



Facultad de  
Enología y  
Gastronomía

**Universidad Autónoma de Baja California**

**Facultad de Enología y Gastronomía**

**Trabajo Terminal de Especialidad en Viticultura y Enología**

**Análisis de Acidez en Vinos Tintos**

**Tereso Bañuelos Sandoval**

**Sustentante**

**Dra. Liliana Del Rocío Castro López**

**Directora**

**Ensenada, Baja California, México**

**28 de mayo de 2025**



"2025, año del Turismo Sostenible como impulsor del Bienestar Social y Progreso"  
**Facultad de Enología y Gastronomía**



PROPUESTA DE VOTOS APROBATORIOS DEL TRABAJO DESARROLLADO EMITIDO POR EL COMITÉ DE TRABAJO TERMINAL Y FIRMADA POR SUS MIEMBROS.

## **"Análisis de Acidez en Vinos Tintos "**

TRABAJO TERMINAL

Para cubrir los requisitos necesarios para obtener el título de la

**ESPECIALIDAD EN VITICULTURA Y ENOLOGÍA**

Presentada

**Tereso Bañuelos Sandoval**

**No. 375302**

A quien el Comité de Trabajo Terminal autoriza el trabajo terminal, después de haber efectuado una revisión minuciosa del mismo y de acuerdo con el Art. 19 del R.G.E.P.E.P. las y los señores profesores emiten los siguientes votos aprobatorios mediante rúbrica:

**Dra. Liliana Del Rocío Castro López**

DIRECTOR

**M. P. A. Gricelda López González**

SINODAL

CODIRECTOR

**Dr. Víctor Alfonso Macías Carranza**

SINODAL

Ensenada, Baja California, 24 de mayo de 2025

**"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE ENOLOGÍA  
Y GASTRONOMÍA

## Dedicatoria

A mi cuñado, **Cuauhtémoc Santana Orozco**, primer especialista en Viticultura y Enología de UABC titulado, quién más que un cuñado fue un hermano en toda la extensión de la palabra. Él con su pasión, visión y entrega a la enología, no solo abrió camino, sino que sembró en mí una profunda inspiración. Gracias, Cuauhtémoc, por tu ejemplo, tu guía y tu constante motivación; por impulsarme desde el viñedo en el cielo a seguir tus pasos y a emprender mi propia travesía en la viticultura y la enología.

Finalmente, agradezco profundamente a mi esposa, **Martha Lorena Santana Orozco**, y a mis hijas, **Angélica** y **Alejandra Bañuelos Santana**, cuya presencia, amor e inspiración me impulsan a dar siempre lo mejor de mí en cada etapa de la vida.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos mis maestros de la especialidad. De manera especial, a la **Dra. Liliana del Rocío Castro López**, quien fue directora de este proyecto; a la **Mtra. Gricelda López González** y al **Dr. Víctor Macías Carranza**, sinodales de este trabajo, por su valiosa orientación y compromiso.

## Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	9
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
Materiales y Métodos	12
A.    Colecta de Muestras	12
B.    Determinación de la acidez titulable por titulación potenciométrica	12
C.    Determinación de la acidez volátil por arrastre de vapor	13
D.    Análisis estadístico	13
Resultados	17
A.    Resumen de Datos Reportados por Diversos Estudios	17
B.    Datos de vinos analizados para este proyecto	18
C.    Resumen de datos bibliográficos	18
Tablas de Datos	20
Discusión	34
Conclusión	36
Referencias bibliográficas	38

## Resumen

El presente estudio se centra en la composición del vino, con especial énfasis en los ácidos orgánicos que influyen en sus características sensoriales y estabilidad, como el sabor, el color y el aroma. Según el Código Internacional de Prácticas Enológicas (OIV, 2015), la acidificación del vino está permitida mediante la adición de ácido tartárico. Inicialmente, se iba a medir el ácido tartárico utilizando un método colorimétrico (BioSystems, 2015), pero debido a razones técnicas, se tuvo que desarrollar un método indirecto.

Primero, se realizó un análisis estadístico utilizando datos publicados por Tašev et al. (2015), De Villiers et al. (2003), Huang et al. (2017), Peres et al. (2008), Tang et al. (2013) y Heras-Roger et al. (2015). Los resultados indicaron que los ácidos tartárico, láctico y acético representan aproximadamente el 90% de los ácidos orgánicos presentes en los vinos analizados. A partir de esta observación, se derivó la siguiente ecuación:

**Ácido Tartárico + Ácido Láctico + Ácido Acético  $\approx$  90 % de los ácidos orgánicos**

Luego, se comparó la suma de las concentraciones individuales de estos tres ácidos con los valores de acidez titulable publicados por Heras-Roger et al. (2015), encontrándose una correspondencia significativa. De esta comparación se propuso la siguiente relación:

**Acidez Titulable  $\approx$  Ácido Tartárico + Ácido Láctico + Ácido Acético + Otros Ácidos Orgánicos**

De igual forma se evaluó la concentración de ácido láctico utilizando los datos de las fuentes mencionadas, determinando que este valor es relativamente constante a nivel mundial, con un promedio de 1.82 g/L. Para estimar la concentración de los "otros ácidos orgánicos", se compararon los datos de acidez titulable de Heras-Roger et al. (2015) con los resultados de los análisis de 46 vinos mexicanos y 10 vinos extranjeros. Al tomar el promedio de la acidez titulable y aplicar un factor del 10 %, se estableció un valor de 0.57 g/L para estos ácidos adicionales.

Con estos valores constantes, se simplificó la ecuación anterior para estimar la concentración de ácido tartárico de manera indirecta:

## Ácido Tartárico = Acidez Titulable – 2.39

Para validar esta fórmula, se analizaron 46 vinos mexicanos y 10 vinos extranjeros, evaluando parámetros como el pH, la acidez titulable y la acidez volátil mediante técnicas de titulación potenciométrica y arrastre de vapor.

El uso de esta ecuación permite estimar indirectamente el contenido de ácido tartárico, revelando que cuatro vinos mexicanos superan el límite de 4.0 g/L establecido por la *Organización Internacional de la Viña y el Vino* (OIV, 2015).

En conclusión, los vinos mexicanos analizados cumplen en general con los estándares internacionales. de igual modo, se demostró que la ecuación propuesta es una herramienta útil para estimar de forma indirecta el contenido de ácido tartárico a partir de los valores de acidez titulable y volátil.

Palabras clave: *Acidez titulable, Acidez volátil, Ácido tartárico, Ácido acético, Ácido láctico*

### Abstract

The present study focuses on the composition of wine, with special emphasis on the organic acids that influence its sensory characteristics and stability, such as flavor, color, and aroma. According to the International Code of Oenological Practices (OIV, 2015), acidification of wine is permitted through the addition of tartaric acid. Initially, tartaric acid was going to be measured using a colorimetric method (BioSystems, 2015), but due to technical reasons, an indirect method had to be developed.

First, a statistical analysis was conducted using data published by Tašev et al. (2015), De Villiers et al. (2003), Huang et al. (2017), Peres et al. (2008), Tang et al. (2013), and Heras-Roger et al. (2015). The results indicated that tartaric, lactic, and acetic acids account for approximately 90% of the organic acids present in the wines analyzed. From this observation, the following equation was derived:

**Tartaric Acid + Lactic Acid + Acetic Acid  $\approx$  90% of Organic Acids**

Subsequently, the sum of the individual concentrations of these three acids was compared with the titratable acidity values published by Heras-Roger et al. (2015),

revealing a significant correlation. From this comparison, the following relationship was proposed:

$$\text{Titrateable Acidity} \approx \text{Tartaric Acid} + \text{Lactic Acid} + \text{Acetic Acid} + \text{Other Organic Acids}$$

Next, the concentration of lactic acid was evaluated using data from the aforementioned sources, determining that this value is relatively constant worldwide, with an average of 1.82 g/L. To estimate the concentration of “other organic acids,” the titrateable acidity data from Heras-Roger et al. (2015) were compared with the results from the analysis of 46 Mexican wines and 10 foreign wines. By averaging the titrateable acidity and applying a 10% factor, a value of 0.57 g/L was established for these additional acids.

With these constant values, the previous equation was simplified to indirectly estimate the concentration of tartaric acid:

$$\text{Tartaric Acid} = \text{Titrateable Acidity} - 2.39$$

To validate this formula, 46 Mexican wines and 10 foreign wines were analyzed, evaluating parameters such as pH, titrateable acidity, and volatile acidity using potentiometric titration and steam distillation techniques.

The use of this equation allows for an indirect estimation of tartaric acid content, revealing that four Mexican wines exceed the 4.0 g/L limit established by the International Organisation of Vine and Wine (OIV, 2015).

In conclusion, the analyzed Mexican wines generally comply with international standards. Furthermore, it was demonstrated that the proposed equation is a useful tool for indirectly estimating the tartaric acid content based on titrateable and volatile acidity values.

*Keywords: Titrateable acidity, Volatile acidity, Tartaric acid, Acetic acid, Lactic acid*

## Introducción

El vino es una bebida compleja compuesta por una amplia variedad de compuestos químicos. Su composición incluye principalmente agua (86 %) y etanol (12 %), además de otros componentes como polifenoles, glicerol y polisacáridos (1 %), ácidos orgánicos (0.4 %), taninos (0.1 %), entre otros (Nemzer et al., 2022). Entre estos, los ácidos orgánicos son de especial interés enológico, ya que influyen en características esenciales del vino como el sabor, el color, el aroma y la estabilidad. Los principales ácidos presentes en el vino son el tartárico, málico, láctico, succínico, oxálico y acético (Scutarasu et al., 2021), siendo el tartárico y el málico los más abundantes, representando hasta el 90 % de los ácidos del mosto (Dartiguenave et al., 2000).

De todos los ácidos orgánicos, el ácido tartárico es el más importante porque constituye hasta el 40 % del total de ácidos orgánicos presentes en el vino (Heras-Roger et al., 2015). Su concentración influye directamente en la percepción sensorial del vino; un exceso de acidez puede generar una sensación áspera o verde, mientras que una acidez insuficiente puede producir un vino plano y sin vida. Además, la acidez afecta el color del vino; niveles equilibrados favorecen tonalidades brillantes como el rubí, mientras que una acidez deficiente puede resultar en colores apagados como el marrón. También la acidez actúa como conservador natural, permitiendo reducir la cantidad de sulfitos necesarios para evitar infecciones microbianas tras el embotellado.

En el ámbito regulatorio, el Código Internacional de Prácticas Enológicas permite la acidificación química del vino mediante la adición de ácido tartárico para corregir deficiencias durante la fermentación, siempre que la acidez titulable no supere los 4.0 g/L (OIV, 2016). Esta práctica también está autorizada para clarificar vinos con exceso de calcio (OIV, 2015), y puede aplicarse tanto en el mosto como en el vino terminado. Paralelamente a sus usos enológicos, el ácido tartárico posee aplicaciones relevantes en el ámbito farmacéutico. En este contexto, se emplea como laxante suave, tal como señala Brown (2016), con un rango terapéutico recomendado para adultos que oscila entre 0.6 y 2.0 gramos, según lo indicado por el *Drug Information System* (2016). De acuerdo con la

Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004), la ingesta diaria máxima sugerida es de 30 mg por kilogramo de peso corporal, lo que equivale, en una persona de 80 kg, a un máximo de 2.4 gramos. No obstante, la administración de dosis elevadas puede desencadenar efectos adversos, tales como cólicos abdominales, diarrea, vómitos e incluso daño renal (Naqvi, 2017). En este sentido, el caso más severo documentado fue el de un panadero que, tras consumir aproximadamente 30 gramos de ácido tartárico en forma de cremor tártaro y no recibir atención médica oportuna, falleció (Robertson, 1968).

Por lo tanto, el uso del ácido tartárico, así como otros parámetros técnicos en el sector vitivinícola, se encuentra bajo la supervisión de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). Esta institución surgió a partir de una iniciativa de la *Société d'Encouragement à l'Agriculture* de Francia en 1922, como respuesta a la desorganización del mercado mundial del vino. Posteriormente, en 1924, se formalizó su creación mediante un acuerdo firmado en París, que dio lugar a la Oficina Internacional del Vino (OIV, 2022). En el año 2001, dicha entidad adoptó su denominación actual y se consolidó como un organismo intergubernamental. Actualmente, cuenta con 50 Estados miembros, responsables del 86 % de la producción mundial de vino y del 71 % del consumo global, además de integrar a 18 entidades con estatus de observadores (OIV, 2023).

Entre las funciones primordiales de la OIV se encuentran: (1) el establecimiento de normas internacionales que abarcan desde la plantación de viñedos hasta el etiquetado de los productos; (2) la promoción de la investigación y la innovación tecnológica; (3) la recopilación y difusión de datos estadísticos y técnicos; y (4) el impulso a la formación mediante becas, concursos y simposios especializados (OIV, 2023).

Por su parte, la relación de México con la OIV ha sido históricamente intermitente. Inicialmente, en 1970, el país se incorporó como miembro observador, lo que le permitió acceder a información técnica sin derecho a voto. Sin embargo, en 2009 se retiró de manera no oficial, posiblemente debido a factores políticos o restricciones presupuestales. No fue sino hasta 2016 que México retomó su membresía activa, con el objetivo de elevar los estándares de calidad del vino nacional, optimizar el suministro de materia prima y potenciar las exportaciones (Gobierno de México, 2016).

En el contexto normativo nacional, el límite máximo permitido de acidez titulable en vinos es de 8 g/L, expresado como ácido tartárico (Gobierno de México, 2020). No obstante, es importante destacar que no existen mecanismos oficiales de verificación por parte de organismos gubernamentales en relación con parámetros fundamentales como la acidez titulable, el pH, el azúcar residual y la acidez volátil (García & Xirau, 2005). Dado que el ácido tartárico es el ácido predominante y con mayor fuerza en el vino, se ha optado por estimar su concentración mediante métodos indirectos, como la cuantificación de la acidez titulable y volátil.

- Desarrollar una ecuación basada en las concentraciones de ácido titulable y ácido volátil para determinar la concentración del ácido tartárico en vinos tintos.
- Validar la ecuación usando las concentraciones de ácido titulable y ácido volátil de vinos mexicanos y extranjeros.

Con base en una revisión exhaustiva de la literatura científica, se analizaron los niveles promedio de los ácidos tartárico, láctico y acético presentes en vinos tintos de distintas regiones vitivinícolas del mundo, con el fin de identificar patrones composicionales. Como resultado de este análisis, se desarrolló una ecuación que permite estimar la concentración de ácido tartárico a partir de los valores de acidez titulable y acidez volátil. Esta fórmula fue validada mediante datos obtenidos de vinos nacionales e internacionales, lo que permitió disponer de una herramienta útil para llevar a cabo análisis comparativos detallados sobre la acidez en vinos tintos. Con lo anterior se contribuye al fortalecimiento del conocimiento científico y técnico del sector vitivinícola.

### **Objetivo General**

Establecer la concentración de ácido tartárico en vinos tintos de una manera indirecta usando una ecuación matemática

### **Objetivos específicos**

- Desarrollar una ecuación basada en las concentraciones de ácido titulable y ácido volátil para determinar la concentración del ácido tartárico en vinos tintos.
- Validar la ecuación usando las concentraciones de ácido titulable y ácido volátil de vinos mexicanos y extranjeros.

## **Materiales y métodos**

### **A. Colecta de muestra**

Las muestras de vino se recolectaron directamente de las botellas y se colocaron en tubos cónicos Falcon de 15ml. Los tubos se llenaron con vino hasta el tope. Para verificar que no quedara aire atrapado, se invirtió el tubo después de llenarlo, confirmando que no se formaba ninguna burbuja en la parte cónica. Finalmente, se etiquetaron los tubos con los datos de la muestra y se almacenaron a 15 C para mantener las muestras en óptimas condiciones y preservar su integridad.

### **B. Determinación de la acidez titulable por titulación potenciométrica**

Se pipetea 10,00 mL de muestra (vino o mosto) en un vaso de precipitado y se diluye con 50 mL de agua destilada libre de CO<sub>2</sub>. Se introduce un electrodo combinado de pH previamente calibrado y se titula con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N, bajo agitación constante, hasta alcanzar un pH final de 8,20 ± 0,05 (OIV, 2020).

#### **Calibración del potenciómetro**

El potenciómetro Ohaus Modelo Starter2200 se calibró antes de cada serie de análisis utilizando soluciones buffer estándar a pH 4,00 y pH 7,00, a temperatura ambiente (20–25 °C). El electrodo debe estar limpio y la lectura debe estar estable durante 30 segundos antes de iniciar la titulación.

El volumen de NaOH consumido se registra y se utiliza para calcular la acidez titulable, expresada como ácido tartárico (g/L), mediante la fórmula:

$$\text{Acido Titulable (g/L)} = (75) (N) (V) / v \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

V = Volumen de NaOH Titulado (mL)

N = Normalidad de la solución de NaOH (0.1 N)

v = Volumen de muestra (5 mL)

### C. Determinación de la acidez volátil por arrastre de vapor

Una alícuota de 5.0 mL de muestra se coloca en el matraz y se destila con la técnica de arrastre de vapor en presencia de peróxido de hidrógeno al 0.3%, hasta recoger aproximadamente 100 mL de destilado. El destilado se recibe en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se colocan unas gotas de fenolftaleína. Posteriormente, se titula con NaOH 0,01 N hasta el viraje a rosa pálido persistente. La acidez volátil se expresa como ácido acético (g/L) y se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Acidez Volátil (g/L)} = (60) (N) (V) / v \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

V = Volumen de NaOH Titulado (mL)

V = Volumen de NaOH Titulado (mL)

N = Normalidad de la solución de NaOH (0.01 N)

v = Volumen de muestra (5 mL)

### D. Análisis estadístico

Se recopilaron las concentraciones de los ácidos tartárico, láctico, málico, succínico y cítrico reportadas por Tašev et al. (2015), De Villiers et al. (2003), Huang et al. (2017), Peres et al. (2008), Tang et al. (2013). A partir de estos datos, se calculó el valor promedio de cada ácido siguiendo el procedimiento descrito por Furey (2020). Posteriormente, se utilizaron los datos publicados por Heras-Roger et al. (2015) para determinar la concentración porcentual de cada ácido orgánico, conforme a la metodología propuesta por Furey (2023).

**Tabla 1. Suma de Porcentaje del Total de Ácidos Orgánicos**

<b>Ácido Orgánico</b>	<b>Concentración (g/L)</b>	<b>Porcentaje del total (%)</b>
Ácido Tartárico	2.5	46%
Ácido Málico	0.38	7%
Ácido Láctico	1.78	33%
Ácido Acético	0.6	11%
Ácido Cítrico	0.14	3%
Ácido Glucónico	0.03	1%
<b>Total</b>	<b>5.43</b>	<b>100%</b>

La suma de los porcentajes correspondientes a los ácidos tartárico, láctico y acético representa el 90% del total de los ácidos orgánicos terminando en Ecuación 3.

$$\text{Ácido Tartárico} + \text{Ácido Láctico} + \text{Ácido Acético} = 46 \% + 33 \% + 11 \%$$

$$\text{Ácido Tartárico} + \text{Ácido Láctico} + \text{Ácido Acético} = 90 \% \text{ (Ecuación 3)}$$

Esto indica que estos tres ácidos constituyen la mayoría de la carga ácida en los vinos tintos analizados.

Se comparó la suma de las concentraciones de los ácidos orgánicos (5.43 g/L) con la acidez titulable reportada para vinos españoles (5.16 g/L) por Heras-Roger et al. (2015). Se calculó la diferencia porcentual según Furey (2023).

**Tabla 2: Comparación de Acidez Titulable a la Suma de Ácidos Orgánicos**

<b>País</b>	<b>Número de Vinos</b>	<b>Acidez Titulable</b>	<b>Suma de Ácidos Orgánicos</b>	<b>% Dif</b>
España	250	5.16	5.43	5.10%

La diferencia del 5.10% sugiere que la suma de las concentraciones de ácidos orgánicos es comparable a la acidez titulable. Basándose en esto, la acidez titulable puede expresarse en la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez Titulable} = \text{Ácido Tartárico} + \text{Ácido Láctico} + \text{Ácido Acético} + \text{Otros Ácidos Orgánicos} \text{ (Ecuación 4)}$$

Haciendo una manipulación algebraica, la Ecuación 4 se convierte la siguiente ecuación:

$$\text{Ácido Tartárico} = \text{Acidez Titulable} - \text{Ácido Láctico} - \text{Ácido Acético} - \text{Otros Ácidos Orgánicos} \text{ (Ecuación 5)}$$

**Tabla 3: Comparación de Ácido orgánicos entre muestras de España y muestras mundiales**

		Concentración en g/L						
Región	Número de Vinos	Ácido Tartárico	Ácido Málico	Ácido Láctico	Ácido Acético	Ácido Cítrico	Ácido Succínico	Referencia
España	250	2.50	0.38	1.78	0.60	0.14		(Heras-Roger et al., 2015)
Todo el mundo	123	1.52	0.15	1.85	0.95	0.16	0.48	Tabla 14
<b>Total</b>	<b>373</b>	<b>48.8%</b>		<b>3.9%</b>				<b>% Dif</b>

Una comparación entre la concentración de ácidos orgánicos en vinos tintos reportada por Heras-Roger et al. (2015) y el promedio global presentado en la **Tabla 3** reveló una diferencia porcentual del 3.9 % en la concentración de ácido láctico. Esta baja variación sugiere que la concentración de ácido láctico en vinos tintos es bastante estable. Por lo tanto, el valor promedio de 1.82 g/L puede considerarse representativo y utilizarse en la Ecuación 2.

$$\text{Ácido Tartárico} = \text{Acidez Titulable} - 1.82 - \text{Ácido Acético} - \text{Otros Ácidos Orgánicos}$$

**Tabla 4. Comparación de Ácido Titulable de Muestras de España a Muestras de este Estudio**

País	Número de Vinos	pH	Acidez Titulable	Acidez Volátil	Referencia
España	250	3.74	5.16	0.60	(Heras-Roger et al., 2015)
México	46	3.79	5.93	0.66	Tabla 12
Mundo	10	3.69	5.41	0.47	Tabla 13
	<b>Promedio</b>	<b>3.74</b>	<b>5.67</b>	<b>0.57</b>	
	<b>Dev Std</b>	<b>0.07</b>	<b>0.37</b>	<b>0.13</b>	
	<b>% RSD</b>	<b>1.9%</b>	<b>6.5%</b>	<b>23.8%</b>	

A partir de los datos de acidez titulable reportados por Heras-Roger et al. (2015) y de los valores obtenidos en los 56 vinos tintos analizados en este estudio, se calculó el promedio, la desviación estándar (Furey, 2020) y la desviación relativa porcentual (%RSD) (Furey, 2023) de la acidez titulable. El valor de %RSD obtenido fue de 6.5 %, lo que indica que la acidez titulable presenta una variabilidad relativamente baja. Con un valor promedio de 5.67 g/L de acidez titulable y aplicando un margen del 10 %, se estimó una concentración de 0.57 g/L correspondiente a otros ácidos orgánicos presentes. Sustituyendo esta estimación en la Ecuación 3, la fórmula se ajusta de la siguiente manera terminando en Ecuación 4:

$$\text{Ácido Tartárico} = \text{Acidez Titulable} - \text{Ácido Acético} - 1.82 - 0.57$$

$$\text{Ácido Tartárico} = \text{Acidez Titulable} - \text{Ácido Acético} - 2.39 \quad (\text{Ecuación 6})$$

En este proyecto, la concentración de acidez titulable y la concentración de ácido acético en forma de acidez volátil se utilizaron para calcular la concentración de ácido tartárico en vinos tintos y extranjeros.

# Resultados

## A. Resumen de Datos Reportados por Diversos Estudios

La **Tabla 5** presenta datos adaptados de Tašev et al. (2016), quienes analizaron 10 vinos blancos y 10 vinos tintos de Macedonia mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), tras una extracción en fase sólida. En esta versión, se incluyeron únicamente los resultados correspondientes a los vinos tintos y omitiéndose la desviación estándar con el fin de simplificar la presentación. Asimismo, se calculó el valor promedio de concentración de cada ácido orgánico siguiendo la metodología descrita por Furey (2020).

En continuidad con la revisión de estudios previos, la **Tabla 6** muestra los datos obtenidos por De Villiers et al. (2003), quienes examinaron 15 vinos sudafricanos utilizando HPLC y electroforesis capilar. Aunque los valores originales fueron reportados en mg/L, aquí han sido convertidos a g/L, y se presentan exclusivamente los resultados obtenidos por HPLC. El promedio de concentración se determinó conforme a lo propuesto por Furey (2020). Cabe señalar que, en el estudio original, se observó la coelución de un compuesto con el ácido succínico, lo que generó una sobreestimación de su concentración. Al contrastar estos datos con los reportados por otros autores (Tašev et al., 2016; Huang et al., 2017; Peres et al., 2008; Heras-Roger et al., 2015), se constató que los niveles típicos de ácido succínico en vinos tintos son bajos (<0.50 g/L), motivo por el cual se excluyó dicho compuesto de la tabla.

Por su parte, la **Tabla 7** presenta las concentraciones de ácidos orgánicos informadas por Huang et al. (2017), quienes analizaron 20 vinos tintos de diversas regiones del mundo utilizando HPLC. Esta tabla es una versión simplificada de los datos originales: las concentraciones fueron convertidas a g/L y se eliminó la desviación estándar para facilitar la interpretación. Además, se calculó el promedio de concentración conforme a los criterios de Furey (2020).

A continuación, la **Tabla 8** recopila datos de Peres et al. (2008), quienes evaluaron 20 vinos tintos brasileños mediante electroforesis capilar. En esta versión simplificada se omite la desviación estándar, y se presentan únicamente los resultados correspondientes a vinos tintos. Los valores promedio fueron calculados posteriormente siguiendo las directrices de Furey (2020). Se descartaron los datos con concentraciones elevadas de ácido málico (>2 g/L) y bajos niveles de ácido láctico (<1 g/L), ya que estas condiciones indican la ausencia de fermentación maloláctica. Igualmente, se excluyeron los valores de ácido cítrico, debido a que su presencia en concentraciones superiores a 1 g/L en vinos tintos suele asociarse con intervenciones enológicas.

En la misma línea, la **Tabla 9** contiene datos publicados por Tang et al. (2015), quienes analizaron 63 vinos chinos mediante UHPLC. Esta versión incluye únicamente los resultados correspondientes a vinos tintos, sin la desviación estándar, para simplificar la presentación. El promedio de concentración se calculó de manera independiente, conforme a Furey (2020).

Finalmente, las **Tablas 10 y 11** presentan datos correspondientes a vinos españoles. La primera de ellas resume los valores promedio de concentración de ácidos orgánicos en 250 vinos tintos, según lo reportado por Heras-Roger et al. (2015). Para mayor claridad, no se incluyó la desviación estándar. Por su parte, la **Tabla 11** muestra los promedios de diversos parámetros de interés enológico en los mismos 250 vinos, también según el estudio de Heras-Roger et al. (2015).

## **B. Datos de vinos analizados para este proyecto**

La **Tabla 12** presenta los resultados obtenidos del análisis de 46 vinos mexicanos en este estudio, evaluando los parámetros de pH, acidez titulable y acidez volátil. Posteriormente, se calcularon los promedios correspondientes para cada uno de estos parámetros, según Furey (2020). Por su parte, la **Tabla 13** contiene los resultados del análisis de 10 vinos extranjeros, considerando los mismos parámetros, y también se calculó los promedios respectivos conforme a lo indicado por Furey (2020).

## **C. Resumen de datos bibliográficos**

La **Tabla 14** fue elaborada para resumir los datos obtenidos publicados por Tašev et al. (2015), De Villiers et al. (2003), Huang et al. (2017) y Tang et al. (2013), con el fin de calcular el promedio de los ácidos orgánicos presentes en los vinos tintos analizados (Furey, 2020). **Tabla 15** compara pH, acidez titulable, y acidez volátil vinos tintos reportados por Heras-Roger et al. (2015) a los vinos tintos analizados para este proyecto. Luego se calcula el promedio (Furey, 2020), desviación estándar (Furey, 2020) y la desviación relativa porcentual (%RSD) (Furey, 2023) de cada uno de estos parámetros.

## Tablas de Datos

Tabla 5: Concentración de Ácidos Orgánicos en Vinos Tintos de Macedonia

País	Varietal	Añada	Concentración en g/L					
			Ácido Tartárico	Ácido Málico	Ácido Láctico	Ácido Cítrico	Ácido Succínico	Ácido Shikimico
Macedonia	Vranec 1	2012	1.89	0.06	0.97	0.23	0.11	0.015
Macedonia	Vranec 2	2011	1.81	n.d	0.64	0.12	0.17	0.026
Macedonia	Merlot 1	2011	1.45	n.d	0.95	0.02	0.42	0.010
Macedonia	Cabernet Sauvignon	2012	2.26	0.06	0.49	0.13	0.34	0.011
Macedonia	Vranec 3	2012	2.05	0.06	0.48	0.12	0.33	0.012
Macedonia	Merlot 2	2012	1.95	0.06	0.46	0.1	0.36	0.011
Macedonia	Vranec 4	2012	1.27	0.88	0.12	0.08	0.51	0.009
Macedonia	Vranec 5	2013	1.47	0.03	0.38	0.06	0.21	0.011
Macedonia	Vranec 6	2013	1.74	0.2	0.28	0.11	0.50	0.009
Macedonia	Merlot 3	2013	1.56	0.06	0.34	0.08	0.37	0.009
	<b>Promedio</b>		<b>1.75</b>	<b>0.18</b>	<b>0.51</b>	<b>0.11</b>	<b>0.33</b>	<b>0.013</b>

(Tašev et al., 2016)

**Tabla 6. Concentración de Ácidos Orgánicos en Vinos Tintos de Sudáfrica**

País	Varietal	Añada	Concentración en g/L				
			Ácido Tartárico	Ácido Málico	Ácido Láctico	Ácido Acético	Ácido Cítrico
Sudáfrica	Cabernet Sauvignon	1988	1.302	0.04	2.388	0.877	0.044
Sudáfrica	Cabernet Sauvignon	1992	1.294	0.187	2.203	0.658	0.07
Sudáfrica	Cabernet Sauvignon	1994	1.371	0.061	1.942	0.63	0.045
Sudáfrica	Cabernet Sauvignon	1995	1.151	0.058	2.4	0.645	0.046
Sudáfrica	Cabernet Sauvignon	1996	1.502	0.058	3.758	0.837	0.04
Sudáfrica	Cabernet Sauvignon	1997	1.73	0.077	2.918	0.736	0.041
Sudáfrica	Cabernet Sauvignon	1998	1.366	0.044	2.825	0.948	0.042
Sudáfrica	Cabernet Sauvignon b	1998	1.495	0.068	3.383	0.779	0.034
Sudáfrica	Mezcla de tinto	1997	1.088	0.07	2.811	0.794	0.05
Sudáfrica	Mezcla de tintos	1998	1.467	0.045	3.732	0.844	0.024
Sudáfrica	Mezcla de tintos	1999	1.308	0.105	3.046	0.832	0.061
Sudáfrica	Mezcla de tintos	2000	1.372	0.122	2.414	0.818	0.066
Sudáfrica	Mezcla de tintos	2002	2.566	0.137	1.356	0.328	0.093
Sudáfrica	Mezcla de tintos b	2002	1.589	0.69	1.793	0.698	0.177
Sudáfrica	Merlot	1999	1.884	0.275	1.586	0.676	0.043

<b>Promedio</b>	<b>1.50</b>	<b>0.14</b>	<b>2.57</b>	<b>0.74</b>	<b>0.06</b>
-----------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

(De Villiers et al., 2003)

**Tabla 7. Concentración de Ácidos Orgánicos en Vinos Tintos del Mundo**

País	Varietal	Añada	Concentración en g/L					
			Ácido Tartárico	Ácido Málico	Ácido Láctico	Ácido Acético	Ácido Cítrico	Acido Succínico
Sudáfrica	Merlot	2012	1.039	0.285	1.287	1.697	0.127	0.017
Australia	Merlot	2010	1.188	0.302	1.224	1.867	0.118	0.018
Francia	Merlot	2012	0.694	0.0977	1.828	1.163	0.133	0.038
Chile	Merlot	2012	1.386	<0.030	1.749	0.733	0.101	0.031
Chile	Merlot	2012	0.776	<0.030	1.613	1.013	0.098	0.045
Australia	Cabernet Sauvignon	2009	0.461	0.0603	0.457	1.042	0.038	0.003
Chile	Cabernet Sauvignon	2012	0.873	0.071	1.058	2.32	0.53	0.02
Chile	Cabernet Sauvignon	2011	2.413	0.067	1.238	2.136	0.04	0.010
China	Cabernet Sauvignon	2013	0.553	0.0813	0.891	3.312	0.146	0.029
China	Cabernet Sauvignon	2013	0.813	0.0977	1.168	2.2	0.116	0.018
Sudáfrica	Shiraz	2012	1.662	<0.030	0.815	1.446	0.048	0.058

Chile	Shiraz	2012	2.292	0.085	0.998	2.767	0.086	0.047
Francia	Shiraz	2010	1.624	0.098	0.842	1.481	0.055	0.036
Francia	Shiraz	2012	1.865	0.072	0.660	1.516	0.039	0.042
Chile	Pinot Noir	2011	2.284	0.076	1.199	1.589	0.143	0.029
Chile	Pinot Noir	2011	1.829	<0.030	1.069	1.263	0.181	0.032
Francia	Gamay	2010	2.082	0.077	0.677	1.162	0.144	0.045
Italia	Zinfandel	2010	1.079	0.479	2.057	1.103	0.365	0.022
China	Cabernet Gernischt	2009	0.565	0.651	0.456	0.529	0.285	0.072
Francia	Shiraz (20%) y Grenache (80%)	2013	1.194	0.111	1.024	0.947	0.144	0.030
<b>Promedio</b>			<b>1.37</b>	<b>0.17</b>	<b>1.14</b>	<b>1.56</b>	<b>0.15</b>	<b>0.03</b>

(Huang et al., 2017)

**Tabla 8. Concentración de Ácidos Orgánicos en Vinos Tintos de Brasil**

País	Varietal	Añada	Concentración en g/L					
			Ácido Tartárico	Ácido Málico	Ácido Láctico	Ácido Acético	Ácido Cítrico	Ácido Succínico
Brasil	Cabernet Sauvignon	2000	1.404		3.815	1.003		0.598
Brasil	Cabernet Sauvignon	2001	1.628		2.683	0.752		0.699
Brasil	Cabernet Sauvignon		1.801		2.187	0.620		0.682
Brasil	Cabernet Sauvignon		1.023		0.751	0.404	2.418	0.142
Brasil	Cabernet Franc	2000	1.603	2.153	0.084	0.118		0.066
Brasil	Cabernet Franc	2001	1.642		2.566	0.512		0.590
Brasil	Gamay	2002	1.498		1.981	0.917		0.616
Brasil	Gamay	2003	1.459		2.504	0.703		0.700
Brasil	Merlot	2001	1.536		7.306	0.671		0.520
Brasil	Merlot		1.495	2.243	0.035	0.269		0.066
Brasil	Shiraz	2002	2.212		2.084	0.814		0.478
Brasil	Mezcla de Tintos		1.204		2.325	0.775		0.589
Brasil	Mezcla de Tintos		1.517		2.504	0.822		0.631
Brasil	Mezcla de Tintos		1.555		3.392	0.924		0.609
Brasil	Mezcla de Tintos		1.614	2.627	0.183	0.224		0.361
	<b>Promedio</b>		<b>1.54</b>		<b>2.28</b>	<b>0.64</b>		<b>0.49</b>

(Peres et al., 2008)

**Tabla 9. Concentración de Ácidos Orgánicos en Vinos Tintos de China**

País	Varietal	Concentración en g/L						
		Ácido Tartárico	Ácido Málico	Ácido Láctico	Ácido Acético	Ácido Cítrico	Ácido Succínico	Ácido Shikimico
China	Cabernet Gernischt (n = 20)	1.275	0.077	2.574	0.945	0.280	0.730	0.021
China	Cabernet Sauvignon (n = 29)	1.422	0.200	2.909	0.818	0.377	1.128	0.057
China	Merlot (n = 14)	1.563	0.066	2.698	0.833	0.317	1.293	0.048
	<b>Promedio</b>	<b>1.42</b>	<b>0.11</b>	<b>2.73</b>	<b>0.87</b>	<b>0.32</b>	<b>1.05</b>	<b>0.04</b>

(Tang et al., 2013)

**Tabla 10. Concentración de Ácidos Orgánicos en Vinos Tintos de España**

País	Varietal	Concentración en g/L					
		Ácido Tartárico	Ácido Málico	Ácido Láctico	Ácido Acético	Ácido Cítrico	Ácido Glucónico
España	12 Varietales y Mezclas	2.50	0.38	1.78	0.60	0.14	0.36

(Heras-Roger et al., 2015)

**Tabla 11. Acidez Titulable de Vinos Tintos de España**

Densidad (g/ml)	0.9941
% Volumen Alcohol	13.72
pH	3.74
Acidez titulable (g. tart/l)	5.16
SO2 libre (mg/l)	16
SO2 Total (mg/l)	78

(Heras-Roger et al., 2015)

**Tabla 12. Vinos Tintos Analizados para este Proyecto**

Código de Muestra	Estado	Varietal	Añada	pH	Acidez Titulable	Acidez Volátil	Acidez Fijo
VTM16	Aguascalientes	Malbec	2021	3.83	6.04	0.35	5.69
VTM28	Aguascalientes	Sangiovese	2021	3.64	5.76	0.23	5.53
VTM40	Aguascalientes	Malbec	2020	4.05	4.90	0.91	3.98
VTM15	Baja California	Cabernet Sauvignon	2017	3.65	5.59	0.69	4.90
VTM21	Baja California	Cabernet Sauvignon	Sin Año	3.96	5.81	0.67	5.13
VTM26	Baja California	Cabernet Sauvignon	2019	3.60	6.34	0.56	5.77
VTM35	Baja California	Cabernet Sauvignon	2017	3.77	8.42	0.52	7.91
VTM03	Baja California	Cabernet Sauvignon +	2017	3.57	5.09	1.18	3.91
VTM11	Baja California	Cabernet Sauvignon +	2019	3.65	5.66	0.43	5.23

VTM14	Baja California	Cabernet Sauvignon +	2018	3.89	5.09	0.55	4.54
VTM22	Baja California	Cabernet Sauvignon +	2019	3.52	6.29	0.41	5.89
VTM43	Baja California	Cabernet Sauvignon +	2019	3.75	6.55	1.08	5.47
VTM44	Baja California	Cabernet Sauvignon +	2017	3.82	6.84	1.00	5.84
VTM46	Baja California	Cabernet Sauvignon +	2017	3.58	6.56	0.70	5.86
VTM32	Baja California	Malbec	2020	3.91	5.37	0.39	4.98
VTM37	Baja California	Malbec +	2020	3.82	5.76	0.73	5.03
VTM39	Baja California	Merlot	2021	3.79	5.98	0.91	5.07
VTM10	Baja California	Merlot +	2021	3.40	5.95	0.56	5.39
VTM06	Baja California	Nebbiolo	2017	3.35	4.77	0.58	4.20
VTM17	Baja California	Nebbiolo	2017	3.72	5.70	0.69	5.01
VTM04	Baja California	Nero d'Avola	2022	3.53	5.03	0.45	4.58
VTM12	Baja California	Syrah	2018	3.65	5.24	0.46	4.78
VTM 18	Baja California	Syrah	2020	3.84	5.59	1.07	4.53
VTM02	Baja California	Tempranillo	2019	4.11	5.86	0.76	5.10
VTM13	Baja California	Tempranillo	2020	3.94	5.57	0.64	4.94
VTM25	Baja California	Tempranillo	2022	3.70	5.57	0.26	5.31
VTM24	Baja California	Tempranillo +	2021	4.11	5.40	0.67	4.73
VTM30	Baja California	Tempranillo +	2019	3.77	6.44	0.97	5.46
VTM33	Baja California	Tempranillo +	2018	3.71	6.48	0.90	5.58
VTM09	Querétaro	Malbec	2022	3.77	5.37	0.74	4.63

VTM45	Querétaro	Malbec	2020	3.73	6.38	0.85	5.52	
VTM29	Guanajuato	Malbec +	2021	4.07	6.00	0.40	5.61	
VTM19	Chihuahua	Merlot	2020	3.85	5.43	0.70	4.73	
VTM23	Chihuahua	Merlot	2020	3.84	6.22	0.47	5.75	
VTM07	Querétaro	Merlot +	2021	3.38	4.82	0.49	4.33	
VTM38	Querétaro	Merlot +	2021	4.01	5.47	0.67	4.81	
VTM42	Querétaro	Syrah +	2021	4.01	6.41	0.70	5.71	
VTM01	Querétaro	Tempranillo	Sin Año	3.91	5.57	0.86	4.71	
VTM27	Querétaro	Tempranillo	Sin Año	4.02	6.91	0.77	6.15	
VTM41	Querétaro	Tempranillo	2019	3.79	6.48	0.73	5.75	
VTM34	Chihuahua	Tempranillo +	2019	3.88	7.06	0.62	6.44	
VTM05	Querétaro	Tempranillo +	2021	3.98	5.67	0.44	5.23	
VTM08	Querétaro	Tempranillo +	2019	3.66	5.22	0.61	4.61	
VTM20	Querétaro	Tempranillo +	2019	3.75	5.88	0.58	5.29	
VTM31	Querétaro	Tempranillo +	2019	4.00	7.34	0.73	6.62	
VTM36	Zacatecas	Tempranillo	2019	3.84	7.06	0.53	6.53	
				<b>Promedio</b>	<b>3.79</b>	<b>5.93</b>	<b>0.66</b>	<b>5.28</b>

**Tabla 13. Vinos Extranjeros Analizados para este Proyecto**

<b>Código de Muestra</b>	<b>País</b>	<b>Varietal</b>	<b>Añada</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez Titulable</b>	<b>Acidez Volátil</b>	<b>Acidez Fijo</b>
VTE01	Argentina	Malbec +	2019	3.38	6.41	0.68	5.73
VTE02	Chile	Syrah	2019	3.40	6.20	0.74	5.46
VTE04	Chile	Carmenere	2019	3.66	5.20	0.37	4.84
VTE09	Chile	Cabernet Sauvignon	2021	3.86	5.27	0.52	4.75
VTE03	España	Tempranillo	2020	3.93	5.20	0.41	4.79
VTE07	España	Tempranillo	2017	3.73	5.42	0.43	4.99
VTE08	España	Tempranillo	2017	3.72	5.34	0.38	4.96
VTE10	España	Tempranillo	2017	3.78	5.34	0.50	4.85
VTE05	Italia	Tempranillo	2020	3.75	4.56	0.37	4.19
VTE06	Italia	Sangiovese +	Sin Año	3.64	5.13	0.31	4.82
			<b>Promedio</b>	<b>3.69</b>	<b>5.41</b>	<b>0.47</b>	<b>4.94</b>

**Tabla 14. Comparación de Concentración de Ácidos Orgánicos Recaudados de Revisión Bibliográfica**

País	Número de Vinos	Concentración en g/L							Referencia
		Ácido Tartárico	Ácido Málico	Ácido Láctico	Ácido Acético	Ácido Cítrico	Ácido Succínico	Ácido Shikímico	
Macedonia	10	1.75	0.18	0.51		0.11	0.33	0.01	(Tašev et al., 2015)
Sudáfrica	15	1.5	0.14	2.57	0.74	0.06			(De Villiers et al., 2003)
Todo el Mundo	20	1.37	0.17	1.14	1.56	0.15	0.03		(Huang et al., 2017)
Brasil	15	1.54		2.28	0.64		0.49		(Peres et al., 2008)
China	63	1.42	0.11	2.73	0.87	0.32	1.05	0.04	(Tang et al., 2013)
<b>Total /Promedio</b>	<b>123</b>	<b>1.52</b>	<b>0.15</b>	<b>1.85</b>	<b>0.95</b>	<b>0.16</b>	<b>0.48</b>	<b>0.03</b>	

**Tabla 15. Comparación de Acidez Titulable de Vinos Tintos de España y Vinos Tintos de este Proyecto**

País	Número de Vinos	pH	Acidez Titulable	Acidez Volátil	Referencia
<b>España</b>	<b>250</b>	<b>3.74</b>	<b>5.16</b>	<b>0.60</b>	<b>Tabla 11</b>
<b>México</b>	<b>46</b>	<b>3.79</b>	<b>5.93</b>	<b>0.66</b>	<b>Tabla 12</b>
<b>Mundo</b>	<b>10</b>	<b>3.69</b>	<b>5.41</b>	<b>0.47</b>	<b>Tabla 13</b>
	<b>Promedio</b>	<b>3.74</b>	<b>5.67</b>	<b>0.57</b>	
	<b>Dev Std</b>	<b>0.07</b>	<b>0.37</b>	<b>0.13</b>	
	<b>% RSD</b>	<b>1.9%</b>	<b>6.5%</b>	<b>23.8%</b>	

**Tabla 16. Concentración de Ácido Tartárico Calculado de Manera Indirecta para Vinos Mexicanos**

Código de Muestra	Varietal	Añada	pH	Acidez Titulable (g/L)	Acidez Volátil (g/L)	Ácido Láctico (g/L)	Otros Ácidos (g/L)	Ácido Tartárico (g/L)
VTM16	Malbec	2021	3.83	6.04	0.35	1.82	0.57	3.30
VTM28	Sangiovese	2021	3.64	5.76	0.23	1.82	0.57	3.14
VTM40	Malbec	2020	4.05	4.90	0.91	1.82	0.57	1.60
VTM15	Cabernet Sauvignon	2017	3.65	5.59	0.69	1.82	0.57	2.51
VTM 21	Cabernet Sauvignon	Sin Año	3.96	5.81	0.67	1.82	0.57	2.75
VTM26	Cabernet Sauvignon	2019	3.60	6.34	0.56	1.82	0.57	3.39
VTM35	Cabernet Sauvignon	2017	3.77	8.42	0.52	1.82	0.57	5.51
VTM03	Cabernet Sauvignon +	2017	3.57	5.09	1.18	1.82	0.57	1.52
VTM11	Cabernet Sauvignon +	2019	3.65	5.66	0.43	1.82	0.57	2.84
VTM14	Cabernet Sauvignon +	2018	3.89	5.09	0.55	1.82	0.57	2.15
VTM22	Cabernet Sauvignon +	2019	3.52	6.29	0.41	1.82	0.57	3.49
VTM43	Cabernet Sauvignon +	2019	3.75	6.55	1.08	1.82	0.57	3.08
VTM44	Cabernet Sauvignon +	2017	3.82	6.84	1.00	1.82	0.57	3.45
VTM46	Cabernet Sauvignon +	2017	3.58	6.56	0.70	1.82	0.57	3.47
VTM32	Malbec	2020	3.91	5.37	0.39	1.82	0.57	2.59

VTM37	Malbec +	2020	3.82	5.76	0.73	1.82	0.57	2.64
VTM39	Merlot	2021	3.79	5.98	0.91	1.82	0.57	2.68
VTM10	Merlot +	2021	3.40	5.95	0.56	1.82	0.57	3.00
VTM06	Nebbiolo	2017	3.35	4.77	0.58	1.82	0.57	1.80
VTM17	Nebbiolo	2017	3.72	5.70	0.69	1.82	0.57	2.62
VTM04	Nero d'Avola	2022	3.53	5.03	0.45	1.82	0.57	2.19
VTM12	Syrah	2018	3.65	5.24	0.46	1.82	0.57	2.39
VTM 18	Syrah	2020	3.84	5.59	1.07	1.82	0.57	2.13
VTM02	Tempranillo	2019	4.11	5.86	0.76	1.82	0.57	2.71
VTM13	Tempranillo	2020	3.94	5.57	0.64	1.82	0.57	2.54
VTM25	Tempranillo	2022	3.70	5.57	0.26	1.82	0.57	2.92
VTM24	Tempranillo +	2021	4.11	5.40	0.67	1.82	0.57	2.34
VTM30	Tempranillo +	2019	3.77	6.44	0.97	1.82	0.57	3.08
VTM33	Tempranillo +	2018	3.71	6.48	0.90	1.82	0.57	3.19
VTM09	Malbec	2022	3.77	5.37	0.74	1.82	0.57	2.24
VTM45	Malbec	2020	3.73	6.38	0.85	1.82	0.57	3.14
VTM29	Malbec +	2021	4.07	6.00	0.40	1.82	0.57	3.21
VTM19	Merlot	2020	3.85	5.43	0.70	1.82	0.57	2.34
VTM23	Merlot	2020	3.84	6.22	0.47	1.82	0.57	3.36
VTM07	Merlot +	2021	3.38	4.82	0.49	1.82	0.57	1.94
VTM38	Merlot +	2021	4.01	5.47	0.67	1.82	0.57	2.41
VTM42	Syrah +	2021	4.01	6.41	0.70	1.82	0.57	3.32
VTM01	Tempranillo	Sin Año	3.91	5.57	0.86	1.82	0.57	2.32
VTM27	Tempranillo	Sin Año	4.02	6.91	0.77	1.82	0.57	3.75

VTM41	Tempranillo	2019	3.79	6.48	0.73	1.82	0.57	3.36
VTM34	Tempranillo +	2019	3.88	7.06	0.62	1.82	0.57	4.05
VTM05	Tempranillo +	2021	3.98	5.67	0.44	1.82	0.57	2.84
VTM08	Tempranillo +	2019	3.66	5.22	0.61	1.82	0.57	2.22
VTM20	Tempranillo +	2019	3.75	5.88	0.58	1.82	0.57	2.91
VTM31	Tempranillo +	2019	4.00	7.34	0.73	1.82	0.57	4.22
VTM36	Tempranillo	2019	3.84	7.06	0.53	1.82	0.57	4.14

**Tabla 17. Concentración de Ácido Tartárico Calculado de Manera Indirecta de Vinos Extranjeros**

Código de Muestra	País	Varietal	Añada	pH	Acidez Titulable (g/L)	Acidez Volátil (g/L)	Ácido Láctico (g/L)	Otros Ácidos (g/L)	Ácido Tartárico (g/L)
VTE01	Argentina	Malbec +	2019	3.38	6.41	0.68	1.82	0.57	3.34
VTE02	Chile	Syrah	2019	3.40	6.20	0.74	1.82	0.57	3.07
VTE04	Chile	Carmenere	2019	3.66	5.20	0.37	1.82	0.57	2.44
VTE09	Chile	Cabernet Sauvignon	2021	3.86	5.27	0.52	1.82	0.57	2.36
VTE03	España	Tempranillo	2020	3.93	5.20	0.41	1.82	0.57	2.40
VTE07	España	Tempranillo	2017	3.73	5.42	0.43	1.82	0.57	2.60
VTE08	España	Tempranillo	2017	3.72	5.34	0.38	1.82	0.57	2.57
VTE10	España	Tempranillo	2017	3.78	5.34	0.50	1.82	0.57	2.45
VTE05	Italia	Tempranillo	2020	3.75	4.56	0.37	1.82	0.57	1.80
VTE06	Italia	Sangiovese +	Sin Año	3.64	5.13	0.31	1.82	0.57	2.43

## Discusión

Dado que no fue posible determinar directamente los niveles de ácido tartárico en vinos tintos mexicanos, se desarrolló un método indirecto para estimarlos. Para ello, se utilizaron los datos presentados por Heras-Roger et al. (2015) y la metodología de Furey (2023), los cuales permitieron determinar la concentración porcentual de cada ácido orgánico. A partir de esta información, se estableció que el ácido tartárico, el ácido láctico y el ácido acético representan conjuntamente el 90 % del total de ácidos orgánicos reportados (ver Tabla 1), lo cual se expresa en la siguiente relación:

$$\text{Ácido Tartárico} + \text{Ácido Láctico} + \text{Ácido Acético} = 90 \% \text{ (Ecuación 3)}$$

Posteriormente, se calculó la diferencia porcentual entre la suma de las concentraciones de los ácidos orgánicos y la acidez titulable (Tabla 2), empleando los datos de Heras-Roger et al. (2015). Esta diferencia fue de 5.10 %, lo que sugiere que la acidez titulable puede considerarse equivalente a la suma total de los ácidos orgánicos, incluyendo aquellos no contemplados explícitamente en la ecuación 3. Así, se propone la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez Titulable} = \text{Ácido Tartárico} + \text{Ácido Láctico} + \text{Ácido Acético} + \text{Otros Ácidos Orgánicos} \text{ (Ecuación 4)}$$

Mediante una simple manipulación algebraica de esta ecuación, es posible aislar el valor de la concentración de ácido tartárico, siempre que se disponga de los datos correspondientes a la acidez titulable, la concentración de ácido láctico, la concentración de ácido acético y la concentración los demás ácidos orgánicos. La relación obtenida es:

$$\text{Ácido Tartárico} = \text{Acidez Titulable} - \text{Ácido Láctico} - \text{Ácido Acético} - \text{Otros Ácidos Orgánicos} \text{ (Ecuación 5)}$$

Para determinar la concentración de ácido láctico, se elaboró la Tabla 14 con promedios de concentración extraídos de los estudios de Tašev et al. (2015), De Villiers et al. (2003), Huang et al. (2017), Peres et al. (2008) y Tang et al. (2013). Luego, se compararon estos valores con los datos de Heras-Roger et al. (2015), encontrando una diferencia porcentual de 3.9 % (ver Tabla 4). Esta baja variación indica que la

concentración de ácido láctico en vinos tintos es relativamente estable. Por lo tanto, se consideró representativo un valor promedio de 1.82 g/L para este ácido.

Por otro lado, la concentración de los otros ácidos orgánicos se estimó comparando la acidez titulable reportada por Heras-Roger et al. (2015) con los valores obtenidos a partir del análisis de 46 vinos mexicanos y 10 vinos extranjeros (ver Tabla 4). Se calcularon el promedio, la desviación estándar (Furey, 2020) y la desviación relativa porcentual (%RSD) (Furey, 2023), obteniéndose un %RSD de 6.5 %, lo cual también sugiere una estabilidad aceptable en los valores de acidez titulable.

Dado que el 90 % de la acidez titulable está compuesto por ácido tartárico, láctico y acético, se deduce que el 10 % restante corresponde a otros ácidos orgánicos. Si el valor promedio de acidez titulable es de 5.67 g/L, entonces ese 10 % equivale a 0.57 g/L, atribuible a los otros ácidos.

Sustituyendo los valores conocidos —1.82 g/L para ácido láctico y -0.57 g/L para otros ácidos orgánicos en la Ecuación 3, se obtiene la siguiente expresión final:

$$\text{Ácido Tartárico} = \text{Acidez Titulable} - \text{Ácido Acético} - 1.82 - 0.57$$
$$\text{Ácido Tartárico} = \text{Acidez Titulable} - \text{Ácido Acético} - 2.39 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Finalmente, al aplicar la Ecuación 6 junto con los datos de acidez titulable y acidez volátil de 46 muestras de vino tinto mexicano, se calculó la concentración de ácido tartárico. Las muestras que excedieron el límite máximo permitido de 4.0 g/L fueron marcadas en amarillo. Además, una de las muestras (VTM35) no cumplió con el valor mínimo de 8.0 g/L de acidez titulable establecido por el Gobierno de México (Gobierno de México, 2020). Los resultados completos se presentan en la Tabla 15.

Para comparar los vinos tintos mexicanos con los extranjeros, se utilizó nuevamente la Ecuación 6 para calcular la concentración de ácido tartárico en las muestras internacionales incluidas en este estudio. En todos los casos, los valores obtenidos estuvieron por debajo del límite de 4.0 g/L, por lo que ninguna muestra aparece resaltada en amarillo. Asimismo, todas presentaron una acidez titulable inferior a 7.0 g/L, que es el límite máximo establecido por la Unión Europea (Council of the European Union, 2019). Los resultados correspondientes se muestran en la Tabla 16

## Conclusión

Para determinar de forma indirecta la concentración de ácido tartárico, se derivó la siguiente ecuación:

**Ácido Tartárico = Acidez Titulable - Ácido Láctico - Ácido Acético - Otros Ácidos Orgánicos**

Con base en los datos publicados por Heras-Roger et al. (2015), se determinó que aproximadamente el 90 % de la concentración total de ácidos orgánicos en un vino tinto corresponde a ácido tartárico, ácido láctico y ácido acético (acidez volátil) (**Tabla 4**). El 10 % restante se estimó a partir del promedio (Furey, 2020) de la acidez titulable, calculado con datos tanto del estudio de Heras-Roger et al. (2015) y los vinos mexicanos y extranjeros analizados en este trabajo (**Tabla 15**). Este promedio fue de 5.67 g/L, por lo que el 10 % representa una concentración equivalente a 0.57 g/L para los otros ácidos orgánicos.

Después, se elaboró una tabla con las concentraciones de diversos ácidos orgánicos —tartárico, láctico, málico, succínico y cítrico— a partir de los datos reportados por Tašev et al. (2015), De Villiers et al. (2003), Huang et al. (2017), Peres et al. (2008), Tang et al. (2013) y Heras-Roger et al. (2015) (**Tabla 3**). Usando estos valores, se calculó un promedio (Furey, 2020) de 1.82 g/L para la concentración de ácido láctico. Sustituyendo las concentraciones previamente calculadas, la ecuación inicial se pudo simplificar de la siguiente manera:

**Ácido Tartárico = Acidez Titulable - Ácido Acético - 2.39** (Ecuación 6)

A partir del análisis de vinos tintos mexicanos mediante el método indirecto descrito en la Ecuación 6, se identificó que cuatro muestras superan el límite máximo de 4.0 g/L de ácido tartárico establecido por la OIV (2015) (**Tabla 16**). Estas muestras corresponden a vinos con una acidez titulable superior a 7.0 g/L.

En contraste, al aplicar el mismo método a los vinos tintos extranjeros incluidos en este estudio, no se detectó ninguna muestra que excediera dicho límite (**Tabla 17**). Esto sugiere que, aunque los vinos mexicanos con acidez titulable mayor a 7.0 g/L cumplen con el límite de 8.0 g/L establecido por la normativa nacional (Gobierno de México, 2020), no

necesariamente satisfacen el criterio más estricto de la OIV (2015), fijado en 4.0 g/L de ácido tartárico.

En este contexto, la ecuación 6 se plantea como una herramienta útil para estimar de forma indirecta la concentración de ácido tartárico en vinos tintos, a partir de los valores de acidez titulable y acidez volátil. Sin embargo, una acidez titulable superior a 7.0 g/L probablemente no cumplirá con los estándares internacionales establecidos por la OIV (2015), por lo que, para validar completamente esta estimación, es necesario comparar los resultados con los obtenidos mediante técnicas analíticas directas, como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Además, un análisis organoléptico de estos vinos sería relevante, ya que concentraciones superiores a 4.0 g/L de ácido tartárico podrían influir de forma positiva o negativa en las características sensoriales del producto.

## Referencias bibliográficas

- BioSystems. (2015, October 27). *Hacemos fácil el análisis enológico*.  
<https://www.biosystems.es>. Recuperado el 20 de mayo de 2023, de  
<https://cloudmkt.biosystems.es/index.php/s/AJm7MtsxqSPGgDd#pdfviewer>
- Brown, W. H. (2016, April 17). Tartaric acid. *Encyclopaedia Britannica*.  
<https://www.britannica.com/science/tartaric-acid>
- Dartiguenave, C., Jeandet, P., & Maujean, A. (2000). Study of the contribution of the major organic acids of wine to the buffering capacity of wine in model solutions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(4), 352-356.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.2000.51.4.352>
- De Klerk, J. L. (2010). *Succinic acid production by wine yeasts* [Master's thesis, Stellenbosch University]. SUNScholar Research Repository.  
<https://scholar.sun.ac.za/items/f9b09768-3f01-49cf-873b-86874d330c98>
- Drug Information System. (2016). *Tartaric acid*. Retrieved March 14, 2023, from  
<https://www.druginfosys.com/drug.aspx?drugCode=1261&type=1>
- Council of the European Union. (2019, January 31). *Council Decision (EU) 2019/207 of 31 January 2019* [Decision]. EUR-Lex. Retrieved August 27, 2023, from [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019D0207\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019D0207(01)&from=EN)
- Furey, E. (2020, June 12). *Descriptive*. Calculator Soup.  
<https://www.calculatorsoup.com/calculators/statistics/descriptivestatistics.php>
- Furey, E. (2023, August 23). *Percent Difference Calculator*. Calculator Soup.  
<https://www.calculatorsoup.com/calculators/algebra/percent-difference-calculator.php>
- Furey, E. (2023, October 17). *Fraction to percent calculator*. Calculator Soup.  
<https://www.calculatorsoup.com/calculators/math/fraction-to-percent-calculator.php>
- García, J., & Xirau, M. (2005, January 1). *Técnicas usuales de análisis de enología*. Laboaragon.  
<https://laboaragon.com/docs/marcas/panreac/Enologia%20Manual%20de%20Técnicas.pdf>
- Gobierno de México. (2016, noviembre 1). *Se reincorpora México a la Organización Internacional de la Viña y el Vino*. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-reincorpora-mexico-a-la-organizacion-internacional-de-la-vina-y-el-vino>
- Gobierno de México. (2017, octubre 30). *Norma Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017, bebidas alcohólicas: Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba*. DOF - Diario Oficial de la Federación.  
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5502882&fecha=30/10/2017](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5502882&fecha=30/10/2017)

- Heras-Roger, J., Díaz-Romero, C., & Darias-Martín, J. (2015). A comprehensive study of red wine properties according to variety. *Food Chemistry*, 196, 1224–1231. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.085>
- Huang, X. Y., Jiang, Z. T., & Tan, J. (2017). Geographical origin traceability of red wines based on chemometric classification via organic acid profiles. *Journal of Food Quality*, 2017, Article 2038073. <https://doi.org/10.1155/2017/2038073>
- Naqvi, R. (2017). Acute kidney injury from different poisonous substances. *World Journal of Nephrology*, 6(3), 162–167. <https://doi.org/10.5527/wjn.v6.i3.162>
- Nemzer, B., Kalita, D., Yashin, A. Y., & Yashin, Y. I. (2022). Chemical composition and polyphenolic compounds of red wines: Their antioxidant activities and effects on human health—A review. *Beverages*, 8(1), 1-18. <https://doi.org/10.3390/beverages8010001>
- OIV. (2010). *Determinación del contenido de ácido tartárico en los vinos y los mostos* [PDF]. Organización Internacional de la Vid y el Vino. <https://www.oiv.int/public/medias/6586/oiv-oen-391-2010-es-rev598-600-2018.pdf>
- OIV. (2015). *Código internacional de prácticas enológicas*. Organización Internacional de la Vid y el Vino. <https://www.oiv.int/public/medias/4902/code-2016-es.pdf>
- Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). (2015). Maximum acceptable limits. Retrieved from <https://www.oiv.int/standards/international-code-of-oenological-practices/annexes/maximum-acceptable-limits>
- OIV. (2017). *List of OIV admitted compounds and their status as additives and processing aids and the use levels or residual limits*. International Organisation of Vine and Wine. <https://www.oiv.int/public/medias/5523/list-of-oiv-admitted-compounds.pdf>
- OIV. (2018, abril 17). El vino y la gastronomía mexicana en la OIV. *Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV)*. Recuperado el 16 de septiembre de 2023, de <https://www.oiv.int/es/el-vino-y-la-gastronomia-mexicana-en-la-oiv>
- OIV. (2020). *Compendium of international methods of wine and must analysis* (Vol. 1). International Organisation of Vine and Wine. <https://www.oiv.int/public/medias/7372/oiv-compendium-volume-1-2020.pdf>
- OIV. (2022). *The OIV was created in 1924 as the Office International du Vin (International Wine Office) in order to harmonise the global viticultural situation*. International Organisation of Vine and Wine. <https://www.oiv.int/Centenary1924-2024/History>
- OIV. (2023). *Conocer la OIV*. <https://www.oiv.int/public/medias/8581/es-conocer-la-oiv.pdf>
- OIV. (2023, octubre 9). *Estados miembros y observadores*. Organización Internacional de la Viña y el Vino. Recuperado de <https://www.oiv.int/index.php/es/quienes-somos/estados-miembros-y-observadores>

- Pascual, A. (2018, junio 3). *¿Qué es la OIV?* Vinetur.  
<https://www.vinetur.com/2018060357513/que-es-la-oiv.html>
- Peres, R. G., Morales, E. P., Micke, G. A., Tonin, F. G., Tavares, M. F., & Rodriguez-Amaya, D. B. (2009). Evaluation of the effect of storage conditions on the microbiological quality of fresh-cut fruits. *Food Control*, 20(9), 548-552.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.08.004>
- Robertson, R., & Lönnell, L. (1968). Human tartrate nephropathy. Report of a fatal case. *Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica*, 74(3), 305-310.  
<https://doi.org/10.1111/j.1699-0463.1968.tb03483.x>
- Scutarasu, E. C., Teliban, J. V., Zamfir, C. I., Luchian, C. E., Colibaba, L. C., Niculaua, M., & Cotea, V. V. (2021). Effect of different winemaking conditions on organic acids compounds of white wines. *Beverages*, 10(11), 1-18.  
<https://doi.org/10.3390/foods10112569>
- Tang, K., Ma, L., Han, Y. H., Nie, Y., Li, J. M., & Xu, Y. (2015). Comparison and chemometric analysis of the phenolic compounds and organic acids composition of Chinese wines. *Journal of Food Science*, 80(1), 20-27.  
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12691>
- Tašev, K., Stefova, M., & Ivanova-Petropulos, V. (2015). HPLC method validation and application for organic acid analysis in wine after solid-phase extraction. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 35(2), 225-233.  
<https://doi.org/10.20450/MJCCE.2016.1073>
- World Health Organization. (2004). *Evaluation of certain food additives and contaminants* (Report No. WHO TRS 922).  
[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42849/WHO\\_TRS\\_922.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42849/WHO_TRS_922.pdf)