,600 metros de acuerdo al decreto supremo 25569, elaborados, destilados embotellados y/o añejados en barricas de roble francés en las zonas de denominación de origen (CENAVIT, 2005).

2.14.2 SINGANI DE PRIMERA SELECCIÓN

Es la bebida alcohólica de vinos proveniente de la fermentación alcohólica, de una o varias variedades Vitis vinifera blancas de acuerdo a prácticas enológicas, producidos, destilados y embotellados en las zonas de denominación de origen. (CENAVIT, 2005).

2.14.3 SINGANI DE SEGUNDA SELECCIÓN

Es la bebida alcohólica de vinos proveniente de la fermentación alcohólica de orujos no prensados, de la Vitis vinífera blanca, producidos, destilados y embotellados en las zonas de denominación de origen (CENAVIT, 2005).

2.15 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SINGANI

La calidad del singani está dada por la concentración de los compuestos presentes en el singani como se muestra en el cuadro 2.7 la composición química del singani según (NB 322002).

Cuadro 2.7
Composición química del singani

Parámetro	Unidad	Mínimo	Máximo
Densidad	(g/ml)	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
Alcohol a 20° C	% (v/v)	35	45
Extracto seco total	g/l	De acuerdo al singani	De acuerdo al singani
Cobre	mg/l	0	6
pH	unidad	3,5	6
Sulfuroso total	mg/l	0	10
Acides total	mg/l	0	1000
Metanol	mg/l	0	750
Furfural	mg/l	0	50
Ésteres	mg/l	30	2000
Aldehídos	mg/l	20	600
Alcoholes superiores 150	mg/l	150	1200
1200			

Fuente: Norma Boliviana 322002

2.16 PRINCIPALES COMPONENTES DEL SINGANI Y EFECTO EN SUS ATRIBUTOS SENSORIALES

Los componentes del singani se desarrollan a continuación:

2.16.1 ALCOHOLES

Químicamente son compuestos ternarios formados por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Algunos son muy perfumados y todos tienen poder narcótico y/o euforizante sobre el organismo humano (Montoya, 2015).

Entre los presentes en un destilado (Napa,2012) los más importantes son:

- alcohol etílico: constituyente fundamental, que hasta hace poco se utilizaba como parámetro para determinar la calidad del destilado. Es un líquido incoloro, de olor .agradable y de sabor ardiente. Se mezcla con el agua en cualquier proporción y es un buen solvente para muchas sustancias colorantes y aromatizantes.

- alcohol metílico: es quizás el componente más temido por los destiladores. Este alcohol aumenta cuando las condiciones de conservación de los orujos no son las adecuadas o cuando el periodo de conservación es muy prolongado.
- alcoholes superiores: son los que tienen más de dos átomos de carbono. Tienen sobre el organismo un efecto narcótico muy superior al del alcohol etílico. En el destilado en proporciones muy bajas su efecto fisiológicamente es modesto. Se forman algunos durante la fermentación alcohólica y otros como el 2- butanol se forman durante la conservación o ensilado, por lo que es un elemento que distingue los aguardientes de los vinos.

2.16.2 ÁCIDOS ORGÁNICOS

Son compuestos carbono, oxígeno e hidrógeno; pero unidos de tal forma que en solución acuosa, liberan iones de hidrógeno, que se perciben por las papilas situadas en los bordes de la lengua, como una sensación ácida. Su presencia en cantidades modestas favorece, tanto el gusto como el perfume de los aguardientes. El de mayor presencia es el ácido acético, aunque también están presentes el fórmico, butírico, láctico, propiónico, isovaleriánico, caprónico y pelargónico (Napa, 2012).

2.16.3 ÉSTERES

Son el resultado de la combinación de alcoholes y ácidos orgánicos, muy abundantes en los destilados y favorecen extraordinarias sensaciones olfativas, tanto positivas como negativas. El mayoritario es el acetato de etilo, que no favorece sensaciones exaltantes, pero que es útil porque inhibe la percepción de los aldehídos insaturados y exalta la percepción de algunos olores afrutados (Larrea, 1950).

2.16.4 ALDEHÍDOS

Tienen los mismos elementos que alcoholes y ácidos grasos, pero de estructura inestable, sensorialmente se perciben a muy bajas concentraciones. Se dividen en saturados e insaturados. Los primeros dan lugar a sensaciones herbáceas y los segundos dan sensaciones florales y también son responsables de sensaciones a rancio o sudor. El más presente en el aguardiente es el · acetaldehído, seguido del butírico, acetal y furfural. El furfural se forma con el recalentamiento de los orujos, y a nivel sensorialmente produce olor a quemado (Larrea, 1950).

2.16.5 TERPENOS

Son caprichosas combinaciones de átomos de carbono e hidrógeno unidos en largas cadenas de las más variadas formas, Sensorialmente son responsables de una poderosa serie de perfumes, y son distintivos de destilados obtenidos de variedades de vid con frutos aromáticos (Larrea, 1950).

2.17 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL SINGANI

En la evaluación sensorial sometemos nuestros cinco sentidos para determinar las características organolépticas y emitir un juicio sobre la calidad mediante la apreciación de los aromas que hacen tan particular esta bebida (Peynoud, 2008).

Para ello se necesita cuidado, paciencia y reposo virtudes básicas que requieren para dar nacimiento al singani (Peynoud, 2008).

Para obtener resultados satisfactorios se realiza una breve explicación de la técnica de degustación del singani, que es la interpretación, de un conjunto de sensaciones percibidas simultáneamente por diversos tipos de estímulos sensoriales: visuales, olfativos, gustativos (Tolaba, 2016).

2.17.1 TÉCNICA DE DEGUSTACIÓN

Se observa el aspecto del singani contenido en la copa (un tercio de su capacidad aproximadamente de singani puro), o se puede hacer una dilución de 50% de su volumen para apreciar mejor la calidad. Donde se observa luego de una agitación su limpidez (Peynoud, 2008).

Luego se prosigue la degustación por la olfacción, esta debe ser atenta y prolongada; antes de realizarlo se debe hacer una agitación con el fin de aumentar la superficie de contacto con el aire y en consecuencia la evaporación de sus aromas (Peynoud, 2008).

A continuación se lleva una pequeña cantidad a la boca (menos de 10 ml) prologando más o menos unos 10 segundos el contacto con la lengua y la cavidad bucal; finalmente se escupe el singani (expulsar lo más completamente posible) (Peynoud, 2008).

Luego de expulsar el singani se debe aspirar fuertemente por la nariz, con insuflaciones repetidas, para percibir más intensamente el sabor del singani. Durante la cata se debe estar atento a las diversas sensaciones, a su evolución, a su apreciación, describiendo las impresiones recibidas, interpretándolas y formulando un juicio (Peynoud, 2008).

2.18 DESTILACIÓN

La destilación es una técnica que nos permite separar mezclas, comúnmente líquidas, de sustancias que tienen distintos puntos de ebullición. Cuanto mayor sea la diferencia entre los puntos de ebullición de las sustancias de la mezcla, más eficaz será la separación de sus componentes; es decir, los componentes se obtendrán con un mayor grado de pureza (Unizar, 2018).

El proceso de la destilación es muy complejo desde la obtención de alcoholes a 96-98 G.L. estos alcoholes se obtiene a partir de cereales, tubérculos y la gran mayoría a partir de la remolacha y caña de azúcar, la

industria vitivinícola también produce alcoholes potables a partir de vino base, orujos y borras; denominados alcohol vínico (CEVITA, 2014).

Para la obtención de estos alcoholes de alta graduación e requieren equipos destiladores especiales, conocidos como torre de destilación las cuales terminan con un deflamador o rectificadores especiales (Tolaba, 2016).

2.19 TIPOS DE DESTILADORES

A nuestro medio los primeros destiladores que llegan son de origen francés, aunque en época colonial los primeros colonizadores españoles ayudados por artesanos nativos fabrican a su modo quipos rudimentarios conocido en nuestro medio como la Ckonchana (construido con arcilla) se cree que fue en estos equipos se empezó a obtener los primeros destilados en la zona de turuchipa (siwingani) nombre del cual sería proveniente el mayor destilado que se realiza en nuestro país (Tolaba, 2016).

Los equipos destiladores van desde los más simples antiguos hasta los más modernos continuos de grandes rendimientos. Los cuales se pueden mencionar: destilación en falcas, alambique, columna continúa (Tolaba, 2016).

2.19.1 DESTILACIÓN EN FALCAS

Esta destilación es más tradicional y antigua y usualmente se utiliza para la producción de singani de gran complejidad y sutileza. Este tipo de destilación se realiza una primera destilación obteniéndose una flema o Brouillis de la primera destilación y se destila muy lentamente (Tolaba, 2016).

Las cabezas representan cerca del 1 al 2 % y es primer destilado que gotea en la probeta de recepción con 80- 85 GL. Luego es el corazón el que sigue a las cabezas por su punto de ebullición es cerca de los 78°C se destila hasta los 20 GL. Finalmente las últimas gotas del destilado corresponden a

las colas hasta los 2 GL. Se descarga la vinaza. Se realiza una segunda reinstalación para separar lo que es cabezas y colas (Tolaba, 2016).

2.19.2 DESTILACIÓN DIRECTA EN ALAMBIQUE

Esta operación se realiza en alambiques modernos que se fue modificando por las empresas singaneras, este proceso consiste en:

Se carga el vino al calentavino y luego se baja al caldero (donde hervirá el vino) luego se vuelve cargar el calentavino y se cierra la tapa; se comienza con el proceso de destilación, aplicando energía calorífica al caldero, el calor se aplica por medio de gas y vapor de agua. Cuando empieza a hervir el vino en el caldero se debe controlar con termómetros adosados al caldero para proceder el hervor en forma lenta y continua; el primer chorro del destilado que comienza a salir es la cabeza el cual se debe separar perfectamente, el cual debe ser determinado por el gusto que detectan los buenos destiladores, en las industrias suelen tener ya estandarizados los litros de cabeza que salen en cada cargada (Larrea, 1950).

Luego de separar las cabezas se comienza con el corazón el cual se debe controlar el calor para que los chorros sea lo más continuo posible; se debe recoger el corazón hasta los 50- 55GL reservando los aromas de la uva para obtener un singani de alta calidad, finalmente se obtiene las colas hasta los 2 °GL (Larrea, 1950).

2.19.3 DESTILACIÓN DE COLUMNA CONTINUA

La columna es de metal y tiene corte transversal circular. Este tipo de destiladores se utiliza para la obtención de alcoholes de altas graduaciones.

Contiene etapas (platos o empaques) donde se efectúa el contacto entre el líquido y el vapor. Su proceso se da cuando el líquido drena por gravedad y llega al rehervido donde se produce un vapor y líquido (Fondo) en equilibrio.

El vapor se recircula y asciende llegando a un condensador del cual se retira un líquido (Destilado) y parte vuelve al tope de la columna como un reciclo o Reflujo (Correa, 2008).

2.20 DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA A UTILIZAR

Para la elaboración del singani los pasos fundamentales son:

- Molienda
- Fermentación alcohólica
- Destilación

2.20.1 MOLIENDA

La vendimia tiene lugar por lo general a mediados del mes de Febrero, Marzo y mediados del mes de Abril, para determinar el inicio de esta actividad se debe considerar los siguientes aspectos:

Antes de realizar la operación de la molienda se realiza la recepción de la materia prima realizando análisis de maduración como la densidad, grado brix, grado Baume, acidez total se observa el estado sanitario para obtener un buen rendimiento de producción (FAUTAPO, 2009).

Posteriormente se realiza la molienda y se envía el mosto a tanques de fermentación (FAUTAPO, 2009).

La molienda es la forma en que se realiza la liberación del mosto de la uva tiene influencia sobre las características del vino futuro (FAUTAPO, 2009).

Según (FAUTAPO, 2009) La rotura del grano de uva, ya sea por prensado como por molido persigue los siguientes objetivos:

1. Poner en libertad la mayor cantidad posible de mosto, sin romper las semillas ni desmenuzar el escobajo.
2. Facilitar la separación del mosto de las partes solidas (escurrido), para la vinificación y favorecer una buena maceración de los fragmentos de los hollejos en el mosto, con la siguiente disolución y difusión de las sustancias extractivas.
3. Sembrar las levaduras, que están sobre el grano en el mosto, e incorporar cierta cantidad de aire a la masa de uva molida, cuyo oxígeno cumple una doble función: multiplicación de las levaduras y, la otra indeseable, la activación de las enzimas oxidantes.

En la vinificación, de la uva Moscatel de Alejandría, utilizada en la elaboración del Singani, siempre se debe eliminar el raspón o escobajo, porque le confiere al mosto gustos desagradables (amargo, herbáceo), lo hace áspero y produce una dilución en el vino 7% aprox (FAUTAPO, 2009).

2.20.2 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación alcohólica, parte esencial y fundamental en todo proceso de vinificación, es de manera sencilla; puesto que es un proceso biológico por el cual las levaduras desdoblan los azúcares del mosto en alcohol, dióxido de carbono y compuestos secundarios por la acción de enzimas. Este proceso es importante y de gran trascendencia en las posteriores características aromáticas y gustativas del vino base para el Singani (Rosa, 1998).

La fermentación se realiza controlando la temperatura y utilizando levaduras y enzimas autóctonas mediante un aislamiento de las cepas nativas y preparación de un pie de cuba en caso de que se haya paralizado la fermentación (Rosa, 1998).

En estudios simples de fisiología de levaduras, descubre que levaduras apiculadas producían escasa cantidad de alcohol y notable proporción de volátiles secundarios, dejando sin transformar muchas moléculas de azúcar y que la levadura elíptica contrariamente rendía más alcohol y menos productos secundarios (Castillo, 2003).

Con tales observaciones propuso poner a fermentar un mismo mosto estéril con una mezcla de elíptica y apiculada. Comprueba en los fermentos resultantes la acción negativa de la fermentación de la levadura apiculada sobre la elíptica, proponiendo en consecuencia realizar el proceso fermentativo sólo con elípticas (FAUTAPO, 2009).

A partir de entonces se vislumbra el concepto de la fermentación pura. Esta técnica unida al uso racional del anhídrido sulfuroso, ya que se venía aplicando empíricamente, perfilan nuevas modalidades fermentativas determinadas por factores biológicos (FAUTAPO, 2009).

2.20.2.1 CONTROL DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

En una fermentación espontánea del mosto perfilan dos etapas biológicas diferenciales:

a) Fermentativa.- Se desarrollan en diferentes fases:

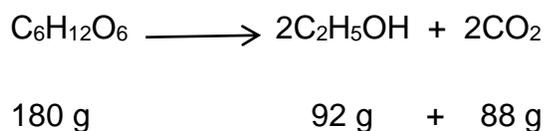
1º fase: levaduras apiculadas productoras de bajo grado alcohólico e importantes concentraciones de ácidos volátiles (fundamentalmente acético) (FAUTAPO, 2009).

2º fase: están presentes especies fermentativas y productoras de grado alcohólico medio (FAUTAPO, 2009).

3º fase: predominan las distintas especies del genero *Saccharomyces* típicamente alcoholígenas que terminan el proceso fermentativo con total agotamiento de los azúcares (FAUTAPO, 2009).

b) Aeróbica.- Aparecen vellos blastomicetos sobre la superficie constituidos por levaduras de generos *Sacharomyces*, *Hansenula*, *Zygocharomyces*, *candida*, *Rhodotorula* y *Pichia* (FAUTAPO, 2009).

Este fenómeno químico esencial de la fermentación, es la transformación de azúcar en alcohol y anhídrido carbónico. Estableció la ecuación:



Mediante la ecuación, se muestra la validez para el 90 % del azúcar transformado, el resto del azúcar se metaboliza dando origen a otras sustancias según la composición porcentual del cuadro 2.8

Cuadro 2.8
Composición porcentual del balance química de la fermentación alcohólica

Componente	Porcentaje (%)
Alcohol	48,6
CO ₂	46,8
Glicerina	3,2
Ácido Succínico	0,2
Levadura seca	1,2
Total	100 %

Fuente: (Castillo, 2003)

Actualmente se conocen una serie de productos secundarios, que intervienen en la fermentación y modifican los porcentajes dados por Pasteur tales como: ácido láctico, butilenglicol, acetaldehído, ácido pirúvico, alcoholes superiores y un gran número de sustancias diversas presentes en cantidades mínimas, por cada 170 g de azúcar de acuerdo al cuadro 2.9.

Cuadro 2.9
Productos primarios y secundarios de la fermentación alcohólica

Componente	g/l	Componente	g/l
Alcohol	80	Alcoholes superiores	0,3
CO ₂	76	Ácido Citramalico	0,08
Glicerina	6	Acetaldehído	0,08
Ácido Succínico	0,8	Acido Pirúvico	0,06
Butilenglicol	0,4	Ácido A- Cetoglutarico	0,04
Ácido Acético	0,3	Acetato de etilo	0,04
Ácido Láctico	0,3	Acetoina	0,01

Fuente: (Castillo, 2003)

De una manera general las células encuentran la energía necesaria para vivir bajo dos formas de degradación de materia orgánica; la respiración, que necesita oxígeno del aire y la fermentación que interviene en ausencia de oxígeno (Castillo, 2003).

La respiración y la fermentación son dos formas de catabolismo en los que se libera energía, las ecuaciones globales son:



La respiración produce una degradación muy acusada y libera mucha energía (FAUTAPO, 2009).

El desarrollo de la levadura y la naturaleza de las transformaciones metabólicas dependen en parte de la respiración y en parte de la fermentación (FAUTAPO, 2009).

En la fermentación de bebidas fermentadas la respiración interviene poco, excepto al principio del fenómeno, pero su intervención es muy importante, pues condiciona la multiplicación de las levaduras. Por lo contrario en las fermentaciones se genera menos energía, porque las degradaciones son incompletas. Por eso las levaduras tienen que metabolizar mayor

concentración de azúcar por la vía glucolítica hacia etanol, para asegurar sus necesidades energéticas (FAUTAPO, 2009).

La fracción esencial del color y aroma de los fermentos se forman durante la fermentación alcohólica, conducidas por especies de levaduras que metabolizan los azúcares siguiendo la ruta glucolítica, la cual comprende una serie de reacciones bioquímicas que permiten a las células transformar la glucosa en ácido pirúvico, gracias a su contenido enzimático elaborado en el citoplasma; posteriormente este ácido se descarboxila a acetaldehído que finalmente es reducido a alcohol, gracias a la enzima alcohol deshidrogenasa en presencia de NADH (FAUTAPO, 2009).

2.20.2.2 BIOQUÍMICA DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación anaerobia es la ruta más primitiva para la obtención de energía a partir de combustibles como la glucosa es característica de muchas especies de levaduras (Hidalgo, 2011).

La ecuación química global es:



La fermentación alcohólica es catalizada por la acción consecutiva de diversas enzimas y también intervienen en este proceso de transformación las coenzimas NAD, ATP y TPP (Hidalgo, 2011).

En la elaboración del vino, colateralmente a la fermentación alcohólica de los azúcares, se producen otros procesos biológicos tales como:

- **La fermentación de los aminoácidos.-** Se produce siempre y se desarrolla paralelamente a la fermentación alcohólica que contribuye por las transformaciones que efectúa y las sustancias que forman a mejorar las características organolépticas del vino (Hidalgo, 2011).

2.20.3 DESTILACIÓN

Dada la composición química del vino base y las prácticas habituales de conservación, la destilación se inicia rápidamente de unos 20 a 30 días después del descube para evitar problemas (Correa, 2008).

Las falcas son consideradas como la forma más antigua de equipo de destilación. Éste es el diseño más simple que consiste en una caldera en la que se inyecta el vino base, un serpentín de vapor y un condensador o plato intercambiador de calor. Los alambiques normales están hechos de cobre los cuales fijan compuestos volátiles que contienen azufre, producidos durante la fermentación; además de funcionar como catalizador favorable para las reacciones del vino (FAUTAPO, 2009).

La destilación en lote usando alambiques se realiza a bases de cortes. En una primera etapa se destilan las sustancias de bajo punto de ebullición tales como: Acetaldehídos, acetato de etilo, metanol, 1- propanol y 2- propanol generalmente dura de 10 a 20 min, a esa etapa se denomina cabeza cuya graduación es 60 °GL aproximadamente (FAUTAPO, 2009).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUCCIÓN

La parte experimental del trabajo de investigación aplicada: “**Elaboración de singani a partir de uva moscatel de Alejandría**”, se realizó en el Centro de Investigación CEVITA; contando con todo el equipamiento necesario para el proceso experimental.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

Para el desarrollo de la parte experimental del trabajo de investigación, se utilizaron los diferentes equipos que se detallan a continuación:

3.2.1 BALANZA INDUSTRIAL DE PLATAFORMA

La balanza de plataforma se utilizó para el pesaje de la materia prima para obtener el rendimiento o caso contrario realizar algún control de peso de los materiales a utilizar. En la figura 3.1 se puede observar la balanza utilizada para el control del peso.

Figura 3.1
Balanza industrial de plataforma



Fuente: CEVITA, 2017

3.2.1.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA BALANZA INDUSTRIAL

En el cuadro 3.1 se muestra las especificaciones técnicas de la balanza industrial de plataforma.

Cuadro 3.1
Especificación técnica de la balanza industrial de plataforma

Características técnicas	
Marca	Cablematic
Modelo	PN23111618200129892
Peso max	200 kg
Dimensiones del paquete	70 x 33 x 20 cm
Número de modelo del producto	PN23111618200129892
Número de producto	PN2311161820012989

Fuente: CEVITA, 2017

3.2.2 ESTRUJADORA-DESPALILLADORA

La molidora de rodillo o también llamada estrujadora – despalladora se utilizó para la molienda de la uva moscatel de Alejandría con la finalidad de liberar el mosto y a la vez quitar el raspón de la baya. En la figura 3.2 se observa el tipo de estrujadora que se utilizó en el proceso.

Figura 3.2
Estrujadora-Despalladora



Fuente: CEVITA, 2017

3.2.2.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA DESPALILLADORA

En el cuadro 3.2 se observa las especificaciones técnicas de la estrujadora-despalilladora.

Cuadro 3.2
Especificación técnica la estrujadora-despalilladora

Características técnicas	
Estrujadora despalilladora	acero inoxidable
Motor	2 hp monofásica
Bomba	Semi-centrífuga con salida de 50 cm
Alzas	50 cm
MOD	ESP
Producción	1500 kg/h

Fuente: CEVITA, 2017

3.2.3 BOMBA PISTÓN

La bomba pistón se utilizó para el trasiego del mosto y el cargado del vino base al destilador ya que ésta cuenta con una presión alta que hace fuerza para el traspaso del fluido de un lugar a otro. En la figura 3.3 se observa la bomba pistón que se utilizó durante el proceso.

Figura 3.3
Bomba pistón



Fuente: CEVITA, 2017

3.2.3.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA BOMBA PISTÓN

En el cuadro 3.3 se muestra las especificaciones técnicas de la bomba pistón.

Cuadro 3.3
Especificaciones técnicas de la bomba pistón

Características específicas	
Marca	vilpin
Mav	1
Nº	4057
M ³ /H	10
Rpm	1500
Pres	25

Fuente: CEVITA, 2017

3.2.4 VASIJAS DE MICROFERMENTACIÓN

Las vasijas de microvinificación se utilizaron para la fermentación, descubado y trasiego del mosto tomando en cuenta que cada tacho se encuentre en condiciones de calidad para su posterior uso, de esa manera evitar la contaminación del producto. En la figura 3.4 se observa el tipo de vasija que se usó en el proceso de la fermentación.

Figura 3.4
Vasijas de microfermentación



Fuente: CEVITA, 2017

3.2.4.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LAS VASIJAS DE MICROFERMENTACIÓN

En el cuadro 3.4 se observa la especificación técnica de las vasijas de microfermentación.

Cuadro 3.4
Especificación técnica de vasija de microfermentación

Características específicas	
Nombre	Vasijas de microfermentación
Marca	Moj Boliviana de ingeniería SRL
Nº	003
Orden de compra	ANPE- 009
Capacidad	230 L

Fuente: CEVITA, 2017

3.2.5 PRENSA NEUMÁTICA

La prensa neumática se utilizó para el exprimido completo del orujo. En figura 3.5 se muestra la prensa utilizada en el proceso.

Figura 3.5
Prensa neumática



Fuente: CEVITA, 2017

3.2.5.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA PRENSA NEUMÁTICA

En el cuadro 3.5 se observa las especificaciones técnicas de la prensa neumática.

Cuadro 3.5
Especificaciones técnicas de la prensa neumática

Modelo	Volumen tambor	Capacidad uva entera	Potencia
PSP.05	500 mm.	150 a 400 kg.	3,5 / 1,6 Kw.
PSP.08	800 mm.	400 a 650 kg.	3,9 / 2 Kw.
PSP.10	1000 mm.	500 a 800 kg.	3,9 / 2 Kw.
PSP.12	1200 mm.	600 a 950 kg.	3,9 / 2 Kw.
PSP.16	1600 mm.	800 a 1200 kg.	4,6 / 2,3 Kw.
PSP.21	2100 mm.	1100 a 1700 kg.	6,3 / 4 Kw.
PSP.29	2900 mm.	1500 a 2300 kg.	9,6 / 5 Kw.
PSP.42	4200 mm.	2100 a 3200 kg.	11 / 6,5 Kw.
PSP.55	5500 mm.	2600 a 4000 kg.	13,3 / 7,8 Kw.

Fuente: CEVITA, 2017

3.2.6 LLENADORA DE BOTELLAS

Este tipo de llenadora se utilizó para el envasado del producto final. Como se muestra en la figura 3.6 el tipo de llenadora que se usó durante el llenado de las botellas.

Figura 3.6
Llenadora de botellas



Fuente: CEVITA, 2017

3.2.6.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA LLENADORA DE BOTELLAS

En el cuadro 3.6 se muestra la especificación técnica de la llenadora de botella.

Cuadro 3.6
Llenadora de botella

Características específicas	
Mod	206
VOLT	230
FASI	Monofase
HZ	50
W	400
Año de fabricación	2010
Matricula	6910

Fuente: CEVITA, 2017

3.2.7 FILTRO A PLACA

El filtro a placa es un equipo que se utiliza para el clarificado de producto para que el producto tenga una apariencia limpia sin ningún tipo de contaminación y pueda realizarse el envasado de manera correcta. En la figura 3.7 se muestra el tipo de filtro que se usó para el proceso.

Figura 3.7
Filtro a placa



Fuente: CEVITA, 2017

3.2.7.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL FILTRO A PLACA

En el cuadro 3.7 se muestra las especificaciones técnicas del filtro a placa.

Cuadro 3.7
Especificaciones técnicas del filtro a placa

Modelo	Superficie de filtración	Dimensiones de cartones cm	Producción de vino lt/h
TF SR 40/10	1,6	40x40	1200
TF SR 40/20	3,2	40x40	2000
TF SR 40/30	4,8	40x40	3000
TF SR 40/40	6,4	40x40	4000
TF SR 40/50	8	40x40	5000

Fuente: CEVITA, 2017

3.2.8 ALAMBIQUE

El alambique es el dispositivo industrial utilizado para extraer y condensar los vapores alcohólicos del vino base para obtener el singani. Cuenta con una capacidad de 200 L. En la figura 3.8 se muestra el destilador utilizado en el proceso de destilado.

Figura 3.8
Alambique para la obtención del destilado de singani de uva



Fuente: CEVITA, 2017

3.2.8.1 PARTES ESPECÍFICAS DEL ALAMBIQUE

El alambique para la obtención de singani de uva, cuenta con una capacidad 200 L, consta de las siguientes partes:

- Calienta vinos, tanque donde se almacena el vino.
- Caldero, tanque donde se almacena el vino para su destilación con termómetro incorporado para el control de la ebullición del vino.
- Condensador o refrigerante por donde circula agua fría para la condensación del singani.
- Quemador y garrafa para GLP, que el mismo sirve para el cocimiento del vino.

3.2.9 MATERIALES DE LABORATORIO

Los materiales de laboratorio utilizados para la elaboración de singani a partir de la uva moscatel de Alejandría se muestran en el cuadro 3.8

Cuadro 3.8
Materiales de laboratorio

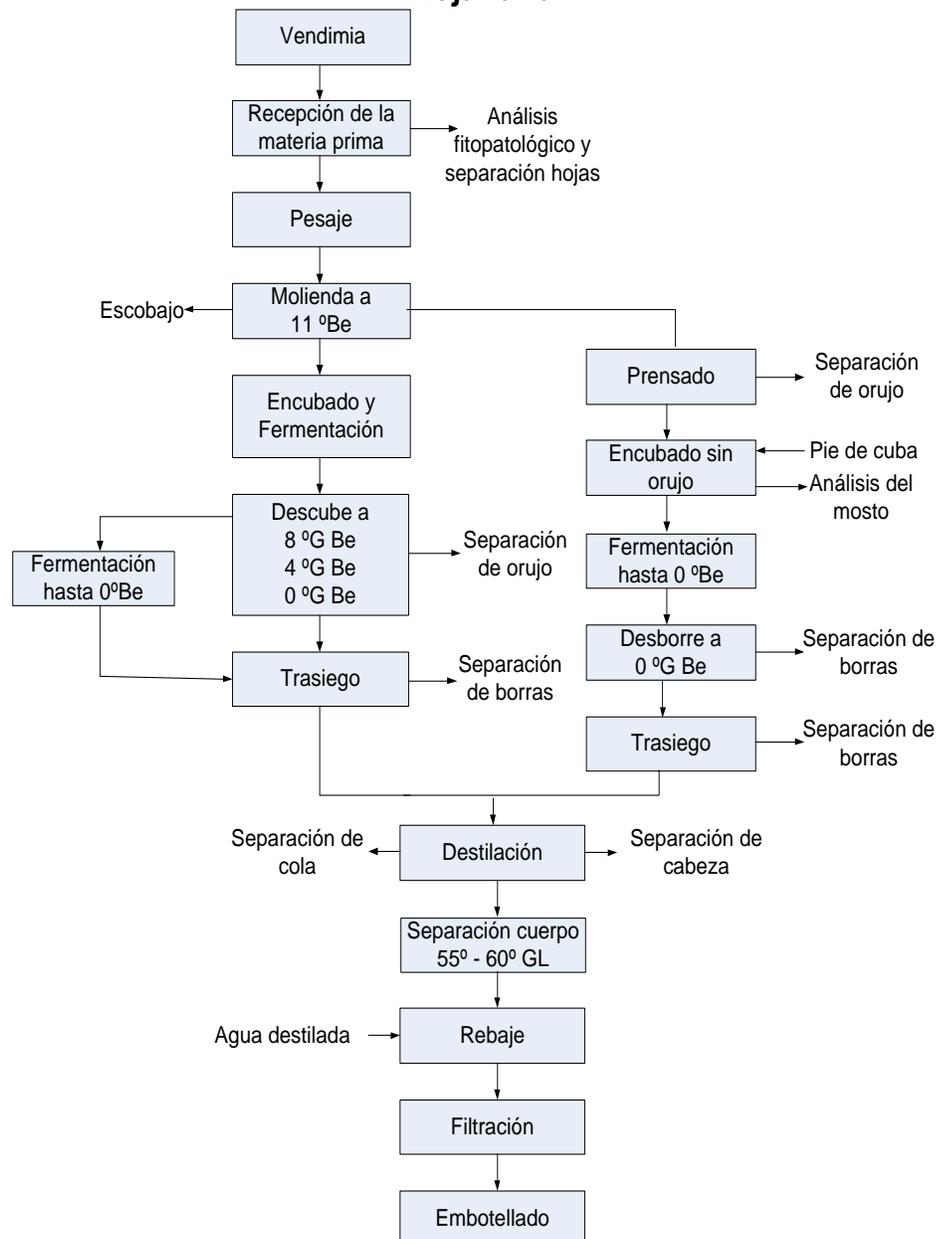
Materiales	Capacidad	Tipo de material
Toma muestra	Grande	Acero inoxidable
Bazuqueador	Pequeño	Madera
Probetas	50 ml, 100 ml	Plástico
Erlenmeyer	250 ml	Vidrio
Termómetro	0-100° C	Vidrio (bulbo mercurio)
Mostimetro	0- 20 ° Be	Vidrio
Alcoholímetro	0-100 ° GL	Vidrio
Baldes	10 L,20 L	Plástico
Recipiente	80 L	Plástico
Fuente	Grande	Plástico
Bidones	20 L	Plástico
Envases	750 ml	Vidrio
Malla	Mediana	Plástico

Fuente: CEVITA, 2017

3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE SINGANI A PARTIR DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

En la figura 3.1 se muestra de forma detallada el proceso experimental de elaboración de singani a partir de la uva moscatel de Alejandría.

Figura 3.9
Proceso de elaboración de singani a partir de la uva moscatel de Alejandría



Fuente: Elaboración propia

3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE SINGANI A PARTIR DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

La descripción del diagrama de flujo se realiza de cada una de las etapas del proceso de elaboración de singani a partir de uva moscatel de Alejandría.

3.4.1 VENDIMIA

Esta operación consiste en la recolección de la uva. Para realizar este proceso primero se realizó un seguimiento de maduración hasta llegar al grado óptimo de madurez. La cosecha se realizó de manera manual con la ayuda de tijeras se hizo el desprendimiento del racimo los cuales fueron colocados en cajas de madera.

3.4.2 RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y PESADO

Una vez que la uva llega a la bodega, se realiza una inspección visual de la uva para determinar el estado fitosanitario de la misma. Luego se procede al pesado de las cajas para determinar y cuantificar la cantidad de materia prima recibida. Posteriormente se realiza la determinación del azúcar materia prima a ser procesada, para ello se tomó una muestra al azar del grano de uva (aproximadamente 10 Kg) se procedió estrujarla colocando el líquido en una probeta de 250 ml a la cual se introduce el mostimetro y se lectura en °Baume, el líquido a ser lecturado debe estar a 20°C.

3.5.3 MOLIENDA Y ENCUBADO

Después del pesado de la materia prima se realiza la molienda para ello se utilizó una moladora a rodillo sin fin la cual provocó la ruptura del grano y la salida del mosto. Una vez realizada la liberación del mosto se realiza la separación en diferentes tachos las cuales se codificaron como T-2, T-3, T-4 que se encubaron con el orujo de la uva. Mientras que el T-1 después de su molienda se procedió al prensado utilizando una prensa neumática para obtener un mosto puro sin orujos para luego ser encubado.

Durante la molienda se realiza la separación del escobajo, ya que la misma máquina hace este proceso retirando los escobajos por otro orificio.

3.5.4 ENCUBADO CON ORUJO

La pasta procedente del estrujado, constituida por mosto, pulpa, hollejo y pepitas se deposita inmediatamente en el tacho de 230 L en el que va a realizar la fermentación. Se remueve para homogeneizar la pasta. Posteriormente con él toma muestras se procedió a retirar 100 ml de mosto en una probeta la cual se lleva a laboratorio para hacer su respectivo análisis. En el proceso de encubado con orujo se realizarán tres tipos de experimento que tendrán diferentes tiempos de fermentación.

3.5.5 ECUBADO SIN ORUJO

Las uvas previamente estrujadas se procederán a una prensa para la separación de los sólidos solubles como la pulpa, el hollejo y las pepas para obtener sólo la fase líquida que es el mosto, inmediatamente se colocará en un tacho para su posterior fermentación.

En este proceso se agrega unos 5 L de pie de cuba para que ayude a iniciar la fermentación, debido a que este mosto no cuenta con las levaduras que se encontraban en los hollejos.

3.5.6 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

En el proceso de fermentación es la causa donde las levaduras desdoblan los azúcares del mosto en alcohol y dióxido de carbono. Para el control del proceso se realizó un seguimiento tomando datos como el tiempo, la toma del grado Baume y la temperatura para determinar la calidad del vino base.

En este proceso se realizó una fermentación con orujo y otra sin orujo la cual se detalla a continuación:

- Fermentación sin orujo.- Para la fermentación sin orujo se realiza la separación de los orujos a los 11 °Baume, es decir se lo descuba antes de iniciar su fermentación, una vez retirado se fermenta sólo el mosto sin presencia de orujos su fermentación se da con la ayuda de un pie de cuba.
- Fermentación con orujo.- Para la fermentación con orujo se realiza tres tipo de experimentos las cuales son:
 - Fermentación con orujo hasta los 8 °Be
 - Fermentación con orujo hasta los 4 °Be
 - Fermentación con orujo hasta los 0 °Be

Una vez llegada a la cantidades de azúcar de (8 y 4)°Be se realiza su separación de los orujos pero continua con su fermentación hasta llegar a los 0 °Be. Debido a que toda fermentación debe su completa conversión de azúcar en alcohol.

3.5.7 DESCUBE

El proceso de descube es donde se realiza la separación de los orujos que están presentes en el mosto.

Para este trabajo se realiza cuatro descubes:

- Primer descube.- El primer descube se realiza a los 11°Be, es decir que se retiran los orujos antes de iniciar la fermentación.
- Segundo descube.- El segundo descube se realiza a los 8 °Be, momento en el cual se realiza la separación de los orujos.
- Tercer descube.- El tercer descube se realiza a los 4 °Be, momento en el cual se realiza la separación de los orujos.

- Cuarto descube.- El cuarto descube se realiza a los 0° Be, momento en el cual se realiza la separación de los orujos.

3.5.8 TRASIEGO

Este proceso se lo realiza como en cualquier vinificación dentro de los 10 días una vez determinado que el proceso llegó a rastros de azúcar. Una vez realizado el primer trasiego, el vino base ya prácticamente está listo para ser enviado al proceso de destilación.

3.5.9 DESTILACIÓN

En el proceso de destilación que se realizó la separación de los componentes volátiles del vino base mediante un proceso discontinuo. Para tal efecto la primera destilación se carga el vino base al calentavino con la ayuda de una bomba pistón. Luego mediante laves se baja al caldero donde hervirá el vino base, se cierra todas las llaves del alambique, se procede a realizar el mismo trabajo cargando nuevamente el calentavino la segunda muestra a destilar. Se empieza con el proceso de destilación aplicando energía calorífica al caldero el cual se realiza por medio de gas.

Posteriormente cuando comienza a hervir el vino en el caldero se controla la temperatura por termómetros adosados al caldero, la cual si se encuentra muy elevada se debe bajar la llama del fuego y debe proceder el hervir de forma lenta y continúa. Se recibe el primer goteo del destilado, para ello el alambique cuenta con un cuello de cisne donde se debe introducir el termómetro y el alcoholímetro para lecturar a que grado alcohólico se realiza el primer goteo, pasado un lapso de tiempo se recibe la cabeza que son los alcoholes más fuertes en el destilado, el que más se destaca es el alcohol metílico el cual se debe separa perfectamente debido a que presenta aromas indeseables. Luego de separar la cabeza, se recibe el cuerpo que es el llamado singani, para lo cual se cambia envase en este periodo se debe

controlarse perfectamente la llama del fuego que debe ser lento y el goteo debe ser lo más continuo posible; se recoge el cuerpo los 50 °GL. Finalmente al obtener el cuerpo a los 50 G.L., se cambia de vasija y se comienza a obtener las colas hasta los 10 °G.L. terminando el proceso de destilación se cierra el quemador de gas para descargar las vinazas residuales. El singani obtenido se deja reposar por un día para que este obtenga temperatura ambiente para proceder a la reducción del grado alcohólico.

3.5.10 REDUCCIÓN DEL GRADO ALCOHÓLICO

Al concluir la etapa de reposo, el Singani se encuentra en condiciones para ser preparado y reducir el nivel de alcohol a un grado de expendio de 40 °GL para su consumo.

Para la hidratación del singani, es decir la reducción de su graduación alcohólica, se utiliza agua desmineralizada, libre de sales y minerales. El agua utilizada para este fin, deberá tener una dureza menor a los 10 mg CaCO₃ (carbonato de calcio) por litro de agua, de tal manera para el proceso se utilizó agua blanda proveniente del rincón de la Victoria.

Seguidamente, se debe mezclar dentro del tanque para homogenizar la mezcla y dejar ésta en reposo durante un tiempo razonable antes de ser embotellado.

3.5.11 FILTRACIÓN

La filtración del Singani es la operación que tiene por objetivo separar micro y macro partículas suspendidas en el Singani, para ello se utilizó un filtro a placa que cuenta con un medio permeable que retiene cualquier tipo de partículas, y proporciona una singani limpio.

3.5.12 EMBOTELLADO

El embotellado es la última fase del proceso de elaboración del Singani en esta etapa se procede al envasado de este producto final. Para tal efecto se utilizó envase de vidrio de 750 ml el cual fue llenado con la llenadora de botellas donde se inspeccionó cada una de las botellas para evitar anomalías en el producto final, seguidamente procede al sellado para lo cual se utilizó tapas de plástico con cierre hermético.

3.6 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

La metodología utilizada para obtener los resultados experimentales se tomó en cuenta los siguientes pasos:

3.6.1 ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA

Los análisis fisicoquímico de la materia prima se realizó en función de la maduración de la uva donde se tomaron en cuenta varios parámetros hasta llegar al grado óptimo de la vendimia. En el cuadro 3.9 se muestra los parámetros para determinar las propiedades fisicoquímicas de la uva moscatel de Alejandría. Análisis realizado en el Laboratorio de Enología (CEVITA, 2017).

Cuadro 3.9
Parámetros analizados para el seguimiento de maduración

Parámetro	Unidad
°Brix	°Brix
°Baume	°Be
Acidez total	mg/l
pH	Unidad de pH

Fuente: CEVITA, 2017

3.6.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL

En el cuadro 3.10 se muestran los análisis fisicoquímicos y las normas que se realizan al producto final (elaboración de singani a partir de la uva moscatel de Alejandría).

Cuadro 3.10
Análisis fisicoquímico del producto final

Parámetro	Método de ensayo	Norma	Unidad
Sulfuroso total	Volumetría	NB-324007	mg/l
Acidez total	Volumetría	NB-324003	mg/l
Grado alcohólico	Gravimetría	NB-322003	°GL
Densidad	Gravimetría	NB-324002	g/ml
Cobre	Espectrofotometría		mg/l
Extracto seco	Gravimetría	NB-324005	g/l
Metanol	Espectrofotometría	NB-324010	mg/l
Esteres	Volumetría	NB-324008	mg/l
Aldehídos	Espectrofotometría	NB-324009	mg/l
pH	Potenciómetro	NB-324006	Unidad de pH
Furfural	Espectrofotometría		mg/l
Alcoholes superiores	Espectrofotometría		mg/l

Fuente: CEVITA, 2017

3.7 ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se refiere a la medición científica de los atributos de un producto (Hernández, 2005), para este caso se efectúa la técnica de la degustación donde se ejecuta con un grupo de jueces experimentado, y se evalúa mediante el uso de planillas de degustación, la limpidez, el sabor y el aroma del singani.

3.7.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL

Para la evaluación sensorial del producto final se realizó mediante la planilla de cata; perfilada para la preferencia de los atributos sensoriales (Anexo B).

La evaluación de la cata para los atributos sensoriales se desarrolló mediante la prueba de aceptabilidad según la escala porcentual 1 a 100. Se desarrolló con un grupo de 5 jueces entrenados en el Centro Enológico “CEVITA”.

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras (Pulido, 2008)

3.8.1 DISEÑO FACTORIAL DE BLOQUES COMPLETAMENTE ALEATORIOS

El Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), las unidades experimentales se distribuyen en grupos homogéneos y cada uno de estos grupos es llamado bloque. El número de unidades experimentales dentro de cada bloque, es igual al número de tratamientos incluidos en el experimento y cada bloque constituye una réplica del experimento (Ramirez, 2010).

En un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) se consideran tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, el factor de bloque y el error aleatorio, es decir, se tienen tres posibles “culpables” de la variabilidad presente en los datos (Pulido, 2008).

Los tratamientos son distribuidos en las unidades experimentales dentro de cada bloque aleatoriamente, así, cada bloque irá a constituir una repetición. Este tipo de experimento es seleccionado cuando se tiene dudas acerca de

la homogeneidad del ambiente o cuando, por experiencia, se sabe de su heterogeneidad. Esta distribución permite llevar a cabo un control más preciso de los efectos de estas características de variable a través del agrupamiento en bloques elevando con ello la precisión del experimento (Ramírez, 2010).

Este tipo de diseño es recomendado cuando el número de tratamientos no excede de 20 unidades y cuando es posible agrupar las unidades experimentales en bloques uniformes para lograr variabilidad entre unidades experimentales de valor mínimo; aunque entre los bloques sea grande (Ramírez, 2010).

3.8.2 DISEÑO FACTORIAL DE BLOQUES COMPLETAMENTE ALEATORIOS EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

En el cuadro 3.11, se muestra la notación adoptada para representar los valores de la variable respuesta para un Diseño de Bloques Completamente Aleatorio. Sea (n) el número de niveles del factor A (tratamientos), distribuidos en (r) factor B bloques.

Cuadro 3.11
Diseño factorial de bloques completamente aleatorios en el proceso de fermentación

Bloques (factor B)	tratamientos (factor A)					Total (Y_j)
	t1	t2	t3	t4	r	
T-1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{1r}	Y_1
T-2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	Y_{2r}	Y_2
T-3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}	Y_{3r}	Y_3
T-4	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}	Y_{4r}	Y_4
n = 4	Y_{n1}	Y_{n2}	Y_{n3}	Y_{n4}	Y_{nr}	Y_n
Total (Y_i)	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_r	Y_{nr}

Fuente: (Ramírez, 2010)

Y_i = variable respuesta (°Baume)

3.8.3 DISEÑO FACTORIAL COMPLETAMENTE AL AZAR

El diseño completamente al azar es un diseño aleatorio en el cual los tratamientos se aplican completamente al azar y sin restricción a las unidades experimentales. Es decir; si un tratamiento por ejemplo, se aplica a 4 unidades experimentales, la aleatorización da cada grupo de 4 unidades del material experimental tiene la misma probabilidad de recibir el tratamiento (Ramirez, 2010).

En este tipo de diseño unifactorial, el número de observaciones recolectadas en cada tratamiento pueden ser iguales o diferentes. Cuando el número de observaciones sea diferente se dice que el Diseño está Desequilibrado o Desbalanceado; en caso contrario el Diseño está Equilibrado o Balanceado (Ramirez, 2010).

Este tipo de diseño experimental (DCA), suele expresarse de dos maneras diferentes el análisis estadístico, cuando los tamaños de los tratamientos son iguales (balanceado) y cuando los tamaños de los tratamientos son desiguales (desbalanceado), (Ramirez, 2010).

3.8.4 DISEÑO FACTORIAL COMPLETAMENTE AL AZAR EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN CUANDO TRATAMIENTOS SON DESIGUALES

En el cuadro 3.12, se muestra la notación adoptada para representar los valores cuando los tamaños de los tratamientos son desiguales de la variable respuesta para un Diseño Completamente Aleatorio. Sea (n) el número de niveles del factor A (tratamientos), distribuidos en (r) factor B tiempo.

Cuadro 3.12
Diseño factorial completamente al azar en el proceso de destilación

Tiempo (Factor B)	Tratamientos (Factor A)					Total Y_j
	T1	T2	T3	T4	r	
0	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{1r}	Y_1
30	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	Y_{2r}	Y_2
60	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}	Y_{3r}	Y_3
120	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}	Y_{4r}	Y_4
150	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}	Y_{54}	Y_{5r}	Y_5
180	Y_{61}	Y_{62}	Y_{63}	Y_{64}	Y_{6r}	Y_6
210	Y_{71}	Y_{72}	Y_{73}	Y_{74}	Y_{7r}	Y_7
240	Y_{81}	Y_{82}	Y_{83}	Y_{84}	Y_{8r}	Y_8
270	Y_{91}	Y_{92}	Y_{93}	Y_{94}	Y_{9r}	Y_9
300	Y_{101}	Y_{102}	Y_{103}	Y_{104}	Y_{10r}	Y_{10}
330	Y_{111}	Y_{112}	Y_{113}	Y_{114}	Y_{11r}	Y_{11}
360	Y_{121}	Y_{122}	Y_{123}	Y_{124}	Y_{12r}	Y_{12}
390	Y_{131}	Y_{132}	Y_{133}	Y_{134}	Y_{13r}	Y_{13}
420	Y_{141}	Y_{142}	Y_{143}	Y_{144}	Y_{14r}	Y_{14}
450	Y_{151}		Y_{153}	Y_{154}	Y_{15r}	Y_{15}
480	Y_{161}		Y_{163}	Y_{164}	Y_{16r}	Y_{16}
510			Y_{173}	Y_{174}	Y_{17r}	Y_{17}
540			Y_{183}	Y_{184}	Y_{18r}	Y_{18}
570			Y_{193}	Y_{194}	Y_{19r}	Y_{19}
600			Y_{203}		Y_{20r}	Y_{20}
630			Y_{213}		Y_{21r}	Y_{21}
660			Y_{223}		Y_{22r}	Y_{22}
690			Y_{233}		Y_{23r}	Y_{23}
720			Y_{243}		Y_{24r}	Y_{24}
n = 24	Y_{n1}	Y_{n2}	Y_{n3}	Y_{n4}	Y_{nr}	Y_n
Total (Y_i)	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_r	Y_{nr}

Fuente: (Ramírez, 2010)

Y_i = variable respuesta grado alcohólico

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Las características de la materia prima se detallan mediante el análisis fisicoquímico realizado en la uva variedad moscatel de Alejandría para efectuar el control de grado de maduración.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

En el cuadro 4.1 se muestra la evolución de la madurez de la uva variedad moscatel de Alejandría mediante el análisis fisicoquímico realizado en el Centro Vitivinícola Tarija, en el Laboratorio del Departamento Enológico (CEVITA) ubicado en el Valle de la Concepción. El muestreo de la materia prima, se realizó desde el envero hasta llegar a la vendimia, para lo cual se recogieron datos semanalmente, efectuando el seguimiento del grado de maduración.

Cuadro 4.1
Análisis fisicoquímico de la uva variedad moscatel de Alejandría

Días Maduración	°Brix	Acidez (mg/l)	°Baume	pH	Densidad (g/ml)
7	10,60	16,35	7,00	2,82	1051
14	13,20	11,77	7,85	3,12	1058
21	14,80	9,60	8,40	3,22	1062
28	15,80	8,85	9,30	3,27	1069
35	16,30	7,65	9,50	3,43	1071
42	17,30	6,67	9,80	3,61	1073
49	18,70	5,40	11,00	3,44	1082

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 EVOLUCIÓN DE LOS AZÚCARES DURANTE LA MADURACIÓN

La evolución de los azúcares durante la maduración, se determinó por medio de dos escalas los (°Brix) y (°Baume). Para la recolección de los datos se precedió a lecturar con un refractómetro digital, que indicó la cantidad de azúcar expresados (°Brix), y el mostímetro indica la cantidad de azúcar expresados (°Baume). Los datos obtenidos durante el seguimiento de maduración se muestran en la tabla 4.1. Así mismo en la figura 4.1 se

muestra la evolución de los azúcares expresados ($^{\circ}$ Brix), y en la figura 4.2 se muestra la evolución de los azúcares expresados ($^{\circ}$ Baume).

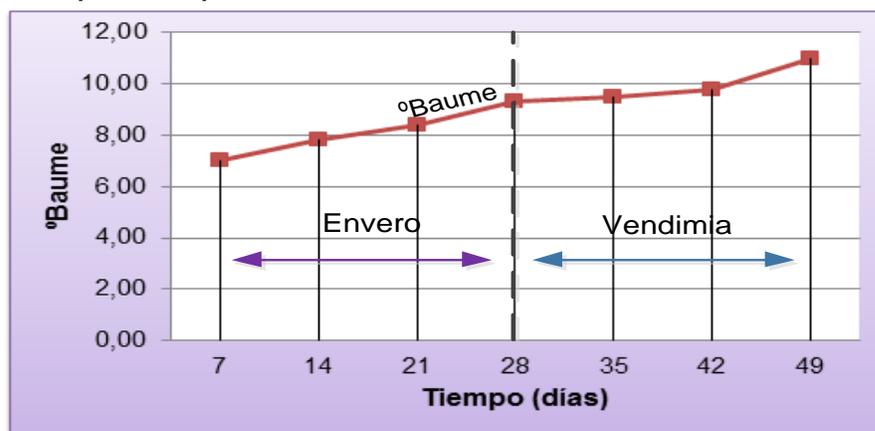
Figura 4.1
Evolución ($^{\circ}$ Brix) en la maduración de la uva moscatel de Alejandría



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1 se muestra la evolución de los azúcares utilizando la escala de ($^{\circ}$ Brix); en función del tiempo de maduración. Observándose que hay un incremento rápido de los azúcares durante el periodo de envero, que se da entre el séptimo día hasta el día 28. A partir de esta fecha comienza la vendimia en sí; donde los azúcares continúan con el incremento hasta llegar a su máximo que es 18 $^{\circ}$ Brix.

Figura 4.2
Evolución ($^{\circ}$ Baume) en la maduración de la uva moscatel de Alejandría



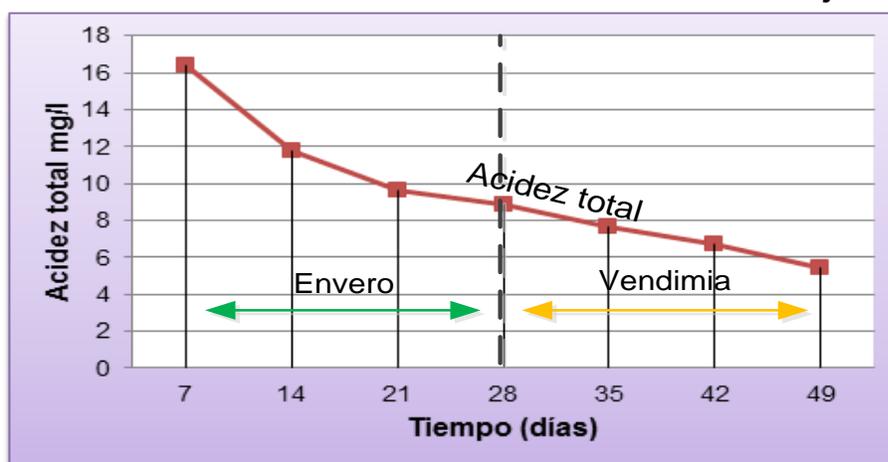
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2 se muestra la evolución de los azúcares utilizando la escala ($^{\circ}$ Baume) en función del tiempo de maduración de la uva moscatel de Alejandría. Este tipo de escala puede determinarse la cantidad de azúcar con una precisión de dos décimas; como se puede observar (figura 4.2) el incremento del azúcar se da manera continua que va desde el envero que se da desde el séptimo hasta el día 28, A partir de esta fecha empieza la época de la vendimia continuando con su incremento de azúcar el cual llega a su máximo de 11 $^{\circ}$ Baume.

4.1.3 EVOLUCIÓN DE LA ACIDEZ TOTAL DURANTE LA MADURACIÓN

Para la determinación de la acidez total, en donde se realizó por volumetría, que fue efectuado en el Laboratorio Enológico (CEVITA). Los datos obtenidos durante todo el seguimiento de la maduración se muestran en la tabla 4.1 tales datos son representados como se muestra en la figura 4.3

Figura 4.3
Evolución del factor acidez total en la uva moscatel Alejandría



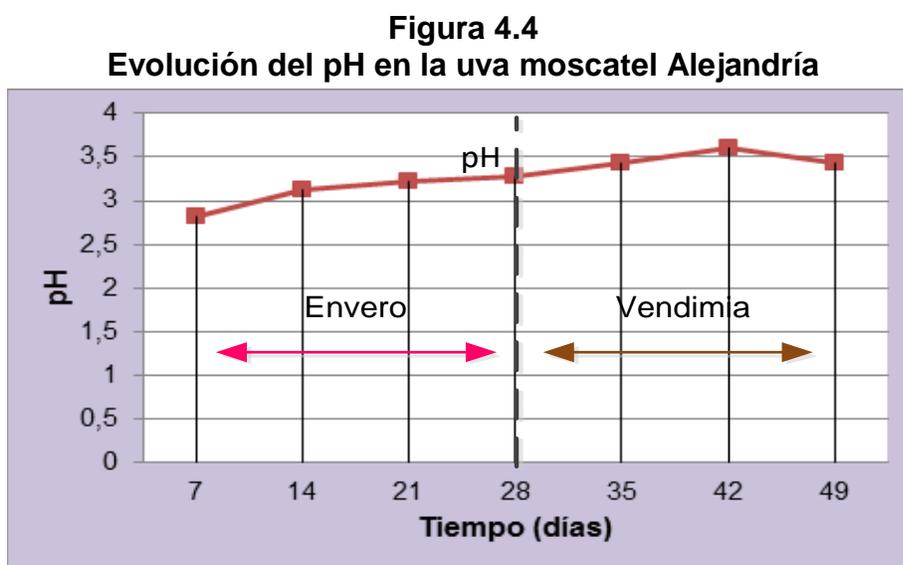
Fuente: Elaboración propia

La evolución del factor acidez total en (mg/l) se da en función con el tiempo de maduración de la uva moscatel de Alejandría. Como se muestra en la figura 4.3, donde se observa que la concentración de la acidez disminuye ligeramente desde el séptimo día hasta el día 28 donde termina el envero a

partir de tal fecha empieza la vendimia terminando en el día 49. Esto pasa porque a medida que los azúcares suben la acidez disminuye.

4.1.4 EVOLUCIÓN DEL pH EN LA MATERIA PRIMA

Para la determinación del pH se realizó en el laboratorio enológico (CEVITA) utilizando el equipo pHmetro, tales datos son lecturados como se muestra en la figura 4.1 De tal manera que se representa de manera objetiva los resultados obtenidos en la figura 4.4.



Fuente: Elaboración propia

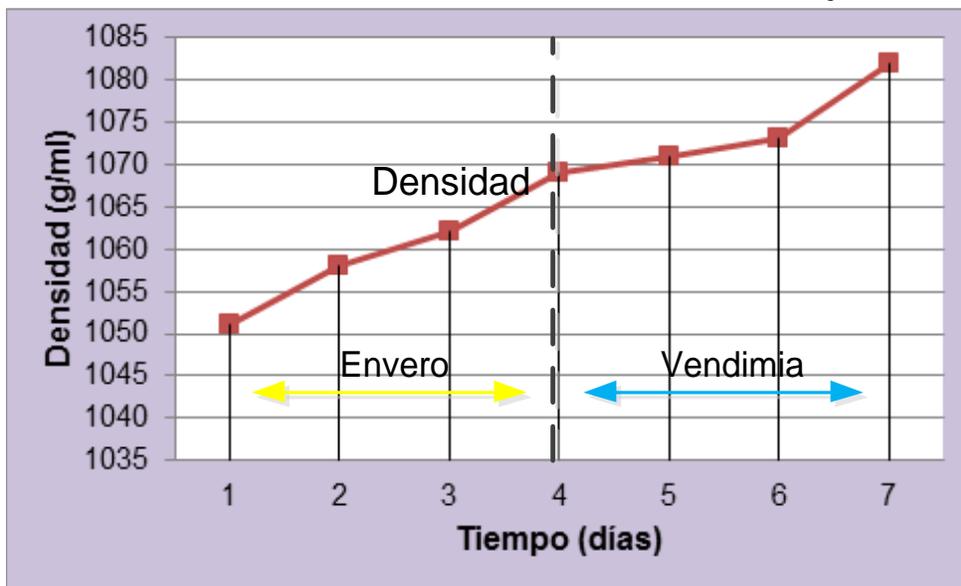
Al analizar la figura 4.4 el pH, que se da en función del tiempo de maduración de la uva moscatel de Alejandría, donde aumenta de forma progresiva, como se puede observar el séptimo día hasta el día 42 aumenta su pH, pasado el día 42 se ve una disminución del pH, al observar la disminución del pH se considera que hay deshidratación en la uva por lo cual se tomó en cuenta para iniciar con la vendimia antes de entrar a una sobremaduración.

4.1.5 EVOLUCIÓN DE LA DENSIDAD

La densidad está directamente relacionada con su riqueza en azúcar; nos puede dar una información aproximada del grado alcohólico. Para la

determinación se utiliza un densímetro, llevando la muestra a 20 °C para su posterior lectura. Los datos obtenidos de la densidad durante la maduración se muestran en la tabla 4.1. Estos datos registrados se los representa de manera objetiva en la figura 4.5.

Figura 4.5
Evolución de la densidad en la uva moscatel de Alejandría



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5 se presentan los valores de las densidades registradas durante la etapa de maduración de la uva variedad moscatel de Alejandría, se observa un aumento del día 7 al día 28, a partir de esa fecha mantiene un rango medio hasta el día 42 el cual nuevamente vuelve a subir de manera violenta hasta el día 49 motivo por el cual se inicia la vendimia.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

Para la caracterización de las variables en el proceso de fermentación se tomó en cuenta la variable independiente el tiempo de fermentación en función de la variable respuesta los (°Baume), la temperatura y el diseño experimental.

4.2.1 CONTROL DE LAS VARIABLES DE TIEMPO, GRADOS BAUME Y TEMPERATURA EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

Para realizar el control de las variables de tiempo, grado baume y temperatura, se elaboraron cuatro recipientes cada uno codificado como tacho 1, tacho 2, tacho 3, tacho 4, con una capacidad de 250 L. Para el control del tiempo de fermentación en el proceso de elaboración de singani a partir de uva moscatel de Alejandría, se hizo variar el tiempo de contacto del orujo con el mosto, para ello se registraron los días de la fermentación. En el caso del control de los grados baume es importante en el proceso de fermentación debido a que controla los azúcares que se desdoblan en el proceso convirtiéndose en alcohol, este tipo de escala permite determinar, con una precisión de dos décimas, la cantidad de azúcar de un mosto, en este proceso se hizo una variación de los grados baume para su posterior proceso de descube, para ello se usó un mostimetro durante su control.

4.2.1.1 PRIMERA FERMENTACIÓN SIN ORUJO

Para la primera fermentación se codificado como tacho 1, se hizo la separación de los orujos a los 11 °Baume, es decir se lo descuba antes de iniciar su fermentación, una vez retirado se fermenta sólo el mosto sin presencia de orujos esto sucede después de la molienda pasa por una prensa se lo encuba y realiza fermentación con la ayuda de un pie de cuba, en este proceso el jugo presenta azucares el cual se tiene que desdoblar para convertirse en alcohol llegando a 0°Be.

En el cuadro 4.2 se muestra los datos obtenidos durante el proceso de fermentación sin orujo para el tacho 1

Cuadro 4.2
Control de las variables para el tacho 1

Tiempo (horas)	°Baume	Temperatura (°C)
0	11,0	19,5
23	6,0	26,0
47	2,6	26,0
77	0,8	26,0
95	0,0	25,0

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6 se representa los resultados obtenidos durante el proceso de fermentación para el control del °Baume, para el tacho 1 que se realizó un descube a 11 °Baume.

Figura 4.6
Control del °Baume para el tacho 1 en el proceso de fermentación

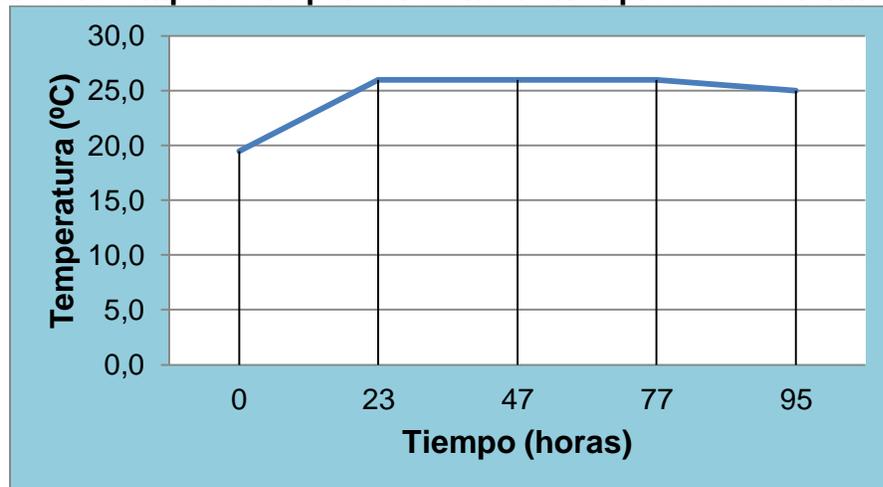


Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6 se observa mediante la curva como se da el proceso de conversión de azúcar en alcohol. El cual en el transcurso entre (0 a 23)h empieza la fermentación donde a los 11 °Baume se realiza el descubado en el cual fermenta sólo el mosto sin presencia de orujos, pasado las 95 horas realizó su completa conversión en alcohol llegando a 0°Baume lo cual en ese lapso de tiempo no presenta rastros de azúcar.

En la figura 4.7 se observa mediante curva el control de la temperatura para la fermentación sin orujo que fue descubado a 11 °Baume.

Figura 4.7
Control de la temperatura para el tacho 1 en el proceso de fermentación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7 se observa que desde horas 0 la temperatura aumenta rápidamente hasta las horas 23, pasado ese tiempo la temperatura se mantiene constante evitando variaciones durante el proceso fermentativo.

4.2.1.2 SEGUNDA FERMENTACIÓN CON ORUJO

Para la segunda fermentación se codificado como tacho 2, se realiza la separación de los orujos a los 8 °Baume, continuando con su fermentación debido a que aún presenta azúcares los cuales tiene que terminar la conversión llegando a 0 °Baume, en este proceso se realiza el descubado a los 8 °Baume para tal efecto los tachos de fermentación cuenta con una llave de paso la cual al abrir se libera el mosto quedando los orujos asentados. El mosto liberado se lo lleva a otro tacho la cual mantiene su mismo código para continuar con su fermentación.

En el cuadro 4.3 se muestran los datos registrados durante el proceso de fermentación, para el tacho 2 que tuvo una fermentación con orujo hasta los 8 °Baume, para proceder a su descube.

Cuadro 4.3
Control de las variables en el proceso de fermentación para el tacho 2

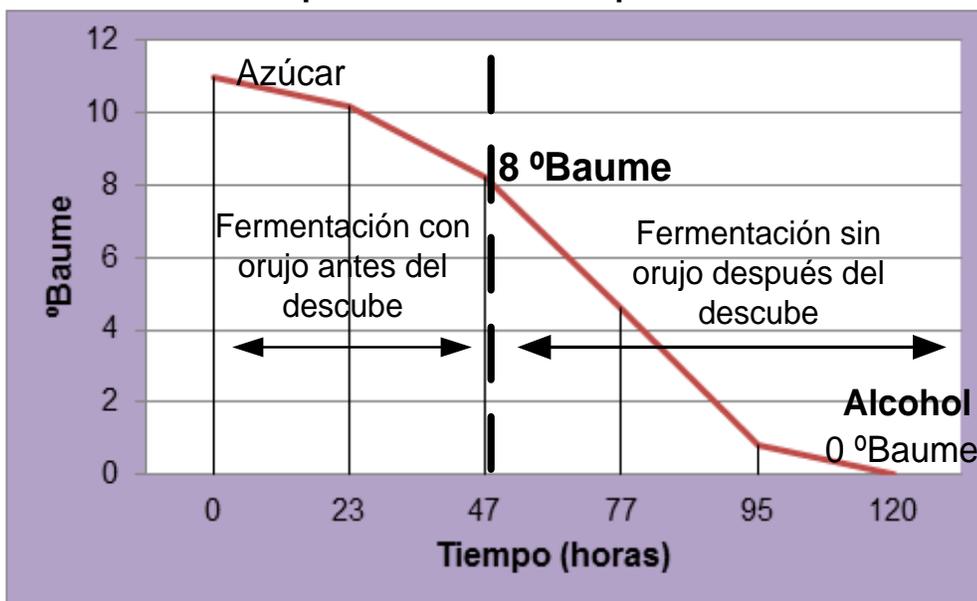
Tiempo (horas)	°Baume	Temperatura (°C)
0	11,0	24
23	10,2	21
47	8,2	25
77	4,6	26
95	0,8	25
120	0,0	25

Fermentación con orujo descubado a 8 °Baume

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8 se representa de manera objetiva los datos obtenidos en el proceso de fermentación para el control del °Baume, cuyos datos fueron obtenidos del tacho 2.

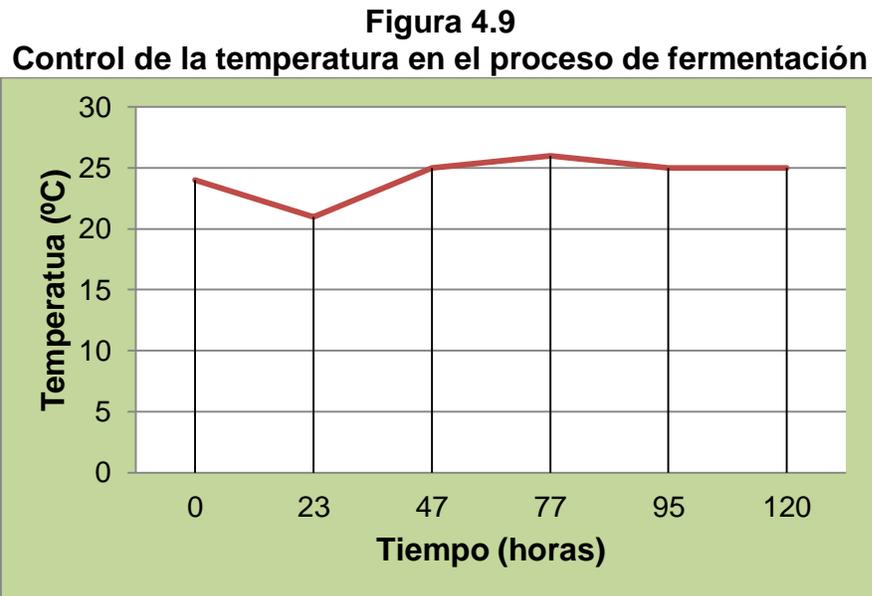
Figura 4.8
Control de °Baume para el tacho 2 en el proceso de fermentación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8 se observa que en el transcurso entre (0 a 23)h inicia la fermentación bajando la cantidad de azúcar, al llegar 47 a los 8 °Baume se realizó la separación de los orujos, pasado ese tiempo el mosto obtenido con una cantidad de azúcar de 8 °Baume continua su fermentación hasta horas 120 donde realiza su completa conversión en alcohol llegando a 0 °Baume.

En figura 4.9 se muestra mediante curva el control de la variable de temperatura para el tacho 2 que tuvo una fermentación con orujo hasta los 8 °Baume momento el cual se realizó el descubado.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9 se observa que desde horas 0 hasta las horas 23 desciende la temperatura, posteriormente empieza a subir llegando a su máximo a horas 77 con 26 °C, donde se tuvo que tomar control para evitar que éste siga subiendo y se mantenga constante al llegar la 120 horas.

4.2.1.3 TERCERA FERMENTACIÓN CON ORUJO

Para la tercera fermentación se ha codificado como tacho 3, se realizó su descubado a los 4 °Baume, momento en el cual donde se retiran los orujos del mosto, continuando con su fermentación hasta llegar a los 0 °Baume. El proceso se realiza al igual que el segundo descube.

En el cuadro 4.4 se muestran los datos registrados durante el proceso de fermentación para el tacho 3, que tuvo una fermentación con orujo hasta los 4 °Baume, momento en el cual se realiza su descubado continuando con su fermentación.

Cuadro 4.4
Control de las variables en el proceso de fermentación para el tacho 3

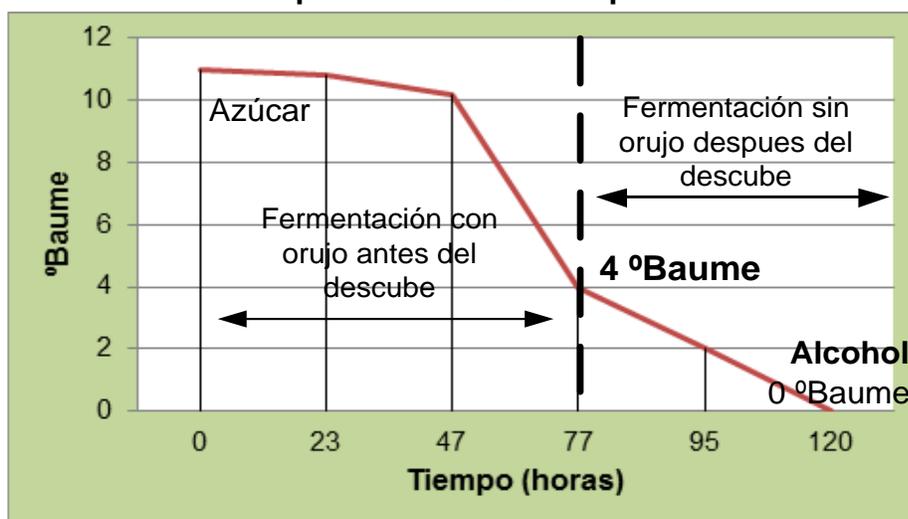
Tiempo (hr)	°Baume	Temperatura (°C)
0	11,0	14
23	10,8	20
43	10,2	21
77	4,0	29
95	2,0	29
120	0,0	25

Fermentación con orujo descubado a 4 °Baume

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10 se representa mediante curva el control del °Baume de los datos registrados durante el proceso de fermentación, cuyos datos fueron obtenidos del tacho 3.

Figura 4.10
Control de los °Baume para el tacho 3 en el proceso de fermentación



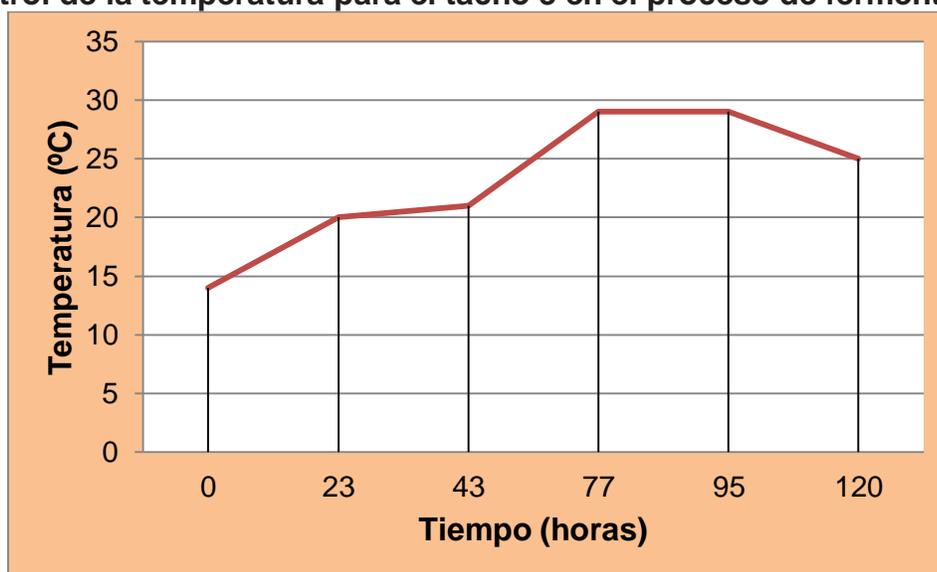
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10 se puede observar cómo se da la conversión de azúcar en alcohol, donde se observa que en el transcurso de 0 a 23h empieza la fermentación el cual llegando la hora 47 la fermentación se da lentamente, a partir de horas 43 a horas 77 hay un descenso que llega a una cantidad de azúcar de 4° Baume momento en el cual se hace la separación del orujo, en todo ese transcurso realizó una fermentación con el orujo, a partir de horas

77 continua su fermentación hasta llegar a su completa conversión en alcohol en un tiempo de 120 horas llegando a 0°Baume.

En la figura 4.11 se representa mediante curva el comportamiento de la temperatura de los datos registrados para el tacho donde tuvo una fermentación con el orujo hasta los 4 °Baume.

Figura 4.11
Control de la temperatura para el tacho 3 en el proceso de fermentación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11 se observa que hubo un descontrol de la temperatura como se puede ver que desde horas 0 hasta horas 43 hay una subida de temperatura de forma progresiva, donde a partir de horas 43 se observa un incremento violento hasta horas 77 donde se tuvo que controlar para evitar que siga subiendo, finalmente en horas 95 baja la temperatura finalizando la fermentación.

4.2.1.4 CUARTA FERMENTACIÓN CON ORUJO

Para la cuarta fermentación se codificó como tacho 4, donde se retiraron los orujos del mosto a los 0 °Baume, es decir que el contacto del orujo con el mosto es desde el inicio de la fermentación hasta el final de la fermentación.

El proceso se realiza liberando el mosto de los orujos por medio de una llave de paso, llevando el vino base a otro tacho.

En el cuadro 4.5 se obtienen los datos registrados durante el proceso de fermentación para el tacho 4, que tuvo una fermentación completa con los orujos.

Cuadro 4.5
Control de las variables en el proceso de fermentación para el tacho 4

Tiempo (hr)	°Baume	Temperatura (°C)
0	11,0	15
23	10,6	20
43	10,0	22
77	3,2	30
95	2,0	29
120	0,0	25

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.12 se representa de manera objetiva los datos registrados durante el proceso de fermentación para el tacho 4 que tuvo fermentación completa con orujo.

Figura 4.12
Control del °Baume para el tacho 4 en el proceso de fermentación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.12 se observa mediante curva la conversión del azúcar en alcohol, donde en el transcurso de horas 0 a 23h empieza la fermentación, en el lapso de 23 a 47 h la fermentación se da lentamente, posteriormente a partir de 43 h la curva desciende hasta horas 77, pasado ese tiempo termina su conversión a la horas 120 llegando a 0 °Baume donde tuvo una fermentación con el orujo desde el inicio hasta el final de su fermentación.

En la figura 4.13 se representa mediante curva el control de la temperatura para el tacho 4

Figura 4.13
Control de la temperatura para el tacho 4 en el proceso de fermentación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.13 se observa que tuvo un descontrol de la temperatura, donde se observa que a horas 0 a 23h a medida que arranca la fermentación la temperatura asciende rápidamente, llegando a su máximo de 29 °C de tal manera se tuvo que controlar para evitar que sobrepase los 30 °C, al finalizar su fermentación llega a unos 25 °C.

4.2.2 CONTROL DEL GRADO ALCOHÓLICO Y TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN

Para el proceso de destilación, se realizó el control del grado alcohólico y la temperatura en función del tiempo el cual para su lectura se hizo variar cada 30 min, en el caso de la temperatura se lo mantuvo constante evitando que

ésta se eleve, ya que el mosto presenta componentes volátiles que pueden influir en la pérdida de aromas para el producto final, para su control se utilizó un termómetro de (0-100) °C que fue colocado en el cuello de cisne del alambique. Para el control del grado alcohólico que es la variable importante en el proceso de destilación, debido a que por medio de la graduación alcohólica determinamos el rendimiento final del producto, durante su control se realizó con un alcoholímetro de (0-100) °GL que también es ubicado en el cuello de cisne del alambique. El procedimiento del control de las variables se realizó para cada uno de los recipientes que fueron codificados como tacho 1, tacho 2, tacho 3 y tacho 4.

En el cuadro 4.6 se muestra los datos extraídos del tacho 1, que fue descubado a 11 °baume, el cual tuvo una fermentación sin orujo. El resultado de la temperatura se mantiene constante entre (23-24)°C evitando variaciones altas y bajas.

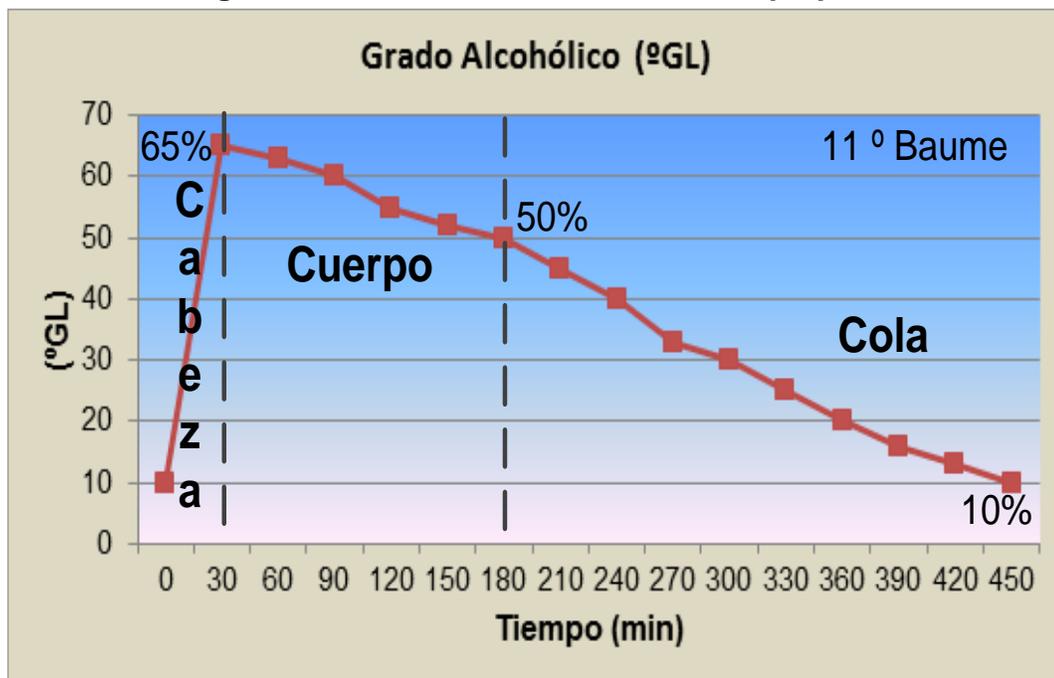
Cuadro 4.6
Control de las variables para el tacho 1

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Grado Alcohólico (°GL)	
0	23	10	} Cabeza
30	23	65	
60	22	63	} Cuerpo
90	23	60	
120	23	55	
150	23	52	
180	23	50	
210	23	45	} Cola
240	23	40	
270	24	33	
300	24	30	
330	24	25	
360	24	20	
390	24	16	
420	24	13	
450	24	10	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14 se representa de manera objetiva los resultados que se encuentran en el proceso de la destilación, de acuerdo a las variables de temperatura, grado alcohólico y tiempo de destilación, para el tacho 1 que tuvo un descube a 11 °Baume.

Figura 4.14
Control del grado alcohólico en función del tiempo para el tacho 1



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14 se observa que en el tiempo de 0 min se obtiene el primer goteo con una concentración de 10 °GL pero a medida que aumenta tiempo éste en un lapso de 30 min esta concentración se eleva llegando al máximo, momento en el cual se retira la primera fracción llamada cabeza, pasado el tiempo de 30 min esta concentración comienza a bajar de manera paulatina llegando al 50 % donde se obtiene la segunda fracción que es la parte del producto final el cual se lo denomina como cuerpo, finalmente la tercera fracción que son las denominadas colas se obtiene hasta un 10 %, como se puede observar en la gráfica la obtención de la cola tiene mayor cantidad de volumen el cual para evitar pérdidas se puede hacer una reinstalación.

En el cuadro 4.7 se muestra los datos extraídos del tacho 2, que fue descubado a 8 °baume, el cual tuvo una fermentación con orujo. El resultado de la temperatura se mantiene constante entre (22-24)°C evitando variaciones altas y bajas.

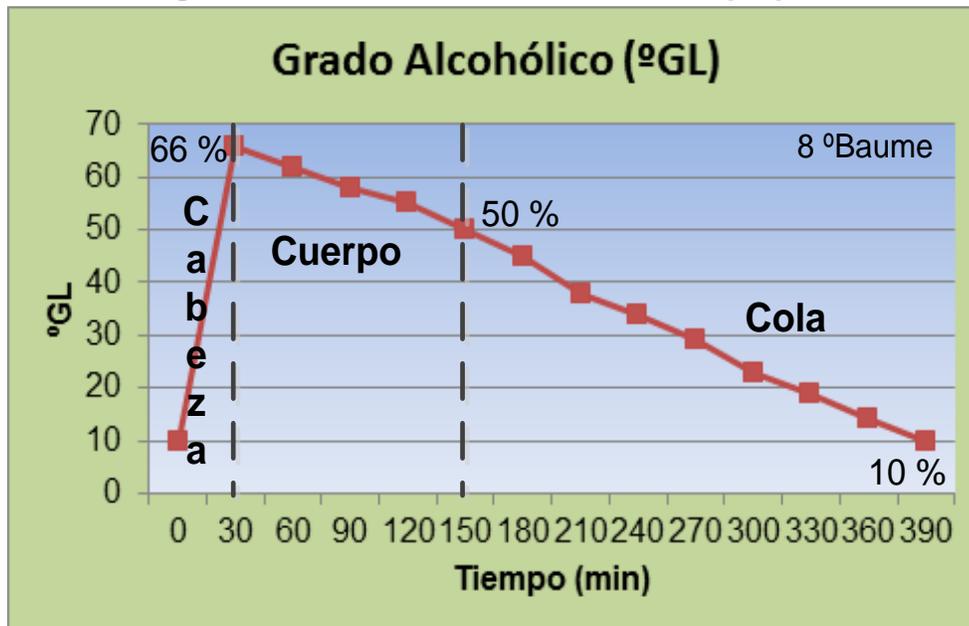
Cuadro 4.7
Control de las variables para el tacho 2

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Grado Alcohólico (°GL)	
0	22	10	Cabeza
30	22	66	
60	22	62	Cuerpo
90	23	58	
120	23	55	
150	23	50	
180	23	45	Cola
210	23	38	
240	23	34	
270	24	29	
300	24	23	
330	24	19	
360	23	14	
390	23	10	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15 se representa de manera objetiva los resultados que se encuentran en el proceso de la destilación, de acuerdo a las variables de grado alcohólico y tiempo de destilación, para el tacho 2 que tuvo un descube a 8 °Baume.

Figura 4.15
Control del grado alcohólico en función del tiempo para el tacho 2



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15 se observa que en el tiempo de 0 min se obtiene el primer goteo con una concentración de 10 °GL pero a medida que pasa el tiempo, este en un lapso de 30 min la concentración de alcohol se eleva llegando al máximo, momento en el cual se retira la primera fracción llamada cabeza, pasado el tiempo de 30 min esta concentración comienza a bajar de manera paulatina llegando al 50 % donde se obtiene la segunda fracción que es la parte del producto final el cual se lo denomina como cuerpo, finalmente la tercera fracción que son las denominadas colas se obtiene hasta un 10 %, como se puede observar en la gráfica la obtención de la cola tiene mayor cantidad de volumen el cual para evitar pérdidas se puede hacer una reinstalación.

En el cuadro 4.8 se muestra los datos extraídos del tacho 3, que fue descubado a 4 °baume, el cual tuvo una fermentación con orujo. El resultado de la temperatura se mantiene constante entre (22-24)°C evitando variaciones altas y bajas.

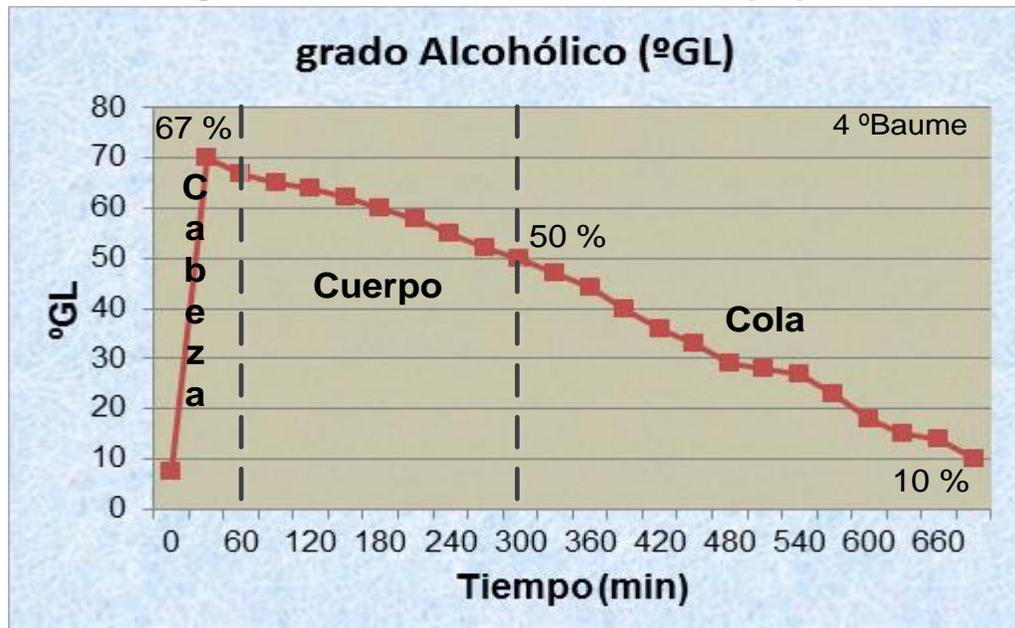
Cuadro 4.8
Control de las variables para el tacho 3

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Grado Alcohólico (°GL)	
0	22	7,5	Cabeza
30	22	70	
60	22	67	
90	22	65	Cuerpo
120	22	64	
150	22	62	
180	23	60	
210	23	58	
240	23	55	
270	24	52	
300	24	50	
330	24	47	Cola
360	24	44	
390	24	40	
420	24	36	
450	24	33	
480	24	29	
510	24	28	
540	24	27	
570	24	23	
600	24	18	
630	24	15	
660	24	14	
690	24	10	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16 se representa de manera objetiva los resultados que se encuentran en el proceso de la destilación, de acuerdo a las variables de grado alcohólico y tiempo de destilación, para el tacho 3 que tuvo un descube a 8 °Baume.

Figura 4.16
Control del grado alcohólico en función del tiempo para el tacho 3



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16 se observa que en el tiempo de 0 min se obtiene el primer goteo con una concentración de 10 °GL pero a medida que pasa el tiempo, este en un lapso de 60 min la concentración de alcohol se eleva llegando a un punto máximo, momento en el cual se retira la primera fracción llamada cabeza, pasado el tiempo de 60 min esta concentración comienza a bajar de manera lenta llegando al 50 % donde se obtiene la segunda fracción que es la parte del producto final el cual se lo denomina como cuerpo, finalmente la tercera fracción que son las denominadas colas se obtiene hasta un 10 %, como se puede observar en la gráfica la obtención de la cola tiene mayor cantidad de volumen el cual para evitar pérdidas se puede hacer una reinstalación.

En el cuadro 4.9 se muestra los datos extraídos del tacho 3, que fue descubado a 0 °baume, el cual tuvo una fermentación completa con los orujos. El resultado de la temperatura se mantiene constante entre (22-24)°C evitando variaciones altas y bajas.

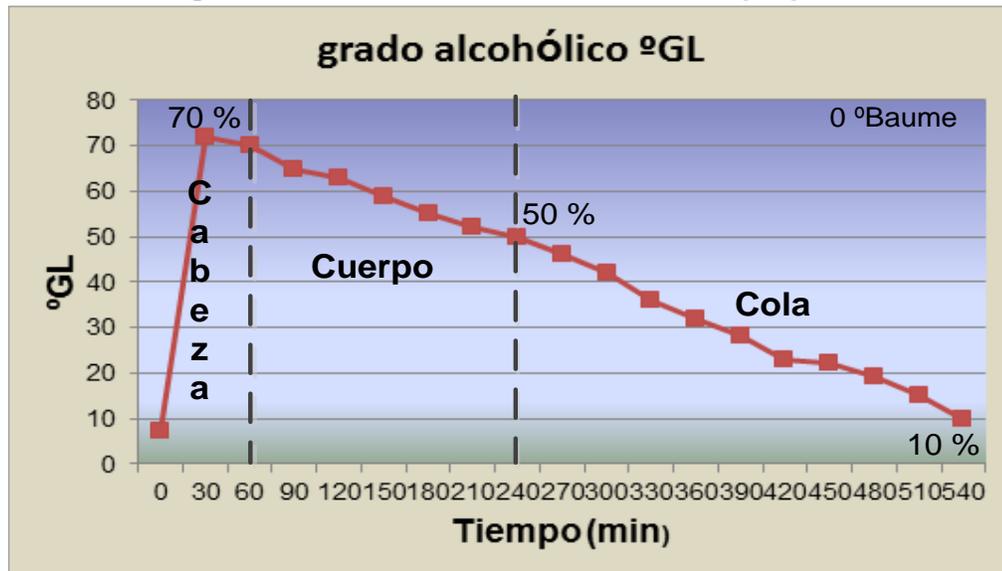
Cuadro 4.9
Control de las variables para el tacho 4

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico °GL	
0	22	7,2	Cabeza
30	22	72	
60	23	70	
90	23	65	Cuerpo
120	23	63	
150	23	59	
180	24	55	
210	24	52	
240	24	50	
270	24	46	Cola
300	24	42	
330	24	36	
360	23	32	
390	23	28	
420	23	23	
450	23	22	
480	23	19	
510	23	15	
540	23	10	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.17 se representa de manera objetiva los resultados que se encuentran en el proceso de la destilación, de acuerdo a las variables de grado alcohólico y tiempo de destilación, para el tacho 4 que tuvo un descube a 0 °Baume donde se realizó una fermentación completa con los orujos.

Figura 4.17
Control del grado alcohólico en función del tiempo para el tacho 4



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.17 se observa que en el tiempo de 0 min se obtiene el primer goteo con una concentración de 10 °GL pero a medida que pasa el tiempo, este en un lapso de 60 min la concentración de alcohol hasta el 67 % se eleva llegando a un punto máximo, momento en el cual se retira la primera fracción llamada cabeza, pasado el tiempo de 60 min esta concentración comienza a bajar de manera lenta llegando al 50 % donde se obtiene la segunda fracción que es la parte del producto final el cual se lo denomina como cuerpo, finalmente la tercera fracción que son las denominadas colas se obtiene hasta un 10 %, como se puede observar en la gráfica la obtención de la cola tiene mayor cantidad de volumen el cual para evitar pérdidas se puede hacer una reinstalación.

4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ELEGIR LA MUESTRA PATRÓN

La evaluación sensorial para elegir la muestra patrón se tomaron en cuenta tres diferentes bodegas las cuales son singani Prrales que fue codificado como R1 para su evaluación sensorial, la segunda elección es singani Casa

Real codificado como R2 para su evaluación sensorial y como tercera elección singani Rujero que también fue codificado como R3.

La cata de las tres muestras de singani se efectuó con la ayuda de 5 personas entrenadas en el área de vinos y singani realizado en el centro vitivinícola Tarija CEVITA. Para tal efecto se utilizó una planilla de degustación para la evaluación sensorial se muestra en el (Anexo B) se utilizó la escala porcentual de 1 a 100 según la cartilla utilizada para singani.

4.3.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS ATRIBUTOS PARA ELEGIR LA MUESTRA PATRÓN

En el cuadro 4.10 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos de la muestra 1 para la elección de la muestra patrón en la escala porcentual de 1 a 100; con los datos obtenidos en el (Anexo C).

Cuadro 4.10
Evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra patrón
Muestra 1

Nº de jueces	Limpidez	Aroma	Sabor	ΣY_j
1	20	35	35	90
2	20	25	35	80
3	15	20	25	60
4	20	25	45	90
5	20	20	35	75
Promedio	19	25	35	79

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.11 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos de la muestra 2 para la elección de la muestra patrón en la escala porcentual de 1 a 100; con datos obtenidos en el (Anexo C).

Cuadro 4.11
Evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra patrón
Muestra 2

Nº de jueces	Limpidez	Aroma	Sabor	ΣY_j
1	20	35	35	90
2	20	25	35	80
3	15	20	25	60
4	15	25	25	65
5	20	5	25	50
Promedio	18	22	29	69

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.12 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos de la muestra 3 para la elección de la muestra patrón en la escala porcentual de 1 a 100; con datos obtenidos en el (Anexo C).

Cuadro 4.12
Evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra patrón
Muestra 3

Nº de jueces	Limpidez	Aroma	Sabor	ΣY_j
1	20	5	25	50
2	20	25	25	70
3	20	35	35	90
4	15	20	25	60
Promedio	18	18	27	63

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.13 se muestra los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos para la elección de la muestra patrón en la escala porcentual de 1 a 100; con los datos obtenidos en el (Anexo C).

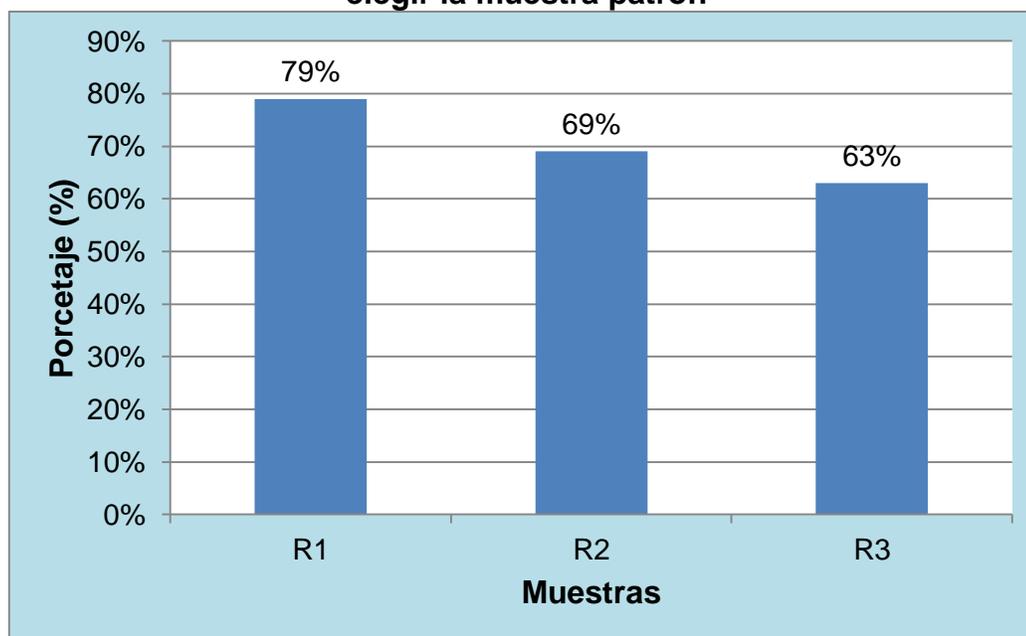
Cuadro 4.13
Resultados promedios de la evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra patrón

Atributos	R1 Media	R2 Media	R3 media	ΣY_j
Limpidez	19	18	18	55
Aroma	25	22	18	65
Sabor	35	29	27	91
ΣY_i	79	69	63	211

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.18 muestra los resultados promedios de la evolución sensorial de los atributos para elegir la muestra patrón, tales datos son expresados en la escala porcentual de 1 a 100 de acuerdo a los resultados del cuadro 4.15

Figura 4.18
Resultados promedios de la evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

La figura 4.18, nos permite observar que la muestra R1 denominada como singani parrales adquiere el mayor puntaje obteniendo mayor aceptabilidad en la escala porcentual 1 a 100 con 79% a diferencia de las otras muestras como R2 (69%) y R3 (63%) que tienen valores menores.

4.3.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS ATRIBUTOS PARA ELEGIR LA MUESTRA PATRÓN

En el cuadro 4.14 se muestra el análisis de varianza de los atributos para elegir la muestra patrón de los datos extraídos del (Anexo C).

Cuadro 4.14
Análisis de varianza de los atributos para elegir la muestra patrón

Fuente de variación	suma de cuadrados totales	grados de libertad	cuadrados medios	F _{cal}	F _{tab}
Total	290,22	3(3) - 1 = 8			
Tratamiento	43,55	3 - 1 = 2	21,77	5,294	18,00
Atributos	230,22	3 - 1 = 2	115,11	27,99	18,00
Error	16,45	(3 - 1)(3 - 1) = 4	4,112		

Fuente: Elaboración propia

(Cuadro 4.14) el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($5,294 < 18,00$) para un límite de confianza de 99%; por lo tanto no existe diferencia entre las muestra. Lo cual analizando la preferencia de los jueces entrenados, la muestra R1 que es identificado como singani Parrales adquiere mayor puntaje en la escala porcentual 1 a 100, se tomó como mejor opción para la muestra patrón.

4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ELEGIR LA MUESTRA FINAL

La evaluación sensorial para elegir la muestra final se tomaron en cuenta cuatro muestras con diferente tiempo de fermentación que fueron descubados en diferente momento de descube la muestra M1 tuvo una fermentación sin orujos se descubo a los 11°Baume, la muestra M2 que tuvo una fermentación con orujo hasta los 8°Baume momento en el cual se realiza su descube, la muestra M3 que tuvo un fermentación con orujo hasta 4°Baume momento en el cual se realiza su descube y la muestra M4 que tuvo una fermentación con orujos hasta los 0°Baume momento en el cual se realiza su descube.

La cata de las cuatro muestras de singani se efectuó con la ayuda de 5 personas entrenadas en el área de vinos y singani realizado en el centro vitivinícola Tarija CEVITA. Para tal efecto se utilizó una planilla de degustación para la evaluación sensorial se muestra en el (Anexo B) se utilizó la escala porcentual de 1 a 100 según la cartilla utilizada para singani.

4.4.1 ANÁLISIS SENSORIAL PARA ELEGIR LA MUESTRA FINAL

En la cuadro 4.15 se muestra los resultados obtenidos de la muestra 1 en la evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra final en la escala porcentual de 1 a 100; tomando en cuenta cuatro muestras con diferentes tiempo de fermentación, con los datos obtenidos en el (Anexo C).

Cuadro 4.15
Evaluación sensorial para elegir la muestra final
Muestra 1

Nº de jueces	Limpidez	Aroma	Sabor	ΣYj
1	15	20	35	70
2	20	35	35	90
3	20	20	35	75
4	20	25	35	80
5	20	25	35	80
Promedio	19	25	35	79

Fuente: Elaboración propia

En la cuadro 4.16 se muestra los resultados obtenidos de la muestra 2 en la evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra final en la escala porcentual de 1 a 100; tomando en cuenta cuatro muestras con diferentes tiempo de fermentación, con los datos obtenidos en el (Anexo C).

Cuadro 4.16
Evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra final
Muestra 2

Nº de jueces	Limpidez	Aroma	Sabor	ΣYj
1	20	25	45	90
2	10	20	25	55
3	20	35	35	90
4	15	35	35	85
5	20	35	35	90
Promedio	17	30	35	82

Fuente: Elaboración propia

En la cuadro 4.17 se muestra los resultados obtenidos de la muestra 3 en la evaluación sensorial de los atributos para la elección muestra final en la escala porcentual de 1 a 100; tomando en cuenta cuatro muestras con diferentes tiempo de fermentación, con los datos obtenidos en el (Anexo C).

Cuadro 4.17
Evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra final
Muestra 3

Nº de jueces	Limpidez	Aroma	Sabor	ΣYj
1	20	25	35	80
2	20	20	25	65
3	20	35	35	90
4	15	35	35	85
5	20	25	35	80
Promedio	19	28	33	80

Fuente: Elaboración propia

En la cuadro 4.18 se muestra los resultados obtenidos de la muestra 4 en la evaluación sensorial de los atributos para la elección muestra final en la escala porcentual de 1 a 100; tomando en cuenta cuatro muestras con diferentes tiempo de fermentación, con los datos obtenidos en el (Anexo C).

Cuadro 4.18
Evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra final
Muestra 4

Nº de jueces	Limpidez	Aroma	Sabor	ΣY_j
1	20	35	45	100
2	20	20	35	75
3	20	25	35	80
4	15	35	35	85
5	15	35	35	85
Promedio	18	30	37	85

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.19 se muestra los resultados promedios obtenidos en la evaluación sensorial de los atributos para la elección de la muestra final en la escala porcentual de 1 a 100; tomando en cuenta cuatro muestras con diferentes tiempo de fermentación, con los datos obtenidos en el (Anexo C).

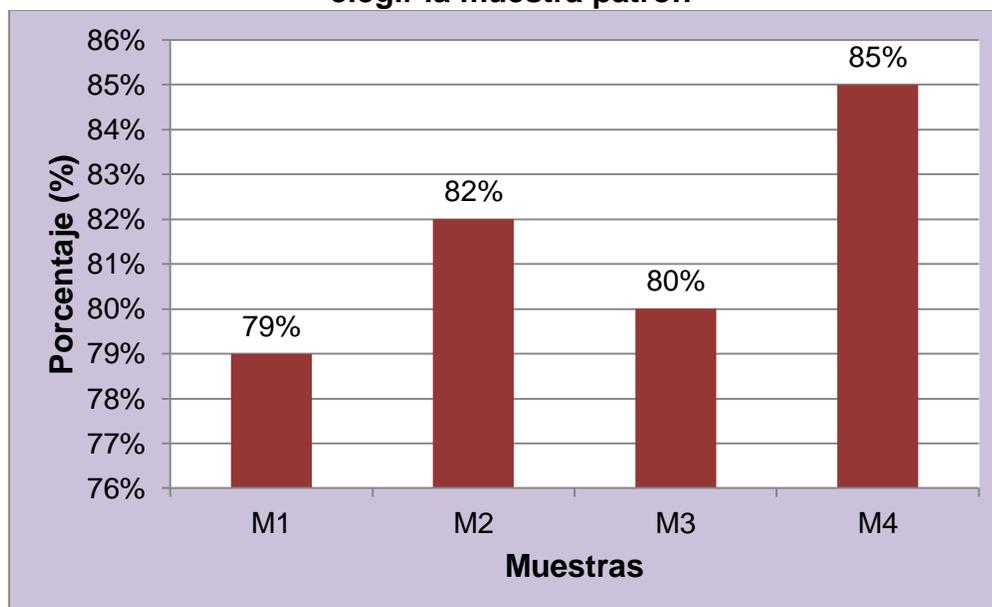
Cuadro 4.19
Resultados promedios de la evaluación sensorial de los atributos para
elegir la muestra patrón

Atributos	M1 media	M2 media	M3 media	M4 media	ΣY_i
Limpidez	19	17	19	18	73
Aroma	25	30	28	30	113
Sabor	35	35	33	37	140
ΣY_i	79	82	80	85	326

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.19 muestra los resultados promedios de la evolución sensorial de los atributos para la elección de la muestra final, tomando en cuenta cuatro muestras con diferentes tiempos de fermentación, tales datos son expresados en la escala porcentual de 1 a 100 de acuerdo a los resultados del cuadro 4.19

Figura 4.19
Resultados promedios de la evaluación sensorial de los atributos para elegir la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

La figura 4.19, nos permite observar que la muestra M4 adquiere mayor aceptabilidad de los atributos con 85% en la escala porcentual 1 a 100; en comparación a las muestras M1 (79%), M2 (82%) y M3 (80%) que tienen valores menores.

4.4.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES PARA ELEGIR LA MUESTRA FINAL

En el cuadro 4.20 se muestra el análisis de varianza de los atributos para elegir la muestra final de los datos extraídos del (Anexo C).

Cuadro 4.20
Análisis de varianza de los atributos de la muestra final

Fuente de variación	suma de cuadrados totales	grados de libertad	cuadrados medios	Fcal	Ftab
Total	595,67	$3(4) - 1 = 11$			
Tratamiento	7,003	$4 - 1 = 3$	2,33	0,68	9,780
Atributos	568,17	$3 - 1 = 2$	284,08	83,06	10,925
Error	20,50	$(3 - 1)(4 - 1) = 6$	3,42		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza de los atributos (cuadro 4.20) el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,68 < 9,780$) para un límite de confianza de 99%; por lo tanto no existe diferencia entre las muestra. Lo cual analizando la preferencia de los jueces entrenados por la muestra M4 que se realizo una fermentación con orujo donde se descubra a los 0°Baume representa el mayor puntaje en la escala porcentual 1 a 100, se tomó como mejor opción para los atributos.

4.5 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

Para la caracterización del producto final (elaboración de singani a partir de moscatel de Alejandría) se tomaron en cuenta propiedades fisicoquímicas y organolépticas. Es resultado del ganador de las cuatro muestras es el que tiene una fermentación con orujos que se descubó a 0° Baume.

4.5.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL PRODUCTO FINAL

En la cuadro 4.21, se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos (anexo A) del producto final que cumple con los requisitos que están definidos en la Norma Boliviana 322002 singanis.

Cuadro 4.21
Análisis fisicoquímico del producto final

Parámetro	Unidad	Resultado
Acidez total	mg/l(acidez acética)	108
Aldehídos	mg/l	36
Alcoholes superiores	mg/l	488
Anhídrido sulfuroso	mg/l	3
Cobre	mg/l	0,26
Furfural	mg/l	7,00
Densidad	g/ml	0,951
Extracto seco	g/l	0,02
Grado alcohólico	°GL (a 20°)	40,50
Esteres	mg/l acetato de etilo	598
Metanol	mg/l	544
pH	Unidad de pH	3,99

Fuente: CEVITA, 2017

4.5.2 ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS ATRIBUTOS DE LA MUESTRA FINAL EN COMPARACIÓN CON LA MUESTRA PATRÓN

En el cuadro 4.22, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos limpidez, aroma y sabor para el producto final en comparación con la muestra patrón los datos extraídos del (Anexo C).

Cuadro 4.22
Evaluación sensorial de los atributos del producto final M4

Jueces	Muestras escala porcentual 1 a 100			ΣYj
	A Limpidez	B Aroma	C Sabor	
1	20	35	35	90
2	20	35	45	100
3	15	35	35	85
4	20	35	45	100
5	20	35	35	90
Promedio	19	35	39	93

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.23, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos limpidez, aroma y sabor de la muestra patrón.

Cuadro 4.23
Evaluación sensorial de la muestra patrón R1

Jueces	Muestras escala porcentual 1 a 100			ΣYj
	A Limpidez	B Aroma	C Sabor	
1	20	25	35	80
2	20	25	25	70
3	20	20	35	75
4	15	20	20	55
5	20	20	35	75
Promedio	19	22	30	71

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.24 se muestra los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos limpidez, aroma y sabor de la muestra final M4 e comparación con la muestra patrón R1 en la escala porcentual de

1 a 100; tomando en cuenta las muestra ganadoras de la muestra patrón y la muestra final, datos extraídos del (Anexo C).

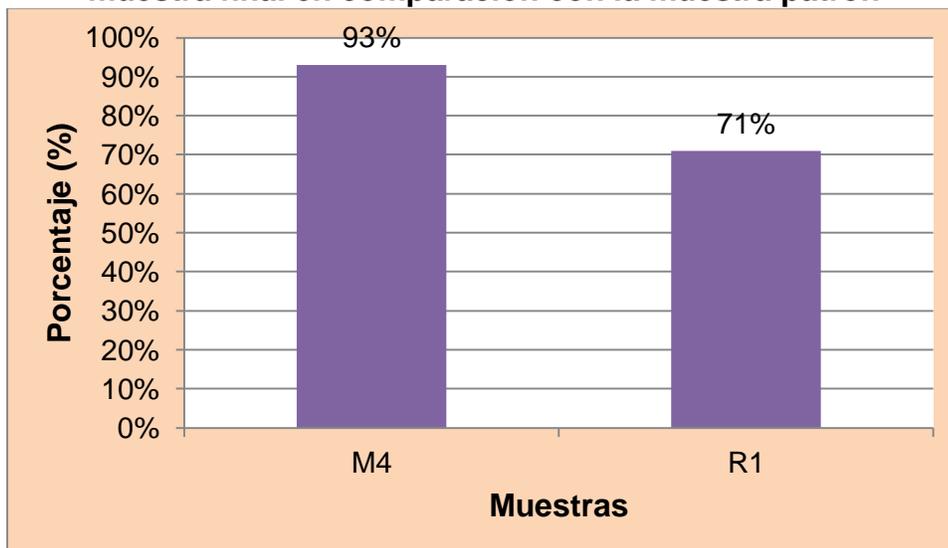
Cuadro 4.24
Resultados promedios de la muestra final en comparación con la muestra patrón

Atributos	Muestras escala porcentual 1 a 100		
	M4	R1	ΣYi
Limpidez	19	19	38
Aroma	35	22	57
Sabor	39	30	69
ΣYi	93	71	164

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.20 muestra los resultados promedios de la evaluación sensorial de los atributos limpidez aroma y sabor de la muestra final en comparación con la muestra patrón, tomando en cuenta las muestra ganadoras de la muestra patrón y la muestra final, tales datos son expresados en la escala porcentual de 1 a 100 de acuerdo a los resultados del cuadro 4.24

Figura 4.20
Resultados promedios de la evaluación sensorial de los atributos de la muestra final en comparación con la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

La figura 4.20, nos permite observar que la muestra M4 adquiere mayor puntaje rescatando todas las características organolépticas de limpidez,

aroma y sabor con 93% en comparación a la muestra patrón con 71% en la escala porcentual 1 a 100.

4.5.3 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DE LA MUESTRA FINAL EN COMPARACIÓN CON LA MUESTRA PATRÓN

En el cuadro 4.25 se muestra el análisis de varianza de los atributos de la muestra final en comparación de la muestra patrón cuyos datos son extraídos del (Anexo C).

Cuadro 4.25
Análisis de varianza de los atributos de la muestra final en comparación con la muestra patrón

Fuente de variación	suma de cuadrados totales	grados de libertad	cuadrados medios	F _{cal}	F _{tab}
Total	367,33	3(2) - 1 = 5			
Tratamiento	80,66	2 - 1 = 1	80,66	3,81	98,50
Atributos	244,33	3 - 1 = 2	122,16	5,77	99,00
Error	42,34	(3 - 1)(2 - 1) = 2	21,17		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza de los atributos (cuadro 4.25) el valor $F_{cal} < F_{tab}$ ($3,81 < 98,50$) para un límite de confianza de 99%; por lo tanto no existe diferencia entre las muestras M4 y R1. Lo cual analizando la preferencia de los jueces entrenados por la muestra M4 que se realizó una fermentación donde se descuba a los 0°Baume representa el mayor puntaje en comparación con la muestra patrón, mediante la escala porcentual 1 a 100.

4.6 DISEÑO ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE LA ELABORACIÓN DE SINGANI A PARTIR DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

En el diseño estadístico aplicado en el proceso de fermentación, se consideró la variación del tiempo de fermentación de cada uno de los tachos en función de la variable respuesta que son los grados baume que se lectura durante el proceso de fermentación, para de tal manera observar la

influencia del contacto del orujo con el mosto si afecta o no afecta en las características organolépticas.

La cuadro 4.26, se muestra la matriz de resultados de las variables en el proceso de fermentación en la elaboración de singani a partir de uva moscatel de Alejandría; cuyo diseño corresponde a un diseño por bloques completamente al aleatorio.

Cuadro 4.26
Diseño experimental en el proceso de fermentación de singani de uva moscatel de Alejandría

Tachos B	Tiempo de fermentación A			
	t1	t2	t3	t4
T-1	6	2,6	0,3	0
T-2	10,2	8,2	4,6	0,8
T-3	10,8	10,2	4	2
T-4	10,6	10	3,2	2

Fuente: Elaboración propia

4.6.1 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE SINGANI DE UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

En el cuadro 4.27 se muestra el análisis de varianza para el proceso de fermentación de la uva moscatel de Alejandría, observando la influencia de la fermentación con orujo y sin orujo, cuyos son datos extraídos del (Anexo D).

Cuadro 4.27
Análisis de varianza del proceso de fermentación de singani de uva moscatel de Alejandría

Fuente de variación	suma de cuadrados totales	grados de libertad	cuadrados medios	Fcal	Ftab
Total	246,32	$(4*4)-1= 15$			
Tiempo	179,89	$4 - 1= 3$	59,96	33,31	6,992
Tachos	53,18	$4 - 1= 3$	17,72	9,84	6,992
Error	16,25	$(4 - 1)(4-1)=9$	1,80		

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados de la tabla de ANVA, $F_{cal} \geq F_{tab}$ ($33,31 > 6,992$), por lo cual se rechaza la hipótesis planteada; existiendo suficiente evidencia estadística que el tiempo de fermentación con orujo y sin orujo no son igualmente efectivas durante el proceso. Sin embargo para los tachos de fermentación $F_{cal} > F_{tab}$, por lo cual también existe suficiente evidencia estadística que cada tacho de fermentación es diferente.

4.6.1.1 PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS °BAUME

En el cuadro 4.28, se muestran los resultados de análisis estadístico de la prueba de tukey de datos extraídos del anexo D; para observar la influencia de la fermentación con orujo y sin orujo en la elaboración de singani a partir de uva moscatel de Alejandría.

Cuadro 4.28
Prueba de tukey para el factor tiempo de fermentación en función de los °Baume

Comparaciones	$ \bar{X}_A - \bar{X}_B $	Diferencia mínima significativa	Significancia
t1 - t2	1,65	< 2,92	No hay diferencia significativa
t1 - t3	6,37	> 2,92	Si hay diferencia significativa
t1 - t4	8,2	> 2,92	Si hay diferencia significativa
t2 - t3	4,72	> 2,92	Si hay diferencia significativa
t2 - t4	6,55	> 2,92	Si hay diferencia significativa
t3 - t4	1,08	< 2,92	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos por la prueba de tukey se concluye que el (t1-t2, t3-t4), no tiene diferencia significativa, por lo tanto es mínima la efectividad en el proceso sin embargo (t1-t3, t1-t4, t2-t3, t3-t4), existe suficiente evidencia estadística que mientras más tiempo tenga contacto el orujo con el mosto mejor la fermentación por lo que rescata mejor los aromas de la uva moscatel de Alejandría.

4.6.1.2 PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR DE LOS TACHOS FERMENTACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS °BAUME

En el cuadro 4.29, se muestran los resultados de análisis estadístico de la prueba de tukey de datos extraídos del anexo D; para observar la diferencia de los tachos de fermentación de singani de uva moscatel de Alejandría.

Cuadro 4.29
Prueba de tukey para el factor de los tachos de fermentación en función de los °Baume

Comparaciones	$ \bar{X}A - \bar{X}B $	Diferencia mínima significativa	Significancia
T3 – T4	0,28	< 2,92	No hay diferencia significativa
T3 – T2	0,8	< 2,92	No hay diferencia significativa
T3 – T1	4,52	> 2,92	Si hay diferencia significativa
T4 – T2	0,5	< 2,92	No hay diferencia significativa
T4 – T1	4,85	> 2,92	Si hay diferencia significativa
T2 – T1	4,72	> 2,92	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos de la prueba de tukey se concluye (T3-T4, T3-T2, T4-T2), no existe diferencia significativa entre los tachos, sin embargo los tachos (T3-T1, T4-T1, T2-T1), existe diferencia significativa por lo se tomó la decisión que el T4 presenta más aromas en la fermentación.

4.7 DISEÑO ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN DE SINGANI A PARTIR DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

En el diseño estadístico aplicado en el proceso de destilación, se consideró la variación de cada uno de los tachos de fermentación y el tiempo de destilación controlando la variable respuesta el grado alcohólico.

En el cuadro 4.30 se muestra la matriz de resultados de las variables en el proceso de destilación en la elaboración de singani a partir de uva moscatel de Alejandría; cuyo diseño corresponde a un diseño completamente al azar unifactorial.

Cuadro 4.30
Diseño experimental en el proceso de destilación de singani a partir
de uva moscatel de Alejandría

Tiempo de destilación	Tacho 1 11 °Be	Tacho 2 8 °Be	Tacho 3 4 °Be	Tacho 4 0 °Be
0	10	10	7,5	7,2
30	65	66	70	72
60	63	62	67	70
120	60	58	65	65
150	55	55	64	63
180	52	50	62	59
210	50	45	60	55
240	45	38	58	52
270	40	34	55	50
300	33	29	52	46
330	30	23	50	42
360	25	19	47	36
390	20	14	44	32
420	16	10	40	28
450	13		36	23
480	10		33	22
510			29	19
540			28	15
570			27	10
600			23	
630			18	
660			15	
690			14	
720			10	

Fuente: Elaboración propia

4.7.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL GRADO ALCOHÓLICO EN EL PROCESO DE LA DESTILACIÓN

En el cuadro 4.31 se muestra el análisis de varianza del grado alcohólico en el proceso de la de destilación, cuyos son datos extraídos del anexo D.

Cuadro 4.31
Análisis de varianza en el proceso de la destilación

Fuente de variación	suma de cuadrados totales	grados de libertad	cuadrados medios	Fcal	Ftab
total	27969,95	73-1= 72			
Tachos	257,99	4-1= 3	85,996	0,214	4,074
Error	27711,96	69	401,623		

Fuente: Elaboración propia

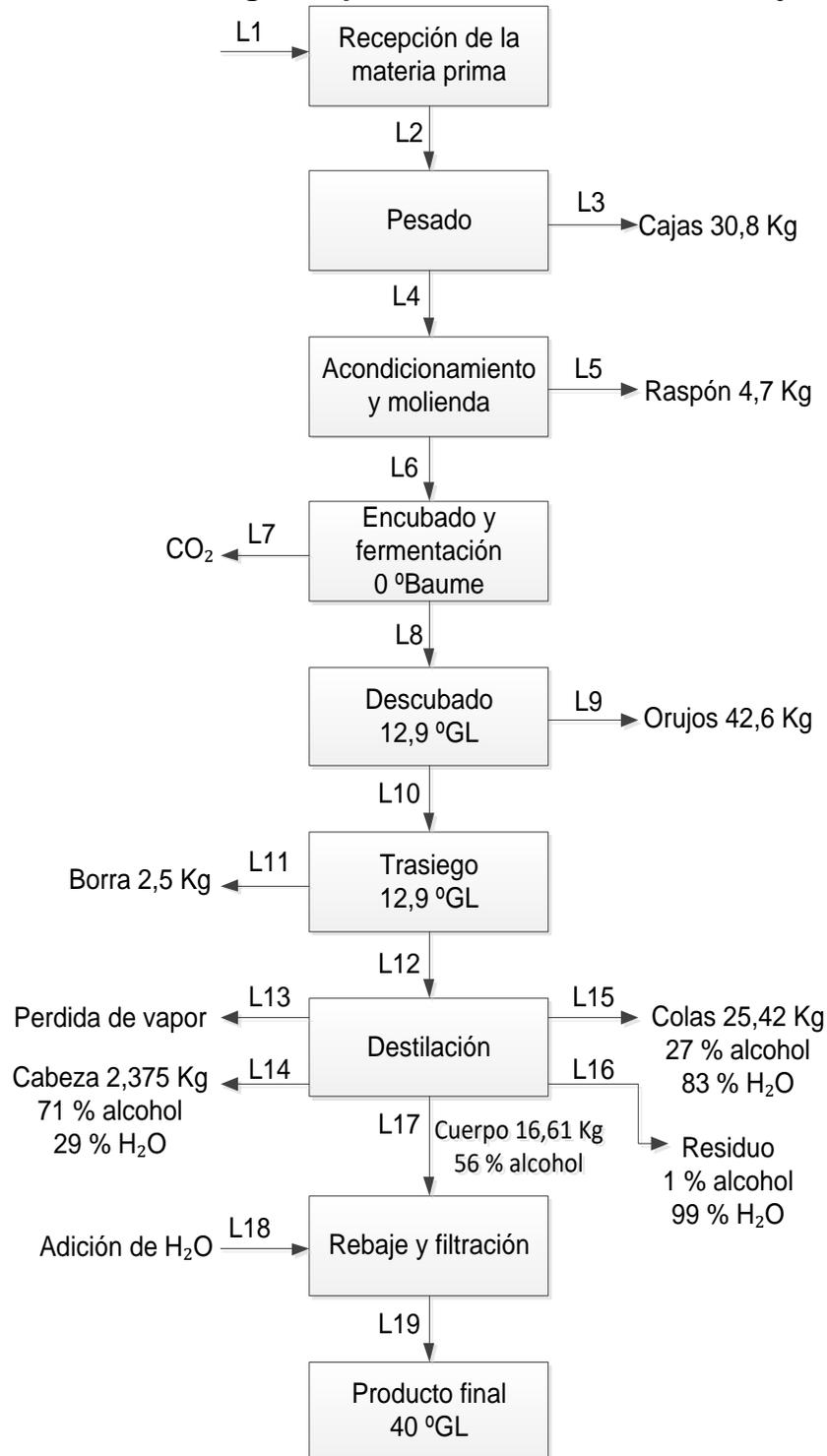
En el cuadro 4.31 se observa que $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,214 < 4,074$), por lo cual se acepta la hipótesis planteada de tal manera que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, pero analizando entre las cuatro muestras el tacho obtuvo el mejor del rendimiento alcohólico en la destilación para ($p < 0,001$).

4.8 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE SINGANI A PARTIR DE UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

Para realizar el balance de materia en la elaboración de singani, se tomó en cuenta a nivel experimental las cantidades de uva a procesar, para lo cual se tomó en cuenta las etapas del proceso del diagrama de bloques utilizado para el balance de materia de elaboración de singani a partir de uva moscatel de Alejandría.

Para este balance de materia se tomara el producto final ganador que dio como resultado la muestra M4 que tuvo una fermentación con los orujos y fue descubado a 0 °Baume. Para tal detalle en la figura 4.21 se muestra el balance de materia.

Figura 4.21
Balance de materia para tacho 4 fermentación con orujo en la elaboración de singani a partir de uva moscatel de Alejandría



Fuente: Elaboración propia

Donde:

L_2 = peso de uva en 11 cajas (Kg)

L_3 = peso de cajas (Kg)

L_4 = cantidad de uva a procesar (Kg)

L_5 = raspón residuo de molienda (Kg)

L_6 = mezcla de mosto con orujo (Kg)

L_7 = desprendimiento de dióxido de carbono (Kg)

L_8 = mosto con orujo (Kg)

L_9 = peso de orujos residuo (Kg)

L_{10} = vino base sin orujo "jugo" (Kg)

L_{11} = borras residuos (Kg)

L_{12} = vino base limpio (Kg)

L_{13} = pérdida de vapor en (Kg)

L_{14} = destilado cabeza (Kg)

L_{15} = destilado cola (Kg)

L_{16} = residuo vinazas (Kg)

L_{17} = producto destilado cuerpo (Kg)

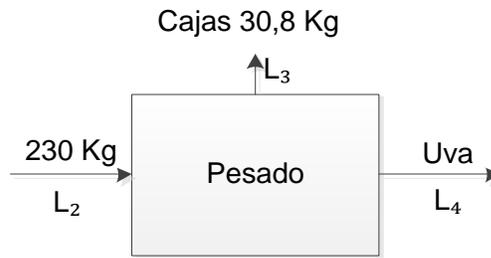
L_{18} = cantidad de agua a hidratar (Kg)

L_{19} = producto final de singani a 40 °GL (Kg)

4.8.1 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE PESADO DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

En la figura 4.22 se muestra el balance de materia en el proceso de pesado de la uva moscatel de Alejandría.

Figura 4.22
Balance de materia en el proceso de pesado



Datos:

$$L_2 = 230 \text{ Kg}$$

$$L_3 = 30,8 \text{ Kg}$$

$$L_4 = ?$$

Donde:

L_2 = peso de la uva en 11 cajas (Kg)

L_3 = peso de las cajas (Kg)

L_4 = cantidad de uva a procesar (Kg)

Balance total de materia en el proceso de pesado:

$$L_2 = L_3 + L_4$$

ecuación 4.1

Despejando L_4 de la ecuación 4.1 se tendrá:

$$L_4 = L_2 - L_3$$

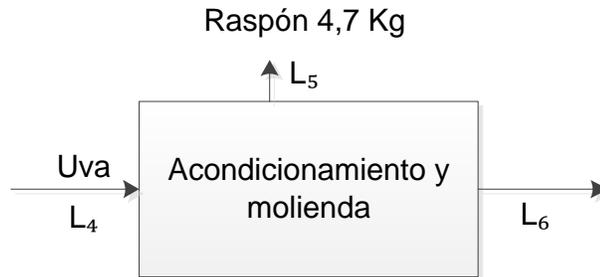
$$L_4 = 230 \text{ Kg} - 30,8 \text{ Kg}$$

$$L_4 = 199,2 \text{ Kg de uva a procesar}$$

4.8.2 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO Y MOLIENDA

En la figura 4.23 se muestra el balance de materia en el proceso de acondicionamiento y molienda.

Figura 4.23
Balance de materia en el proceso de acondicionamiento y molienda



Datos:

$$L_4 = 199,2 \text{ Kg}$$

$$L_5 = 4,7 \text{ Kg}$$

$$L_6 = ?$$

Donde:

L_4 = cantidad de uva a procesar (Kg)

L_5 = raspón residuos (Kg)

L_6 = mezcla de mosto con orujo (Kg)

Balance total de materia en el proceso de acondicionamiento y molienda:

$$L_4 = L_5 + L_6$$

ecuación 4.2

Despejando L_4 de la ecuación 4.2 se tendrá:

$$L_6 = L_4 - L_5$$

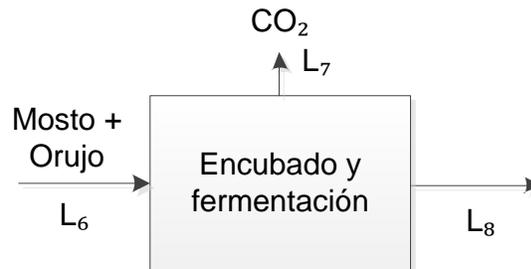
$$L_6 = 199,2 \text{ Kg} - 4,7 \text{ Kg}$$

$L_6 = 194,5$ Kg mezcla de mosto con orujo

4.8.3 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ENCUBADO Y FERMENTACIÓN

En la figura 4.24 se muestra el balance de materia en el proceso de encubado y fermentación.

Figura 4.24
Balance de materia en el proceso de encubado y fermentación



Datos:

$L_6 = 194,5$ Kg

$L_7 = ?$

$L_8 = ?$

Donde:

$L_6 =$ mezcla de mosto con orujo (Kg)

$L_7 =$ pérdida de dióxido de carbono (Kg)

$L_8 =$ mosto con orujo (Kg)

Balance total de materia en el proceso de encubado y fermentado:

$$L_6 = L_7 + L_8 \quad \text{ecuación 4.3}$$

Ecuación química de volumen (Raymond, 2007):

$$V = \frac{m \text{ (mezcla de mosto con orujo)}}{d \text{ (mosto)}} \quad \text{ecuación 4.4}$$

$$V = \frac{194,5 \text{ Kg}}{1,097 \text{ Kg/l}} = 177,3 \text{ L}$$

Densidad del mosto= 1,097 Kg/l dato obtenido en laboratorio

Cantidad de azúcar fermentable (Jerez, 2002):

$$S = (177,3 \text{ L} * 246,8\text{g/L}) / 1000 \quad \text{ecuación 4.5}$$

$$S = 43,76 \text{ Kg de azúcar}$$

Para 11 °Baume= 246,8 gramos de azúcar por litro de agua

Reemplazando S en ecuación 4.6 (Jerez, 2002)

$$L_7 = (S / \text{PM glucosa}) * 2 * (\text{PM CO}_2) \quad \text{ecuación 4.6}$$

$$L_7 = (43,76 \text{ Kg} / 180\text{g}) * 2 * (44\text{g})$$

$$L_7 = 21,39 \text{ Kg de CO}_2$$

Se considera el 50 % del dióxido de carbono generado por la fermentación se desprende hacia medio ambiente por lo que tenemos:

$$L_7 = 10,69 \text{ Kg de CO}_2 \text{ generado en la fermentación}$$

Despejando L₈ de la ecuación 4.3

$$L_8 = L_6 - L_7$$

$$L_8 = 194,5 \text{ Kg} - 10,66 \text{ Kg}$$

$$L_8 = 183,81 \text{ Kg mosto con orujo}$$

4.8.4 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE DESCUBADO

En la figura 4.25 se muestra el balance de materia en el proceso de descubado.

Figura 4.25
Balance de materia en el proceso de descubado



Datos:

$$L_8 = 183,81 \text{ Kg}$$

$$L_9 = 42,6 \text{ Kg}$$

$$L_{10} = ?$$

Donde:

L_8 = mosto con orujo (Kg)

L_9 = peso de orujos residuo (Kg)

L_{10} = vino base sin orujos "jugo" (Kg)

Balance total de materia en el proceso de descubado:

$$L_8 = L_9 + L_{10}$$

ecuación 4.7

Despejando L_{10} de ecuación 4.7

$$L_{10} = L_8 - L_9$$

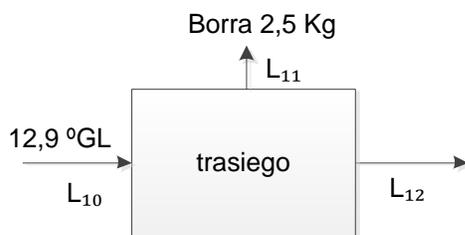
$$L_{10} = 183,81 \text{ Kg} - 42,6 \text{ Kg}$$

$$L_{10} = 141,21 \text{ Kg de vino base sin orujos}$$

4.8.5 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE TRASIEGO

En la figura 4.26 se muestra el balance de materia en el proceso de trasiego.

Figura 4.26
Balance de materia en el proceso de trasiego



Datos:

$$L_{10} = 141,21 \text{ Kg}$$

$$L_{11} = 2,5 \text{ Kg}$$

$$L_{12} = ?$$

Donde:

L_{10} = vino base sin orujos "jugo" (Kg)

L_{11} = peso de borras residuo (Kg)

L_{12} = vino base limpio (Kg)

Balance total de materia en el proceso de descubado:

$$L_{10} = L_{11} + L_{12}$$

ecuación 4.8

Despejando L_{12} de la ecuación 4.8 se tendrá:

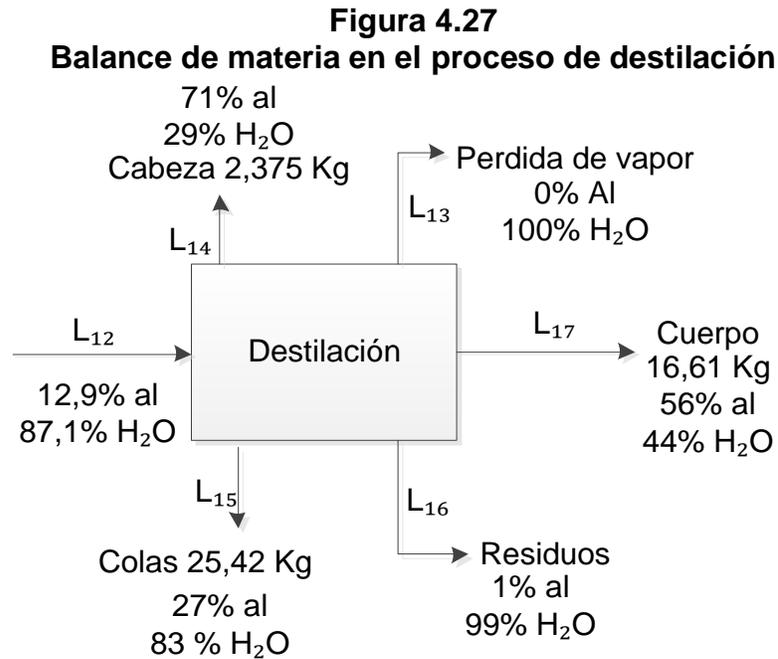
$$L_{12} = L_{10} - L_{11}$$

$$L_{12} = 141,21 \text{ Kg} - 2,5 \text{ Kg}$$

$$L_{12} = 138,71 \text{ Kg de vino base limpio}$$

4.8.6 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN

En la figura 4.27 se muestra el balance de materia en el proceso de destilación.



Datos:

$$L_{12} = 138,71 \text{ Kg}$$

$$L_{13} = ?$$

$$L_{14} = 2,375 \text{ Kg}$$

$$L_{15} = 25,42 \text{ Kg}$$

$$L_{16} = ?$$

$$L_{17} = 16,61 \text{ Kg}$$

Donde:

$$L_{12} = \text{vino base limpio (Kg)}$$

L_{13} = pérdida de vapor (Kg)

L_{14} = destilado cabeza (Kg)

L_{15} = destilado cola (Kg)

L_{16} = residuos vinazas (Kg)

L_{17} = destilado cuerpo (Kg)

Balance total de materia en el proceso de destilado:

$$L_{12} = L_{13} + L_{14} + L_{15} + L_{16} + L_{17} \quad \text{ecuación 4.9}$$

Despejando L_{13} de ecuación 4.9 se tendrá:

$$L_{13} = L_{12} - L_{14} - L_{15} - L_{16} - L_{17} \quad \text{ecuación 4.10}$$

Balance por componentes en alcohol de la ec. 4.10

$$L_{12}X^{al} = L_{13}X^{al} + L_{14}X^{al} + L_{15}X^{al} + L_{16}X^{al} + L_{17}X^{al}$$

$$L_{16}X^{al} = L_{12}X^{al} - (L_{14}X^{al} + L_{15}X^{al} + L_{17}X^{al})$$

$$L_{16} = \frac{L_{12}X^{al} - (L_{14}X^{al} + L_{15}X^{al} + L_{17}X^{al})}{X^{al}}$$

$$L_{16} = \frac{(138,71 \text{ Kg} * 12,9) - (2,375 \text{ Kg} * 71) - (25,42 \text{ Kg} * 27) - (16,61 \text{ Kg} * 56)}{1}$$

$L_{16} = 4,23$ Kg de residuos vinaza

Remplazando L_{16} en la ecuación 4.9

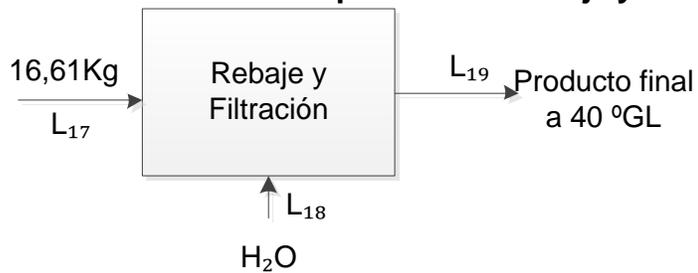
$$L_{13} = 138,71 \text{ Kg} - 2,375 \text{ Kg} - 25,42 \text{ Kg} - 4,23 \text{ Kg} - 16,61 \text{ Kg}$$

$L_{13} = 90,01$ Kg de vapor de agua

4.8.7 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE REBAJE Y FILTRACIÓN

En la figura 4.28 se muestra el balance de materia en el proceso de rebaje y filtración.

Figura 4.28
Balance de materia en el proceso de rebaje y filtración



Datos:

$$L_{17} = 16,61 \text{ Kg}$$

$$L_{18} = ?$$

$$L_{19} = ?$$

Donde:

L_{17} = destilado cuerpo (Kg)

L_{18} = cantidad de agua a hidratar (Kg)

L_{19} = producto final (Kg)

Balance total de materia en el proceso de rebaje y filtración:

$$L_{17} = L_{18} + L_{19} \quad \text{ecuación 4.11}$$

Despejando L_{18} de la ecuación 4.11 se tendrá:

$$L_{18} = L_{19} - L_{17} \quad \text{ecuación 4.12}$$

Balance por componente en alcohol para hallar L_{19} :

$$L_{17}X^{al} = L_{18}X^{al} + L_{19}X^{al}$$

$$L_{17}X^{al} = L_{19}X^{al}$$

$$L_{19} = \frac{L_{17} X^{al}}{X^{al}}$$

$$L_{19} = \frac{16,61 \text{ Kg} \cdot 56}{40} = 23,25 \text{ kg de producto final}$$

Reemplazando L_{19} en ecuación 4.11

$$L_{18} = L_{19} - L_{17}$$

$$L_{18} = 23,25 \text{ kg} - 16,61 \text{ kg}$$

$$L_{18} = 6,64 \text{ kg de agua a adicionar}$$

- Para obtener el rendimiento del singani se usara la ecuación 4.13

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{masa obtenida}}{\text{masa real}} \times 100 \quad \text{ecuación 4.13}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{16,61 \text{ Kg}}{138,74 \text{ Kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 11,97 \%$$

- Para obtener el rendimiento total de la destilación se realizara por regla de tres

$$16,61 \text{ Kg} \longrightarrow 11,97 \%$$

$$44,01 \text{ Kg} \longrightarrow x$$

$$X = 31,72\%$$

Cantidad de toda la destilación = cabeza + cuerpo + cola

$$\text{Cantidad de toda la destilación} = 2,375 + 16,61 + 25,42$$

$$\text{Cantidad de toda la destilación} = 44,01$$

4.9 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE SINGANI A PARTIR DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

El balance de energía se basa en la ley de conservación de energía que indica en un proceso, la energía no se crea, ni se destruye sólo se transforma (Valiente, 1994).

4.9.1 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE SINGANI A PARTIR DE UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

El balance de energía se realizó en el proceso de destilación se tomó en cuenta la cantidad de calor requerido para la destilación.

Datos obtenidos de valiente, 1994:

$$\Lambda_{\text{vapor}} = 2250 \text{ KJ/ Kg}$$

$$C_p \text{ del cobre} = 0,093 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{K}$$

Dato obtenido de López, 2004:

$$C_p \text{ del aguardiente} = 0,81 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{k}$$

Datos obtenidos de laboratorio:

$$m_{\text{singani}} = 138,71 \text{ Kg}$$

$$T_{i \text{ singani}} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{max singani}} = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{caldera}} = 219,4 \text{ Kg}$$

$$T_{i \text{ caldera}} = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{f \text{ caldera}} = 95 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{vapor}} = 89,83 \text{ Kg}$$

➤ **calculando la cantidad de calor requerido para la destilación:**

Para calcular las cantidades de calor necesario para el proceso de destilación, se tomaron en cuenta las ecuaciones 4.14 citada por Valiente, 1994.

$$Q = m * c_p * \Delta T \quad \text{ecuación 4.14}$$

De la ecuación 4.13 se obtuvo la ecuación 4.14:

$$Q = m_s C_{p_s} (T_{\max} - T_i) + m_c C_{p_c} (T_f - T_i) + m_v \lambda_v \quad \text{ecuación 4.15}$$

$$Q = (138,71)(0,81)(24-22) + (219,4)(0,093)(95-85) + (89,71)(537,76)$$

$$Q = 48671,25 \text{ Kcal} \times 9 \text{ h}$$

$$Q = 438041,25 \text{ Kcal/h}$$

4.9.2 CÁLCULO DEL CALOR REQUERIDO EN LA MOLEDORA A RODILLO PARA REALIZAR LA MOLIENDA DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA

Para calcular el calor requerido en la moledora de uva se recurrió a la ecuación 4.15 citada por valiente, 1994.

$$\text{Potencia de la moledora, } 2\text{hp} = 1,492 \frac{\text{Kw}}{\text{Kg}^{\text{sk}}}$$

Tiempo de uso de la moledora = 12 min

$$t = \frac{Q}{P} \quad \text{ecuación 4.16}$$

Donde:

t= tiempo

Q= calor requerido en la moledora

P= potencia

Despejando la ecuación 4.15

$$Q = P \times t$$

$$Q = \left(1,492 \frac{\text{Kw}}{\text{Kg}^{\circ}\text{k}}\right) \left(1000 \frac{\text{W}}{1\text{k W}}\right) \left(1 \frac{\text{J}}{\text{s}/1\text{ W}}\right) (12 \text{ min}) \left(60 \frac{\text{seg}}{1\text{min}}\right)$$

$$Q = 1074240 \text{ J}$$

$$Q = 256,58 \text{ Kcal}$$

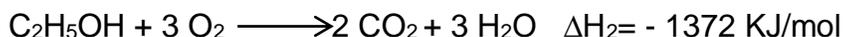
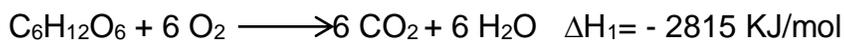
4.9.3 BALANCE TÉRMICO EN LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Para la elaboración de singani a partir de uva moscatel de Alejandría, el líquido que cuenta con azúcares es transformado en alcohol etílico. Para ello se recurrió a la ecuación 4.17 (Balconi, 2011).

$$\Delta H = \frac{Q}{L} \quad \text{ecuación 4.17}$$

ΔH , es el cambio de entalpia entre los productos y los reactivos debido a la reacción química. Como la reacción es exotérmica, se tendrá que calcular la cantidad de calor generada durante la reacción, para ello se necesitará los calores de combustión de los reactivos y los productos.

Datos para la reacción química de combustión de la glucosa y el etanol:



La reacción de fermentación de la glucosa es:



Puede expresarse de la ecuación 4.18:

$$\Delta H_3 = 2\Delta H_2 - \Delta H_1 \quad \text{ecuación 4.18}$$

$$\Delta H_3 = [2(- 1372 \text{ KJ/mol}) - (-2815 \text{ KJ/mol})]$$

$$\Delta H_3 = 71 \text{ KJ/ mol} = 16969.43 \text{ cal/mol}$$

Para determinar la cantidad molar del azúcar L es necesario considerar la expresión matemática (Jerez, 2002).

$$L = (\text{cantidad del mosto a fermentar} * \text{azúcar inicial}) / \rho \text{ mosto}$$

$$L = (194,5 \text{ Kg} * 0,247 \text{ Kg/L}) / 1,097 \text{ Kg/L}$$

$$L = 43,79 \text{ Kg de azúcar}$$

$$43793 \text{ g de azúcar} * \frac{1 \text{ mol de azúcar}}{342 \text{ g azúcar}} = 128,05 \text{ moles de azúcar}$$

De la ecuación 4.17 despejamos Q:

$$Q = \Delta H * L$$

$$Q = 16969 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} * 128,05 \text{ mol}$$

$$Q = 2172880,45 \text{ cal} = 2172,88 \text{ Kcal de calor desprendido en el proceso fermentativo}$$

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Para el momento de la vendimia la uva presenta los siguientes parámetros: 18,70 °Brix de sólidos solubles, 5,40 (mg/L) de ácido tartárico, 11 °Baume de azúcares, 3,44 de pH y su densidad 1082 (g/ml).
- La evolución de los azúcares representados en sólidos solubles (°Brix) Y azúcares (°Baume) durante la maduración, se dio mediante un aumento que inicia desde el envero hasta la época de la vendimia.
- La evolución de la acidez representado en ácido tartárico se concluye que la concentración de la acidez disminuye a medida que pasa el tiempo hasta llegado el momento de la vendimia.
- En la evolución de pH se puede concluir que a medida que va aumentando el pH llega a un punto donde este comienza a descender por lo cual se considera que hay una deshidratación de la uva tomando en cuenta que es el momento exacto de la vendimia evitando así la sobremaduración de la uva.
- Ejecutado el proceso de fermentación, se tomó en cuenta 4 tachos realizando el control de las variables: °Baume, tiempo y la temperatura que éste no sobrepase los 30 °C para evitar pérdida de aromas.
- El diseño experimental utilizado en el proceso de fermentación es DBCA donde se tomó en cuenta los factores de tiempo y tachos de fermentación; tomando como variable respuesta los °Baume. Estadísticamente se pudo observar $F_{cal} \geq F_{tab}$ para todos los factores existiendo suficiente evidencia estadística que el tiempo de fermentación con orujo y sin orujo no son igualmente efectivas durante el proceso para ($p < 0,001$).

- El diseño experimental utilizado el proceso de destilación es el DCA donde se tomó en cuenta los tachos de fermentación en función del tiempo; tomando como variable respuesta grado alcohólico. Estadísticamente se pudo observar $F_{cal} < F_{tab}$ no existe diferencia significativa entre los tratamientos para rendimiento alcohólico en la destilación para ($p < 0,001$).
- Se realizó la evolución sensorial con un panel de 5 jueces entrenados que calificó, utilizando una panilla de preferencia porcentual de 1-100; donde se pudo evidenciar que el tacho 4 es el más aceptado rescatando todas las características organolépticas otorgándole 93 %, equivalente a muy bueno.
- El análisis fisicoquímico del destilado realizado en el Centro Vitivinícola Tarija “CEVITA” demostró que el singani tuvo todos sus valores conformes según la norma Boliviana 322002: 2015 Singanis-Requisitos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio comparativo con otras variedades de uvas, realizando comparaciones entre dos o tres variedades de uva específicas seleccionadas para el efecto de la fermentación con orujo y sin orujo del vino base sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del singani.
- Realizar análisis azúcares, acidez y pH durante el proceso de maduración para determinar el momento exacto de la vendimia y evitar cosechas tempranas o tardías que afectan a los aromas que presentan la uva.
- Brindar asesoramiento a los productores a nivel artesanal, tanto en el proceso de vinificación como en el proceso de destilación, para poder obtener un singani puro aromático.

