

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**ESTABILIDAD TARTÁRICA DE VINOS BASE ESPUMANTES PROVENIENTES
DE DISTINTOS VALLES CHILENOS**

CATALINA ANDREA ROJAS FARIÁS

Santiago, Chile

2022

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**ESTABILIDAD TARTÁRICA DE VINOS BASE ESPUMANTES PROVENIENTES
DE DISTINTOS VALLES CHILENOS**

**TARTARIC STABILITY OF SPARKLING BASE WINES FROM DIFFERENT
CHILEAN VALLEYS**

CATALINA ANDREA ROJAS FARÍAS

Santiago, Chile

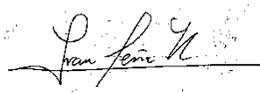
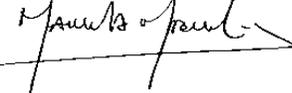
2022

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**ESTABILIDAD TARTÁRICA DE VINOS BASE ESPUMANTES PROVENIENTES
DE DISTINTOS VALLES CHILENOS**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniera Agrónoma.

CATALINA ANDREA ROJAS FARÍAS

PROFESORES GUÍA		CALIFICACIONES
Álvaro Peña Neira Ingeniero Agrónomo, M.S. PhD.		6,7
Mariona Gil i Cortiella Químico, Enólogo, M.S., PhD.		6,0
PROFESORES EVALUADORES		
Marcela Medel Marabolí Ingeniero Agrónomo, M.S. PhD.		7,0
Víctor Escalona Contreras Ingeniero Agrónomo, Dr.		6,7

Santiago, Chile

2022

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
Estabilidad tartárica de vinos espumantes.....	8
Objetivo	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Lugar de estudio.....	11
Materiales.....	11
Muestras de vinos base	11
Equipos e insumos químicos.....	11
Métodos	12
Mini – contact Test para medir estabilidad de las sales de tartrato de potasio (Riberéau – Gayon <i>et al.</i> , 2006)	12
Test de estabilidad de las sales de tartrato de calcio (Abguéguen y Boulton, 1993)	12
Determinación de calcio en muestras de vino mediante espectroscopía de emisión atómica por inducción de microondas (Gil <i>et al.</i> , 2020).....	12
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Estabilidad tartárica con respecto al KHT	14
Estabilidad tartárica con respecto a CaT.....	19
Resultados de análisis de pH y acidez titulable de las muestras de vinos base analizadas	22
Análisis de componentes principales	23
Análisis de conglomerados	26
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28

RESUMEN

Los precipitados de sales tartáricas, bitartrato de potasio (KHT) y tartrato de calcio (CaT) representan un gran problema, ya que, a pesar de no afectar las características organolépticas del vino, los consumidores exigen un producto límpido. Ante esto, se han implementado diversos métodos para lograr la estabilidad tartárica de los vinos antes de ser embotellados. En cuanto a la producción de vinos espumantes, que pasan por dos fermentaciones alcohólicas, se hace imprescindible estabilizarlos tartáricamente posterior a la primera fermentación, ya que una vez introducidos en botella no se podrán aplicar otros tratamientos, y al abrir la botella se perdería parte importante del producto. El objetivo del estudio fue evaluar la inestabilidad potencial respecto al KHT y CaT de vinos base espumantes provenientes de distintos valles chilenos, antes y después de simular la segunda fermentación alcohólica propia de estos vinos. Para esto, se utilizaron 18 muestras de vino base (13 correspondientes a la variedad Chardonnay y 5 de la variedad Pinot Noir), a las cuales se les analizó la estabilidad con respecto al KHT a través del mini – contact test y la estabilidad con respecto a CaT a través de las diferencias del contenido de calcio. Para todas las pruebas previo a la simulación de la segunda fermentación alcohólica, todos los vinos resultaron ser tartáricamente inestables desde el punto de vista de KHT y CaT, y esta inestabilidad se mantuvo posterior al incremento del grado alcohólico, observándose una mayor influencia de la variedad que del valle de origen. Para el caso de la estabilidad con respecto a CaT, se concluyó que las pruebas de conductimetría no son útiles debido a las bajas concentraciones de Ca^{2+} en el vino.

Palabras clave: Estabilidad tartárica, KHT, CaT, mini – contact test, test de calcio, vinos base espumantes, Chardonnay, Pinot Noir.

ABSTRACT

Tartaric salts precipitates, such as potassium bitartrate (KHT) and calcium tartrate (CaT), represent a big problem, because although tartaric salts precipitates does not affect the organoleptic characteristics of the wines, consumers prefer limp wines. In response to this issue, producers have implemented a series of methods to achieve the tartaric stability needed in wines before they are bottled. Regarding the production of sparkling wines, which require two alcoholic fermentations, it is essential to achieve the tartaric stability in wines after the first fermentation, since once the wine is bottled up it cannot receive any kind of treatment and when the bottle is opened an important part of the wine would be lost. The objective of this study was to evaluate the potential stability of KHT and CaT in sparkling wines coming from various Chilean valleys, before and after the simulation of the second alcoholic fermentation. For the study, they were used 18 samples of base wine (13 samples of Chardonnay and 5 samples of Pinot Noir), which were analysed in terms of KHT stability through the mini - contact test, and the CaT stability through the measurement of the differences in the calcium content in the wines. The results of the tests indicated that all the wines were tartarically unstable before the simulation of the second fermentation in terms of KHT and CaT, and the instability of the wines was the same before and after the increase of the alcoholic grade, being the variety of wine a bigger influence than the valley from where the wines come from. For the CaT stability it concluded that the conductimetry test are not useful due to the low Ca^{2+} concentration in the wine.

Keywords: Tartaric stability, KHT, CaT, mini - contact test, calcium test, sparkling base wines, Chardonnay, Pinot Noir.

INTRODUCCIÓN

La estabilidad tartárica de los vinos embotellados es una de las principales preocupaciones de los productores de vino, por lo que ha sido motivo de estudio a lo largo de los años. El origen de las precipitaciones de sales tartáricas, bitartrato de potasio (KHT) y tartrato de calcio (CaT) se debe a diversas razones: desde la estabilización incompleta en la bodega, hasta los cambios químicos naturales e incontrolables durante el proceso de vinificación (Sagredo, 2019). La presencia de precipitados de sales tartáricas se consideraba algo propio del producto, pero en la actualidad representa la mayor inestabilidad físico - química en vinos, causando rechazo en los consumidores, quienes buscan un producto límpido y brillante, y asocian la aparición de estos depósitos con un deficiente control de calidad (Boulton, 1999; Corti y Paladino, 2015).

La inestabilidad tartárica se relaciona con la presencia del ácido tartárico y los cationes potasio (K^+) y calcio (Ca^{2+}), presentes naturalmente en el vino. El ácido tartárico es el ácido orgánico más abundante en las uvas, se sintetiza en la baya y se acumula en las vacuolas, alcanzando concentraciones entre los 3 y 9 g/L (Blouin y Gilberteau, 2012; Castro, 2017). Por otra parte, el potasio (K^+) es el catión más abundante en el vino alcanzando una concentración promedio de 1 g/L, mientras que el calcio (Ca^{2+}) sólo llega a concentraciones entre los 0,04 y 0,15 g/L. Ambos cationes se acumulan en las bayas a través del sistema vascular de la planta (Ribéreau – Gayon *et al.*, 2006).

El ácido tartárico se puede encontrar en tres formas distintas según el pH de la solución: ácido tartárico (H_2T), ion bitartrato (HT^-) o ion tartrato (T^{2-}). Las condiciones para que precipiten las sales de bitartrato potásico y tartrato de calcio en los vinos dependerán de la forma y la concentración en que se encuentre el ácido tartárico, sumado a los contenidos de K^+ y Ca^{2+} , el grado alcohólico, el pH y la temperatura del vino (Peñailillo, 2013). También influyen factores inhibidores como la presencia de coloides y los ácidos málico y cítrico. El tartrato de calcio es diez veces menos soluble que el bitartrato de potasio, por tanto, estos cristales deberían precipitar fácilmente, pero las bajas concentraciones de calcio presentes en el vino lo vuelven un evento impredecible, pudiendo tardar desde semanas hasta años en cristalizar (Villanueva y Faulk, 2021).

En los últimos años se ha percibido un incremento en la precipitación de cristales de CaT, por lo que el mundo vitivinícola se ha visto en la obligación de entender su origen y buscar soluciones. Las razones del incremento de calcio, y por tanto, la aparición de cristales de CaT en los vinos son debido a prácticas agronómicas (sustitución de fitosanitarios a base de cobre por productos que contienen calcio), prácticas enológicas (aumento de la aplicación de bentonita, uso de depósitos de hormigón, tratamientos de desacidificación con carbonato de calcio y uso de tierras de filtración) y el cambio climático que se considera como el principal factor de esta inestabilidad, ya que ha traído consigo el aumento de las temperaturas, incrementando el pH del mosto (Villanueva y Faulk, 2021).

Cuando el mosto se convierte en vino el KHT y el CaT se tornan más insolubles debido a la presencia de etanol y a la conservación a bajas temperaturas (Corti y Paladino, 2015). Para lograr la estabilidad tartárica antes de que los vinos sean embotellados se han formado dos grandes grupos según su naturaleza de acción: métodos físicos y métodos químicos (Peñailillo, 2013).

Uno de los métodos físicos más utilizados es el tratamiento por frío, que consiste en el enfriamiento prolongado del vino por debajo de la temperatura de cristalización del KHT, pero sobre el punto de congelación del vino (Cameira dos Santos *et al.*, 2000) creando condiciones favorables para la precipitación de sales tartáricas para posteriormente ser eliminadas durante el trasiego del vino (Rodríguez, 2020; Gonzales, 2017). Este tratamiento no es muy efectivo para el caso de CaT, ya que la solubilidad de esta sal es menos sensible a la temperatura (Villanueva y Faulk, 2021). Para acelerar este proceso se pueden usar cristales micronizados de KHT o CaT, de las cuales sólo las semillas de CaT han demostrado ser útiles para prevenir precipitados de KHT y CaT (Mínguez y Hernández, 1998; Sanz, 2012).

Otra técnica utilizada es la electrodiálisis, que corresponde a una eliminación selectiva de iones (K^+ y Ca^{2+} en este caso), disminuyendo considerablemente el riesgo de precipitaciones tartáricas. A pesar de ser un método efectivo, es bastante complejo y requiere de una gran inversión inicial. Además, autores como Martínez *et al.*, (2020), sostienen que puede afectar las características organolépticas del vino.

Dentro de los métodos químicos destaca el uso de aditivos enológicos como coloides protectores, los cuales impiden las precipitaciones tartáricas debido a sus propiedades químicas (Bosso *et al.*, 2010; Flanzy 2003).

Los coloides protectores como el ácido metatartárico, la goma arábiga, las manoproteínas, la carboximetilcelulosa o el poliaspartato de potasio han demostrado ser buenos inhibidores de las precipitaciones tartáricas, pero su eficacia es principalmente contra las sales de KHT (Mínguez y Hernández, 1998).

Estabilidad tartárica de vinos espumantes

Los vinos espumantes son el resultado de dos etapas de fermentación. Durante la primera fermentación el mosto se convierte en vino base a través de una vinificación tradicional para blancos, y posteriormente al vino base se le añaden levaduras, coadyuvantes y azúcar para realizar una segunda fermentación en envase cerrado (Garofalo *et al.*, 2016). Considerando esto, la inestabilidad tartárica supone un gran problema para los productores y exportadores de vinos espumantes, ya que, los vinos base deberán estar perfectamente limpios y estabilizados antes de ser introducidos en botellas, porque posteriormente no podrán sufrir ningún tipo de tratamiento (Medina, 2017).

La variedad de uva utilizada es uno de los factores principales que influyen en el carácter de los vinos espumantes, junto con la ubicación del viñedo y la autólisis de la levadura. A nivel mundial, las regiones productoras de vinos espumantes utilizan distintas variedades para elaborar sus vinos, y en las últimas décadas han cobrado relevancia la variedad blanca Chardonnay y la variedad tinta Pinot Noir, las cuales dan como resultado vinos espumantes con valores más altos de espumabilidad y estabilidad de la espuma, considerados como parámetros de calidad importante en estos vinos (Medina, L. 2017).

La variedad blanca Chardonnay es la más popular y extendida en el mundo, dando buenos resultados en lugares muy distintos. Sus características pueden variar desde vinos gruesos y espesos a ligeros y frescos. Los Chardonnay de climas fríos se caracterizan por aromas cítricos, mientras que los de clima cálido por aromas a frutas tropicales. Por su parte la variedad Pinot Noir también se cultiva en distintos países y se caracteriza por dar un vino ligero, con sabores frutales, escasos taninos y acidez equilibrada. Todas estas características mencionadas hacen que estas variedades sean idóneas para la producción de vinos espumantes en el mundo (Angélica *et al.*, 2016).

Las variaciones geográficas y climáticas de Chile influyen de manera importante en el crecimiento y desarrollo de la vid y, por ende, en la composición del fruto, siendo un factor relevante sobre la calidad final del producto. Esto posiciona al país como un importante productor y exportador de vinos, obteniendo una significativa presencia en el mercado mundial (Cerdeira *et al.*, 2008). La superficie total de viñas para vinificación alcanza las 141 mil hectáreas, y las exportaciones totales durante los primeros tres meses del 2021 llegaron a los 198,7 millones de litros, donde 737 mil litros corresponden a vinos espumantes. Aunque los vinos espumantes constituyen una pequeña fracción del total de la producción de vino chileno, se han registrado constantes alzas en volumen y precio, además de una actitud positiva y menos estacional por parte de los consumidores (ODEPA, 2021; Meneses, 2016). Cabe destacar que, en Chile, los principales cultivares utilizados para la producción de vinos espumantes son el Chardonnay y Pinot Noir, los cuales alcanzan las 10,9 y 4,18 ha respectivamente (ODEPA, 2021).

Finalmente, la estabilidad tartárica de los vinos es una gran tarea para las bodegas desde el punto de vista comercial, ya que lo más importante es agradar al consumidor. Los métodos para la prevención de precipitados de sales tartáricas mencionados tienen costos elevados, pueden influir en las características organolépticas del vino y no han demostrado ser lo suficientemente eficientes respecto a la estabilidad del tartrato del calcio, convirtiéndose en un gran desafío para la industria vinícola (Sanz, 2012).

Objetivo

Objetivo general

Evaluar la inestabilidad potencial respecto a las sales de tartrato de calcio y bitartrato de potasio de vinos base espumantes procedentes de distintos valles chilenos.

Objetivos específicos

- Evaluar estabilidad de CaT y KHT del vino base espumante.
- Evaluar estabilidad de CaT y KHT del vino base después de aumentar el grado alcohólico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Las muestras de vinos base espumante fueron analizadas en el Laboratorio de Química Enológica y el Laboratorio de Análisis Cromatográfico y Capacidad Antioxidante pertenecientes al Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales de la Universidad de Chile.

Materiales

Muestras de vinos base

Se trabajó con 13 muestras de la variedad Chardonnay y 5 muestras de la variedad Pinot Noir. Las uvas utilizadas para producir estos vinos bases provenían de los valles de Casablanca, Colchagua, Curicó, Leyda, Limarí, Maipo, Maule y Traiguén, las cuales fueron vinificadas en la misma bodega y bajo el mismo criterio enológico (Viña San Pedro Tarapacá, Isla de Maipo).

Cuadro 1. Muestras disponibles por valle.

Valle	Casablanca	Colchagua	Curicó	Leyda	Limarí	Maipo	Maule	Traiguén
Muestra	CH422	CH137	CH743M	PN309	CH568	PN102	CH327	PN636
		CH210			CH569	PN153	CH435	
		CH214				PN746	CH738	
		CH1258				CH111		
		CH717M						

PN= Pinot Noir, CH= Chardonnay

Equipos e insumos químicos

Para la prueba de mini contact – test se utilizó un conductímetro HANNA modelo HI 5321-01. Previo a la determinación de calcio las muestras fueron digeridas en un ciclo de autoclave (LabTech, Daihan LabTech CO. LTD. Kyungki-Do, Corea). Posteriormente, a las muestras se les adicionó ácido nítrico HNO₃ al 65 % (Merck, Chile), peróxido de hidrógeno H₂O₂ al 30 % (Sigma Aldrich, Chile) y agua ultrapura (PURELAB Ultra, Elga Labwater, Arquimed, Chile), y se determinó la concentración de calcio con un equipo de emisión atómica por inducción de microondas (MP-AES 4200 Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA). En ambas pruebas de estabilidad tartárica se utilizó un agitador magnético y cristales micronizados de KHT (L-tartrato de potasio monobásico, Sigma-Aldrich, Chile) y CaT (Enocristal Ca, Enartis, Chile) según el caso.

Métodos

Mini – contact Test para medir estabilidad de las sales de tartrato de potasio (Riberéau – Gayon *et al.*, 2006)

Se enfriaron 90 mL de las muestras hasta los 0 – 2,5 °C, los cuales se mantuvieron en agitación constante mediante el uso de un agitador magnético. Se midió la conductividad inicial del vino frío (C_0) con la ayuda de un conductímetro. Posteriormente se agregó 1 g de cristales micronizados de KHT en los 90 mL de muestra y se midió la conductividad continuamente hasta que se mantuvo estable durante 1 minuto, valor correspondiente a la conductividad final (C_f). Para esta prueba se consideró como muestra inestable si la caída de la conductividad era superior al 5 %, calculada según la expresión (1):

$$\Delta C (\%) = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \cdot 100 \quad (1)$$

Test de estabilidad de las sales de tartrato de calcio (Abguéguen y Boulton, 1993)

Se filtraron al vacío cada una de las muestras y se tomaron 15 mL con los cuales se determinó la concentración inicial de calcio en el vino $[Ca]_0$ mediante espectroscopía de emisión atómica, según se detalla en la siguiente sección. Luego, se enfriaron 90 mL de vino filtrado (0 – 4 °C) y, una vez acondicionado se le adicionó 1 g de cristales micronizados de CaT, manteniendo el vino frío y en agitación constante durante 2 horas. Posteriormente, las muestras fueron filtradas y se conservaron 15 mL para determinar la concentración de calcio final $[Ca]_f$ mediante espectroscopía de emisión atómica. Se consideró un vino estable si la concentración de calcio se mantuvo o aumentó, y un vino inestable si la concentración de calcio disminuyó en más de un 5%, calculado según la siguiente expresión (2):

$$\frac{[Ca]_0}{[Ca]_f} \geq 1.05 \quad (2)$$

Determinación de calcio en muestras de vino mediante espectroscopía de emisión atómica por inducción de microondas (Gil *et al.*, 2020)

Se depositaron 5 mL de vino filtrado en un frasco de Pyrex de 20 mL, a los que se adicionó 3 mL de ácido nítrico HNO_3 al 65 % y 1 mL de peróxido de hidrógeno H_2O_2 al 30 %. Después, las muestras se sometieron a un ciclo de autoclave para ser digeridas. Posteriormente, se diluyeron las muestras con agua ultrapura hasta un volumen final de 50 mL. La disolución final se inyectó en un equipo de emisión atómica por inducción de microondas mediante el cual se determinó la concentración de calcio.

Adicionalmente, se midió pH y acidez titulable de cada una de las muestras antes y después de cada prueba de estabilidad tartárica y adición de alcohol.

Diseño experimental y tratamientos

El experimento se realizó con 18 botellas de 750 mL, con vinos base de las variedades Chardonnay (13) y Pinot Noir (5) procedentes de distintos valles chilenos. Se analizó la estabilidad con respecto al bitartrato de potasio (KHT) y al tartrato de calcio (CaT) de cada una de las muestras. Posteriormente se incrementó el grado alcohólico de las 18 muestras y nuevamente se analizó la estabilidad de ambas sales tartáricas.

Procedimiento

Las muestras se filtraron al vacío y se tomaron 180 mL de cada una. Estos 180 mL se enfriaron (0 – 2,5 °C) mediante un baño de frío con agua, hielo y sal, y se dividieron en dos vasos de precipitados con 90 mL cada uno para medir la estabilidad de las sales tartáricas. Otra parte de las muestras filtradas se utilizó para medir el pH y la acidez titulable. Además, se conservaron otros 15 mL de cada muestra filtrada en tubos de centrifuga con los cuales se midió la cantidad inicial de calcio y potasio.

La estabilidad con respecto KHT se midió a través del mini – contact test descrito por Riberéau – Gayon *et al.*, (2006), el cual se basa en la caída de la conductividad eléctrica del vino frío en constante agitación, proceso que fue acelerado mediante la adición de 1 g de cristales micronizados de KHT en los 90 mL de muestra (11,1 g/L). Una vez finalizado el test se volvieron a filtrar las muestras y se midió nuevamente el pH y la acidez titulable.

Para medir la estabilidad de las sales de tartrato de calcio (CaT) se utilizaron los 90 mL restantes, a los cuales se les adicionó 1 g de cristales micronizados de CaT (11,1 g/L), manteniendo las muestras en frío durante 2 horas y en agitación constante. Pasadas las 2 horas, las muestras se filtraron al vacío y se conservaron 15 mL de cada una para medir la concentración de calcio final (Abguéguen y Boulton, 1993) y el restante para medir pH y acidez titulable.

Posteriormente se incrementó el grado alcohólico de las 18 muestras en 1,2 % vol. y se realizaron los mismos análisis mencionados con el fin de determinar la estabilidad potencial de las sales tartáricas de los vinos espumantes después de la segunda fermentación.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó a través de un análisis de componentes principales y conglomerados. Los datos fueron procesados con el programa estadístico InfoStat® versión 2020e.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estabilidad tartárica con respecto al KHT

Para evaluar la estabilidad tartárica con respecto al KHT se realizó el mini – contact test descrito anteriormente. Esta prueba se realizó antes y después de aumentar el grado alcohólico de las muestras simulando una segunda fermentación.

En el Cuadro 2 se observan los resultados del mini – contact test para vinos de la variedad Chardonnay, donde se puede apreciar una caída porcentual con valores por sobre el 5 %, lo que significó que todas las muestras fueron inestables desde el punto de vista del bitartrato de potasio. Esta caída se debe a una disminución de conductividad eléctrica (CE) en cada una de las muestras después de adicionar los cristales micronizados de KHT.

Previo al incremento del grado alcohólico se observó que la mayor caída porcentual de CE fue de 17,9 % correspondiente a la muestra CH568 del valle de Limarí, mientras que la menor caída porcentual de CE fue de 6,8 % correspondiente a la muestra CH717M del valle de Colchagua. Posterior al incremento del grado alcohólico la muestra que presentó una mayor caída porcentual de CE, y por tanto la más inestable, fue CH137 proveniente del valle de Colchagua, mientras que la muestra CH739 del valle de Maule fue la que obtuvo una menor caída porcentual de CE con un 10,8 %. Todos estos valores están muy por encima del 5 % considerado como límite de estabilidad según Ribereau – Gayon *et al.*, (2006).

Cuadro 2. Porcentaje de caída de CE asociados a la variedad Chardonnay antes y después de incrementar el grado alcohólico.

Caída de Conductividad eléctrica (%)				
	Previo al incremento del grado alcohólico	Estado	Posterior al incremento del grado alcohólico	Estado
CH111	10,6	Inestable	13,8	Inestable
CH137	15,7	Inestable	19,3	Inestable
CH210	10,9	Inestable	12,3	Inestable
CH214	12,1	Inestable	15	Inestable
CH327	10,4	Inestable	15	Inestable
CH422	12,2	Inestable	15,9	Inestable
CH435	9,8	Inestable	11,1	Inestable
CH568	17,9	Inestable	18,1	Inestable
CH569	12	Inestable	14,2	Inestable
CH717M	6,8	Inestable	14,3	Inestable
CH738	8,3	Inestable	10,8	Inestable
CH743M	13,3	Inestable	14,7	Inestable
CH1258	7,2	Inestable	12,5	Inestable

Como era de esperar los resultados de caída porcentual de CE posterior al incremento del grado alcohólico mostrados en el Cuadro 2 fueron siempre mayores a los observados previo a la simulación de la segunda fermentación alcohólica, esto sucede puesto que, al aumentar el etanol del medio, disminuye la solubilidad de las sales tartáricas (Corti y Paladino, 2015).

Los resultados obtenidos para los vinos de la variedad Pinot Noir (Cuadro 3), al igual que en el caso de los vinos de la variedad Chardonnay, mostraron una disminución de conductividad en cada una de las muestras posterior a la adición de cristales micronizados de KHT, resultando nuevamente un porcentaje de caída de CE por sobre el 5 % en cada caso, lo que quiere decir que todas las muestras analizadas fueron inestables desde el punto de vista de KHT. Pese a que todas las muestras previo al incremento del grado alcohólico fueron inestables, y, por lo tanto, posterior a este también lo fueron, se observó que dos de las muestras (PN102 y PN153) tuvieron una menor caída porcentual después de simular la segunda fermentación alcohólica, lo que se considera errado, ya que al aumentar el grado alcohólico disminuye la solubilidad de las sales tartáricas.

Según lo expuesto en el Cuadro 3, se observó que previo al incremento del grado alcohólico las muestras de mayor y menor caída porcentual de CE (PN153 y PN746 respectivamente) correspondían al valle de Maipo. Posterior al incremento del grado alcohólico PN309 proveniente del valle de Leyda fue la muestra más inestable con un 21,1 % y PN102 del valle de Maipo con un 10,3 % fue la que tuvo la menor caída porcentual de CE. Pese a la gran diferencia de caída porcentual de CE, ambas muestras son inestables considerando como criterio de inestabilidad un 5 %, tal y como se establece en la bibliografía (Riberéau – Gayon *et al.*, 2006).

El vino es una solución sobresaturada de bitartrato de potasio, por lo tanto, al realizar el mini – contact test, la idea de bajar la temperatura y adicionar cristales micronizados de KHT fue crear condiciones favorables para la precipitación de estas sales, de manera de eliminar la sobresaturación (Saruga, 2013). Para todos los casos, considerando los resultados de los Cuadros 2 y 3, se hace imprescindible un proceso de estabilización antes de realizar la segunda fermentación, en caso de ser vinos para comercialización.

La primera etapa de un vino espumante es la elaboración del vino base, el cual se vinifica como vino tranquilo tradicional (Caliari *et al.*, 2013). Los resultados del mini – contact test que se muestran en los Cuadros 2 y 3 coinciden con lo expuesto por Cameira dos Santos *et al.*, (2000), quienes señalan que después de la primera fermentación alcohólica el vino es una solución tartáricamente inestable, por lo que la mayoría de los vinos obligadamente deben pasar por tratamientos de estabilización.

La finalidad de aumentar el grado alcohólico de las muestras fue simular la segunda fermentación alcohólica de los vinos espumantes, que según el método tradicional o champenoise se realiza directamente en la botella (OIV, 2014). Para este experimento, todos los vinos espumantes elaborados con las muestras analizadas serían inestables desde el punto de vista de las sales de KHT, resultado no deseado, ya que al abrir la botella se podría producir el fenómeno de *gushing*, el cual corresponde a un aumento rápido e incontrolable del volumen del gas, dando lugar a la expulsión de la espuma. Uno de los factores principales que influyen en este fenómeno es la estabilización incompleta del vino base: los cristales de KHT hacen de núcleo para la formación de burbujas, y al momento de abrir las botellas se perdería parte importante del producto causando rechazo en los consumidores (Cordingley, 2020).

Cuadro 3. Porcentaje de caída de CE asociados a la variedad Pinot Noir antes y después de incrementar el grado alcohólico.

Caída de Conductividad eléctrica (%)				
	Previo al incremento del grado alcohólico	Estado	Posterior al incremento del grado alcohólico	Estado
PN102	13,2	Inestable	10,3	Inestable
PN153	20,2	Inestable	17,2	Inestable
PN309	18,6	Inestable	21,1	Inestable
PN636	16,5	Inestable	17,7	Inestable
PN746	12,6	Inestable	18,7	Inestable

A partir de los resultados de los Cuadros 2 y 3, se extrae que la variedad Pinot Noir tuvo mayor disminución porcentual de CE antes y después de incrementar el grado alcohólico de las muestras, por lo tanto, podría haber una influencia de la variedad frente a la estabilidad tartárica de los vinos, aunque Bordeu y Cristi, (2001), señalan que los vinos tintos jóvenes presentan mayor estabilidad ante vinos blancos frente a los precipitados de sales tartáricas, debido a la presencia de inhibidores, los cuales no son necesariamente estables en el tiempo.

Por otra parte, no se observó una clara relación de influencia en cuanto a los valles. Contrario a esto, Poerner *et al.*, (2010), quienes realizaron una diferenciación analítica de vinos base (Chardonnay y Pinot Noir) de dos regiones vitícolas de Rio Grande do Sul (Brasil), obtuvieron como resultado que hay una tendencia natural de separación entre los vinos base provenientes de las dos zonas estudiadas, y que la composición química de estos depende en gran parte del suelo donde se encontraban los cultivos.

Utilizando un equipo de emisión atómica por inducción de microondas se calculó el contenido de potasio de las muestras antes y después de adicionar cristales micronizados de

KHT previo a la simulación de la segunda fermentación alcohólica y posterior a esta (Figuras 1 y 2).

Los vinos suelen contener diversas sales disueltas donde destacan principalmente las sales de potasio y calcio, las cuales pueden dar origen a fenómenos de inestabilidad. Debido a la acción de factores como la disminución de temperatura del vino y la concentración de iones de tartrato, estas sales tienden a precipitar y depositarse en forma de cristales durante y después de la fermentación alcohólica, disminuyendo el contenido de los minerales mencionados (Gonzales, 2017), lo que se puede observar en las Figuras 1 y 2.

Sturza y Covaci, (2014), realizaron un estudio de estabilización tartárica de vinos jóvenes de las variedades Chardonnay y Pinot Noir. Para la estabilización los vinos fueron enfriados hasta los $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2 días y se les administró una solución sobresaturada de KHT. Como resultado se observó una disminución del contenido de potasio y ácido tartárico en las muestras inestables. Esto se relaciona con los resultados obtenidos en las Figuras 1 y 2, donde se observa una disminución del contenido de potasio en todos los casos, debido a que este mineral precipitó junto con los cristales de KHT adicionados.

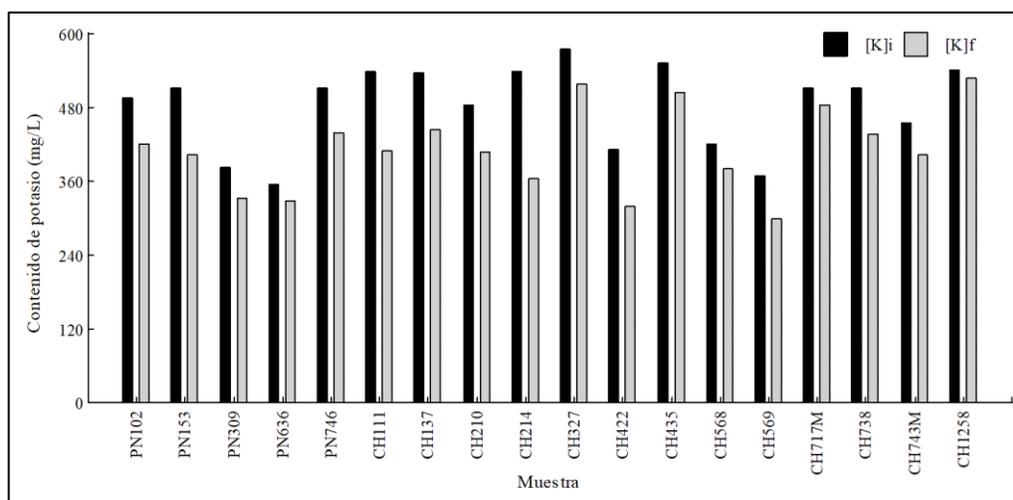


Figura 1. Variación del contenido de potasio de cada muestra antes y después de adicionar cristales micronizados de KHT ($[K]_i$ y $[K]_f$ respectivamente) previo al incremento del grado alcohólico.

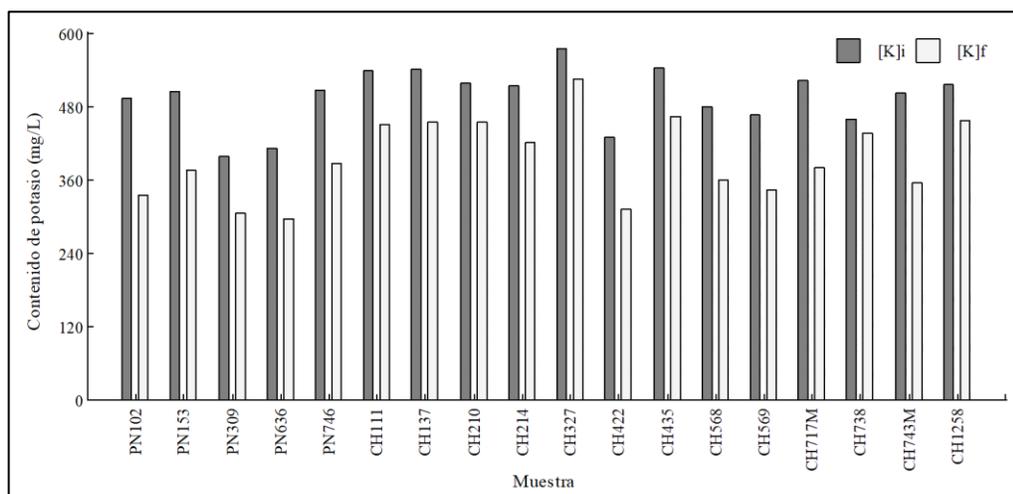


Figura 2. Variación del contenido de potasio de cada muestra antes y después de adicionar cristales micronizados de KHT ($[K]_i$ y $[K]_f$ respectivamente) posterior al incremento del grado alcohólico.

Estabilidad tartárica con respecto a CaT

Basándose en el test descrito por Abguéguen y Boulton en 1993 para medir la estabilidad tartárica con respecto al CaT fue necesario medir el contenido inicial de calcio de cada una de las muestras, y el contenido final de calcio posterior a la adición de cristales micronizados de CaT (antes y después de incrementar el grado alcohólico).

Al aplicar la fórmula de contenido inicial sobre contenido final de calcio previo a incrementar el grado alcohólico de las muestras, se observaron valores sobre 1,05 (o $> 5\%$) (Figura 3), lo que indica que todas las muestras son inestables con respecto al tartrato de calcio.

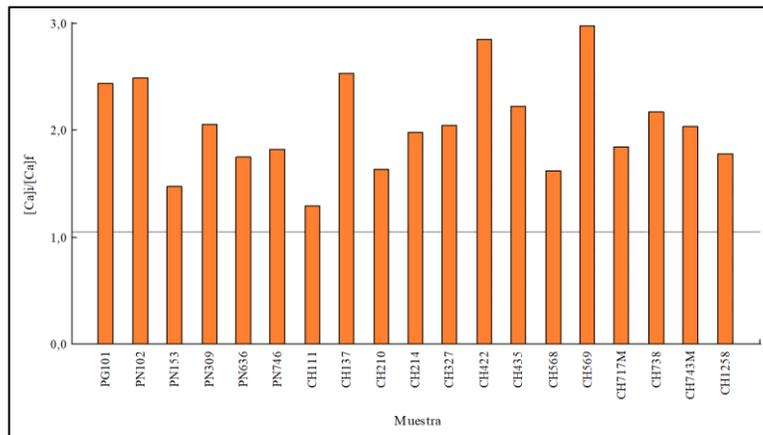


Figura 3. Resultados del test para las sales de tartrato de calcio previo al incremento del grado alcohólico.

Si bien es cierto, los resultados del mini – contact test también permitieron observar que la totalidad de las muestras eran inestables con respecto a las sales de KHT, no significa que también lo sean desde el punto de vista de CaT, ya que tal como señala Villanueva y Faulk (2021) ambas sales se enlazan con formas distintas del ácido tartárico (ion bitartrato (HT^-) con K^+ e ion tartrato (T^{2-}) con Ca^{+2}), y también influyen otros factores siendo uno de los más relevantes el pH de la solución.

Una vez incrementado el grado alcohólico, y posterior a la adición de cristales micronizados de CaT (Figura 4), extrañamente se observó que la muestra CH568 correspondiente a un Chardonnay del valle de Limarí, fue estable respecto al tartrato de calcio. En base a lo mencionado anteriormente, durante la fermentación alcohólica se produce etanol, lo que disminuye la solubilidad de las sales tartáricas (Cameira dos Santos *et al.*, 2000), por lo tanto, se esperaba que esta muestra fuera aún más inestable. Este resultado se puede atribuir a un fallo experimental durante el procesamiento de la muestra.

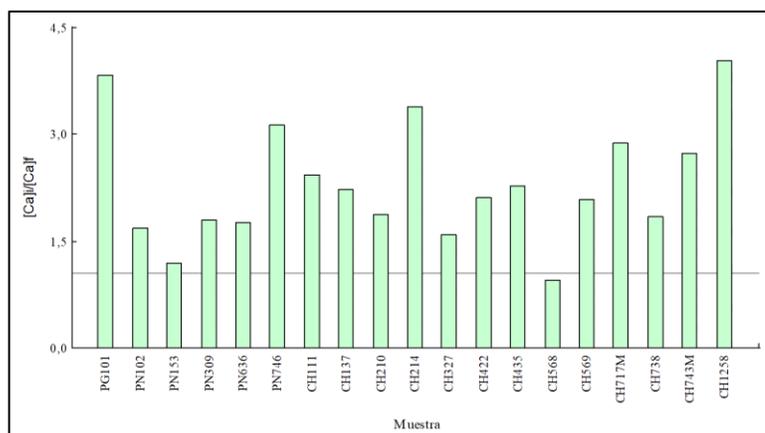


Figura 4. Resultados del test para las sales de tartrato de calcio posterior al incremento del grado alcohólico.

Durante la realización del test de sales de tartrato de calcio se midió la conductividad eléctrica (CE) de las muestras antes y después de adicionar los cristales micronizados de CaT (previamente al incremento del grado alcohólico y posterior a este). Los resultados se presentan en los Cuadros 4 y 5.

Para la variedad Pinot Noir se observó una tendencia de aumento de CE posterior a la adición de cristales micronizados de CaT en la mayoría de los casos, salvo por las muestras PN636 (Traiguén) previo a añadir alcohol y las muestras PN309 (Leyda) y PN636 posterior a la adición de alcohol.

Cuadro 4. Resultados de CE asociados a la variedad Pinot Noir antes y después del incremento del grado alcohólico.

Conductividad Eléctrica (mS/cm)				
Muestra	C _i	C _f	C _{i2}	C _{f2}
PN102	2,405	2,356	2,353	2,420
PN153	2,121	2,277	2,205	2,687
PN309	1,760	1,808	1,929	1,751
PN636	1,600	1,358	1,677	1,401
PN746	2,082	2,146	2,055	2,137

C_i= CE inicial previo a la adición de alcohol, C_f= CE final con KHT previo a la adición de alcohol, C_{i2}= CE inicial posterior a la adición de alcohol, C_{f2}= CE final con KHT posterior a la adición de alcohol.

En el Cuadro 5, se aprecia que previo al incremento del grado alcohólico la mayoría de las muestras aumentaron su CE posterior a la adición de cristales micronizados de CaT. Por otra parte, después de añadir alcohol a las muestras se observó lo contrario, la CE disminuyó en

casi todos los casos. Para las muestras CH568 (Limarí), CH738 (Maule) y CH743M (Curicó) se observó que antes de adicionar alcohol la CE aumentó, pero posterior al incremento del grado alcohólico la CE disminuyó. La poca relación observada en estos resultados muestra lo complejo que es determinar la estabilidad de los vinos con respecto al tartrato de calcio, demostrando que el test de diferencias de conductividad eléctrica no sirve para este caso.

Cuadro 5. Resultados de CE asociados a la variedad Chardonnay antes y después del incremento del grado alcohólico.

Conductividad Eléctrica (mS/cm)				
Muestra	C _i	C _f	C _{i2}	C _{f2}
CH111	2,217	2,299	2,431	2,223
CH137	2,047	2,063	2,085	1,979
CH210	2,258	2,560	2,625	2,327
CH214	1,671	2,135	2,530	3,090
CH327	2,394	2,436	2,988	2,396
CH422	1,865	1,965	1,931	1,817
CH435	1,980	2,086	2,162	1,952
CH568	2,187	2,091	2,648	2,676
CH569	2,353	2,323	2,328	2,163
CH717M	2,137	2,179	2,447	2,227
CH738	1,842	1,768	1,546	1,640
CH743M	1,948	1,898	2,000	2,068
CH1258	2,013	2,580	2,399	1,976

C_i= CE inicial previo a la adición de alcohol, C_f= CE final con KHT previo a la adición de alcohol, C_{i2}= CE inicial posterior a la adición de alcohol, C_{f2}= CE final con KHT posterior a la adición de alcohol.

Según un artículo publicado por Gil *et al.*, (2020), donde se quería ver el efecto de distintos depósitos durante la vinificación de un vino del cv. Sauvignon blanc, se señala que una vez terminada la fermentación alcohólica, el vino fue estabilizado tartáricamente y como resultado de los análisis de CE se podía observar claramente que el vino que estuvo en el depósito de concreto aumentó su CE, indicando que el concreto cedió iones. Seis meses más tarde se realizó el mismo ensayo, donde la principal diferencia metodológica fue que los vinos no pasaron por un proceso de estabilización tartárica, y por esta vez no se observaron diferencias de CE entre los vinos contenidos en los distintos depósitos (Gil *et al.*, 2021). Entonces, en el primer ensayo la concentración de potasio era menor porque el vino fue estabilizado, pero durante el segundo ensayo, como no se realizó estabilización tartárica, los vinos estaban sobresaturados de potasio, lo que acabó condicionando la conductividad y por lo tanto, no se pudieron ver diferencias originadas por otros elementos presentes en menor cantidad en la solución.

Considerando el párrafo anterior y los fundamentos del test de calcio descrito por Abguéguen y Boulton en 1993, la concentración del ion calcio es fundamental para la determinación de

su estabilidad en los vinos, y esto no se puede observar en las pruebas de conductimetría realizadas (resultados de los Cuadros 4 y 5).

Resultados de análisis de pH y acidez titulable de las muestras de vinos base analizadas

Las concentraciones de los ácidos orgánicos en el mosto dependen principalmente de la madurez y la variedad de la uva, sin embargo, después de la fermentación alcohólica cambia el contenido de acidez del vino. En general los ácidos málico, cítrico y principalmente tartárico aportan la mayor proporción de acidez, conocida como acidez titulable (Chidi *et al.*, 2018). Por otra parte, el pH es uno de los factores esenciales en la estabilidad de los vinos y está inversamente relacionado con la acidez titulable (Santamaría *et al.*, 2005; Estrada, 2018), lo que se puede apreciar en la mayoría de las muestras analizadas de Pinot Noir (Cuadro 6), pero no así para los casos de las muestras de Chardonnay (Cuadro 7).

Los resultados de acidez titulable de las muestras solas, y posteriormente de las muestras con cristales micronizados de KHT y CaT, antes y después del incremento del grado alcohólico de los Cuadros 6 y 7, tienden a una leve disminución en casi todos los casos (más notoria después de la adición de los cristales de KHT). Como estos resultados se relacionan principalmente con el ácido tartárico, la disminución de AT implica una disminución del contenido de ácido tartárico debido a que está precipitando junto a los cristales adicionados. Esta disminución, se relaciona con los resultados obtenidos a partir del mini – contact test y la prueba de estabilidad de las sales de tartrato de calcio, donde se observó inestabilidad en casi el total de las muestras con respecto a ambas sales.

Cuadro 6. Resultados de pH y AT de la variedad Pinot Noir antes y después del incremento del grado alcohólico.

	Análisis Químico											
	Sola				con KHT				con CaT			
	pH ₁	pH ₂	AT ₁	AT ₂	pH ₁	pH ₂	AT ₁	AT ₂	pH ₁	pH ₂	AT ₁	AT ₂
PN102	3,51	3,57	10,8	10,5	3,49	3,54	10,7	9,6	3,50	3,57	11,3	10,4
PN153	3,44	3,44	7,7	7,5	3,44	3,36	6,7	6,3	3,41	3,37	7,3	6,6
PN309	3,30	3,30	9,8	9,7	3,21	3,18	9,0	7,9	3,21	3,18	9,1	8,1
PN636	3,08	3,09	10,5	11,3	3,03	3,00	9,4	10,5	2,99	2,98	9,7	10,7
PN746	3,45	3,44	7,4	7,6	3,40	3,36	7,3	6,8	3,41	3,38	7,9	7,5

pH₁= pH calculado previo al incremento del grado alcohólico, pH₂= pH calculado posterior al incremento del grado alcohólico, AT₁= Acidez titulable previo al incremento del grado alcohólico, AT₂= Acidez titulable posterior al incremento del grado alcohólico.

A pesar de que hay una clara tendencia de disminución de AT posterior a la adición de cristales micronizados de CaT, al relacionarlo con el resultado del test de sales de tartrato de calcio (todas las muestras inestables) era de esperar que en todos los casos la AT disminuyera, pero no fue así. Con esto nuevamente se infiere la dificultad de la estabilización con respecto

a las sales de tartrato de calcio en los vinos.

Cuadro 7. Resultados de pH y AT de la variedad Chardonnay antes y después del incremento del grado alcohólico.

	Análisis Químico											
	Sola				con KHT				con CaT			
	pH ₁	pH ₂	AT ₁	AT ₂	pH ₁	pH ₂	AT ₁	AT ₂	pH ₁	pH ₂	AT ₁	AT ₂
CH111	3,08	3,23	12,4	11,5	3,04	3,10	11,5	11,0	3,06	3,16	12,2	10,7
CH137	3,42	3,44	8,7	7,6	3,39	3,39	8,2	8,0	3,34	3,39	7,5	7,5
CH210	3,49	3,49	7,7	7,7	3,45	3,45	7,8	7,8	3,44	3,44	8,0	8,0
CH214	3,48	3,66	9,0	7,9	3,46	3,62	8,4	7,2	3,46	3,59	7,6	7,2
CH327	3,31	3,53	11,0	12,4	3,43	3,51	10,3	12,3	3,48	3,48	11,7	11,7
CH422	3,20	3,22	11,0	11,0	3,17	3,22	9,7	9,1	3,11	3,21	9,3	9,4
CH435	3,41	3,48	8,0	7,2	3,47	3,45	7,6	6,7	3,46	3,56	7,6	6,6
CH568	3,11	3,19	11,8	9,6	3,03	3,09	10,1	9,0	3,04	3,12	7,5	9,5
CH569	3,12	3,25	13,7	11,0	3,08	3,19	13,0	10,4	3,11	3,20	13,4	10,5
CH717M	3,36	3,43	9,1	7,7	3,33	3,38	7,0	7,2	3,33	3,39	7,2	6,8
CH738	3,11	3,16	9,6	8,9	3,12	3,14	9,0	8,7	3,17	3,17	9,2	8,8
CH743M	3,35	3,36	8,2	7,4	3,34	3,37	7,2	6,8	3,29	3,37	7,7	7,3
CH1258	3,19	3,44	11,0	7,9	3,17	3,40	8,2	7,2	3,20	3,40	7,9	6,8

pH₁= pH obtenido previo al incremento del grado alcohólico, pH₂= pH calculado posterior al incremento del grado alcohólico, AT₁= Acidez titulable previo al incremento del grado alcohólico, AT₂= Acidez titulable posterior al incremento del grado alcohólico.

Análisis de componentes principales

En la Figura 4, se presenta el *Loading plot* de análisis de componentes principales donde se observa la contribución de las 28 variables medidas para cada muestra. El gráfico explica el 61,5 % de la variabilidad de todos los datos entre la componente principal 1 y 2.

Se observó que los resultados de pH medidos tienen influencias positivas grandes en la componente principal 1 (CP1), mientras que los resultados de AT tienen influencias negativas. Por lo tanto, a mayor pH, menor AT.

Para la componente principal 2 (CP2), se observó que las variables con mayor influencia positiva fueron los resultados de conductividad inicial y final con respecto al KHT, mientras que las variables con influencia negativa fueron las caídas de conductividad eléctrica del mini – contact test.

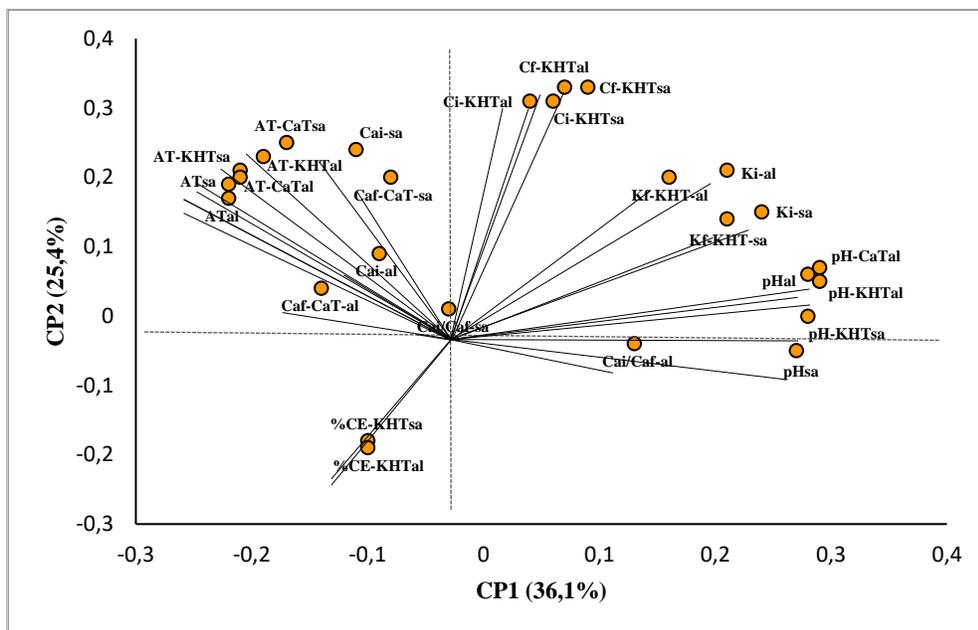


Figura 4. *Loading plot* del Análisis de componentes principales de las pruebas de estabilidad tartárica y análisis químicos. Círculo anaranjados corresponden a los *loadings* de las variables medidas para el componente principal 1 y 2: pH, acidez titulable, concentración de K^+ y Ca^{2+} , conductividad eléctrica, caída % de CE y disminución de calcio.

En base a los resultados del *Loading plot* y el *Score plot* de análisis de componentes principales (Figuras 4 y 5) se conformaron 4 agrupaciones diferenciadas entre ellas, según la influencia de las variables evaluadas.

Grupo 1 (Amarillo): conformado por las muestras PN102 y CH327, las cuales corresponden a un Pinot Noir del valle de Maipo y a un Chardonnay del valle de Maule respectivamente.

Grupo 2 (Verde): este grupo quedó compuesto por las muestras CH422 (Casablanca), CH568 (Limarí), PN309 (Leyda) y PN636 (Traiguén).

Grupo 3 (Azul): grupo más grande en su mayoría compuesto por muestras de Chardonnay; CH210 - CH214 - CH137 - CH717M - CH1258 (Colchagua) CH435 - CH738 (Maule) CH743M (Curicó) PN153 - PN746 (Maipo).

Grupo 4 (Rojo): este grupo quedó formado por dos muestras, CH111 y CH569 de los valles de Maipo y Limarí respectivamente.

Combinando los resultados de las Figuras 4 y 5, se observó que el Grupo 1 está altamente influenciado por la conductividad eléctrica inicial y final (antes y después de incrementar el grado alcohólico) con respecto a las sales de KHT. Para el Grupo 2 se observa una clara

influencia de la caída de conductividad eléctrica (resultados de mini – contact test), es decir, que las muestras pertenecientes a este grupo tuvieron una mayor caída posterior a la adición de cristales micronizados de KHT (antes y después de agregar alcohol). En el caso del Grupo 3, el pH fue la variable con mayor peso, por tanto, este grupo se caracteriza por tener un pH más alto, en consecuencia y según la Figura 4, una menor acidez titulable. Finalmente, el Grupo 4 se vio altamente influenciado por la acidez titulable (contrario al Grupo 3), por lo tanto, las muestras que corresponden a este grupo presentan una mayor AT y menor pH.

A partir de la Figura 5, se observa que las muestras analizadas se agrupan principalmente por variedad, por lo que existe una influencia de esta en cuanto a la estabilidad tartárica de los vinos base evaluados. Al observar la distribución de los valles no se ve una influencia clara, lo que también coincide con los resultados del mini – contact test y el test de estabilidad tartárica de las sales de calcio.

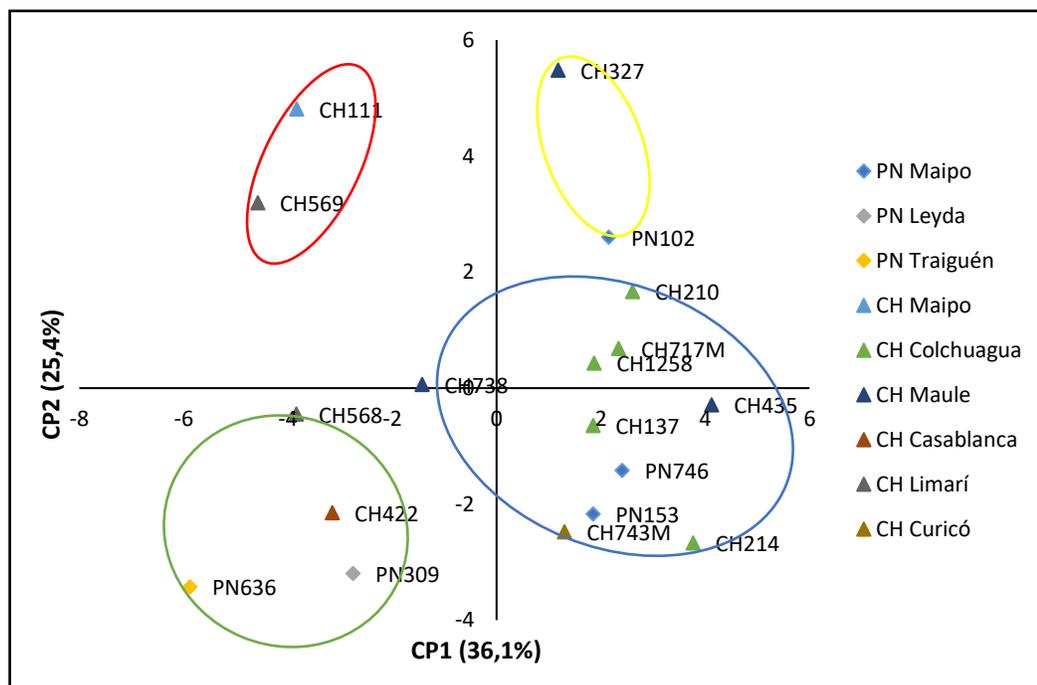


Figura 5. Score plot del Análisis de componentes principales y agrupación de datos según relación entre ellos.

Análisis de conglomerados

Con el objetivo de complementar la información obtenida a partir del análisis de componentes principales, se realizó un análisis de conglomerados para verificar las agrupaciones observadas en la Figura 5.

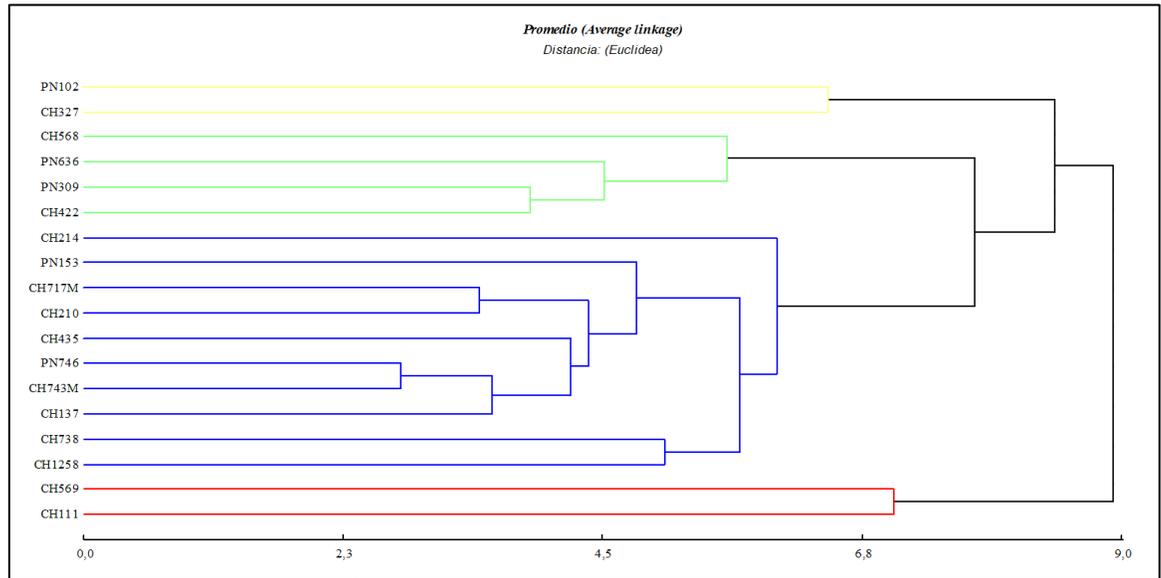


Figura 6. Dendrograma resultante del análisis de conglomerados obtenido a partir de la matriz de la distancia euclídea para las muestras analizadas.

A partir del dendrograma de la Figura 6, se confirman los cuatro grupos expuestos en el *Score plot* de la Figura 5, los cuales están diferenciados con los mismos colores anteriormente señalados. Cada grupo está conformado por muestras de vinos que después de todos los análisis realizados, mostraron mayor similitud entre sí.

Finalmente, los resultados obtenidos a partir del mini – contact test, el test de calcio y los análisis estadísticos realizados muestran que la variedad tiene mayor influencia en la estabilidad tartárica de los vinos base analizados. Ante esto, Bejerano y Martínez, (2013), señalan que la composición final de la baya (que contribuye de manera diferencial a la composición del mosto y del vino), efectivamente depende de un componente genético o varietal, pero también de las condiciones ambientales (suelo, clima, manejo del cultivo), y, de la interacción entre el genotipo y el ambiente.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye que todas las muestras evaluadas de vinos base espumante fueron inestables desde el punto de vista de las sales de tartrato de calcio y bitartrato de potasio previo a incrementar el grado alcohólico.

El incremento del grado alcohólico propio de la segunda fermentación alcohólica de los vinos espumantes simulado en este estudio mantiene la inestabilidad a las sales de tartrato de calcio y bitartrato de potasio de los vinos resultantes.

Para el caso de la estabilidad de las sales de tartrato de calcio se concluyó que las pruebas de conductimetría no son un método útil, ya que, frente a la gran concentración de potasio, no se pueden ver diferencias en la concentración de calcio, lo que es fundamental para medir su estabilidad.

Bajo las condiciones de este estudio, se observó una mayor influencia de la variedad sobre la estabilidad tartárica de los vinos base estudiados, mientras que la influencia de los valles fue poco clara.

BIBLIOGRAFÍA

Abguéguen O. and Boulton R. 1993. The crystallization kinetics of calcium tartrate from model solutions and wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 44(1): 65–67.

Angélica, P., Boschín, J., y Pretel, P. 2016. Producción de espumantes: estudio de prefactibilidad. 183p. Proyecto final de carrera para optar al Título profesional de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. San Rafael, Argentina.

Bejerano, P. y Martínez, J. 2013. Estructura y composición de la uva y su contribución al vino. *Revista de Enología Científica y Profesional* 139(8).

Bordeu, E. y Cristi, X. 2001. Estabilización tartárica de vinos tintos mediante resinas de intercambio catiónico. *Ciencia e Investigación Agraria* 28(2): 67–62.

Bosso A., Salmaso D., De Faver E. and Franceschi D. 2010. The use of carboxymethylcellulose for the tartaric stabilization of white wines, in comparison with other oenological additives. *Vitis* 49(2): 95–99.

Boulton, R., Singleton, V., Bisson L., and Kunkel R. 1999. Principles and Practices of Winemaking. Springer. California, United States, 618p.

Buzzetti, C. 2021. Boletín del vino, abril 2021. [En línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <<https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-del-vino-abril-2021>> Consultado en mayo de 2021.

Caliari, V., Rosier, J., e Bordignon – Luiz, M. 2013. Vinhos espumantes: métodos de elaboração. *Evidência-Ciência e Biotecnologia* 13(1): 65–77.

Cameira dos Santos, P., Mendes, O., Gonçalves, F., Simões, J., de Pinho, M. 2000. Ensaio de estabilização tartárica em vinhos portugueses: estudo comparativo da electodiálise e de um método tradicional. *Ciencia Téc. Vitiv* 15(2): 95-108.

Castro, V. 2017. Acidez málica y tartárica en fruta de distintas selecciones de vid ‘Cabernet Sauvignon’. 47p. Memoria de título para optar al Título profesional de Ingeniera Agrónoma.

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.

Cerda A., Alvarado M., García L., y Aguirre M. 2008. Determinantes de la competitividad de las exportaciones de vino chileno. *Panorama Socioeconómico* 37: 172–181.

Chidi, B., Bauer, F., and Rossouw, D. 2018. Organic acid metabolism and the impact of fermentation practices on wine acidity: A review. *South African Journal of Enology and Viticulture* 39(2): 1-15.

Cordingley, B. 2020. Sparkling wine gushing: not a cause for celebration. *Australian and New Zealand grapegrower and winemaker* 682: 42–43.

Corti, S., & Paladino, S. 2016. Estabilización tartárica en vinos: comparación entre electrodiálisis y tratamiento de frío por contacto. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 48(1): 225-238.

Estrada, E. 2018. Efecto de raleo de racimo y el sitio del viñedo en las características de vinos espumantes producidos a partir de la variedad italiana *Ribolla Gialla*. 25p. Proyecto de título para optar al Título profesional de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Universidad Zamorano, Departamento de Agroindustria Alimentaria. Tegucigalpa, Honduras.

Flanzy, C. 2003. Enología. Fundamentos científicos y tecnológicos. 2nd ed. AMV ediciones, Mundi-Prensa. Montpellier, Francia. 797 p.

Garofalo C., Arena M., Laddomada B., Capello M., Bleve G., Grieco F., Beneduce L., Berbegal C., Spano G. and Capozzi V. 2016. Starter Cultures for Sparkling Wine. *Fermentation* 2(4): 21.

Gil M., Úbeda C., Covarrubias J. and Peña A. 2020. Chemical, physical, and sensory attributes of Sauvignon blanc wine fermented in different kinds of vessels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 66: 102521.

Gil M., Úbeda C., Covarrubias J. Laurie, F. and Peña A. 2021. Chemical and Physical Implications of the Use of Alternative Vessels to Oak Barrels during the Production of White Wines. *Molecules* 26(3): 554.

Gonzales, S. 2017. Determinación de parámetros de operación para la estabilización tartárica de vinos mediante el proceso de electrodiálisis. 160p. Tesis para optar al Título profesional de Ingeniera Química. Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química. Callao, Perú.

Martínez M., Bautista A., Durant V. and Gómez E. 2020. Evaluating alternatives to cold stabilization in wineries: The use of carboxymethyl cellulose, potassium, polyaspartate, electro dialysis and ion exchange resins. *Foods* 9(9): 1275.

Medina, L. 2017. Estudio de los factores que influyen en las propiedades espumantes de los vinos espumosos (Cava); Influencia de la aplicación de nuevas herramientas biotecnológicas. 193p. Tesis para optar al grado de Doctor. Universitat Rovira i Virgili, Departamento de Bioquímica y Biotecnología. Tarragona, España.

Meneses, V. 2016. LOW: Una oportunidad en el mercado de espumantes (Parte I). 45p. Proyecto para optar al grado de Magíster en Marketing. Universidad de Chile, Facultad de Economía y Negocios. Santiago, Chile.

Mínguez S. and Hernández P. 1998. Tartaric stabilization of red, rosé, and white wines with L (+)-calcium tartrate crystal seeding. *American Journal of Enology and Viticulture* 42: 177–182.

OIV (Organización Internacional de la Viña y el Vino). 2021. Compendio de los métodos internacionales de análisis de los vinos y de los mostos (2 vol.). Recuperado en: <https://www.oiv.int/es/normas-y-documentos-tecnicos/metodos-de-analisis/compendio-de-los-metodos-internacionales-de-analisis-de-los-vinos-y-de-los-mostos-2-vol#oiv-ma-as312-01b> Consultado en mayo de 2021.

OIV (Organización Internacional de la Viña y el Vino). 2014. The sparkling wine market. Recuperado en: https://www.oiv.int/oiv/files/Les_vins_effervescents_%2520EN_complet.pdf Consultado en febrero de 2021.

Olivares, M. 2018. Caracterización geo – vitivinícola en Chile desde la III Región de Atacama a la XI Región de Aysén. 141p. Memoria de título para optar al Título profesional de Geóloga. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago, Chile.

Peñailillo, P. 2013. Evaluación de la carboximetilcelulosa sobre las características físicas y químicas de un vino tinto cultivar Carmenere. 32p. Memoria de título para optar al Título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile.

Rbéreau – Gayon, P., Glories, Y., Maujean A. and Dubourdieu D. 2006. Handbook of Enology, Volume 2: The chemistry of wine stabilization and treatments. 2nd edition. Wiley. Chichester, England, 451p.

Rodríguez, I. 2020. Efectos de la adición de estabilizantes ZENITH WHITE y ZENITH COLOR sobre la fracción ácida y otros parámetros habituales en vinos blancos y tintos. 47p. Tesis para optar al grado de Máster en Enología. Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Valencia, España.

Sagredo, M. 2019. Estudio de nuevos compuestos para la estabilización tartárica de los vinos de la D.O.Ca. Rioja. Proyecto final de carrera para optar al Título profesional de Ingeniera Química. Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Ingeniería Química. Barcelona, España.

Santamaría, P., Tenorio, C., Sota, C., Garijo, P., Gutiérrez y A., López, R. 2004. Influencia del pH de la uva en la calidad del vino y en la formación de aminas biógenas. *Zubia* 16: 69–81.

Sanz, D. 2012. Revisión sobre técnicas actuales de estabilidad tartárica en los vinos. 31p. Tesis para optar al grado de Máster en calidad, desarrollo e innovación de alimento. Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia. Valladolid, España.

Saruga, A. 2013. Estudo da aplicação de carboximetilcelulose em vinhos brancos e rosados. Trabajo de Magister. Instituto Politécnico de Beja, Escuela Superior Agraria. Beja, Portugal.

Sturza, R., and Covaci, E. 2015. Tartaric stabilization of young wines and thermodynamic indices of stability. *Revue roumaine de chimie* 60(11 – 12): 1019–1024.

Villanueva, C. y Faulk, M. 2021. La estabilización de calcio en vino. [en línea]. Enartis. Recuperado en: < <https://www.enartis.com/es-us/video-and-webinar/la-estabilizacion-de-calcio-en-vino/> > Consultado en marzo de 2022.