

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

**SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN VINOS  
ELABORADOS EN EL VALLE DEL ITATA MEDIANTE EL EQUIPO LYZA  
5000 WINE**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Técnico Universitario en QUÍMICA,  
MENCIÓN QUÍMICA INDUSTRIAL.

Alumna:

Fernanda Macarena Constanzo Rivas

Profesor Guía:

Rafael Solar Arcos

**2021**

## **RESUMEN**

### “PARÁMETROS DEL VINO”, “VALLE DEL ITATA”

El vino es una de las bebidas alcohólicas más exportadas a nivel mundial. En Chile, se producen más de mil millones de litros en todas las zonas vitícolas dedicadas a este arte. Uno de estos lugares corresponde al denominado Valle del Itata, lugar ancestral y corazón viñatero de la zona centro sur del país.

En el año 2021, el Departamento de Química y Medioambiente de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Concepción decide llevar a cabo un proyecto a modo de potenciar su vinculación con el medio a través de colaboraciones técnicas con pequeños productores del Valle del Itata. Para esto fue adquirido un equipo analizador FTIR, el cual es capaz de analizar multiparámetros del vino de forma rápida y precisa.

En la presente memoria se llevó a cabo una recopilación de las principales características de este lugar junto con la revisión de los componentes más relevantes del vino y sus parámetros. Para la determinación de estos parámetros se utilizó el equipo FTIR LYZA 5000 WINE en muestras de vinos elaborados en la zona del Valle del Itata, a modo de caracterizarlos como productos únicos en su especie. Con el objetivo de contrastar los resultados entregados por el equipo, igualmente se realizaron los mismos ensayos mediante métodos tradicionales de laboratorio.

## ÍNDICE DE TEMAS

<b>CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO</b> .....	3
<b>1.1. EL VINO</b> .....	4
1.1.1. Composición Química.....	4
1.1.1.1. Carbohidratos.....	5
1.1.1.2. Ácidos Orgánicos.....	6
1.1.1.3. Sustancias Minerales.....	6
1.1.1.4. Compuestos Nitrogenados .....	6
1.1.1.5. Otros Componentes.....	7
1.1.2. Proceso de Producción .....	8
1.1.2.1. Vendimia.....	8
1.1.2.2. Vinificación en cepas blancas.....	9
1.1.2.3. Vinificación en cepas tintas .....	11
1.1.2.4. Últimas etapas y Embotellado .....	13
1.1.3. Parámetros Fisicoquímicos .....	14
1.1.3.1 Densidad (20°C).....	14
1.1.3.2. Grado Alcohólico Volumétrico .....	15
1.1.3.3. Extracto Seco Total.....	15
1.1.3.4. Fructosa y Glucosa.....	15
1.1.3.5. Ácido Glucónico .....	16
1.1.3.6. Ácido Málico .....	16
1.1.3.7. Ácido Tartárico .....	16
1.1.3.8. Ácido Láctico.....	16

1.1.3.9.	Glicerol .....	17
1.1.3.10.	pH.....	17
1.1.3.11.	Azúcares Reductores.....	17
1.1.3.12.	Acidez total .....	17
1.1.3.13.	Acidez Volátil .....	18
1.1.3.14.	Polifenoles Totales.....	18
<b>1.2.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL VALLE DEL ITATA.....</b>	<b>19</b>
1.2.1.	Llegada del Vino .....	19
1.2.2.	Geografía.....	20
1.2.3.	Suelos y Clima .....	21
1.2.4.	Vinificación en el Valle .....	22
1.2.4.1.	Tradiciones en el viñedo .....	22
1.2.4.2.	Cambios en la bodega .....	23
1.2.5.	Cepas Patrimoniales .....	23
1.2.5.1.	Moscatel de Alejandría .....	24
1.2.5.2.	Torontel.....	25
1.2.5.3.	Chasselas.....	26
1.2.5.4.	Cinsault .....	26
1.2.5.5.	País.....	27
1.2.5.6.	Carignan.....	28
1.2.5.7.	Otras cepas relevantes.....	28
<b>CAPÍTULO 2:</b>	<b>METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS</b>	
<b>PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL VINO.....</b>	<b>4</b>	

<b>2.1. EQUIPO LYZA 5000 WINE</b> .....	31
2.1.1. Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier .....	32
2.1.2. Funcionamiento del equipo .....	32
2.1.3. Parámetros medibles por el equipo .....	34
<b>2.2. MÉTODOS TRADICIONALES DE DETERMINACIÓN</b> .....	35
<b>CAPÍTULO 3: PARTE EXPERIMENTAL Y RESULTADOS</b> .....	31
<b>3.1. MUESTRAS</b> .....	38
3.1.1. Procedimiento .....	38
<b>3.2. RESULTADOS</b> .....	38

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1-1. Componentes de un vino seco excluyendo al agua y etanol. [10]

Figura 1-2. Racimos cosechados

Figura 1-3. Proceso de producción para cepas blancas.

Figura 1-4. Mosto en fermentación.

Figura 1-5. Proceso de producción para cepas tintas.

Figura 1-6. Florida, Chile.

Figura 1-7. Vid sin sistema de conducción y creciendo en secano.

Figura 1-8. Uva Moscatel de Alejandría.

Figura 1-9. Uva Cinsault.

Figura 1-10. Uva País.

Figura 2-1. Equipo LYZA 5000.

Figura 2-2. instrumentación del espectrómetro IR con rayo doble (arriba) y un solo haz (abajo).

Figura 2-3. Funcionamiento del equipo LYZA 5000.

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2-1: Parámetros medidos por el equipo LYZA 5000 WINE

Tabla 2-2: Parámetros del vino junto con sus métodos de determinación.

Tabla 3-1: Resultados de las muestras analizadas con el equipo LYZA 5000.

## **SIGLAS Y SIMBOLOGÍA**

%: porcentaje

°C: grados Celsius

BAL: bacterias ácido-lácticas

cm: centímetros

FML: fermentación maloláctica

FTIR: Infrarrojo por transformada de Fourier

g: gramos

IR: infrarroja

km: kilómetro

L:litro

m/m: masa/masa

m: metro

mg: miligramo

mmHg: milímetros de mercurio

OIV: Organización internacional de la viña y el vino

SAG: servicio agrícola y ganadero

UTFSM: universidad técnica Federico Santa María

YAN: yeast assimilable nitrogen

## INTRODUCCIÓN

El vino es una de las bebidas alcohólicas más antiguas del mundo. Su origen se remonta a tiempos muy antiguos en que los egipcios, sumerios y persas poblaban la tierra. Desde entonces, el arte de su fabricación se ha ido perfeccionando hasta obtener los grandes estándares de calidad que se conocen en la actualidad. Gran parte de este resultado se le asocia a la química, ciencia que se ha encargado de estudiar la composición de la uva y el vino en sus ánimos de dilucidar cuales son las sustancias que dotan de tan únicas cualidades a esta bebida.

El análisis del vino es una herramienta esencial para los viticultores. El resultado analítico de parámetros tal que la acidez total, pH, nivel de ácido láctico, cantidad de azúcares, entre otros, les permiten evaluar factores como la estabilidad microbiana y el desempeño de las fermentaciones que ocurren durante la vinificación. Además, les confiere ventaja ante el mercado competitivo nacional e internacional al estar preparados ante las demandas regulatorias.

La industria vitivinícola chilena recibe el cuarto lugar como exportadora a nivel mundial. Desde el norte del país hasta la zona austral, se dedican miles de hectáreas al cultivo de las vides. Uno de los mayores exponentes no es otro que el Valle del Itata ubicado en la región del Ñuble. Este territorio se caracteriza por sus cepas patrimoniales, que aprovechan las condiciones climáticas y geológicas para crecer mayoritariamente sin un sistema de conducción y sobreviviendo solo con el agua de las lluvias de invierno.

A pesar del potencial de esta zona y su facultad de convertirse en gran exportador de vinos especiales, aún hay muchos viñedos que no tienen acceso a tecnologías ni al apoyo de entes públicos. Peor aún, no cuentan con la opción de acceder a laboratorios enológicos, ya sea por motivos monetarios o desinformación.

Razón de esto último, nace la voluntad de ayudar a pequeñas asociaciones de productores por iniciativa del Departamento de Química y Medioambiente de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción. Para esto, fue adquirido un equipo analizador FTIR denominado LYZA 5000 WINE, el cual se empleará en el presente trabajo para la caracterización de vinos provenientes del Valle del Itata, y así otorgarles reconocimiento como productos únicos en su especie. Además, se complementarán estos resultados con métodos de ensayo tradicionales de laboratorio, a modo de contrastar los entregados por el equipo.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

Determinar parámetros fisicoquímicos en vinos elaborados con uvas cultivadas en el Valle del Itata utilizando el equipo LYZA 5000 WINE.

### **Específicos:**

1. Dar a conocer los principales componentes químicos del vino, así como su proceso de producción.
2. Caracterizar al Valle del Itata como lugar de patrimonio ancestral en lo que respecta al vino y sus cepas.
3. Definir parámetros fisicoquímicos del vino junto con sus respectivas técnicas de determinación.
4. Determinar parámetros fisicoquímicos de vinos elaborados en el Valle del Itata utilizando modelos quimiométricos preestablecidos del equipo LYZA 5000 WINE.

## **CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO**

## 1.1. EL VINO

“El vino es, exclusivamente, la bebida resultante de la fermentación alcohólica, completa o parcial, de uvas frescas, estrujadas o no, o de mosto de uva. Su contenido en alcohol adquirido no puede ser inferior a 8,5% volumen.”[7]

### 1.1.1. Composición Química

El vino seco o vino de mesa se define como una solución hidroalcohólica, de pH 3 a 4, producto de la fermentación alcohólica del jugo o mosto de uva madura. [8]

La uva es el fruto de la vid, planta perteneciente a la familia de las Vitáceas. Para transformarse en vino, esta baya pasa por una serie de etapas comenzando por la cosecha. Mientras se lleva a cabo el proceso de elaboración e incluso durante su posterior almacenaje, el vino sigue sufriendo alteraciones en su composición química. [8]

Los dos componentes principales que representan aproximadamente un 86 %, y un 11 % m/m respectivamente, son agua y etanol. El etanol presente en el vino se forma cuando ocurre la fermentación de las hexosas (glucosa y fructosa). La ecuación que describe esta reacción es:  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CH_3CH_2OH + 2 CO_2\uparrow$  [8]

El 3 % restante de los componentes corresponde a las sustancias responsables de las propiedades sensoriales del vino, como el sabor, aroma y color. Algunas de estas son el glicerol, metanol, ácido acético, ácidos orgánicos, acetaldehído, entre otros (Figura 1-1). [8]

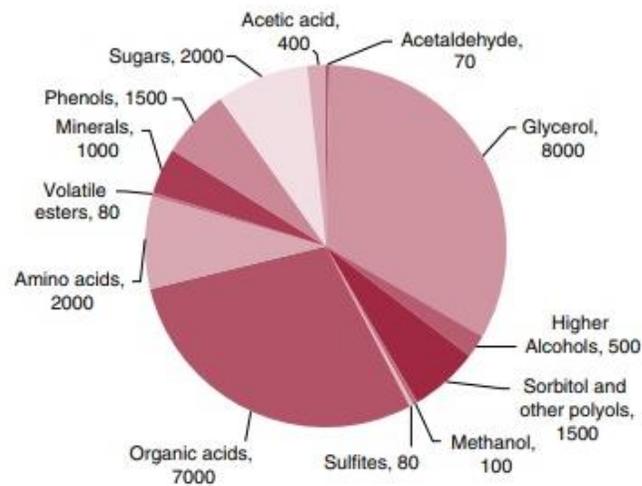


Figura 1-1: Componentes de un vino seco excluyendo al agua y etanol. [8]

A continuación, se describirán brevemente los principales grupos de componentes que forman parte del vino.

#### 1.1.1.1. Carbohidratos

Comúnmente llamados azúcares, son moléculas compuestas por los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno. Los más simples son los monosacáridos, que incluyen a las cetosas y aldosas. La fórmula empírica de estas moléculas es  $C_x(H_2O)_x$ . En el vino, las pentosas y hexosas son las más frecuentes. [8]

Los carbohidratos que forman parte del vino son los azúcares residuales, que pueden ser producto de la fermentación incompleta de la levadura, o bien, azúcares que no son fermentables. Asimismo, pueden deberse al endulzamiento con sacarosa u otras fuentes cuando finaliza la fermentación. Los que se encuentran en mayor concentración son fructosa, glucosa, sacarosa, arabinosa y galactosa. [8]

#### 1.1.1.2. Ácidos Orgánicos

Los ácidos orgánicos son ácidos débiles formados por una cadena de carbono y al menos un grupo de ácido carboxílico -COOH. Los que se encuentran en mayor proporción en el vino son: acético, cítrico, láctico, málico, succínico y tartárico. Estos pueden provenir de la uva, o puede que se hayan formado por metabolismo microbiano, e incluso, por adición de parte de los productores de vino (acidificación). [8]

#### 1.1.1.3. Sustancias Minerales

Un mineral es una sustancia sólida de origen natural, composición química definida y estructura atómica ordenada. Son los principales componentes de las rocas y se pueden categorizar en función de su abundancia. Algunos minerales son silicio, hierro, magnesio, aluminio, calcio, sodio y potasio, etcétera. [8]

En el vino, los minerales son principalmente provenientes de la baya de la uva. El mineral disuelto más abundante en el vino deriva de sales de potasio, así como también de sales de hierro, sodio, cobre, calcio, magnesio, aluminio, manganeso y zinc, pero con menor contribución. [8]

#### 1.1.1.4. Compuestos Nitrogenados

Las aminas son una clase de compuestos derivados del amoníaco. Se caracterizan por la presencia de un átomo de nitrógeno junto con un solo par de electrones. La presencia de este par de electrones les confiere comportamiento de bases débiles. [8]

En la uva y el vino, las especies que contienen grupos aminos son el amoníaco, los aminoácidos, las proteínas y compuestos oligopéptidos. Dentro de esta clase de compuestos se encuentra el concepto de “YAN” que se refiere a la fuente de nitrógeno asimilable por las levaduras durante la fermentación alcohólica. Debido al YAN es que la

concentración de compuestos aminos en los vinos es generalmente menor que en el mosto. [8]

#### 1.1.1.5. Otros Componentes

Aparte de los ya mencionados, existen otros muchos compuestos presentes en el vino, como los alcoholes superiores. Este término se refiere a alcoholes volátiles con más de dos átomos de carbono que son producto secundario del metabolismo de los aminoácidos de la levadura. Algunos de estos son el isobutanol, alcohol isoamílico y metionol. [8]

El metanol también es otro tipo de compuesto que forma parte del vino y deriva de la hidrólisis ácida o enzimática de residuos metilados de ácido galacturónico de pectina, un importante polisacárido de la uva. Su concentración es regulada en muchos países debido a su toxicidad. [8]

También están los ésteres, que, a pesar de su baja concentración en el vino (menor que un 0,1 % m/m), son característicos de su aroma. Los ésteres no se encuentran en la uva, sino que se forman durante la fermentación y el almacenamiento del vino. Los dos más importantes son los ésteres etílicos y de acetato. [8]

El dióxido de sulfuro,  $\text{SO}_2$ , es un compuesto que se utiliza por los productores de vino como preservante debido a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Una pequeña parte de su concentración se a la formación de  $\text{SO}_2$  al término de la fermentación alcohólica, pero la mayoría es añadida exógenamente antes o después de la fermentación, en forma de metabisulfito de potasio o como  $\text{SO}_2$  gaseoso. La concentración total en vinos comerciales es de aproximadamente 80 mg/L para blancos y 60 mg/L para tintos. [8]

Otro tipo de componentes presentes en el vino son los fenoles. El término fenol abarca los compuestos con grupos hidroxilo unidos a anillos aromáticos. Estos provienen de la piel y semillas de la uva, así como también del roble u otras maderas usadas en el proceso de añejamiento del vino. La concentración de fenoles en el vino es bastante variable, pero comúnmente se encuentra a 200 mg/L equivalentes de ácido gálico en vinos blancos, y a 2000 mg/L en tintos listos para beber. A este grupo de compuestos se les asocia características como el color del vino, la textura, astringencia y amargor. [8]

### 1.1.2. Proceso de Producción

El proceso de producción del vino engloba todas las técnicas y tecnologías usadas en la transformación de las uvas a la bebida alcohólica. Principalmente se enfoca en la vinificación, seguido de una serie de cambios fundamentales producto de la extracción y del metabolismo microbiano de un sinfín de otros componentes de la uva. Las técnicas de producción dependen exclusivamente del tipo de vino que se quiera obtener y del tipo de uva, blanca o tinta, a utilizar. [12]

En seguida, se describirá el flujo de trabajo general por los que pasa la uva desde que se encuentra madura y lista para cosechar, hasta que se convierte en vino.

#### 1.1.2.1. Vendimia

A pesar de que el proceso de vinificación de cepas blancas difiere del proceso para cepas tintas, ambos comienzan con la vendimia de la uva, etapa en la que se cosecha el fruto una vez que alcanza su madurez. Esto depende exclusivamente del tipo de cepa, ya que todas tienen diferentes tiempos de maduración. En Chile, la vendimia inicia a fines de febrero para cepas de madurez temprana, y a finales de abril para cepas de madurez tardía. [12]

Durante el proceso de maduración el fruto sufre bastantes cambios que modifican considerablemente la composición de la uva. Debido a esto es que la elección del momento para efectuar la vendimia es el que define la calidad, el tipo y las características deseadas para el vino. Generalmente los viticultores se basan en dos parámetros para decidir cuándo realizar la cosecha: el contenido en azúcares y el contenido en ácidos. [12]

La importancia del contenido en azúcares de la uva radica en que la glucosa y fructosa son transformadas en etanol durante la fermentación alcohólica. En lo que concierne a la acidez, esta es fundamental puesto que previene el desarrollo de microorganismos dañinos para el vino y que se ven favorecidos con un pH más elevado. Asimismo, aporta color y equilibra otras sustancias. [12]

Mientras toma lugar la maduración, los azúcares aumentan a medida que pasa el tiempo, en cambio, los ácidos disminuyen. Una vendimia temprana de uva poco madura puede ocasionar un menor grado alcohólico en el vino y mayor acidez que la esperada. [12]

En cuanto a la forma de realizar la vendimia, puede ser de forma manual o mecanizada mediante maquinarias especiales. Una vez cosechados, los granos se depositan en cajas que son transportadas a la bodega de vinificación, en donde se pesan y examinan, y además se registra la información del fundo o productor, valle y tipo de uva, según la normativa actual. [12]



Figura 1-2: Racimos cosechados

Ya en la bodega, los racimos de uva se vuelcan en el pozo de recepción, desde el cual son transportados a los diferentes procesos dependiendo del tipo de cepa.

#### 1.1.2.2. Vinificación en cepas blancas

Una vez los granos de uva de cepas blancas se encuentran en el pozo de recepción, estos pueden previamente someterse a una etapa de despalillado y molienda, o pueden trasladarse de forma directa al proceso de prensa. [12]

**Despalillado y Molienda:** etapa en que los racimos de uva se descobajan y el grano se muele a través de rodillos. Para esto es utilizado un cilindro con perforaciones por las que pasa el mosto y la uva molida, mientras que el escobajo sigue el trayecto hasta el fin del cilindro donde es apartado. Si se decide realizar esta etapa, la uva molida con el mosto puede pasar a prensa, o se pueden someter a un acondicionamiento en frío añadiendo opcionalmente un tiempo de maceración. [5]

**Prensado:** aquí los racimos enteros o la uva derivada de la molienda se someten a una prensa neumática de presión variable. En esta etapa se añade anhídrido sulfuroso con la finalidad de mantener la estabilidad microbiana del vino. También se pueden agregar enzimas pectolíticas que favorecen la decantación, y enzimas especiales que quitan aromas en la fase de maceración. [5]

**Clarificado:** anterior a la fermentación y para obtener vinos finos, libres de aromas y sabores no deseados, el mosto se clarifica dejándolo decantar en cubas con temperaturas bajas. El intervalo de decantación lo define la variedad de la uva y el proceso que se esté llevando a cabo. Terminada esta etapa, los sólidos que decantaron se filtran para recobrar el mosto que se mezcló con ellos. [12]

**Fermentación Alcohólica:** en esta parte viene quizás la etapa más decisiva del proceso de vinificación, la fermentación alcohólica. Como se explicó anteriormente, esta consiste en la transformación de la glucosa y la fructosa de la uva en alcohol etílico y dióxido de carbono en estado gaseoso. Todo este proceso bioquímico se produce gracias a las levaduras que están unidas al hollejo de la uva, que, pese a no estar presente en la fermentación durante la producción de vino blanco, el hollejo estuvo previamente en contacto con el mosto en las etapas anteriores. [12]

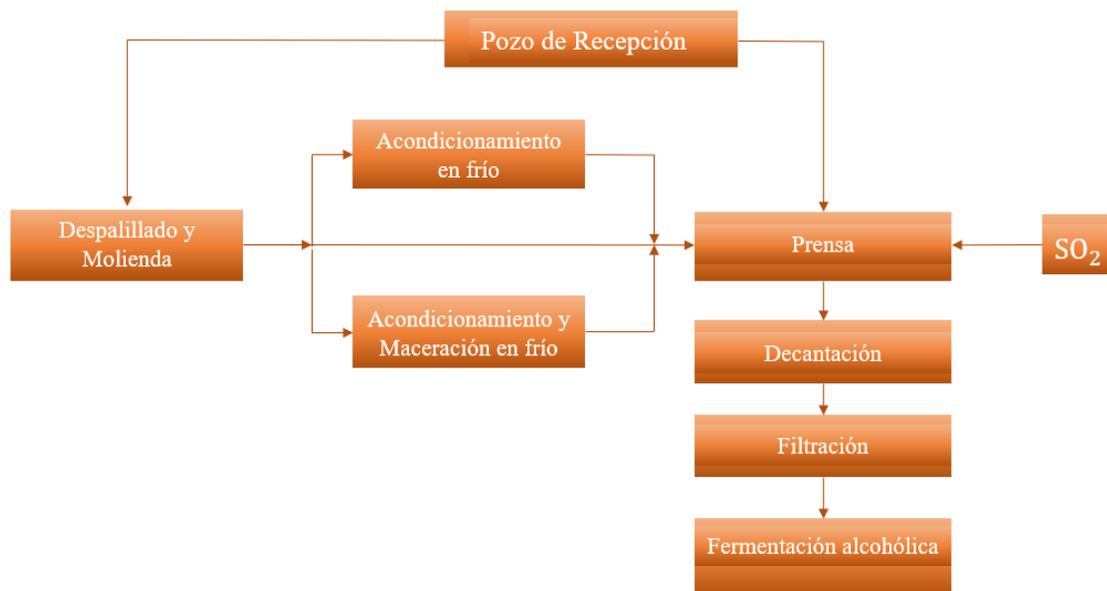


Figura 1-3: Proceso de producción para cepas blancas.

#### 1.1.2.3. Vinificación en cepas tintas

**Despalillado y molienda:** los racimos de uva tinta pasan si o si por esta etapa, siendo este el mismo procedimiento que se explicó para cepas blancas. [12]

**Fermentación alcohólica:** mismo proceso que para cepas blancas, excepto que se deben realizar remontajes” del mosto. Esta labor consiste en sacar mosto desde la zona inferior de la cuba y añadirlo en la parte superior, donde están los orujos. Se hace con el propósito de extraer otros compuestos químicos característicos del vino tinto y a la vez igualar la coloración de todo el mosto. [12]



Figura 1-4: Mosto en fermentación.

**Descube:** etapa donde la cuba usada para el proceso de fermentación alcohólica se vacía y se aíslan los hollejos del vino. Este último se traspasa a otras cubas para el comienzo de la fermentación maloláctica. El hollejo aislado se puede prensar para obtener el denominado “vino prensa”, producto secundario del proceso con distintas propiedades a las del “vino gota”, que es el que se obtiene luego de la fermentación alcohólica. Ambos se almacenan en cubas diferentes. [12]

**Fermentación maloláctica (FML):** es el segundo proceso de fermentación para vinos tintos. En este caso, las bacterias ácido-lácticas (BAL) convierten el ácido málico en ácido láctico, haciendo que el vino tenga un sabor más grato al paladar junto con un mejor aroma y menor acidez total. Esta es la principal herramienta biológica para desacidificar el vino y que también conlleva una elevación del pH. [8]

**Trasiego:** después de esta segunda fermentación viene el trasiego, que consiste en agregar anhídrido sulfuroso. [12]

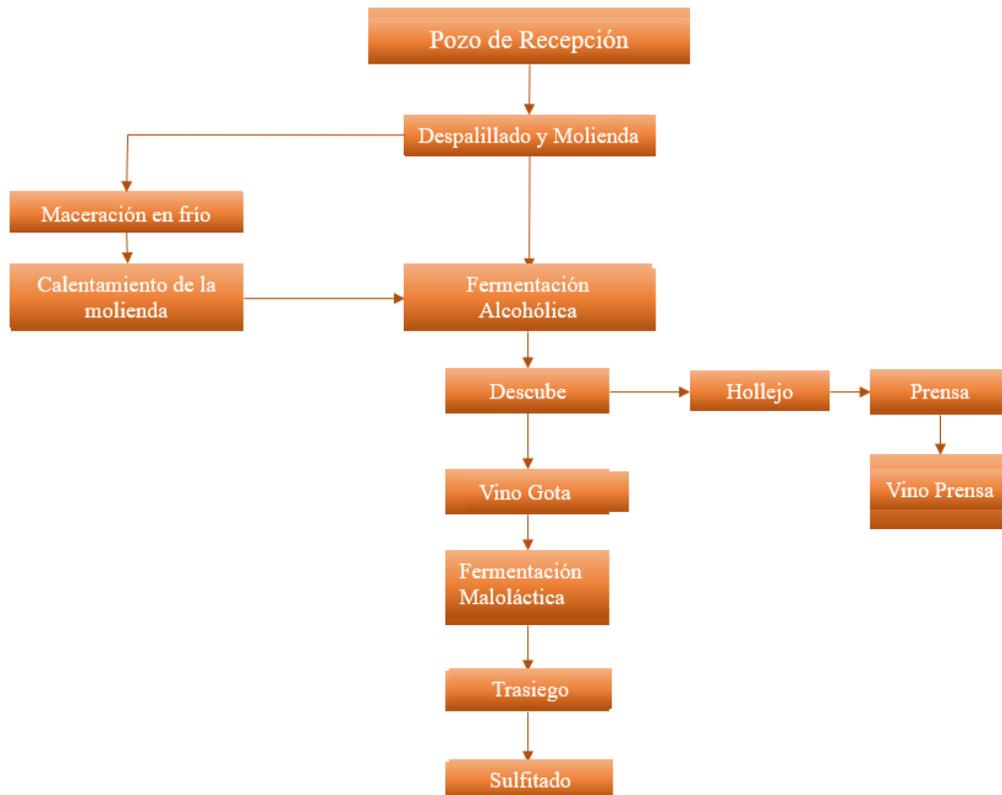


Figura 1-5: Proceso de producción para cepas tintas.

#### 1.1.2.4. Últimas etapas y Embotellado

Luego de la vinificación procede una sucesión de etapas que son la clarificación, estabilización, filtración y finalmente, el proceso de embotellado del vino.

**Clarificación:** etapa en la que se eliminan sustancias ajenas al vino para mejorar su aspecto y obtener una apariencia cristalina y traslúcida., lo cual se logra con productos que pueden ser de naturaleza orgánica, mineral, vegetal o sintética. Estos interactúan con los sólidos que el vino posee en suspensión, como residuos de levaduras, desechos de células de la uva, bacterias, coloides, etc., sin alterar la composición química del vino. [12]

**Estabilización:** es una serie de procedimientos físicos y químicos que permiten que la limpieza de la etapa de clarificado se mantenga y además evitan que el vino sufra alteraciones que se generan con los cambios de temperatura, la aireación y el contenido en proteínas, siendo este último el de mayor incidencia en la turbidez del vino blanco. [12]

**Filtración:** técnica que se ocupa como único proceso de clarificación, o como etapa final luego de la adición de los clarificantes. Generalmente se utiliza como la última opción, debido a que así los filtros no se saturan tan fácilmente y se aumenta el rendimiento de filtrado. Se lleva a cabo mediante la centrifugación, pero debido a su costo elevado se suele utilizar solo en bodegas que producen vinos en cadena. [12]

**Embotellado:** es el último paso en el proceso de producción. Este consiste en primero lavar y esterilizar la botella seguido de el llenado con vino. Una vez llena esta se tapona y encapsula, para finalmente etiquetar y comerciar. Cabe destacar que en Chile no solo se usa la botella para envasar el vino ya que es común encontrarlo en formato cartón y bidones de vidrio o plástico. [12]

### 1.1.3. Parámetros Fisicoquímicos

El análisis del vino es trascendental no solo para los investigadores y productores de vino, sino que también para los consumidores y la comunidad científica en general. La necesidad de su análisis nace del querer comprender las propiedades físicas y la compleja composición química que dota de singulares cualidades al vino, es decir, lo que hace que cada uno sea una bebida única e inigualable. [3]

Para este propósito, al vino se le realizan una serie de ensayos que determinan sus propiedades físicas y químicas que generalmente son realizados por laboratorios enológicos certificados. Los resultados de estas pruebas proveen a los productores vitivinícolas de datos esenciales sobre la calidad y composición de la bebida, lo que les permite ajustar el proceso de vinificación si es necesario. De igual forma, son fundamentales para órganos legislativos como el SAG, que se encargan de verificar si las bodegas cumplen con los requerimientos exigidos por la ley.

Se presentan a continuación, algunos de los parámetros fisicoquímicos más relevantes en lo que respecta a la analítica del vino. Estos son los que más adelante se analizarán con el equipo LYZA 5000 WINE.

#### 1.1.3.1 Densidad (20°C)

La densidad o masa volúmica es la masa por unidad de volumen de vino a 20 °C. Se expresa en g/mL y se denota por el símbolo  $\rho_{20^{\circ}\text{C}}$ . [6]

#### 1.1.3.2. Grado Alcohólico Volumétrico

El grado alcohólico volumétrico es el número de litros de etanol contenidos en 100 litros de vino, ambos volúmenes medidos a una temperatura de 20°C. Se expresa en % v/v. Este parámetro no corresponde a otra cosa que la medida del etanol en el vino, compuesto que hace de este una bebida alcohólica. El etanol se forma durante la fermentación alcohólica gracias a las levaduras que transforman los azúcares en esta sustancia, por lo que su nivel nos indica la condición microbiológica del vino. [8]

#### 1.1.3.3. Extracto Seco Total

El extracto seco total es el conjunto de toda la materia que no se volatiliza bajo ciertas condiciones físicas específicas. Este parámetro en el vino da cuenta del tipo y la forma de elaboración a la que se sometió. Forman parte del extracto los ácidos fijos, las sales de estos ácidos, los azúcares, la glicerina, la materia colorante, los taninos, las pectinas y las sustancias minerales. [6]

#### 1.1.3.4. Fructosa y Glucosa

Los azúcares predominantes en la uva de las diferentes variedades de vid (*Vitis vinífera*) y por consiguiente, del vino y derivados, son la glucosa y la fructosa. La presencia de estos azúcares en el vino indica el nivel de fermentación que tuvo el mosto durante la vinificación y si hubo adición de este. Además, se utiliza para la clasificación de los vinos y en certificación de indicaciones geográficas y de exportación. [3]

#### 1.1.3.5. Ácido Glucónico

El ácido glucónico es un ácido orgánico de forma molecular  $C_6H_{12}O_7$ . A concentraciones altas puede indicar la presencia de uva infectada con botrytis. Este es un hongo que ocasiona la podredumbre en las uvas y se conoce comúnmente como moho gris. [8]

#### 1.1.3.6. Ácido Málico

El ácido málico proviene de las uvas. Este es transformado a ácido láctico durante la FML. Se suele encontrar mayor concentración de ácido málico en vinos blancos que en tintos, ya que estos últimos se someten a la fermentación maloláctica con mayor frecuencia. Su presencia en el vino recuerda olor a manzana verdes y se asocia a una fermentación maloláctica incompleta o no existente. [8]

#### 1.1.3.7. Ácido Tartárico

El ácido tartárico es el ácido característico de las uvas y el vino. La acidez total del vino depende mucho de su riqueza en ácido tartárico por ser este el mayor liberador de iones  $H^+$ . Supone del 25 al 30% de los ácidos totales del vino y es el más resistente a la descomposición por bacterias. Este ácido se suele utilizar para acidificar el mosto durante la vinificación, pero su valor final siempre será menor debido a que precipita como bitartrato de potasio. [8]

#### 1.1.3.8. Ácido Láctico

El ácido láctico es producto de la fermentación maloláctica y su determinación es de interés para evaluar el correcto progreso de esta. Los enólogos asocian su presencia en el vino con sabores lechosos. [6]

#### 1.1.3.9. Glicerol

La glicerina o glicerol, es un alcohol glicólico de fórmula química  $C_3H_8O_3$ , que forma la base de los ácidos grasos en los lípidos. Se crea por acción de las levaduras como excremento o residuo metabólico del microorganismo antes de su muerte que luego es catalizado por la enzima glicerol-3-fosfato deshidrogenasa (GPDH). Es un indicador de calidad del vino acabado, muy importante para la sensación en boca. Concentraciones importantes de glicerol contribuyen a la dulzura, cuerpo y plenitud del vino. [8]

#### 1.1.3.10. pH

Por definición, el pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno. En el vino corresponde a la medida de su energía ácida. Su valor tiene singular importancia en la fermentación, conservación y carácter final de un vino. Los vinos presentan un pH variable entre 2,9 y 4. [6]

La estabilidad de un vino, la fermentación maloláctica, el sabor ácido, el color, el potencial redox y la relación de dióxido de azufre libre y total están estrechamente relacionados con el pH del vino. [3]

#### 1.1.3.11. Azúcares Reductores

Los azúcares presentes en un vino provienen de los mostos de las uvas, aunque también pueden deberse a la adición de edulcorantes durante su elaboración. Los azúcares provenientes de los mostos sufren una transformación durante el proceso de fermentación, dando como resultado alcohol. Luego de este proceso suelen quedar restos de azúcares que no han sido transformados denominados azúcares reductores. [6]

#### 1.1.3.12. Acidez total

Todos los vinos tienen reacción ácida. La acidez del vino modifica el sabor, el color y la estabilidad microbiológica (a mayor acidez, mayor dificultad para el desarrollo de bacterias). [3]

La acidez total es la suma de la acidez volátil y fija. Los ácidos fijos que más influyen son el tartárico, el málico y el cítrico. Mientras que el ácido acético, el láctico y el succínico son los ácidos volátiles más importantes. La zona, la variedad, la fecha de cosecha, la ocurrencia de la fermentación maloláctica, la presencia de algunas enfermedades, provocan una variación en los valores normales de acidez. [8]

#### 1.1.3.13. Acidez Volátil

La acidez volátil está formada por los productos secundarios de la fermentación alcohólica. Estos son principalmente los ácidos acético, fórmico, propiónico y butírico. Se excluyen de la acidez volátil los ácidos láctico y succínico, como así también el anhídrido carbónico, el ácido carbónico y el anhídrido sulfuroso (ácido sulfuroso). Durante el transcurso de la fermentación maloláctica también se genera acidez volátil. La valoración de este parámetro tiene valor de diagnóstico del estado microbiológico del vino. [8]

#### 1.1.3.14. Polifenoles Totales

Los polifenoles son un conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de poseer en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxílicas. [8]

Los compuestos fenólicos del vino incluyen, entre otros, a los ácidos fenólicos (cumarínico, cinámico, cafeico, gentísico, ferúlico y vanílico) y flavonoides (catequinas, quercitina y resveratrol), los que son sintetizados por vía metabólica común a partir de la fenilalanina. Todos provienen de las uvas moradas, particularmente de su piel, que los producen como una forma de protección contra las relativamente altas temperaturas a que están expuestas. [8]

## 1.2. CARACTERIZACIÓN DEL VALLE DEL ITATA

Itata es una palabra de origen mapuche que significa pastoreo abundante. Este lugar fue tierra de caciques hasta la invasión española en el siglo XVI. Desde entonces, la zona ha sufrido varios cambios administrativos, siendo el último el 20 de agosto de 2017, fecha en la cual se firmó la ley 21.033 que crea la Región del Ñuble y sus tres provincias: Punilla, Diguillín e Itata. [11]

Tal como lo indica su nombre, Itata ha sido tierra de agricultura desde siempre, donde hombres y mujeres viven de estas actividades, siendo una de las principales la producción de vinos caseros a partir de viñas cultivadas en estas tierras, cuyo oficio y tradición se mantiene firme hasta el día de hoy. [11]

### 1.2.1. Llegada del Vino

La llegada del vino a esta zona se remonta al siglo XVI junto con la llegada de los españoles y las cepas que estos trajeron consigo. En documentos inéditos del año 1551 se obtienen los primeros registros que datan de una viña plantada por Diego de Oro en la zona de Penco, cuyas anotaciones informan que se trata de un vino grueso, fuerte y bronco. [11]

Posteriormente, la corona española fue asignando más tierras a sus fieles capitanes y soldados a modo de recompensa, territorios que fueron dedicados a labores agrícolas, entre ellas, la plantación de vides. El cultivo de estas viñas avanzó por los cerros y valles costeros entregando un producto cuya fama no se hizo esperar, ya que hay registros escritos por cronistas y viajeros que desde 1557 dan cuenta del buen vino producido en la zona. [11]

Así entonces es como se comienza a expandir el cultivo de vides por todo el territorio que hoy se conoce como Valle del Itata, cuya geografía y climatización favorecieron el crecimiento de las cepas que se adaptaron a la nueva tierra fértil para madurar y con ellas producir vinos, que en la actualidad son objeto de premios y alabanzas internacionales. [11]

### 1.2.2. Geografía

Según el decreto N° 464, Zonificación vitícola y Denominación de origen, el valle del Itata forma parte de la región vitícola del sur y comprende las comunas de Chillán, Coelemu, Ránquil, Quillón, Portezuelo, Ninhue, Trehuaco, Quirihue, San Nicolás, Bulnes y San Carlos, además de la comuna de Florida, perteneciente a la región del Bío Bío. La mayoría de estas comunas (a excepción de Florida) forman parte de la actual XVI región del Ñuble, con capital Chillán, ubicada en la zona centro-sur de Chile y dividida administrativamente en tres provincias. [4]

La provincia del Itata se conforma por siete comunas: Cobquecura, Ninhue, Portezuelo, Ránquil, Coelemu, Trehuaco, y su capital, Quirihue, sumando en total 2.858 km<sup>2</sup> de superficie. Su nombre proviene del principal río que cruza la región, el cual nace en los contrafuertes cordilleranos del sector sur en la comuna de Yungay, atravesando también por Pemuco, Quillón, Bulnes, Portezuelo, Coelemu y Trehuaco, en donde desemboca al océano Pacífico. [11]

El río Itata posee una superficie aproximada de 14.000 km<sup>2</sup> y longitud de 180 km, incluyendo dos ríos formativos: el Cholguán y Huépil. El caudal anual medio va desde los 30 a los 67 m<sup>3</sup>. El Itata recorre la región de este a oeste y es gracias a él que la agricultura, consumo humano y animal, turismo y también empresas, tienen lugar. [11]

El valle del Itata se ubica principalmente entre las zonas de la Cordillera de la Costa y el Valle Central. La Cordillera de la Costa constituye lo que se conoce como el secano costero. Allí se encuentran las comunas de Quirihue y Coelemu. El Valle Central es donde hay mayor densidad poblacional ya que es donde se ubica la capital de la región, Chillán, además de San Carlos y Bulnes. [11]

### 1.2.3. Suelos y Clima

Un vino debe su calidad en gran parte a los suelos y al clima en donde crece la baya, ya que estos factores afectan de forma directa la formación y el desarrollo de la planta. [3]

La región del Ñuble se caracteriza por tener una transición desde los climas templados secos de la zona central de Chile a los climas templados lluviosos que se forman al sur de la zona del Itata. En la zona de la Cordillera de la Costa impera el clima templado con humedad constante y lluvias anuales que varían desde los 800 mm hasta los 1.000 mm. Hacia la zona del interior, las temperaturas fluctúan aún más y las precipitaciones anuales tienen un mínimo de 1.000 mm y un máximo de 1.500 mm. [11]

Los extremos de temperatura varían desde los 4°C hasta los 30 °C, produciéndose la temperatura mínima en invierno y la máxima en verano. El mes más seco y caluroso es enero, en cambio el más frío y lluvioso es julio. En general, el clima del Valle del Itata es de tipo mediterráneo, es decir, con elevadas temperaturas en verano, pero templado y lluvioso en invierno. Además, cuenta con primavera y otoño de temperaturas y lluvias variables. Estas propiedades logran que la vid se adecue muy bien a la zona. [11]

Los suelos del Valle del Itata provienen de la Cordillera de la Costa, constituidos principalmente por rocas metamórficas. Estos suelos son de textura arcillosa y de poca infiltración de agua. Desde lomas hasta cerros de distintos niveles y complejidades es su topografía, no obstante, estos suelos poseen propiedades extraordinarias para la viticultura. [11]



Figura 1-6: Florida, Chile.

#### 1.2.4. Vinificación en el Valle

El proceso de vinificación, junto con las formas de cultivo ancestrales del Valle del Itata, se han tenido que ir adaptando a los tiempos modernos. Lo que no quiere decir que se han dejado atrás tradiciones, ya que algunas de estas aún perduran en manos de las familias que han vivido por generaciones en el lugar.

A grandes rasgos, la vinificación se lleva a cabo de la siguiente forma: la uva se despalilla y muele para luego ser conducida a las cubas, en donde se lleva a cabo la fermentación bajo condiciones controladas. En seguida, después de una corta maceración alcohólica, el vino se trasiega para la fermentación maloláctica y posterior adición de anhídrido sulfuroso. Finalmente, una fracción del vino se almacena en barricas por aproximadamente un año y la otra queda en el estanque. [11]

##### 1.2.4.1. Tradiciones en el viñedo

En lo que respecta al viñedo y su cultivo, todavía hay quienes mantienen tradiciones como la cava y recava, labor en la que se controla la maleza y el movimiento del suelo de manera física con la fuerza del caballo y del hombre, no obstante, debido a varios factores como el envejecimiento de la población y el arduo esfuerzo físico requerido por estas labores, se ha ido reemplazando el control de malezas por un control químico. [11]

También, la mayoría de las viñas se mantienen en el secano, sobreviviendo a costa de las cada vez más escasas precipitaciones. La planta se sigue desarrollando sin requerir de un sistema de conducción, formándose en modo de cabeza, arbolito o gobelet. Además, prácticamente en todos los viñedos, el mantenimiento y la vendimia se siguen realizando a mano. [11]

#### 1.2.4.2. Cambios en la bodega

Concerniente a los procesos que ocurren en la bodega, hay mayores actualizaciones. La zaranda, antes hecha de coligue, se ha ido reemplazado por despalladoras estrujadoras mecánicas y de acero inoxidable en algunas zonas. [11]

Hay quienes siguen haciendo el proceso de fermentación en depósitos abiertos denominados lagares, pero también quienes se han modernizado y han adquirido depósitos de acero inoxidable cerrados para este propósito. Los depósitos de madera, como toneles y pipas, comúnmente eran de raulí, árbol chileno. Ahora, hay bodegas que utilizan depósitos de madera europea, como el roble francés y americano. [11]

En bodegas grandes la baya del cultivar Moscatel de Alejandría se procesa inicialmente mediante prensas neumáticas y luego se deja fermentar el mosto sin piel, lo cual significa una innovación, ya que, el grano de esta cepa al ser duro se dejaba fermentar con piel por un más tiempo para agilizar la extracción del mosto y luego se prensaba para separar el orujo. Este proceso tradicional se sigue haciendo en bodegas pequeñas y medianas. Para el proceso de prensa de cepas blancas, se han cambiado las prensas verticales de canastillo por prensas neumáticas cerradas. [11]

#### 1.2.5. Cepas Patrimoniales

Diversas son las variedades de cepas cultivadas en parte de las 10.000 hectáreas destinadas a las vides de vinos en la región del Ñuble. Las cepas cultivadas principalmente no necesitan sistema de conducción y además son variedades de secano, es decir, adaptadas a condiciones de escaso recurso hídrico. [11]



Figura 1-7: Vid sin sistema de conducción y creciendo en secano.

Según el decreto N° 464, los vinos de algunos de estos cepajes son considerados como vinos con denominación de origen, que son los fabricados con uvas provenientes de los lugares geográficos señalados en el artículo 1° de este decreto, como lo es el Valle del Itata. Las cepas pertenecientes a esta categoría y que son cultivadas en el Valle itatino son Moscatel de Alejandría, Chardonnay, Sauvignon blanc, Semillón, Torontel, Cabernet Sauvignon, Carmenère, Merlot y Syrah. Además, los vinos de las cepas Cinsault y País, según el artículo 3° bis, son considerados como vino con denominación de origen especial “Secano Interior” cuando provienen del área geográfica que se encuentra entre el río Mataquito y el río Bío Bío. [4]

A continuación, se presentan cepas cultivadas desde hace cientos de años en el Valle.

#### 1.2.5.1. Moscatel de Alejandría

Fue una de las primeras variedades en ser cultivadas en Chile, teniendo como origen la región del Mediterráneo. Cultivada y utilizada en el Norte de Chile en la composición del pisco, es en el Valle del Itata donde se produce más del 90 % de esta cepa. Posee tronco más frágil que robusto, además de muy nudoso. Es un cepaje que envejece velozmente y que brota y madura de forma tardía. [11]

Su aplicación es multipropósito, ya que va desde su utilización en destilados, vinos, vinos dulces y vinos espumantes hasta su uso en la elaboración de pasas por deshidratación de sus bayas. El vino producido por esta cepa es vinificado a bajas temperaturas, con cuerpo medio y cuyo aroma es característico gracias a los terpenos, compuestos aromáticos que hacen que su vino tenga aroma intenso y floral. [11]



Figura 1-8: Uva Moscatel de Alejandría.

#### 1.2.5.2. Torontel

Se encuentra en la zona norte, central y sur de Chile. Dentro de las características morfológicas se tiene que exhibe una hoja más bien lobulada y con su cara inferior lanosa a telaraña. De racimo grande, forma cilindra cónica compacta, posee granos medianos y carnosos, de tamaño irregular además de coloración no uniforme, tomando tonos dorados cuando maduran. [11]

Es una de las cinco cepas de mayor utilización en la zona pisquera, a pesar de ser la que se encuentra en menor superficie. No obstante, en el Valle del Itata se utiliza para producir vinos dulces y Late Harvest. [11]

Este cepaje es bastante enérgico. Su madurez es tardía pero la brotación es de producción mediana. El vino de Torontel tiene la desventaja de ser excesivamente

aromático, por lo que los clones más aromáticos se desempeñan de mejor manera como uva de mesa o empleado para destilación. [11]

#### 1.2.5.3. Chasselas

Esta cepa posee fama internacional gracias a que su temprana maduración en la temporada, y por lo tanto es la que determina el primer período de madurez. [11]

Se ubica mayormente en el sur de Chile donde se usa para la producción de vino blanco y como uva de mesa. La hoja es muy lobulada y cuenta con envés de pocos pelos. Con un racimo mediano y cilíndrico, más bien suelto que compacto. Sus bayas son de tamaño mediano, esféricas, muy jugosas y de piel delgada. Es de temprano brote y como se dijo anteriormente, de madurez precoz. El vino de Chasselas es más insípido que otros, especialmente las variedades que provienen de climas más cálidos. Existen diferentes tipos de Chasselas, como la blanca, la rosada y la moscatelizada. [11]

#### 1.2.5.4. Cinsault

Oriunda de Francia, se introdujo en Chile a finales de la década de 1940 con el fin de tener una opción diferente a la cepa País, siendo el vino Cinsault de mayor suavidad y fineza. Los racimos son grandes y cilíndricos, con uvas negras y de piel gruesa. [11]

Esta cepa es muy generosa a pesar de tener vigor medio y de que tarda en brotar y madurar. El vino de Cinsault en Chile tiene aroma frutal e intenso, con cuerpo mediano. Asimismo, se utiliza para producir espumantes. En su madre patria se usa para dar redondez y perfume a vinos de otras cepas que escasean de estas propiedades. En el Valle se suele reducir su productividad para enfocarse en extraer los compuestos nobles de la uva y así producir vinos de mayor cuerpo, intensidad y color. [11]



Figura 1-9: Uva Cinsault.

#### 1.2.5.5. País

Proveniente de las Islas Canarias, es la cepa más antigua en Chile. Alrededor de un 60% se cultiva en el valle del Itata, pero también se encuentra en el Maule y Bío-Bío, en suelos secos y minerales. De racimo compacto, grande y de granos de color azul más bien negruzco, soporta condiciones adversas como poca cantidad de agua disponible en los suelos. Su cepaje es robusto y el crecimiento es hacia abajo. Tarda bastante en madurar y brotar, pero tiene una alta resistencia a plagas y enfermedades, por lo que generalmente no necesitan de pesticidas. [11]

El vino de País es tinto, delgado y de coloración poco intensa, con aroma característico a frutos rojos y rosa mosqueta. Se dice que es el jugo de uva más bebido y la cepa más cultivada hasta que hizo su aparición la cepa Cabernet Sauvignon. Es popularmente llamada “Pipeño” y se utiliza para elaborar el vino de misa. Es la cepa que se usa para fabricar vinos artesanales sin filtrar y sin agregar sulfitos, obteniéndose la esencia del campo criollo. [11]



Figura 1-10: Uva País.

#### 1.2.5.6. Carignan

De origen español, también fue introducida en Chile como alternativa a la cepa País. En el Valle del Itata, el crecimiento es libre, sin ningún tipo de conducción y el riego es solo estacional, haciendo que se produzca una fruta silvestre, potente y concentrada. Es de maduración tardía y se cultiva en zonas de secano. Es de manejo complicado en suelos demasiado fértiles e igualmente conocida por que es vulnerable al oídio, enfermedad fúngica. Su vino es ácido y ligero, de color rojizo oscuro y brillante, y de aroma floral y frutal, que recuerda al maqui y a la guinda ácida. [11]

#### 1.2.5.7. Otras cepas relevantes

En el Valle del Itata igualmente se cultivan otros tipos de cepas que aparecieron luego de la conquista española, la mayoría oriunda de Francia. [11]

Se encuentran cepas blancas como Chardonnay, de vino aromático; Riesling, de vino ácido; Sauvignon blanc, vino aromático y fresco; Semillón, vino seco y dulce. De la misma manera, existen cepas tintas como Cabernet Sauvignon, vino de mucho cuerpo; Carmenère; Merlot, vino de cuerpo medio y suave; Malbec y Syrah, vino tinto de cuerpo medio. [11]

**CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS  
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL VINO**

## 2.1. EQUIPO LYZA 5000 WINE

Junto con el paso del tiempo se han ido desarrollando nuevas tecnologías que son de mucha relevancia para la ciencia. En el ámbito de la química analítica, las modernas técnicas de análisis permiten optimizar muchos aspectos que influyen en la calidad y fiabilidad del resultado final, como el tiempo, costo, precisión, seguridad, rapidez, selectividad y sensibilidad. [3]

Actualmente, los laboratorios químicos demandan cada vez más eficiencia, razón suficiente para motivar a las compañías fabricantes de instrumentos que se empeñan en modernizar y crear equipos que satisfagan las necesidades de sus clientes.

En el presente trabajo, la principal herramienta de análisis de los parámetros fisicoquímicos del vino fue el equipo LYZA 5000 WINE, desarrollado por la empresa Anton Paar. Este fue adquirido por el departamento de Química y Medioambiente de la UTFSM sede concepción, a modo de establecer alianzas con pequeñas asociaciones de productores del Valle del Itata.

La principal característica de este equipo es la rapidez con que analiza más de trece parámetros del vino, mosto y mosto en fermentación en menos de un minuto mediante espectroscopía FTIR. [1]



Figura 2-1: Equipo LYZA 5000.

### 2.1.1. Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier

La espectroscopía es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia. La radiación que índice en la materia es distinta a la que sale debido a la propia interacción. Esto entrega información útil sobre la estructura molecular de la sustancia en estudio. [10]

La espectroscopia FTIR se enfoca en estudiar los fenómenos que ocurren cuando la radiación infrarroja interactúa con la materia. Para esto se emiten rayos de radiación infrarroja, cuya energía es absorbida por moléculas de la materia en análisis que vibran a la misma longitud de onda que la radiación IR incidente, lo que resulta en una diferencia en la intensidad de vibración. [10]

Una espectroscopia infrarroja puede medir la absorción de la radiación infrarroja causada por un enlace en la molécula y da como resultado un espectro que se puede identificar de forma común como la transmitancia contra el número de onda ( $\text{cm}^{-1}$ ). [9]

Cuando se somete a una muestra a radiación infrarroja, esta absorbe la luz y a partir de esto crea varios modos de vibración, esto se puede relacionar directamente con la naturaleza que representan los enlaces en una molécula. Los rangos de frecuencia se pueden medir con números de onda que están por el rango de 4000 a 600  $\text{cm}^{-1}$ . [9]

### 2.1.2. Funcionamiento del equipo

El espectrómetro FTIR más común está conformado por una fuente de luz infrarroja, un interferómetro, un espacio para las muestras, un detector, una computadora y un amplificador. Esta fuente de luz produce radiación que interactúa con la muestra, recorre el interferómetro y llega al detector. Después, la señal es intensificada y convertida en señal digital, por el amplificador y el convertidor de analógico a digital. [9]

Casualmente, el interferograma se entiende como el espectro a través del algoritmo de la transformada de Fourier. El interferómetro de Michelson es el núcleo principal del espectrómetro FTIR; el interferómetro está constituido de un divisor de haz, un espejo fijo y un espejo móvil, que se pueden comunicar de un espacio a otro, con mucha precisión. El divisor de haz está fabricado de un material que puede llegar a transmitir la mitad de la radiación que lo golpea y refleja la otra mitad restante. Funciona con la teoría que la luz se recoge mediante un espejo colimador y esto produce que sus rayos sean perfectamente paralelos, lo que se relaciona con el divisor de haz, y que, como consecuencia de todo este proceso, todo se divide en dos rayos. Uno de los rayos se canaliza a través del divisor de haz al espejo fijo, el otro se refleja en el haz divisor al espejo móvil, estos dos espejos reflejan la radiación hacia atrás, al divisor de haz, lo que causa que las dos radiaciones se combinen luego en el divisor de haz, para que finalmente el rayo que sale del interferómetro interactúe con la muestra y choque con el detector. [9]

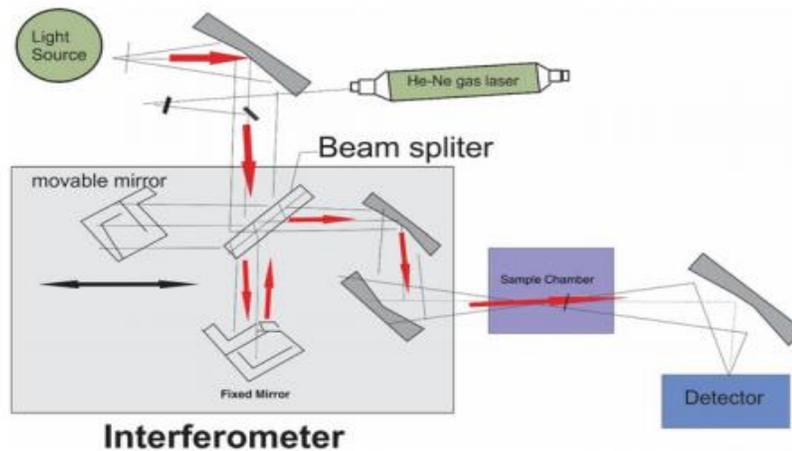


Figura 2-2: instrumentación del espectrómetro IR con rayo doble (arriba) y un solo haz (abajo).

En resumen, un FTIR recopila y digitaliza el interferograma (señal bruta), realiza la función transformada de Fourier y muestra el espectro. [2]

El LYZA 5000 es un analizador FTIR, que recopila datos de alta resolución de un espectro de absorción simultáneamente con un amplio rango espectral. La medida del

espectro de la muestra se usa para calcular la composición de ésta basándose en modelos quimiométricos incorporados. Los modelos quimiométricos proporcionados son apropiados para determinar la composición de la muestra de varias muestras líquidas como lo son mostos, mostos en fermentación y vinos. Además, el equipo posee una celda de medición de Reflexión total atenuada de doce rebotes, lo que proporciona intensidades de señal idóneas, que no se dejan influir por muestras turbias o gaseosas. [2]

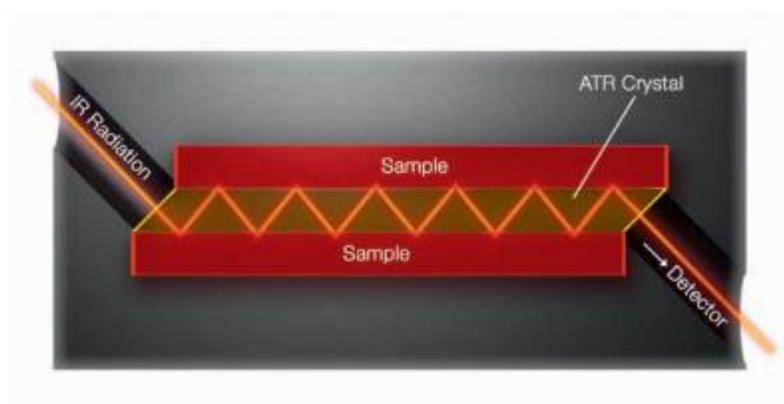


Figura 2-3: Funcionamiento del equipo LYZA 5000.

### 2.1.3. Parámetros medibles por el equipo

Tabla 2-1: Parámetros medidos por el equipo LYZA 5000 WINE

Quantity	Units	Description
Density	g/mL, g/cm <sup>3</sup> , SG	sample density at 20 °C
Ethanol	%vol, g/L, %vol 15 °C	ethanol concentration
Extract	g/L	sum of non-volatile components in sample expressed as g/L sucrose
Fructose	g/L	fructose concentration
Gluconic acid	g/L	concentration of gluconic acid
Glucose	g/L	glucose concentration
Glucose + Fructose	g/L	sum of glucose and fructose concentration
Glycerol	g/L	glycerol concentration
Lactic Acid	g/L	concentration of L-lactic acid and D-lactic acid
Malic Acid	g/L	concentration of L-malic acid
Must Weight	°Bè, °Bx, °KMW, °Oe, g/L	must weight determined from sample density
pH	n.a.	pH value
Reducing sugars	g/L	concentration of reducing sugars
Sucrose	g/L	sucrose concentration
Tartaric Acid	g/L	concentration of tartaric acid
Titrateable Acidity	g/L Tartaric Acid g/L Sulfuric Acid	corresponds to amount of total titrateable acidity to pH 7.0 or pH 8.2 expressed as equivalents of tartaric acid or sulfuric acid
Total polyphenols	g/L	concentration of polyphenols
Total sugars	g/L	sum of glucose, fructose and sucrose concentration
Volatile Acids	g/L Acetic Acid g/L Sulfuric Acid	corresponds to amount of volatile acids expressed as equivalents of acetic acid or sulfuric acid corrected for free and combined SO <sub>2</sub>
YAN	mg/L [N], mg/L [NH <sub>3</sub> ]	amount of yeast assimilable nitrogen (primary amino nitrogen, ammonium, urea)

## 2.2. MÉTODOS TRADICIONALES DE DETERMINACIÓN

Los resultados entregados por el equipo LYZA 5000 se deben contrastar mediante métodos tradicionales de laboratorio regulados por la OIV [6]. Estos se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 2-2: Parámetros del vino junto con sus métodos de determinación.

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>	<b>Fundamento</b>	<b>Referencia</b>
Densidad 20°C	Picnometría	Comparación de densidades entre dos líquidos. (agua y muestra a 20°C)	OIV-MA-AS2-01A
Grado alcohólico volumétrico	Picnometría previa destilación	Destilación de la muestra previamente alcalinizada con hidróxido de calcio. Luego medición de la densidad del destilado con el picnómetro. Calcular el % de etanol transformando la densidad utilizando una tabla.	OIV-MA-AS312-01A
Extracto seco total	Gravimetría	Absorber una muestra de vino en papel filtro y dejar secar al aire. Luego someter a 70 °C y 20 mmHg. Pesar el residuo.	OIV-MA-AS2-03A
Glucosa + Fructosa	Enzimático	La glucosa y fructosa se fosforilizan con ATP reaccionando con hexoquinasa. El producto se oxida con NADP .	OIV-MA-AS311-02
Ácido D-glucónico	Enzimático	El D-gluconato presente en la muestra es fosforilado por adenosina trifosfato (ATP) durante reacción enzimática catalizada por gluconato quinasa (GK), para producir D-gluconato 6-fosfato y (ADP).	OIV-MA-AS313-28
Ácido L-málico	Enzimático	El ácido L-málico es oxidado por NAD a oxalacetato en reacción catalizada por L-MDH.	OIV-MA-AS313-11
Ácido láctico	Enzimático	El ácido láctico total se oxida por NAD a piruvato por reacción catalizada con L-LDH y DLDH.	OIV-MA-AS313-07
Ácido tartárico	Gravimetría	Precipitación del ácido tartárico en forma de tartrato de calcio, que luego se valoriza graviméricamente.	OIV-MA-AS313-05A
Glicerol	Enzimático	La glicerina separada del vino, previa defecación, por extracción con acetona, se oxida con ácido peryódico a formaldehído. La reacción coloreada del formaldehído con la fluoroglucina permite la determinación espectrofotométrica a 480 nm.	OIV-MA-AS312-05
pH	Potenciometría	Diferencia de potencial entre el electrodo de referencia y el de lectura de pH sumergidos en el vino	OIV-MA-AS313-15
Sustancias reductoras (azúcares)	Clarificación (OIV)	El vino se puede tratar con acetato de plomo neutro o con ferrocianuro de zinc II. Luego, las sustancias se determinan por su acción reductora sobre una solución alcalina de una sal de cobre.	OIV-MA-AS311-01A
Sacarosa	HPLC	Los azúcares y el glicerol se separan por HPLC usando una columna de alquilamina y luego se detectan por refractómetro	OIV-MA-F1-04
Acidez total	Valoración potenciométrica o volumétrica	Titulación potenciométrica o titulación con azul de bromotimol como indicador y comparación con un estándar de color "end-point".	OIV-MA-AS313-01
Acidez volátil	Valoración destilado	Los ácidos volátiles se separan del vino por destilación al vapor y luego se titulan utilizando solución estándar de hidróxido de sodio.	OIV-MA-AS313-02
Índice de Folin-Ciocalteu (polifenoles totales)	Método Folin-Ciocalteu (OIV)	Oxidación de los compuestos fenólicos por reactivo Folin-Ciocalteu.	OIV-MA-AS2-10

### **CAPÍTULO 3: PARTE EXPERIMENTAL Y RESULTADOS**

### 3.1. MUESTRAS

Se analizaron muestras de 6 vinos correspondientes a viñas de la zona de Florida. Tres corresponden a la Viña Los troncos: Cinsault 1500, Cinsault 1000 2021 y Moscatel. Los otros tres corresponden a Viña Santa Ximena: Syrah 2021, Cinsault 2021 y Syrah 2020.

Las muestras se analizaron con distintos modelos preestablecidos del equipo.

Para vinos blancos, que en esta ocasión solo era el vino de cepa Moscatel, se utilizaron los modelos ACW Blanco, Santa Rita Blanco y Ventisquero Blanco.

Para vinos tintos se utilizaron los modelos ACW Tinto, Santa Rita Tinto y Ventisquero Tinto.

Las muestras fueron tomadas con y sin filtrar. Para el filtrado se utilizó papel filtro con porosidad N°2 y bomba de vacío.

#### 3.1.1. Procedimiento

Cada vez se inyectaron aproximadamente 15 mL de muestra en el equipo. Luego se elegía un modelo preestablecido y se procedía a apretar el botón de medición en el equipo. Este realizaba la medición en no más de un minuto.

### 3.2. RESULTADOS

A continuación, se muestran los promedios de los resultados entregados por todos los modelos para cada vino.

Tabla 3-1: Resultados de las muestras analizadas con el equipo LYZA 5000.

MUESTRA / PARÁMETRO	Cinsault 1500	Cinsault 1000 2021	Moscatel	Syrah 2021	Cinsault 2021	Syrah 2020
<b>Etanol (%)</b>	12,45 ± 0,05	13,90 ± 0,15	13,3 ± 0,1	13,5 ± 0,1	12,08 ± 0,1	13,5 ± 0,1
<b>Acidez titulable (g/L)</b>	5,6 ± 0,4	5,1 ± 0,5	3,15 ± 0,05	5,5 ± 0,4	4,5 ± 0,6	5,1 ± 0,5
<b>Ácidos volátiles (g/L)</b>	0,53 ± 0,06	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,65 ± 0,07	0,6 ± 0,1
<b>Ácido málico (g/L)</b>	1,8 ± 0,1	1,2 ± 0,1	0,003 ± 0,01	1,4 ± 0,05	0,0 ± 0,0	0,9 ± 0,1
<b>Ácido glucónico (g/L)</b>	0,35 ± 0,01	0,26 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,18 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,2 ± 0,1
<b>Densidad (g/mL)</b>	0,993 ± 0,001	0,993 ± 0,001	0,993 ± 0,001	0,993 ± 0,001	0,993 ± 0,001	0,993 ± 0,001
<b>Ácido tartárico (g/L)</b>	2,3 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,5 ± 0,1	2,6 ± 0,05	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1
<b>Ácido láctico (g/L)</b>	0,96 ± 0,05	0,74 ± 0,05	1,4 ± 0,1	1,8 ± 0,06	2,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1
<b>pH</b>	3,35 ± 0,1	3,5 ± 0,1	3,8 ± 0,1	3,34 ± 0,1	3,4 ± 0,1	3,4 ± 0,1
<b>Extracto (g/L)</b>	29,9 ± 0,1	32,0 ± 0,1	31,2 ± 0,3	32,3 ± 0,3	29,0 ± 0,2	29,3 ± 0,2
<b>Azúcares totales (g/L)</b>	2,2 ± 0,4	1,7 ± 0,4	2,1 ± 0,3	4,9 ± 0,2	1,9 ± 0,4	2,4 ± 0,5
<b>Glucosa (g/L)</b>	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,45 ± 0,05	0,4 ± 0,1	0,25 ± 0,1
<b>Azúcares reductores (g/L)</b>	2,6 ± 0,3	4,3 ± 0,4	2,9 ± 0,5	5,2 ± 0,3	0,7 ± 0,2	2,2 ± 0,2
<b>Glicerol (g/L)</b>	7,9 ± 0,15	9,3 ± 0,2	7,8 ± 0,2	7,8 ± 0,1	8,4 ± 0,3	7,7 ± 0,2
<b>Fructosa (g/L)</b>	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1	2,0 ± 0,2	3,25 ± 0,15	0,4 ± 0,2	0,3 ± 0,1
<b>Sacarosa (g/L)</b>	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
<b>Polifenoles totales (g/L)</b>	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1	0,6 ± 0,1	1,08 ± 0,02	1,07 ± 0,02	1,15 ± 0,02

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Anton Paar. (s.f.). Measurement Specifications. Instruction Manual and Safety Information LYZA 5000 Wine, 32-33.
- [2] Anton Paar. (s.f.). Model Management- Optimize your Analysis. D29IA001EN-B, 1-6.
- [3] BUGLASS, Alan J. Handbook of Alcoholic Beverages: technical, analytical and nutritional aspects. West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2011. 1185 p. ISBN: 978-0-470-51202-9.
- [4] Decreto 464: Establece Zonificación Vitícola y fija normas para su utilización. Diario oficial de la República de Chile, Santiago, 26 de mayo de 1995. Última modificación 05 de noviembre de 2020. 18 p.
- [5] GRAINGER, Keith y TATTERSALL, Hazel. Wine Production: Vine to Bottle. Oxford: Blackwell Pub, 2005. 130 p. Food Industry Briefing Series. ISBN 978-1-4051-1365-6.
- [6] International Organization of Vine and Wine. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. Volume I. Paris, France: OIV, 2021. 655 p. ISBN : 978-2-85038-033-4.
- [7] International Organization of Vine and Wine. International Code of Oenological Practices. Paris, France: OIV, 2021. 435 p. ISBN 978-2-85038-030-3.
- [8] JEFFERY, David W., SACKS, Gavin L. y WATERHOUSE, Andrew L. Understanding Wine Chemistry. West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2016. 464 p. ISBN 978-1-11862-780-8.
- [9] KHAN, Shahid, KHAN, Sher, KHAN, Latif , FAROOQ, Aliya, AKHTAR, Kalsoom Y AHSIRI, Abdullah M. . Fourier Transform Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Application in Functional Groups and Nanomaterials Characterization. 2018. 10.1007/978-3-319-92955-2\_9.
- [10] MONDRAGÓN, Pedro. ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO PARA TODOS. Jalisco, México: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C, 2017. 199 p. ISBN 978-607-97548-4-6.

[11] MORA, Ziley. Chile se hace vino en el Itata. Chillán, Chile: Kushe SpA, 2020.280 p. ISBN: en trámite.

[12] ODEPA. Estudio de caracterización de la cadena de producción y comercialización de la Agroindustria Vitivinícola: Estructura, Agentes y Prácticas. [En línea] . <<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/AgroindustriaVitivinicola.pdf>> [consulta: julio 2021].