



Fundación para la
Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA

RESULTADOS Y LECCIONES EN

Control de la fermentación de vinos en tiempo real

FRUTALES / FRUTALES HOJA CADUCA / VIÑAS Y VIDES



Proyecto de innovación en
Región de Ñuble



SERIE EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO





RESULTADOS Y LECCIONES EN

Control de la fermentación de vinos en tiempo real



Proyecto de innovación en
Región de Ñuble

Valorización a diciembre de 2021



Agradecimientos

En la realización de este trabajo agradecemos la colaboración, información y buena disposición de Guillermo Pascual A., Ingeniero Agrónomo-Enólogo, Mg.Cs. Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, y coordinador del proyecto precursor.

Resultados y lecciones en

Control de la fermentación de vinos en tiempo real

Proyecto de innovación en Región de Ñuble

Serie **Experiencias de innovación para el emprendimiento agrario**

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Santiago de Chile, diciembre 2021

Registro de Propiedad Intelectual N° 2022-A-4729

ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO

Marcela Salinas Ballevona, ingeniera agrónoma y consultora.

Consuelo Anguita Salinas, magister en biotecnología.

Sebastián Cartes Salinas, ingeniero comercial.

REVISIÓN Y EDICIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Gabriela Casanova, ingeniera agrónoma, Fundación para la Innovación Agraria

FOTOGRAFÍAS

Archivos de FIA, INIA, Guillermo Feuerhake y proyecto precursor

DISEÑO GRÁFICO Y EDICIÓN DE TEXTOS

Guillermo Feuerhake

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Presentación

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) es la agencia del Ministerio de Agricultura orientada a promover la cultura de la innovación en el sector silvoagroalimentario nacional. Para ello, la Fundación apoya con incentivos financieros, información, capacitación y redes para innovar.

Fundamental para que los productores puedan innovar es contar con información relevante para tomar decisiones que les permitan acercarse de manera plausible al éxito de las iniciativas que realicen. Por su parte, los proyectos e iniciativas que se desarrollan bajo el alero de FIA generan resultados que representan un gran caudal de valioso conocimiento para el sector silvoagroalimentario nacional e internacional. Como toda innovación conlleva un riesgo, y tanto los resultados promisorios como aquellos de proyectos que no lograron alcanzar los objetivos esperados son puestos en valor por FIA, ya que ambos constituyen aprendizajes relevantes.

FIA desarrolló una metodología de valorización de resultados orientada a analizar la validez y potencial de aplicación de las experiencias, lecciones aprendidas y resultados de los proyectos al momento de su cierre. Es una metodología cercana a la de un estudio de viabilidad, compuesta de distintos análisis en los ámbitos comerciales, técnicos, de gestión, legal y/o financieros, dependiendo de la naturaleza del proyecto.

En este marco, el presente documento tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas del proyecto **“Desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real para controlar parámetros de fermentación en vinos”**. Este tuvo como objetivo desarrollar un dispositivo electrónico (de bajo costo) para monitorear y controlar en tiempo real los principales parámetros que influyen en la fermentación del vino y de esta forma contribuir a mejorar el proceso de elaboración de vinos de pequeños productores del valle del Itata.

Espero que la información contenida en este documento sirva como aprendizaje y se transforme en un insumo provechoso, especialmente para productores y empresas que buscan incorporar nuevas tecnologías en el control de sus procesos productivos para obtener un producto de calidad e inocuo.

Álvaro Eyzaguirre
Director Ejecutivo FIA

Contenidos

Presentación	5
Introducción	9

Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas	11
1. Antecedentes	11
1.1. Producción de vinos en Chile	11
1.2. Superficie vitícola.....	15
1.3. Cadena de producción y comercialización del vino	18
1.4. Perspectivas de mercado	20
2. Innovación y base conceptual de la tecnología	30
3. El valor de la herramienta desarrollada	33
4. Conveniencia económica para el productor.....	34
5. Claves de la viabilidad	35
6. Asuntos por resolver	37

Sección 2. El proyecto precursor	39
1. El entorno económico y social	39
2. El proyecto precursor	44
2.1. Características generales.....	44
2.2. Validación de la tecnología.....	46
2.3. Otros aspectos relevantes.....	49
3. El proyecto hoy	50

Sección 3. El valor del proyecto	51
---	-----------

Sección 4. Anexos	
1. Producción de vinos periodo 2000 - 2020	56
2. Superficie plantaciones de viñas, variedades blancas y tintas, Región de Ñuble por comuna	57
3. Proceso de vinificación	60
3.1. Proceso de vinificación en cepas blancas	60
3.2. Proceso de vinificación en cepas tintas	62
4. Conceptos de calidad de vinos	64
5. Bibliografía	66
6. Entrevistas realizadas	68



Introducción

Los análisis y resultados que se presentan en esta publicación han sido desarrollados a partir de las experiencias y lecciones aprendidas de la ejecución de un proyecto financiado por FIA (proyecto precursor), denominado **“Desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real para controlar parámetros de fermentación en vinos”**. La finalidad de esta iniciativa fue mejorar el proceso de elaboración de vinos de productores del valle del Itata, mediante el desarrollo de un dispositivo electrónico que monitoree, controle y prediga parámetros como temperatura, pH y producción de etanol.

El proyecto fue ejecutado por la Universidad de Concepción y cofinanciado por la Fundación para la Innovación Agraria, entre diciembre de 2017 y mayo de 2020. Contó con la participación de Agrícola La Herencia Limitada y Viña Mora Reyes, como empresas asociadas. Ambas corresponden a pequeños viñedos en la comuna de Coelemu, cuya producción se comercializa principalmente en ferias locales y algunas tiendas especializadas de la región.

Este documento está estructurado en tres secciones principales. La primera de ellas, **“Resultados y lecciones aprendidas”**, tiene como finalidad proveer una visión sistematizada del nuevo servicio o herramienta tecnológica que derivó de los resultados y aprendizajes generados en el proyecto ejecutado. En su desarrollo, esta visión contiene los elementos que permiten a los productores interesados apreciar si la opción responde a sus necesidades y permite mejorar o hacer más eficientes sus procesos productivos y de gestión, así como también conocer las claves de viabilidad y los temas que aún se encuentran pendientes de resolución.

La segunda sección consiste en la descripción del **“Proyecto precursor”**,¹ donde se resumen los resultados del proyecto realizado con el apoyo de FIA y se ilustran las experiencias que condujeron a la validación y sistematización de la herramienta tecnológica evaluada, junto con la descripción del entorno, metodologías y aplicaciones prácticas que se llevaron a cabo.

Finalmente, considerando el análisis realizado en la primera y segunda sección del documento, en una tercera, denominada **“Valor del proyecto”**, se resumen los aspectos más

¹ **“Proyecto precursor”**: proyecto de innovación a escala piloto financiado e impulsado por FIA, cuyos resultados fueron evaluados a través de la metodología de valorización de resultados desarrollada por la Fundación, análisis que permite configurar la innovación aprendida que se da a conocer en el presente documento. Los antecedentes del proyecto precursor se detallan en la Sección 2 de este documento.

relevantes y determinantes del aprendizaje para la viabilidad futura de la innovación realizada.

Se espera que esta información, sistematizada en la forma de una “innovación aprendida”,² aporte a los interesados elementos clave respecto de los beneficios del uso o incorporación de nuevos servicios y herramientas tecnológicas desarrolladas.

² **“Innovación aprendida”**: análisis de los resultados de proyectos orientados a generar un nuevo servicio o herramienta tecnológica. Este análisis incorpora la información validada del proyecto precursor, las lecciones aprendidas durante su desarrollo, los aspectos que quedan por resolver y una evaluación de los beneficios económicos de su utilización en el sector.

Resultados y lecciones aprendidas

► 1. Antecedentes.

1.1. Producción de vinos en Chile

El vino en Chile, de acuerdo a lo señalado en el Artículo 16° de la Ley 18.455, “solo podrá obtenerse de la fermentación alcohólica del mosto de uvas frescas o asoleadas de la especie *Vitis vinífera*”, y no podrá denominarse vino al producto de la fermentación alcohólica de mostos de variedades híbridas o su mezcla con productos de la especie *Vitis vinífera*, debiendo comercializarse bajo cualquiera otra denominación que dicha Ley o su reglamento no reserve para otras bebidas alcohólicas.

De acuerdo al Decreto N° 464 de 1995, del Ministerio de Agricultura y sus modificaciones,³ que establece la Zonificación Vitícola y Denominación de Origen para Chile, los vinos se clasifican en las siguientes categorías:

- **Vinos con denominación de origen (D.O.):** son los provenientes de alguna de las regiones vitícolas señaladas en el artículo N° 1 del Decreto N° 464 de 1995, del Ministerio de Agricultura, o de las áreas o comunas que posean como denominación de origen espe-

³ La última modificación al Reglamento fue realizada por el DS N° 7/2015 del Ministerio de Agricultura, publicado en el Diario Oficial el 10 de marzo de 2015. En ella se incorporó la Denominación de Origen Secano Interior para las uvas de las cepas País y Cinsault, y también estableció la obligación de etiquetar los vinos de uva de mesa con la expresión “Vino elaborado con uva de mesa”.



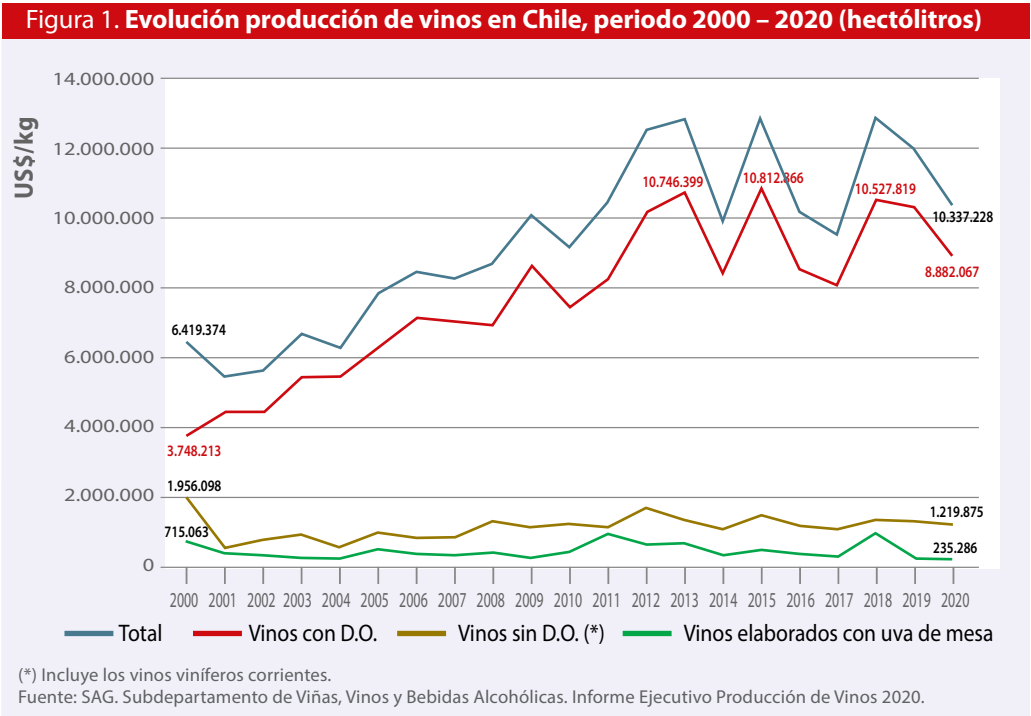
cial Secano Interior, elaborados con las cepas que se indican en la letra b) del artículo 3° o en el artículo 3° bis del mismo Decreto, y que cumplen con los demás requisitos establecidos para esta categoría.

- **Vinos sin denominación de origen:** son los elaborados con uvas obtenidas en cualquier región del país, pertenecientes a las variedades que se indican en la letra b) del artículo 3° de este mismo decreto o con otras variedades viníferas tradicionales no incluidas en dicha nómina.
- **Vinos elaborados con uva de mesa:** aquellos obtenidos de uvas de mesa.
- **Vinos para pisco:** son los vinos producidos en las regiones de Atacama y Coquimbo, provenientes de las variedades de vides indicadas en el Decreto N° 521 del Ministerio de Agricultura, plantadas en dichas regiones y destinadas a la elaboración de pisco.

La producción de vino en Chile se ha ido concentrando hacia vinos con denominación de origen. En 1996, un año después de que se publicó el Reglamento que creaba las zonas vitícolas y denominaciones de origen, éstos representaban el 55,7 % del volumen de vinos producido en el país, mientras que en la actualidad corresponden al 86 % de la producción.

En la Figura 1 se muestra la producción de vino en los últimos 20 años, observándose una tendencia al alza que se explica por la mayor producción de vinos con denominación de origen, ya que las otras dos categorías han mostrado una tendencia decreciente.

En el caso de la producción de vinos con D.O. se pueden distinguir dos periodos, los que se reflejan en la producción total. Por una parte, entre los años 2000 y 2010 se observa una clara tendencia al alza, pasando de 3.748.213 hl⁴ a 7.445.528 hl, lo que representó un aumento de un 98,6%; mientras que entre los años 2010 y 2020 el aumento alcanza solo a un 19,2%, llegando el año 2020 a una producción de 10.337.328 hl. En este segundo periodo, el comportamiento de la producción de vino con D.O. ha mostrado un comportamiento más bien cíclico, es decir, períodos de aumento de producción seguidos por años en que disminuye, para luego volver a aumentar, observándose tres valores máximos, los años 2013, 2015 y 2018, con producciones de 10.746.399 hl; 10.812.866 hl y 10.527.819 hl, respectivamente.⁵ Estas variaciones se explican principalmente por condiciones climáticas adversas, como por ejemplo el año 2014 en que se produjo una fuerte contracción (de 23 % respecto al año anterior), producto de heladas que se produjeron en el año 2013.



En el siguiente cuadro se muestra la producción de vinos por región, destacándose las regiones de O'Higgins y Maule como las principales zonas productoras del país, que en conjunto concentraron el 78,8% de la producción total de vinos del país. De la producción total del año 2020, el 85,9 % (888.206.705 litros) correspondió a vinos con D. O.; un 11,8 % (121.987.575 litros) a

4 hl: hectolitro, unidad de volumen equivalente a cien litros.

5 En Anexo 1 se muestra el detalle de producción de vino, por categoría, para el periodo 2000 – 2020.

vinos sin D. O., que incluye también los vinos viníferos corrientes que no especifican variedad; y el 2,3 % (23.528.608 litros) a vinos provenientes de uvas de mesa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de vino por región, año 2020 (en litros)					
Región	Vinos con D.O.	Vinos sin D.O. (*)	Vinos elaborados con uva de mesa	Total	Participación (%)
Tarapacá	0	4.570	0	4.570	0,00%
Atacama	24.505	15.650	0	40.155	0,00%
Coquimbo	62.118.821	20.701.821	0	82.820.642	8,01%
Valparaíso	17.630.592	1.191.758	300.000	19.122.350	1,85%
Metro-politana	74.766.301	6.963.047	14.411.018	96.140.366	9,30%
O'Higgins	283.610.509	21.975.370	6.460.605	312.046.484	30,19%
Maule	435.669.004	64.650.830	2.356.985	502.676.819	48,63%
Ñuble	14.060.616	6.238.604	0	20.299.220	1,96%
Biobío	181.450	242.775	0	424.225	0,04%
La Araucanía	104.683	0	0	104.683	0,01%
Los Ríos	40.224	0	0	40.224	0,00%
Los Lagos	0	3.150	0	3.150	0,00%
TOTAL	888.206.705	121.987.575	23.528.608	1.033.722.888	
Participación (%)	85,9%	11,8%	2,3%	100,0%	

(*) Incluye los vinos viníferos corrientes.
Fuente: SAG. Subdepartamento de Viñas, Vinos y Bebidas Alcohólicas. Informe Ejecutivo Producción de Vinos 2020.

En relación con la producción de vinos con D.O. el 66,0 % correspondió a vinos provenientes de cepas tintas y el 34 % a vinos provenientes de cepas blancas. En cuanto a los tipos de cepas, Cabernet Sauvignon alcanzó el 30,6 % de la producción total de vinos con D.O., seguido de Sauvignon Blanc con un 14,6 %, Merlot con el 11,6 %, Chardonnay con un 9,1 %, Carmenere con un 7,6 % y la variedad Syrah con un 5,8 %.

Al comparar la producción de vino del año 2020 por cepa, respecto de la vendimia del año anterior, se observa que todas las variedades de tintos mostraron una menor producción, registrándose una disminución de un 24,1 % en Carmenere, de 24 % en Cabernet Sauvignon, de 20,9 % en la variedad País, de 19,6 % en Syrah, de un 18,7 % en Pinot Noir y de 15,2 % en Merlot, mientras que en las variedades de blancos disminuyó la producción de Sauvignon Blanc en un 12,6 % y de Chardonnay en un 11,9 %. Por otra parte, los aumentos en producción más destacados corresponden a la variedad Moscatel de Alejandría, con un 26,5 %, y a la variedad Pedro Jiménez (o Pedro Ximénez), con un 16,3 % respecto a la vendimia 2019. ⁶

⁶ SAG. Subdepartamento de Viñas, Vinos y Bebidas Alcohólicas. Informe Ejecutivo Producción de Vinos 2020.

1.2. Superficie vitícola

De acuerdo a la estadística informada en el Catastro Vitícola 2019,⁷ la superficie de vides para vinificación en Chile alcanzó a 136.289 hectáreas, que representa una disminución de un 0,7 % en comparación al catastro del año 2018. Las mayores disminuciones en superficie se observaron en las variedades Riesling, Semillón, Pinot Noir, Cabernet Sauvignon y Chardonnay, con un decrecimiento de la superficie de un 11,1 %, 7,8 %, 2,4 %, 2,2 % y 1,1 %, respectivamente.

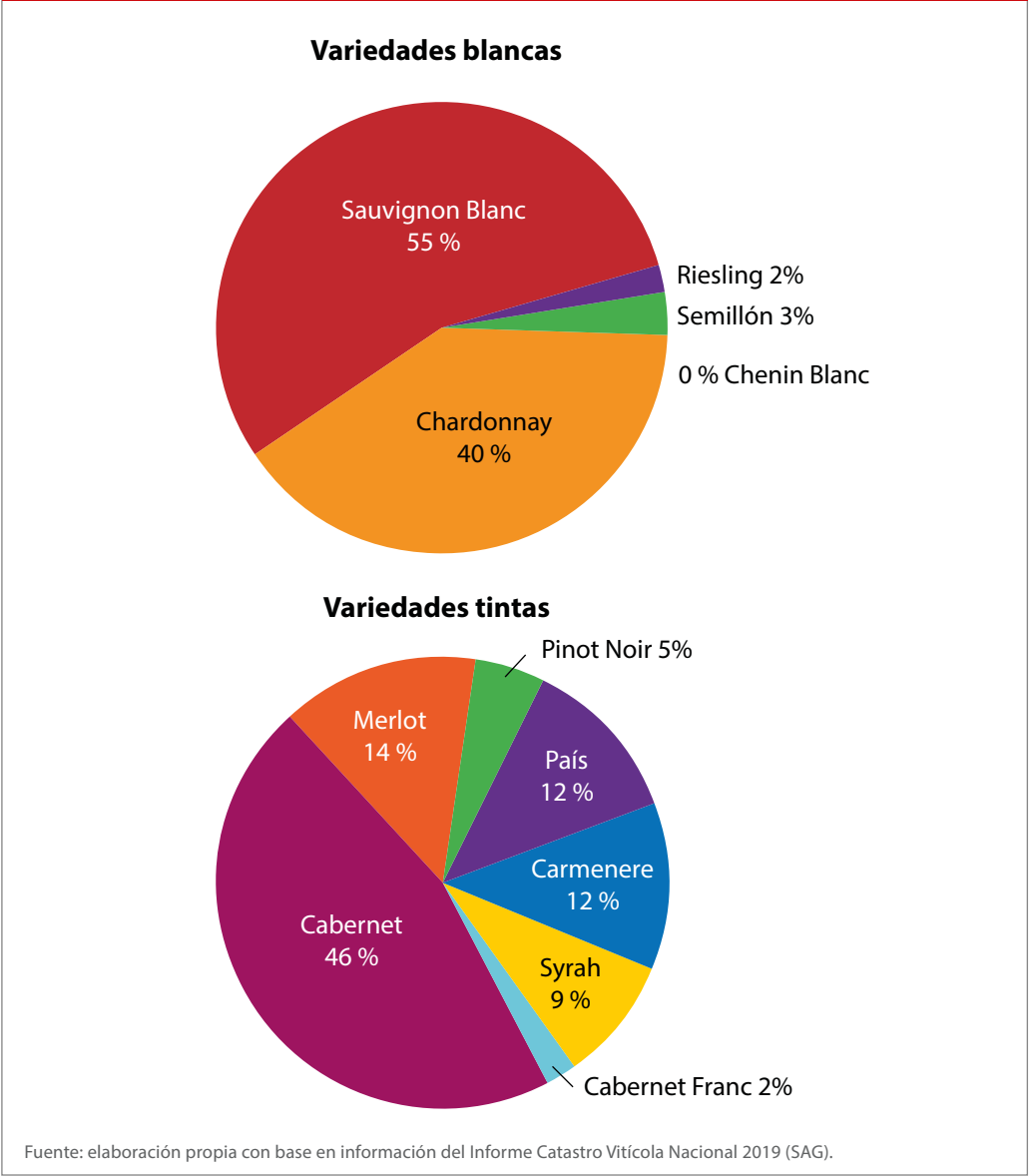
Las regiones de O’Higgins y Maule concentran el 72,6 % del total de la superficie para vinificación, seguida por las regiones Metropolitana (8,5 %) y de Ñuble (7,5 %). La mayor parte de esta superficie corresponde a cepas tintas, representadas principalmente por Cabernet Sauvignon, Merlot y Carmenere, mientras que las principales variedades de cepas blancas corresponden a Sauvignon Blanc y Chardonnay (Figura 2).

Cuadro 2. Superficie plantada para vinificación año 2019 (en hectáreas)				
Región	Vides de vinificación			TOTAL
	Var. blancas	Var. tintas	Total	
Arica		15	15	0,01%
Tarapacá	1	2	3	0,00%
Antofagasta	1	4	5	0,00%
Atacama	21	27	49	0,04%
Coquimbo	1.784	1.363	3.148	2,31%
Valparaíso	6.252	3.406	9.657	7,09%
Metropolitana	1.429	10.156	11.585	8,50%
O'Higgins	6.546	38.597	45.142	33,12%
Maule	14.291	39.528	53.819	39,49%
Ñuble	4.244	5.928	10.172	7,46%
Biobío	1.301	1.281	2.582	1,89%
La Araucanía	39	46	85	0,06%
Los Ríos	14	5	19	0,01%
Los Lagos	3	7	9	0,01%
TOTAL	35.925	100.364,0	136.289	100,00%
Participación (%)	26,4%	73,6%	100,0%	

Fuente: elaboración propia con base en información del Informe Catastro Vitícola Nacional 2019 (SAG).

⁷ El Informe Catastro Vitícola Nacional 2019, elaborado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), contiene la información proporcionada por los productores a través de sus declaraciones juradas de plantación de vides para vinificación, consumo fresco y pisco, realizadas vía electrónica a través del sistema en línea habilitado para este efecto en el Portal Institucional del SAG, según lo establecido en la Resolución Exenta N° 4196 de fecha 05.08.2008, declarando la totalidad del viñedo. Por esta razón, no corresponde a un registro completo del universo, a pesar de lo establecido en dicha Resolución.

Figura 2. Distribución relativa de la superficie por tipo de variedades, blancas y tintas, año 2019



Al analizar la evolución de la superficie vitícola a nivel país y de aquellas regiones donde se concentra la mayor superficie de plantaciones para vinificación, se observa que en los últimos 10 años la superficie total ha aumentado en un 16,7 %. Sin embargo, no todas las regiones muestran el mismo comportamiento: mientras en las regiones del Maule y O'Higgins se produjo el mayor aumento de la superficie plantada, en el caso de la Región de Biobío disminuyó en un 68 % y en la Región Metropolitana en un 6,7 %. Por su parte, en las regiones de Valparaíso y Ñuble la superficie plantada aumentó en una menor proporción entre los años 2018 y 2019 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Superficie plantada para vinificación 2010-2019 (en hectáreas)

Región	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Varia- ción período
Valparaíso	9.050	9.610	9.467	9.553	10.162	10.061	9.816	9.819	9.875	9.657	6,7%
Metropolitana	12.433	12.679	12.971	12.921	13.399	13.058	12.908	12.257	11.948	11.585	-6,8%
O'Higgins	38.517	41.223	42.193	43.380	47.382	46.414	46.337	45.646	45.782	45.142	17,2%
Maule	45.851	50.340	51.613	51.969	53.497	53.839	52.963	52.617	53.687	53.819	17,4%
Ñuble									10.014	10.172	1,6%
Biobío	8.086	8.508	8.754	8.999	9.568	15.107	12.093	12.278	2.524	2.582	-68,1%
Total país	116.831	125.946	128.638	130.362	137.592	141.918	137.375	135.908	137.191	136.289	16,7%
% Variación		7,8%	2,1%	1,3%	5,5%	3,1%	-3,2%	-1,1%	0,9%	-0,7%	

Fuente: SAG, Informe Catastro Vitícola Nacional 2019.

En cuanto a las cepas, en el mismo periodo se observa que el mayor aumento de superficie corresponde a la cepa País (76,2%), seguido por Cabernet Franc (25,2%) y Pinot Noir (22,3%), a pesar de que esta última cepa disminuyó su superficie el año 2019 respecto del año 2018.

Cuadro 4. Superficie plantada por cepa, período 2010-2019 (en hectáreas)

Cepaje	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Varia- ción período
Cabernet Sauvignon	38.426	40.837	41.522	42.195	44.176	43.211	42.409	41.156	41.099	40.205	4,6%
Merlot	10.640	11.432	11.649	11.925	12.480	12.243	12.057	11.703	11.844	11.757	10,5%
Chardonnay	10.834	10.970	10.571	10.694	11.634	11.698	11.435	11.297	11.242	11.124	2,7%
Sauvignon Blanc	13.278	13.922	14.132	14.393	15.142	15.173	14.999	15.162	15.384	15.222	14,6%
Chenin Blanc	56	56	56	56	56	46	39	36	38	39	-29,7%
Pinot Noir	3.307	3.729	4.013	4.060	4.196	4.149	4.091	4.041	4.144	4.045	22,3%
Riesling	400	409	442	424	420	423	413	411	437	394	-1,7%
Semillón	930	959	921	903	968	959	849	819	799	741	-20,3%
País	5.855	7.079	7.248	7.339	7.653	12.521	9.684	10.056	10.237	10.319	76,2%
Carmenere	9.502	10.040	10.418	10.733	11.320	10.861	10.503	10.250	10.647	10.732	12,9%
Syrah	6.887	7.394	7.745	7.933	8.432	8.233	7.994	7.738	7.669	7.529	9,3%
Cabernet Franc	1.345	1.451	1.533	1.591	1.662	1.672	1.578	1.578	1.646	1.685	25,2%
Otros	15.372	17.668	18.389	18.116	19.454	20.731	21.324	21.661	22.008	22.497	46,4%
TOTAL	116.831	125.947	128.638	130.362	137.592	141.918	137.375	135.908	137.191	136.289	16,7%

Fuente: SAG, Informe Catastro Vitícola Nacional 2019.

1.3. Cadena de producción y comercialización del vino⁸

En la cadena de producción y comercialización del vino se distinguen cuatro actores relevantes. En primer lugar, el productor de uva vitivinícola, que por lo general posee algunas hectáreas dedicadas a la producción de vid vinífera, en algunos casos su único cultivo, junto con las grandes viñas que además producen vino. En segundo término se encuentran los intermediarios o acopiadores, que acopian la producción de los pequeños productores de uva de cada zona y posteriormente venden a las grandes viñas o la procesan en vino para luego venderlo a esas viñas. El tercer actor corresponde al productor de vino, quien, a partir de la uva vinífera que produce en forma propia y/o compra a terceros, produce vinos. El último actor de la cadena corresponde al comercializador del vino, que en el caso de las exportaciones por lo general corresponde a la misma viña, que vende su producto en el mercado internacional.

En el caso del vino para consumo interno, existen tres canales de comercialización: supermercados (el más importante), botillerías y restaurantes. Aunque en el último tiempo, y como consecuencia de la pandemia, se han visto favorecidas las ventas *on line*. Con respecto a las prácticas de comercialización de la uva, en el mercado chileno se distinguen tres tipos de contratación:

- a) **Contratación a largo plazo.** En este caso la viña productora de vino establece un contrato con el productor, en el cual se establecen condiciones respecto al manejo de la plantación durante el crecimiento de las uvas, rendimientos máximos por hectárea y manejos para la vendimia, y por lo general se establece un precio por kilo de uva. Generalmente, estos contratos los utilizan las viñas con productores cuyos terrenos poseen condiciones excepcionales para la producción de uvas de buena calidad y, de esta forma, producir vinos de alta calidad. Estos contratos están siendo cada vez menos utilizados en el mercado chileno, posiblemente por la complicación que implica su monitoreo, ya que el productor, una vez que se ha acordado el precio del contrato, podría tener incentivos para aumentar lo más posible la producción y minimizar los costos, reduciendo el cuidado del proceso productivo. En su lugar, las viñas han preferido ir aumentando poco a poco sus propias plantaciones de uvas de mayor calidad o realizar contratos de arriendo directo de terrenos.
- b) **Contratación anual.** En esta modalidad los intermediarios o las viñas firman contratos en el que se acuerda un precio base y una cantidad máxima de uva que compran al productor. Estos contratos se ofrecen por lo general durante todo el tiempo que media entre la etapa de crecimiento de las uvas y la vendimia, y no son renovables año a año. En dichos contratos por lo general se establece un precio base y, en algunos casos, premios por grados de alcohol probable por sobre el mínimo legal (11,5 grados). Este tipo de contrato es

⁸ LIMA, José Luis. "Estudio de caracterización de la cadena de producción y comercialización de la agroindustria vitivinícola. Estructura, agentes y prácticas". ODEPA, 2015.

el que actualmente se estaría utilizando con algunos pequeños y medianos productores de uva, tanto de cepas tradicionales como finas.

- c) **Mercado spot.** En este mercado, durante la vendimia, el productor vende la uva a un intermediario o viña en formato de kilo corrido (sin considerar grados de alcohol probable) o recibiendo un premio por grados de alcohol probable. En algunos casos los intermediarios ofrecen un precio base inicial por la uva, el cual posteriormente se ajusta si el kilo de uva se transó a un precio mayor con las grandes viñas. El precio ofrecido por los intermediarios es el mismo para todos los productores, sin consideraciones adicionales de calidad.

En Chile, la principal forma de venta de la uva vinífera se ha orientado a la contratación anual o compra en el mercado *spot*, que por su volatilidad y menores precios pagados no incentivan a los productores a producir uva para elaboración de vinos premium. Una forma de evitar las variaciones de precio que se producen en los contratos de venta anual y mercado *spot*, es mediante la integración vertical con la producción de vinos; lo cual implica realizar inversiones en estanques e incurrir en costos de vinificación, envasado y distribución de la producción de vino. Sin embargo, ello incentiva a producir uvas de mejor calidad que, en el caso de algunos productores pequeños, les ha permitido producir vinos premium que pueden comercializar a un mejor precio. Los pequeños productores integrados (que poseen una escala de producción menor a 100 mil litros de vino al año) usualmente prefieren comercializar en mercados locales/regionales, vendiendo directamente a restaurantes, hoteles, pequeños negocios, retail o aprovechando las ferias nacionales para colocar sus vinos.

El precio que pueden obtener los productores de vino por su producción depende directamente de la calidad que perciban los consumidores. El mercado, generalmente, diferencia la calidad de vinos en:

- a) **Vinos corrientes:** aquellos comercializados en envases de cartón o vinos varietales que deben ser consumidos el mismo año. En el mercado interno se comercializan a través de restaurantes, botillerías y supermercados, y en el mercado externo en formato granel.
- b) **Vinos premium,** que incluyen los vinos que han tenido algún tiempo de guarda en barrica. En el mercado externo se comercializan en formato botella.
- c) **Vinos súper premium e íconos,** que incluyen aquellos vinos con un elaborado proceso de producción y control de calidad, desde la selección de la uva, vinificación, guarda y embotellamiento, y que han innovado en sus características sensoriales.

En Chile el precio del vino corriente ha ido disminuyendo a lo largo del tiempo, por la mayor competencia en el mercado y la reducción en la demanda, reflejada en una disminución de los litros de vino consumidos en el mercado doméstico, posiblemente debido a los cambios

en las leyes de tránsito, que penalizan en forma más severa el consumo de alcohol, junto con un aumento del impuesto al consumo de vino, que no se ha reflejado mayormente en el precio de venta al público, debiendo el productor absorber dicho valor.

1.4. Perspectivas de mercado

Chile es uno de los países productores de vino más importantes en el mundo, lo que se ha traducido en su condición de exportador, siendo el mercado externo el principal destino de los vinos chilenos. El año 2020 las exportaciones de vino alcanzaron los 849 millones de litros, con un valor FOB de USD 1.823 millones, que posicionó a Chile dentro de los seis principales exportadores a nivel mundial. En el caso de las exportaciones de vino con D.O. y demás vinos envasados, Chile ocupó el quinto lugar, con una participación equivalente al 6,2 % del valor total de las exportaciones a nivel mundial; mientras que en el caso del vino a granel las exportaciones hacia diferentes mercados que utilizan este vino como materia prima para elevar la calidad de sus vinos locales o embotellar en destino, le han permitido a Chile posicionarse en el sexto lugar, con un 8,8 % del total exportado mundialmente el año 2020 (Cuadro 5).

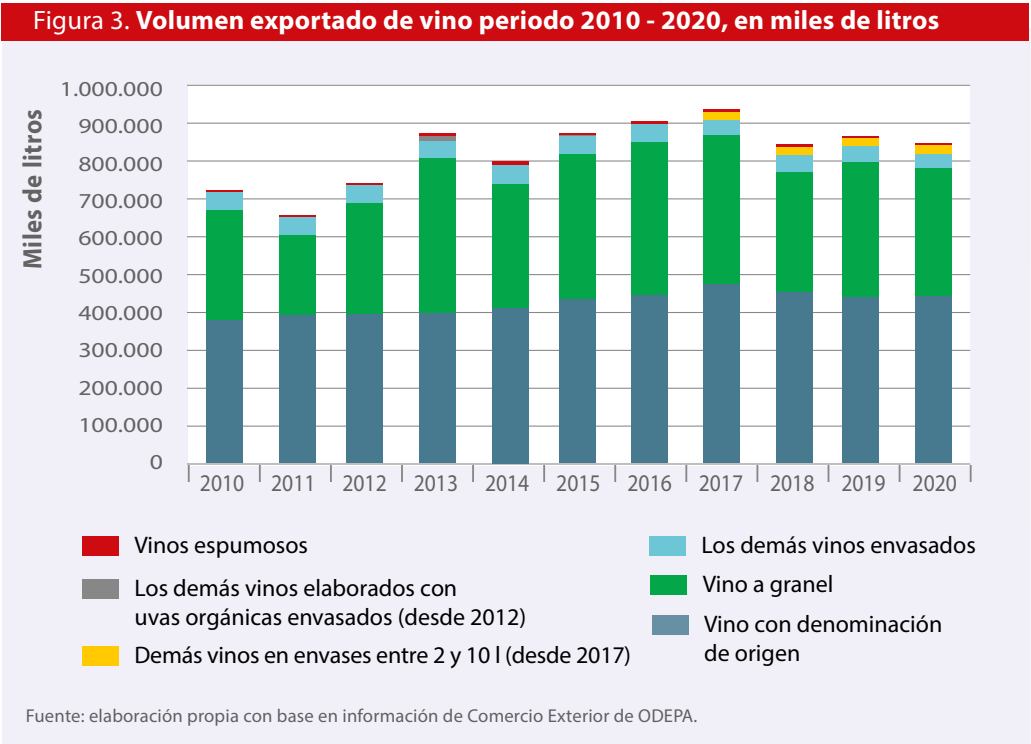
Cuadro 5. Participación del valor de las exportaciones de vino chileno a nivel mundial, año 2020			
Participación de las exportaciones mundiales			
País	Vino con D.O. y demás vinos envasados	País	Vino a granel
Francia	26,7 %	España	15,8 %
Italia	21,0 %	Australia	11,9 %
España	8,1 %	Italia	11,5 %
Australia	6,9 %	Francia	10,6 %
Chile	6,2 %	Nueva Zelandia	9,4 %
Estados Unidos	4,0 %	Chile	8,8 %
Nueva Zelandia	3,9 %	Estados Unidos	7,9 %
Portugal	3,7 %	Sudáfrica	4,6 %
Alemania	3,4 %	Alemania	2,8 %
Argentina	2,9 %	Argentina	2,3 %

Fuente: elaboración propia con base en información de TRADEMAP.⁹

Si bien las exportaciones de vino durante el año 2020 significaron una disminución de un 2,1 % y 5,1 % en relación con el volumen y monto exportado el año 2019, durante el año 2021 las exportaciones a mayo llegaron a 342,8 millones de litros, lo que representa un aumento de un 2,2 % del volumen exportado a igual periodo del año 2020; mientras que su valor alcanzó a USD 768,5 millones, equivalente a un aumento de un 10,2 %.¹⁰

⁹ Disponible en: https://www.trademap.org/Country_SelProduct.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c%7c220429%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1
¹⁰ ODEPA. Boletín del Vino, junio 2021.

En la Figura 3 se muestra el volumen exportado de vino (en miles de litros) por categoría y total, entre los años 2010 y 2020. Como se observa, el principal producto exportado corresponde a vino con D.O., seguido por el vino a granel (mayor a 2 litros). El volumen total exportado de vino aumentó en el periodo en un 17,1 %, que se explica principalmente por el aumento de las exportaciones de vino con D.O. y a granel, que mostraron un aumento similar, del orden del 16 % (Cuadro 6).



Cuadro 6. Volumen exportado de vino periodo 2010 - 2020, en miles de litros				
Código SACH	Clasificación producto	2010	2020	Variación periodo
22042110	Vino con denominación de origen	382.553	445.892	16,6%
22042990	Vino a granel	290.925	339.636	16,7%
22042190 22042199	Los demás vinos envasados	48.601	36.823	-24,2%
22042200	Demás vinos en envases entre 2 y 10 litros (desde 2017)	19.605 (*)	22.384	14,2%
22042191	Los demás vinos elaborados con uvas orgánicas envasados (desde 2012)	911 (*)	936	2,8%
22041000	Vinos espumosos	3.307	3.476	5,1%
TOTAL		725.385	849.147	17,1%

(*) Valores corresponden a los años 2017 y 2012 respectivamente, años a los que están referidos los aumentos calculados. No se incluyen en el total del volumen exportado el año 2010.
Fuente: elaboración propia con base en información de Comercio Exterior de ODEPA.



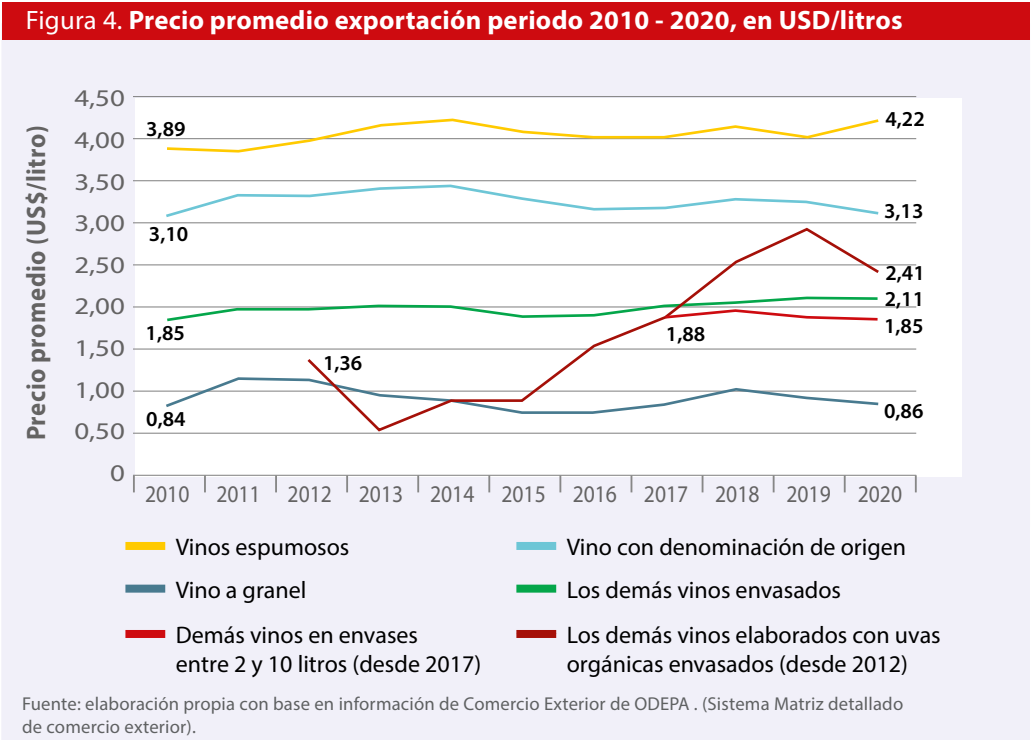
En términos del valor de las exportaciones, este aumentó en un 19%, en el mismo periodo. El principal incremento se produjo en el valor de las exportaciones de los vinos orgánicos, que alcanzó un 82%,¹¹ mientras que el valor de las exportaciones de vinos con D.O. y a granel registró aumentos de 17,5 % y 20,6 % respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valor exportaciones de vino periodo 2010 - 2020, en miles de USD				
Código SACH	Clasificación producto	2010	2020	Variación periodo
22042110	Vino con denominación de origen	1.186.463	1.393.892	17,5%
22042990	Vino a granel	243.255	293.351	20,6%
22042190 22042199	Los demás vinos envasados	90.074	77.572	-13,9%
22042200	Demás vinos en envases entre 2 y 10 litros (desde 2017)	36.836 (*)	41.489	12,6%
22042191	Los demás vinos elaborados con uvas orgánicas envasados (desde 2012)	1.239 (*)	2.255	82,0%
22041000	Vinos espumosos	12.871	14.675	14,0%
TOTAL		1.532.663	1.823.234	19,0%

(*) Valores corresponden a los años 2017 y 2012, respectivamente, años a los que están referidos los aumentos calculados. No se incluyen en el total del valor exportado el año 2010.
Fuente: elaboración propia con base en información de Comercio Exterior de ODEPA.

El mayor aumento observado en el valor de las exportaciones de vino orgánico, en comparación al experimentado por el vino con D.O. o el vino a granel, cuyos volúmenes exportados aumentaron por sobre el incremento del volumen de vino orgánico exportado, se explicaría por un mayor aumento del precio de este último. De hecho, al calcular el precio promedio por litro se observa que entre el 2010 y 2020 el precio del vino con D.O. se mantuvo relativamente estable, con un aumento de un 0,8%, mientras que en el mismo periodo el precio promedio del vino a granel aumentó en un 3,3 % y el del vino orgánico aumentó en un 77 % entre 2012 y 2020 (Figura 4).

¹¹ Aumento medido respecto del año 2012, cuando se crea el código SACH 22042191: Los demás vinos elaborados con uvas orgánicas envasados.



Al analizar la variación del valor y volumen de las exportaciones de los vinos con D.O., por rango de precios en los últimos 5 años (2016 – 2020), se observa que en términos generales el rango de más de 100 USD por caja aumentó su valor en los últimos años, mientras que en el resto el valor promedio por caja se mantuvo relativamente estable.

Cuadro 8. Exportaciones de vino con D.O. por rangos de precios años 2016 y 2020								
Rango de precio	2016				2020			
	Mill. USD	Mill. cajas	Prome-dio USD /caja	Part valor (%)	Mill. USD	Mill. cajas	Prome-dio USD /caja	Part valor (%)
Menor a USD 20 por caja	231,7	13,6	17,06	16%	243,2	14,6	16,64	17%
Entre USD 20 y USD 29,9 por caja	502,8	21,7	23,17	35%	516,7	22,0	23,46	37%
Entre USD 30 y USD 39,9 por caja	296,5	8,6	34,29	21%	250,6	7,3	34,27	18%
Entre USD 40 y USD 59,9 por caja	193,5	4,2	46,26	14%	177,6	3,8	46,29	13%
Entre USD 60 y USD 99,9 por caja	112,6	1,5	74,49	8%	101,9	1,3	75,49	7%
Mayor a USD 100 por caja	90,2	0,5	187,81	6%	104,0	0,4	258,98	7%

Nota: 1 caja = 9 litros (12 botellas de 0,75 litros c/u)
Fuente: elaboración propia con base en información de Boletín del Vino de ODEPA, años 2018 (diciembre) a 2021 (junio). ODEPA.

En los últimos 5 años, los principales mercados de destino de los vinos con D.O. han sido China, Brasil, Reino Unido y Japón, que el año 2020 concentraron el 50 % del volumen exportado por Chile y el 46 % del monto exportado. De estos, Brasil ha sido el mercado que ha mostrado el mayor aumento de las exportaciones, tanto en volumen como en monto, con un incremento de un 71 % y 49 %, respectivamente, mientras que los volúmenes exportados a China, Reino Unido y Japón han disminuido en un 14 %, 3 % y 8 % respectivamente. Cabe destacar el aumento que han mostrado las exportaciones a Corea del Sur, las que en los últimos 5 años han tenido un alza de un 69 % en términos de volumen y de un 49 % en monto (Cuadro 9 y Cuadro 10).

Cuadro 9. Volumen exportado de vino con D.O. por país de destino periodo 2016 – 2020 (en miles de litros)							
País	Volumen (miles de litros)					Participación 2020	Variación periodo
	2016	2017	2018	2019	2020		
China	56.767	73.221	71.137	68.910	48.851	11%	-14%
Brasil	42.407	49.408	49.197	52.134	72.533	16%	71%
Reino Unido	57.343	52.600	51.748	48.214	52.994	12%	-8%
Japón	49.335	54.708	49.408	43.224	47.871	11%	-3%
Holanda	33.796	31.974	30.365	28.345	29.914	7%	-11%
Estados Unidos	38.757	38.066	32.492	30.357	31.395	7%	-19%
Corea del Sur	8.558	8.445	10.040	10.600	14.460	3%	69%
Canadá	14.925	16.505	15.678	14.313	13.703	3%	-8%
Irlanda	14.931	14.489	14.417	13.265	14.710	3%	-1%
México	13.933	12.578	14.757	14.544	13.258	3%	-5%
Subtotal	330.752	351.994	339.239	323.906	339.689	76%	3%
Otros países	120.315	124.986	116.981	120.095	106.219	24%	-12%
TOTAL	451.067	476.980	456.220	444.001	445.908	100%	-1%

Fuente: elaboración propia con base en información de Boletín del Vino de ODEPA, años 2018 (Diciembre) a 2021 (Junio). ODEPA.



Cuadro 10. Valor exportaciones de vino con D.O. por país de destino, periodo 2016 – 2020 (en miles de USD FOB)							
País	Valor (miles de USD FOB)					Participación 2020	Variación periodo
	2016	2017	2018	2019	2020		
China	193.182	250.425	249.492	247.390	181.985	13%	-6%
Brasil	120.518	143.228	142.415	144.989	179.571	13%	49%
Reino Unido	147.723	133.727	144.003	132.421	151.146	11%	2%
Japón	137.402	151.216	139.354	123.924	130.602	9%	-5%
Holanda	96.078	93.802	94.108	83.048	92.721	7%	-3%
Estados Unidos	144.829	135.178	119.508	113.297	103.845	7%	-28%
Corea del Sur	37.675	36.767	42.452	44.168	56.106	4%	49%
Canadá	64.144	68.657	67.294	61.360	58.660	4%	-9%
Irlanda	42.503	43.215	46.133	40.738	46.965	3%	10%
México	35.974	36.216	42.598	40.110	32.905	2%	-9%
Subtotal	1.020.028	1.092.431	1.087.357	1.031.445	1.034.506	74%	1%
Otros países	407.454	429.215	420.607	413.294	359.409	26%	-12%
TOTAL	1.427.482	1.521.646	1.507.964	1.444.739	1.393.915	100%	-2%

Fuente: elaboración propia con base en información de Boletín del Vino de ODEPA, años 2018 (Diciembre) a 2021 (Junio). ODEPA.

Las principales variedades exportadas corresponden a mezclas de vino tinto, a Cabernet Sauvignon y a Sauvignon Blanc, cuyas exportaciones el año 2020 concentraron el 59,2 % del volumen exportado y aproximadamente el 61 % del valor de las exportaciones. Dentro de las variedades que han mostrado mayor aumento en los últimos años, a pesar de su baja participación en el total, se encuentran los vinos Cot (Malbec), Pedro Jiménez, Cabernet Franc y Pinot Blanc (Cuadro 11).





**Cuadro 11. Exportaciones de vino con D.O. por variedad, años 2016 y 2020
(en miles de litros y miles de USD FOB)**

Productos	Volumen (miles de litros)				Valor (miles de USD FOB)			
	2016	2020	Part. 2020	Var. 2016/2020	2016	2020	Part. 2020	Var. 2016/2020
Vino con denominación de origen	451.067	445.923	100,0%	-1,1%	1.427.482	1.393.915	100,0%	-2,4%
Mezclas de vino tinto	142.703	136.983	30,7%	-4,0%	465.923	453.442	32,5%	-2,7%
Cabernet Sauvignon	84.952	83.843	18,8%	-1,3%	287.403	275.290	19,7%	-4,2%
Sauvignon Blanc	50.404	43.349	9,7%	-14,0%	143.266	120.033	8,6%	-16,2%
Mezclas de vinos blancos	38.353	38.398	8,6%	0,1%	99.525	103.288	7,4%	3,8%
Chardonnay	35.720	36.659	8,2%	2,6%	110.765	110.510	7,9%	-0,2%
Merlot	33.401	33.138	7,4%	-0,8%	90.455	85.588	6,1%	-5,4%
Carménère	26.330	28.341	6,4%	7,6%	94.332	93.363	6,7%	-1,0%
Pinot Noir	9.971	8.719	2,0%	-12,6%	40.137	35.312	2,5%	-12,0%
Syrah	8.250	7.210	1,6%	-12,6%	34.140	28.502	2,0%	-16,5%
Cot (Malbec)	3.135	5.765	1,3%	83,9%	11.845	17.969	1,3%	51,7%
Los demás vinos blancos	4.265	5.664	1,3%	32,8%	11.134	17.040	1,2%	53,0%
Los demás vinos tintos	3.070	4.021	0,9%	31,0%	9.554	15.545	1,1%	62,7%
Riesling y Viognier	2.078	1.750	0,4%	-15,8%	6.849	5.989	0,4%	-12,6%
Pedro Jiménez	80	318	0,1%	297,5%	274	563	0,0%	105,5%
Cabernet Franc	102	221	0,0%	116,7%	717	1.317	0,1%	83,7%
Pinot Blanc	85	132	0,0%	55,3%	209	449	0,0%	114,8%
Chenin Blanc	3	1	0,0%	-66,7%	8	10	0,0%	25,0%
Los demás vinos (con D.O.)	8.167	11.409	2,6%	39,7%	20.946	29.707	2,1%	41,8%

Fuente: elaboración propia con base en información de Boletín del Vino de ODEPA, años 2018 (Diciembre) a 2021 (Junio). ODEPA.

En cuanto a las exportaciones de vino a granel, los principales países de destino en los últimos 5 años han sido Estados Unidos y Reino Unido, que en conjunto representan el 52 % y 50 % del volumen y monto exportado, respectivamente. Si bien el volumen total exportado ha disminuido en este periodo, las exportaciones a estos países han aumentado en un 10 % y 41 %. Otro destino hacia donde han aumentado las exportaciones es Francia, que mostró un alza de un 54 % del volumen exportado y de un 31 % del valor, entre los años 2017 y 2020 (Cuadros 12 y 13).

Cuadro 12. Volumen exportado de vino a granel por país de destino, periodo 2016 – 2020 (en miles de litros)

País	Volumen (miles de litros)					Participación 2020	Variación periodo
	2016	2017	2018	2019	2020		
Estados Unidos	94.908	87.425	59.360	89.874	104.573	31%	10%
Reino Unido	51.839	50.250	55.053	66.605	73.238	22%	41%
China	85.004	60.631	88.582	78.036	40.825	12%	-52%
Alemania	34.741	33.620	30.856	33.677	34.786	10%	0%
Japón	25.391	25.681	24.487	23.138	21.583	6%	-15%
Canadá	29.135	12.766	10.149	10.663	18.970	6%	-35%
Dinamarca	13.829	9.323	7.658	17.135	11.044	3%	-20%
Francia		5.919	7.166	8.642	9.103	3%	54%
Holanda		7.422	8.866	7.354	7.362	2%	-1%
Subtotal	334.847	293.037	292.177	335.124	321.484	95%	-4%
Otros países	67.088	100.820	27.325	24.923	18.152	5%	-73%
TOTAL	401.935	393.857	319.502	360.047	339.636	100%	-15%

Fuente: elaboración propia con base en información de Boletín del Vino de ODEPA, años 2018 (Diciembre) a 2021 (Junio). ODEPA.

Cuadro 13. Valor exportaciones de vino a granel por país de destino, periodo 2016 – 2020 (en miles de USD FOB)

País	Valor (miles de USD FOB)					Participación 2020	Variación periodo
	2016	2017	2018	2019	2020		
Estados Unidos	57.903	75.866	61.245	80.273	80.145	27%	38%
Reino Unido	39.668	43.962	55.147	62.130	65.605	22%	65%
China	50.147	66.606	95.500	78.225	46.526	16%	-7%
Alemania	21.089	28.373	31.243	31.297	27.497	9%	30%
Japón	19.880	22.356	23.113	21.120	17.153	6%	-14%
Canadá	16.179	9.053	9.027	13.178	13.079	4%	-19%
Dinamarca	13.712	10.975	11.192	12.746	13.663	5%	0%
Francia		5.503	7.621	7.998	7.230	2%	31%
Holanda		6.925	8.863	7.187	6.085	2%	-12%
Subtotal	218.578	269.619	302.951	314.154	276.983	94%	27%
Otros países	58.923	70.493	24.926	21.901	16.362	6%	-72%
TOTAL	277.501	340.112	327.877	336.055	293.345	100%	6%

Fuente: elaboración propia con base en información de Boletín del Vino de ODEPA, años 2018 (Diciembre) a 2021 (Junio). ODEPA.

Finalmente, a mayo del año 2021, las exportaciones de vino con D.O. superan el volumen exportado en relación al mismo periodo del año anterior, llegando a 177,8 millones de litros. En términos de valor, el aumento llegó a un 11,9%, alcanzando los USD 592,5 millones.

Con esto el precio promedio alcanza a USD 3,33/litro, un 6,4 % superior al precio promedio alcanzado el año pasado. Por su parte, las exportaciones de vino a granel, a mayo de 2021, alcanzaron a 139,5 millones de litros con un valor total de USD 121 millones, mostrando respecto a igual periodo del año anterior una disminución del volumen exportado de un 0,3 % y un alza de 3,2 % en términos de valor. En el caso de los vinos espumosos se registró un alza de 0,2 % en volumen y una disminución de 10,8 % en valor, llegando a 1,3 millones de litros, por un valor de USD 5,1 millones. Finalmente, las exportaciones de vinos en envases superiores a 2 litros pero inferiores a 10 litros llegaron a 9,2 millones de litros, por un monto total de USD 17,3 millones, lo que representa un alza de un 13,7 % en volumen y de 21,8 % en valor, en relación al mismo periodo de 2020.¹²



¹² ODEPA. Boletín del Vino, junio 2021.

► 2. Innovación y base conceptual de la tecnología

En la producción de vino, al igual que en otros productos, es fundamental el control de los procesos productivos para obtener un producto de calidad e inocuo. En el vino, además de la calidad de la uva vinífera que se utilice, es relevante prestar atención a aquellos parámetros que influyen en la etapa de fermentación, tales como temperatura, pH y oxígeno disuelto, entre otros, con el fin de mejorar la obtención de nuevos y mejores vinos. Estas variables determinan la velocidad (o duración) y calidad del proceso fermentativo, dos aspectos fundamentales para expresar el potencial obtenido del viñedo. La falta de tecnología y conocimiento de estos procesos, en el caso de pequeños productores, es un aspecto que les dificulta obtener productos de buena calidad y competir con las grandes empresas de la zona centro y norte del país.

Lo anterior motivó la realización del proyecto precursor, con el fin de desarrollar un dispositivo que permitiera controlar, en tiempo real, algunas variables relevantes que influyen en el proceso de fermentación, con el fin de orientar las decisiones en esta etapa y de esta forma contribuir a obtener un “estilo” de vino que pueda ser mantenido en el tiempo. Para comprender el funcionamiento y utilidad de este dispositivo, a continuación se explica brevemente las principales variables y cómo estas influyen en el proceso de fermentación y finalmente en las características del vino que se obtiene.

La acidez es un atributo de los vinos, ya que gran parte del equilibrio gustativo depende del nivel de acidez, que a su vez depende de dos parámetros: la “acidez fija”, debida a los ácidos orgánicos presentes en la uva, como el tartárico, málico y cítrico; y la “acidez volátil”, originada durante la vinificación (donde se forman cantidades limitadas de ácido acético) y en la fermentación maloláctica¹³ que transforma el ácido málico en ácido láctico, mejorando la sensación gustativa.¹⁴ En términos generales, mientras la acidez volátil no pase de 0,55 o 0,60 gr/litro el sabor del vino no pierde demasiado, pero hay que tener en cuenta que la calidad de un vino es mayor cuanto menor es su acidez volátil.

Para la mayoría de los vinos blancos se prefiere un rango de acidez entre pH 3.1 y 3.4, mientras que para los vinos tintos el rango varía entre pH 3.3 y 3.6. En los vinos rojos es importante el pH en la estabilidad del color; vinos con un pH alto (>3.9) pueden ser susceptibles a oxidación y pérdida del color joven.

¹³ La fermentación maloláctica se realiza generalmente en la producción de vinos tintos, después de la fermentación alcohólica. En ella, las bacterias lácticas presentes en el vino (las más importantes son las de géneros *Leuconostoc* y *Oenococcus*) descomponen biológicamente el ácido málico en ácido láctico, con el fin de disminuir el carácter verde y agresivo que caracteriza al ácido málico y disminuir la acidez del vino, ya que el ácido málico tiene mayor acidez que el láctico.

¹⁴ Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Nutrición y Bromatología II, Facultad de Farmacia. “El vino y su análisis”.



Por otra parte, la combinación pH y temperatura es importante para el desarrollo de *Saccharomyces cerevisiae*, un tipo de levadura que domina el proceso de fermentación. Para que la fermentación alcohólica se realice en buenas condiciones es preciso mantener un adecuado control de la temperatura. Las levaduras alcanzan su mayor grado de desarrollo en torno a los 20 °C, mientras que por debajo de 13 o 14 °C el inicio de la fermentación es prácticamente imposible y por encima de 32-35 °C ellas cesan en su actividad, deteniéndose el proceso de la fermentación, lo que aumenta su tendencia a descomponerse y a aumentar la producción de ácido acético, afectando la calidad del vino. En términos generales una temperatura elevada, dentro de los rangos adecuados, acelera la fermentación pero el grado alcohólico del vino obtenido es menor; y, al contrario, una fermentación a baja temperatura culmina con vinos de mayor concentración alcohólica.

También la temperatura juega un rol fundamental en el tipo de vino a fermentar: por ejemplo, en vinos tintos se requiere temperaturas cercanas a 30 °C, mientras que en blancos del orden de 15 °C. La temperatura también afecta los aromas volátiles: por ejemplo, el ethiol aumenta con altas temperaturas; la transferencia de polifenoles también aumenta con la temperatura; y los compuestos volátiles, como ésteres, acetatos y ácidos grasos se ven favorecidos con temperaturas bajas, entre 10 °C y 15 °C.

Otra variable relevante es el oxígeno, que influye en la tasa de oxidación del vino, pudiendo afectar no solo sus características sensoriales sino también su capacidad para envejecer apropiadamente; por ello la exposición controlada al oxígeno es fundamental para producir vinos de calidad. El oxígeno puede afectar positiva o negativamente las características del vino, dependiendo: de la cantidad y concentración de oxígeno disuelto; del momento de la disolución; y del tipo de vino de que se trate (por ejemplo, los vinos tintos son menos sensibles a la oxidación que los blancos). Por su parte, la disolución del oxígeno depende fundamentalmente del tiempo de exposición, de la temperatura del producto, y en menor medida de la concentración de etanol.

Así, cuando el vino tinto es expuesto a concentraciones moderadas de oxígeno se han reportado algunos beneficios, como la estabilización del color y la reducción de la astringencia y del amargor. Sin embargo, cuando la oxigenación es excesiva o sucede sin la protección de sustancias inhibidoras de las oxidaciones, el vino sufre transformaciones

organolépticas, como pérdida de aromas frutales y aumento de aromas de tipo aldehídos, además de favorecerse el pardeamiento de los vinos, que puede perjudicar su calidad final. Durante la vinificación una de las principales etapas que requieren oxígeno es el inicio de la fermentación alcohólica. En ella, el oxígeno es requerido por las levaduras para mejorar la formación de biomasa y esteroides de membrana, necesarios para proveer una adecuada tolerancia al etanol.¹⁵ Para evitar paralizaciones o ralentizaciones de la fermentación, diversos autores han concluido que los mostos requieren aportes de oxígeno de entre 5 a 10 mg/l antes del final del ciclo de crecimiento de las levaduras, cantidad que no influiría en el desarrollo de aromas oxidados en el vino. Por el contrario, durante la fermentación maloláctica, la evidencia indica que la aireación de los vinos aumenta el riesgo de multiplicación de bacterias acéticas y el deterioro del producto, a raíz de acetificaciones. Además, la exposición de mostos y vinos al oxígeno promueve una serie de transformaciones químicas que, de acuerdo al nivel de la oxigenación, redundan en modificaciones sensoriales beneficiosas o perjudiciales.¹⁶

Durante la fermentación se generan productos como etanol, glicerol y dióxido de carbono (CO₂). El CO₂ juega un papel clave en el equilibrio gustativo de vinos tranquilos y contribuye a modular su perfil sensorial. En general, este compuesto: subraya las percepciones de frescura y acidez; atenúa la percepción dulce; intensifica el amargor y astringencia; y puede conducir a una sensación de picor. En función del tipo de vino, muy poco CO₂ puede hacer percibir los vinos blancos como planos y, por otro lado, demasiado CO₂ transforma los vinos tintos en tánicos y ásperos; de esta forma el CO₂ se ajusta, generalmente, en función del perfil inicial del vino y del objetivo comercial que se persiga.

De esta forma, a partir de la relación que existe entre el comportamiento de estos parámetros y la calidad resultante del vino elaborado, se pudo desarrollar una herramienta de bajo costo que puede ser utilizada por pequeños productores para mejorar y estandarizar sus procesos productivos. El dispositivo permite monitorear en tiempo real el comportamiento de tres factores: temperatura, CO₂ y etanol; y a través del desarrollo de un algoritmo entregar información que oriente la toma de decisiones para optimizar la calidad del vino y/o predecir la duración de la fermentación.

¹⁵ Los esteroides ejercen un rol importante en la construcción y mantenimiento de las membranas celulares de las levaduras. Básicamente, regulan la fluidez y permeabilidad de la membrana y la actividad ATPasa de bombeo de protones. La acumulación de etanol en el medio, durante la fermentación alcohólica, afecta el funcionamiento de la membrana plasmática. El efecto tóxico del etanol, dependiendo de su concentración, se ve incrementado por temperaturas bajas (por debajo de los 8-10 °C) e intermedias (en el intervalo de los 20-30 °C). Así, los esteroides de membrana cumplen una función importante en estabilizar la membrana plasmática y en fortalecerla contra el efecto tóxico del etanol. Fuente: Jean-Michel Salmon, J.M; Ortiz-Julien, A. "Mejora de la fermentación alcohólica en condiciones extremas". Revista Acenología. Disponible en: http://www.acenologia.com/ciencia97_1.htm

¹⁶ Laurie, F.; Peña-Neira, A. Oxígeno y vinos tintos. Revista Acenología. 2012. Disponible en: http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/oxigeno_tintos_cienc0612.htm

► 3. El valor de la herramienta desarrollada

Tal como se ha señalado, en el valle del Itata la producción de vino en el caso de pequeños productores se realiza en forma artesanal, sin un monitoreo de parámetros que permita controlar el proceso de vinificación, aspecto relevante en el caso de querer obtener un producto con características que le permitan competir con vinos producidos en otras zonas del país o incluso para el mercado de exportación.

Es importante señalar que el dispositivo desarrollado en el proyecto precursor se encuentra a nivel de prototipo, ya que producto de la pandemia fue complicado cumplir las actividades finales de la investigación, quedando pendiente validar un formato comercializable. No obstante, el dispositivo desarrollado es capaz de monitorear en tiempo real 3 variables importantes del proceso de fermentación (temperatura, CO_2 y etanol), con un algoritmo que permite correlacionar estos resultados para predecir su efecto sobre las características del vino a obtener, con el fin de orientar acciones durante el proceso de elaboración que permitan lograr un estilo de vino deseado y poder mantenerlo en el tiempo.

De esta forma, los resultados de la investigación constituyen un aporte para la producción de vino a mediana y pequeña escala, ya que son la base para contar a futuro con una herramienta tecnológica de bajo costo para controlar el proceso de vinificación, abriendo a los pequeños productores de vid vinífera la posibilidad de integrarse verticalmente con la producción de vinos, agregando valor a su producción y pudiendo acceder a mejores precios en el mercado del vino.

Además, en el caso específico de los productores del valle del Itata, el valor de esta herramienta no solo se restringe a mejorar su gestión durante el proceso de vinificación, que se puede traducir en una mejor calidad del vino que produzcan, sino también contribuye a potenciar la identidad que le otorga el propio valle a su producción, dado el acervo patrimonial que posee.



► 4. Conveniencia económica para el productor

La producción de vinos requiere la realización de varias etapas: vinificación (fermentación alcohólica, maceración, descube, prensado, fermentación maloláctica, trasiego); clarificado; estabilización; filtración; y envasado (costo seco), que incluye el costo del envase (botella, envase plástico/garrafa), corcho (o sistema de cierre del envase) y etiquetado. En algunos casos puede ser más conveniente vender el vino en formato granel (sin envasar), lo cual puede ocurrir con vinos corrientes y vinos con guarda en barrica. No obstante, los vinos de mayor calidad (súper premium e íconos) siempre se comercializan en formato embotellado.

La elaboración del vino ha sido objeto de varios adelantos tecnológicos y buenas prácticas que han permitido aumentar la calidad de los vinos que se producen, como por ejemplo: el uso de estanques de acero inoxidable con control de temperatura (necesaria para la etapa de fermentación); prensas neumáticas; el uso de barricas de roble (francés o americano) durante un limitado número de años para el “envejecimiento” de los vinos (aunque también pueden utilizarse chips o duelas de madera en los estanques para lograr que el vino tome algunas características de la madera), etc.

No obstante lo anterior, es reconocido en la literatura internacional que el principal determinante de un vino de excelente calidad es su insumo principal: la uva vinífera. En la literatura se señala frecuentemente que es posible obtener vinos mediocres/corrientes de uvas de excelente calidad, si se siguen procedimientos inadecuados en su producción, pero no se puede obtener vinos excelentes de uvas de mediocre calidad, donde la calidad no solo está determinada por el grado de alcohol probable de las uvas.

Así, a medida que las viñas desean producir vinos de mejor calidad deben incurrir en mayores costos fijos, no solo de producción por kilo de uva, sino también para ir incorporando avances tecnológicos en el proceso de vinificación, además de la participación de enólogos y monitoreo de la calidad del vino en toda las etapas del proceso, a fin de decidir las mezclas adecuadas que permitan obtener vinos con distintas características sensoriales.

En este sentido, el dispositivo desarrollado constituye un avance para los pequeños productores, ya que permite controlar y monitorear parámetros que influyen en la calidad del producto a obtener, a un bajo costo de implementación. Si bien el dispositivo en la actualidad se encuentra a nivel de prototipo y no se dispone de un precio de mercado, es posible inferir, a partir de los resultados obtenidos en la investigación, la conveniencia de su uso en la producción de vinos, ya que el mejor control del proceso de vinificación se traduce en un vino de mejor calidad, que podría significar un cambio en el nivel de ventas del productor.

No obstante, la conveniencia de esta herramienta está sujeta a un uso adecuado. Para ello, necesariamente se requiere que los productores conozcan y entiendan el proceso de vinificación, cómo se comportan las distintas variables monitoreadas y su incidencia en el proceso,

con el fin de interpretar esta información y poder tomar decisiones oportunas y correctas durante el proceso de fermentación, para manejar la temperatura y el nivel de oxigenación dentro de rangos óptimos, además de estandarizar protocolos de manejo frente a valores fuera de rango y con esto contribuir a mantener las características del producto entre temporadas.

Estos puntos son relevantes, ya que el potencial del dispositivo está dado por la capacidad del usuario para registrar la mayor cantidad de mediciones de los parámetros y transformarlos en información útil, para una oportuna decisión de manejo frente a posibles situaciones adversas. Por ello es importante que el dispositivo, junto con entregar información, tenga una interfaz amigable y en lo posible intuitiva, para un fácil uso y para que la herramienta en sí no constituya una barrera para su utilización, independientemente del nivel de conocimiento técnico del productor.

► 5. Claves de la viabilidad

Como se ha señalado a lo largo de este documento, la fermentación alcohólica es clave para la obtención de un vino de calidad, razón por la cual el proyecto precursor se orientó a desarrollar un dispositivo de bajo costo que le permitiera a pequeños productores monitorear algunos parámetros claves durante la fermentación y, a partir de ellos, tomar decisiones con el fin de mejorar la calidad de sus vinos. Es por esto que es fundamental tener un conocimiento cabal del proceso fermentativo del vino al momento de utilizar esta tecnología, con el fin de que una vez analizados los datos sea posible tomar las decisiones correctivas adecuadas para que el proceso resulte en un vino de calidad.

Sin embargo, los resultados que se puedan lograr durante la fermentación no solo dependen de la rigurosidad con que se lleve a cabo este proceso, sino también de otros factores que influyen en la calidad de un vino, como por ejemplo: la variedad de la uva, ya que cada cepa posee cualidades propias que se transmiten al vino y que serán percibidas por el consumidor; la calidad de la uva y su grado de maduración en el momento de la vendimia; las características del suelo y el emplazamiento de los viñedos; y sobre todo la climatología del año es un factor muy importante para obtener un buen vino.

Otro aspecto importante es lograr mantener las características del vino obtenidas durante el proceso de fermentación hasta su venta, para lo cual es necesario un adecuado manejo del proceso de vinificación posfermentación. Un claro e importante ejemplo de esto es que una vez que ha sido ajustada la concentración final de CO_2 , que es generado durante la fermentación y que influye en las características organolépticas del vino, es importante que exista la capacidad de mantener esa concentración en el vino durante las etapas posteriores. El embotellado puede afectarla significativamente, ya que durante este proceso el vino pasa del tanque a la botella, lo que puede resultar en un contacto con el aire y por tanto una pérdida de CO_2 . Las pérdidas más importantes se producen al principio y al final del



embotellado. Es así que las botellas que salen primero pueden contener menos CO_2 porque el vino se pone en contacto con el aire en las mangueras y filtros. De igual forma, los últimos volúmenes de los vinos que se embotellan se exponen a una mayor pérdida de CO_2 , ya que este vino permanece en el tanque más tiempo y por tanto en contacto con el aire de forma más prolongada.

De esta forma, si no se toman precauciones, las primeras y últimas botellas del proceso podrán contener más oxígeno y menos CO_2 , produciéndose variaciones de una botella a otra. Esto significa que la gestión del CO_2 durante el embotellado es fundamental para evitar variaciones entre diferentes botellas de un mismo lote, que se podrían ver reforzadas por una mala gestión del oxígeno en esta etapa también. Lo mismo durante el almacenamiento en botella, donde dependiendo de la temperatura de almacenamiento también se puede observar una pérdida de CO_2 . En resumen, una mala gestión en estas etapas posteriores puede perjudicar los buenos resultados que se hayan logrado en el proceso de fermentación.

Como se ha mencionado, el proceso de vinificación del vino cuenta con varios pasos claves que se requiere conocer a cabalidad para obtener un producto de calidad. Por ello, contar con asesoría técnica y acceso a información, a través de una plataforma web como la que plantea el proyecto precursor, permitiría acercar esta tecnología a pequeños productores y de esta forma contribuir a estandarizar sus procesos de fermentación, con efecto directo sobre la calidad de sus vinos.

► 6. Asuntos por resolver

Si bien el proyecto precursor se desarrolló casi en su totalidad, en su último periodo coincidió con la pandemia de COVID-19, lo que significó el retraso y cierre del proyecto antes de tiempo, quedando pendiente algunos aspectos tales como:

- **Validación de la conveniencia económica de la herramienta tecnológica** para los pequeños productores del valle, incluida la evaluación de beneficios económicos, debido a que no fue posible estudiar en bodegas de productores el último prototipo desarrollado, quedando pendiente el análisis económico de esta herramienta.
- **Transferencia del modelo predictivo** para uso de los productores a través de una plataforma web y difusión del proyecto. Otro aspecto que quedó pendiente en el proyecto precursor fue el desarrollo de una plataforma web a través de la cual los pequeños productores puedan informarse de la importancia de los parámetros a registrar y cómo ellos les permitirían tomar mejores decisiones, con el tiempo necesario para corregir los valores que corresponda y así obtener una producción con la mejor calidad posible. Junto con el desarrollo de la plataforma web también quedó pendiente la difusión de la tecnología desarrollada, que permitiera indagar y validar el interés que pueda generar su uso en pequeños productores de vino.
- **Desarrollo del diseño final del equipo.** Si bien durante el proyecto precursor se logró diseñar un prototipo final de los sensores adecuados para la medición de los tres parámetros seleccionados, no hubo tiempo para diseñar y confeccionar una carcasa o estructura que contenga estos sensores durante su uso. Considerando que esta carcasa es fundamental para que estos sensores puedan ser utilizados de forma segura y eficaz en un contexto de producción comercial, un diseño que permita su óptimo funcionamiento es un paso importante en el desarrollo del producto final.
- **Posibilidad de transferir a productores técnicas alternativas para medición de acidez.** Alternativamente a los objetivos del proyecto precursor, durante su realización surgió el interés por proponer y enseñar la posibilidad de que los productores del valle del Itata pudieran medir la acidez titulable, como parámetro de la acidez total. En teoría, entendiendo que la acidez fija se correlaciona bien con el pH, podría obtenerse una aproximación de la acidez volátil, estimando la acidez fija usando el pH metro y conociendo la acidez total. Una investigación de esta naturaleza permitiría complementar la herramienta desarrollada, contribuyendo a una mejor toma de decisiones durante el proceso de vinificación.

El proyecto precursor

► 1. El entorno económico y social

El proyecto precursor está orientado a mejorar la producción de vino de productores del valle del Itata, en la Región de Ñuble, la cual se ubica cercana al límite sur de la zona central, específicamente entre los 36°00' y los 37°12' de latitud sur. Limita al norte con la Región del Maule, al sur con la Región del Biobío, al oeste con el Océano Pacífico y al este con la República Argentina. Tiene una superficie aproximada de 13.178 km², siendo la región con menor extensión del país.





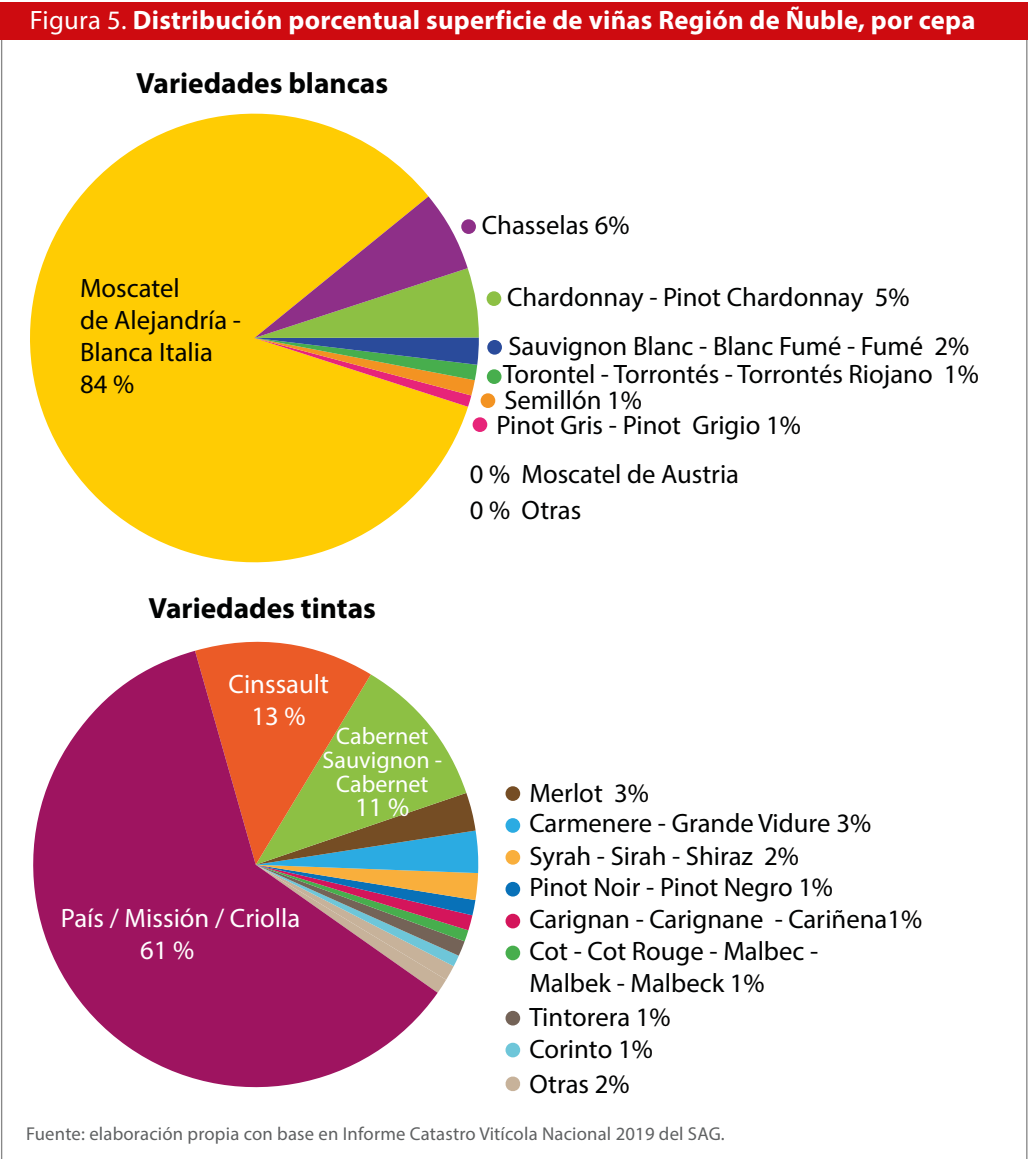
En ella se observan las unidades longitudinales clásicas de la zona central de Chile, con presencia de algunos elementos propios como la presencia de una precordillera de gran relevancia. Respecto de las condiciones climáticas, esta zona corresponde al último tramo de la región mediterránea de estación seca prolongada de la zona central de Chile, observándose en algunos casos variaciones extremas según la estación del año. La red hidrográfica de la región se organiza en torno al principal sistema fluvial, el río Itata, a partir del cual se articula el resto de las subcuencas y sistemas de escurrimiento menores.

La región se divide administrativamente en tres provincias: Itata, Punilla y Diguillín; en esta última se localiza la capital regional, Chillán. La población total alcanza a 480.609 habitantes (CENSO 2017) con una densidad de 36,47 habitantes por kilómetro cuadrado.¹⁷ Su economía se basa en la actividad agraria, pecuaria, silvícola, el comercio y los servicios.

La Región de Ñuble, junto con la del Biobío, es la principal zona productora de vino de variedades de mesa de la zona sur del país. La vitivinicultura en esta zona se diferencia de la del centro y norte de Chile por la presencia mayoritaria de pequeños agricultores; se basa principalmente en la producción de uva País y Moscatel de Alejandría, con el 95 % de la existencia del país. Las condiciones edafoclimáticas particulares y la falta de tecnología y conocimiento para la elaboración de vinos, en especial este último factor, dificultan que los productores de esta región puedan competir con las grandes empresas de la zona centro y norte del país.

¹⁷ Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region16>

De acuerdo con la información declarada e informada en el Catastro Vitícola 2019, la superficie de vides viníferas en la Región de Ñuble alcanza a 10.174 ha, de las cuales 4.246 ha corresponden a viñas de cepas blancas (41,7 %) y 5.928 ha a variedades tintas (58,3 %). Dentro de las variedades blancas se destaca la variedad Moscatel de Alejandría, cuya superficie alcanza a las 3.552 ha, equivalente al 84 % de la superficie total de variedades blancas. Dentro de las variedades tintas destaca la producción de uva País, con una superficie de 3.598 ha, equivalente al 61% de la superficie total de variedades tintas; seguido por la variedad Cinsault, que ocupa una superficie de 778 ha (Figura 5).



De acuerdo a la información disponible en el Catastro Vitícola 2019, la mayor superficie de viñas se encuentra en las comunas de Coelemu (1.621 ha), Portezuelo (1.531 ha), Quillón (1.280 ha), Ránquil (1.162 ha), Ninhue (1.035 ha), San Nicolás (917 ha) y Chillán (793 ha).



La comuna de Coelemu es la que concentra la mayor superficie de variedades blancas, junto con Quellón, con un 25,2 % y 20,9 % de la superficie, respectivamente, mientras que en variedades tintas las comunas que concentran la mayor superficie son Portezuelo (15,4 %), Ninhue (14,8 %), San Nicolás (12,2 %) y Chillán (10,6 %).¹⁸

A pesar de que Ñuble es una de las principales regiones productoras de vino en la zona sur del país, su producción vitivinícola se ha caracterizado por ser principalmente artesanal y de pequeña escala en comparación con la producción realizada en regiones de la zona central del país. Según la información disponible en el Informe Nacional de Producción de Vinos 2020, en la Región de Ñuble se observó un aumento de un 45,7 % en la producción total de vinos en relación al año 2019, equivalente al 2,8 % de la producción de vinos del país, un punto porcentual más que el año 2019; mientras que la producción de vinos a nivel nacional registró una disminución de un 13,4 % en comparación con el año 2019, a causa de la continua sequía que se ha estado viviendo en el país.

El valle del Itata

En la Región de Ñuble se encuentra el valle del Itata, que se extiende por 100 kilómetros aproximadamente, entre San Carlos por el norte y Bulnes por el sur, siendo la zona productora de vinos más antigua de Chile, donde se pueden encontrar parras que datan del año 1550, traídas por misioneros jesuitas. Los viñedos que se cultivan en este valle son, principalmente, de tres variedades rústicas: Moscatel de Alejandría, País y Cinsault,

Hasta mediados del siglo XIX, las viñas chilenas cultivaban la cepa llamada en California uva Misión, que posteriormente se llamó uva País o criolla. Esta cepa fue desacreditada por enólogos nacionales en favor de las cepas francesas; sin embargo, se ha seguido cultivando en el valle del Itata junto con la cepa Moscatel de Alejandría. Los viñedos existentes de Moscatel, País y Cinsault, conformando grandes extensiones de vides sin alambres ni espalderas, son símbolos de este valle y se han adaptado perfectamente al suelo y clima de la zona, que se caracteriza por sus constantes diferencias de temperatura entre el día y la noche, durante la época de plena maduración de la uva.

La historia del valle del Itata se remonta al siglo XVI, cuando se plantaron los primeros viñedos por parte de los colonos españoles, transformando el territorio en el principal proveedor de vinos del país y de las principales colonias del imperio español, debido a su cercanía con los puertos de la zona. Hasta hace poco la mayoría de sus uvas se destinaron a vinos simples para consumo local; sin embargo, en los últimos años los viñateros han producido vinos combinando técnicas de enología moderna con tradicionales mecanismos de guarda como las tinajas de greda.

¹⁸ En el Anexo 2 se muestra un detalle de las superficies por comuna y variedad.

► 2. El proyecto precursor

2.1. Características generales

Como se ha mencionado, la producción vitivinícola en la Región de Ñuble se ha caracterizado por ser principalmente artesanal y relativamente de pequeña escala, en comparación con la producción realizada en otras regiones de la zona central del país. La falta de tecnología y conocimiento para la elaboración de vinos, que redundaba en vinos con mayor grado de turbiedad y borra, dificultaba que los productores de esta región puedan competir con las grandes empresas de la zona centro y norte del país.

De esta forma, para mejorar la calidad del vino producido en este valle es importante desarrollar y fomentar el uso de tecnologías que aumenten el potencial productivo y de calidad en el proceso de elaboración, además de contribuir a homogeneizar la calidad del vino producido en esta zona. En este contexto, y con el fin de contribuir a mejorar la calidad de estos productos para que sean más competitivos en los mercados vitícolas, se llevó a cabo el proyecto precursor “Desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real para controlar parámetros de fermentación en vinos de pequeños productores del valle del Itata”, entre diciembre de 2017 y mayo de 2020. Su propósito central fue mejorar el proceso de la elaboración del vino mediante el desarrollo de un dispositivo electrónico que monitoree, controle y prediga parámetros como temperatura, pH y producción de etanol. Sus objetivos específicos, que determinaron las principales líneas de trabajo, fueron:

- Desarrollar un dispositivo electrónico que monitoree las principales variables de fermentación del vino;
- Utilizar y/o desarrollar modelos cinéticos, de transferencia de masa-calor, multivariables o redes neuronales que permitan predecir la tendencia de la fermentación alcohólica;
- Diseñar una metodología de autoaprendizaje y de apoyo usuario-servidor del proceso fermentativo para los usuarios del valle del Itata, elaborando estrategias de difusión y consolidación competitivas del sistema de monitoreo y control; y
- Estandarizar la vinificación y elaboración de vinos de cepas Moscatel de Alejandría, País y Cinsault.

El proyecto fue realizado por la Universidad de Concepción y cofinanciado por la Fundación para la Innovación Agraria. Contó con la participación de Agrícola La Herencia Limitada y Viña Mora Reyes, como empresas asociadas. Ambas corresponden a pequeños viñedos en la comuna de Coelemu, cuya producción se comercializa principalmente en ferias locales y algunas tiendas especializadas de la región.

En términos generales, el proyecto se orientó a desarrollar un sistema (de bajo costo) para monitorear y controlar en tiempo real los parámetros que influyen en la fermentación del vino, con el fin de contribuir a mejorar la toma de decisiones en el proceso productivo y las técnicas de vinificación, lo que podrá resultar en un menor uso de insumos enológicos y entregar valor agregado a la producción. Como resultado de la investigación, se logró obtener un prototipo de un dispositivo electrónico, en su cuarta versión, cuyos sensores son capaces de medir temperatura, CO₂ (dióxido de carbono) y etanol. Cuatro de estos prototipos fueron instalados en bodegas productoras de vino de la región, logrando obtener información que permitió generar material de apoyo para los productores del valle del Itata.



Desarrollo y puesta en funcionamiento de prototipo electrónico. Fuente: proyecto precursor.

Durante la realización del proyecto precursor fue fundamental la participación de los viñedos asociados, para la validación y obtención de datos mediante los dispositivos desarrollados. Si bien la incertidumbre sanitaria, en el contexto de la pandemia global de COVID-19, retrasó la instalación de los prototipos en bodegas, el proyecto logró cumplir con la mayoría de los objetivos específicos planteados, quedando pendiente finalizar el desarrollo de una plataforma web que permita difundir la información a los productores.

2.2. Validación de la tecnología

Durante la realización del proyecto precursor se logró determinar que un sistema económico y fiable de monitoreo se puede basar en el control de tres parámetros: temperatura, CO_2 y etanol. No obstante, también quedó abierta la posibilidad de medir el pH, que es otro parámetro relevante. El instrumento tecnológico desarrollado permitió monitorear en tiempo real el periodo de fermentación, entregando información útil para la toma de decisiones a fin de mejorar el proceso de vinificación y obtener vinos con cualidades distintivas.



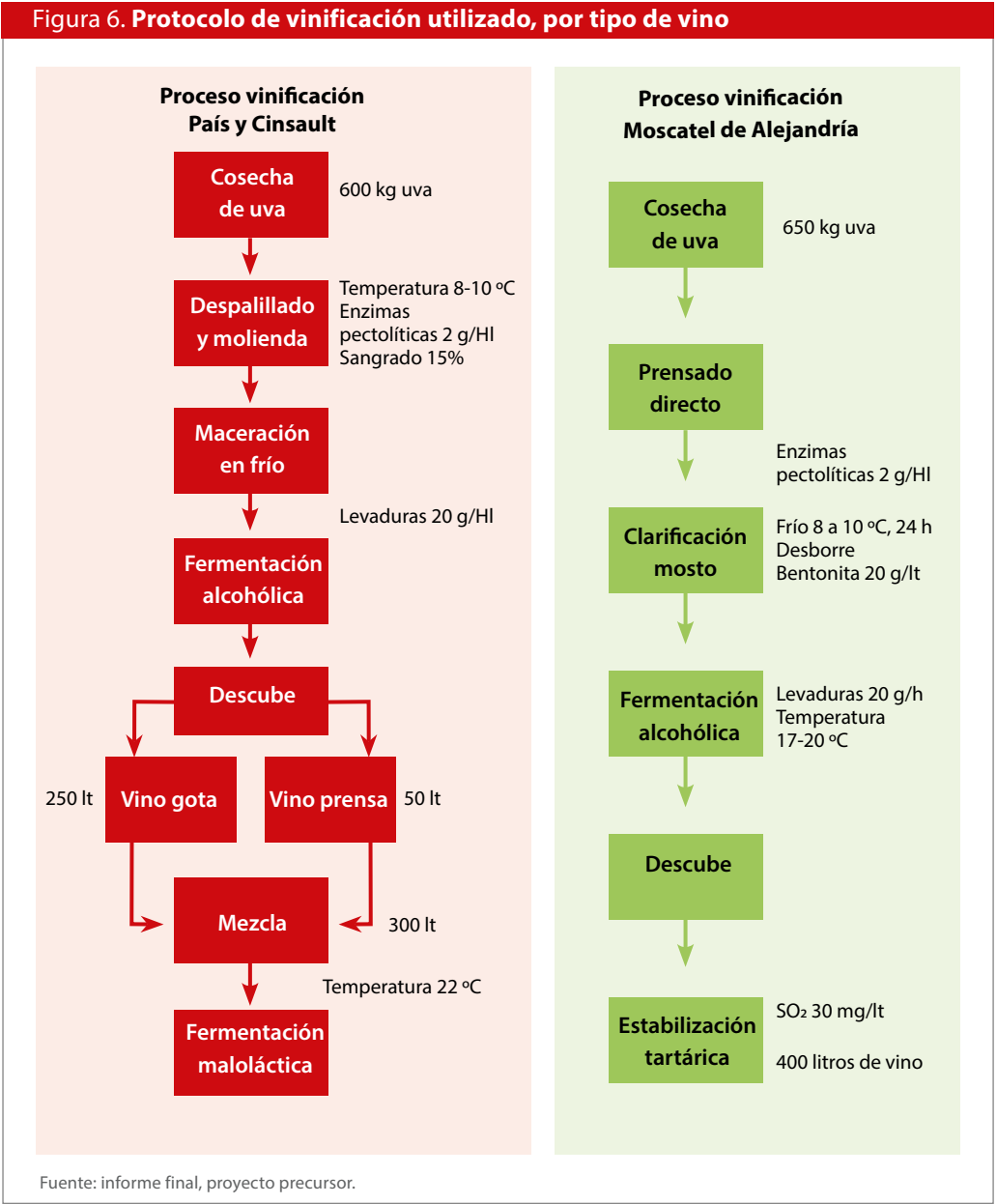
Ejemplo del sistema de adquisición de datos desarrollado. Fuente: proyecto precursor.

Se desarrollaron cuatro prototipos que fueron instalados y testeados en las bodegas de los productores asociados. El modelo final corresponde a un prototipo semi industrial con sensores para medición de temperatura, CO_2 y etanol. Está diseñado con pistas en placas de circuito impreso (PCB) para eliminar el uso de cables, que pueden ser movidos o dañados, con pérdida de la señal. Además cuenta con una batería, con el fin de evitar interrupciones por corte de luz, e incluye un conector de tipo RJ11 entre el controlador y los sensores, que permite mayor estabilidad y operatividad del sistema.



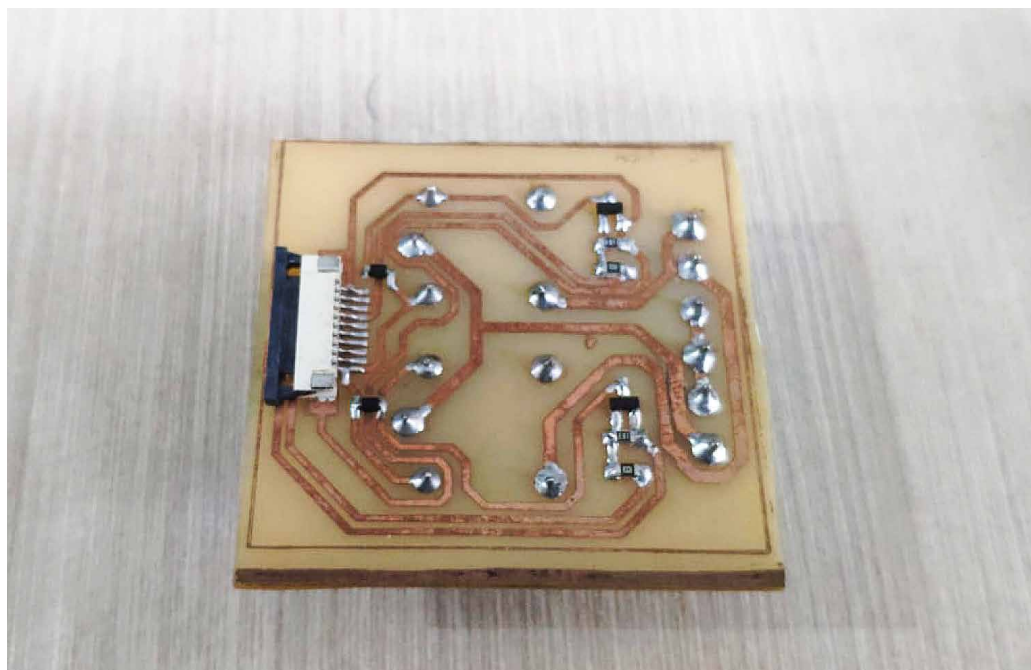
Sistema nuevo de fermentación con sensores optimizados en tamaño y tecnología para medir los parámetros más importantes: temperatura, etanol y dióxido de carbono. Fuente: proyecto precursor.

En la siguiente figura se muestra los protocolos de vinificación que se utilizaron para la obtención de los datos de fermentación mediante el sistema de monitoreo desarrollado, tanto para vino tinto (País y Cinsault) como blanco (Moscatel de Alejandría)



dega, al liberar estanques de fermentación. Respecto de las lecturas de CO_2 , si bien estos sensores muestran inestabilidad en todas las fermentaciones industriales, esto no ocurrió en condiciones de laboratorio. En el caso de fermentación de vino tinto se observó que la tasa de cambio fue más lenta, en comparación con la tasa de cambio del vino de Moscatel de Alejandría.

Cabe señalar que por motivos de la pandemia no se dispuso de una placa de circuito impreso (PCB) de doble cara, debiendo reemplazarse por una placa de cobre, la que se oxidó por la presencia de los compuestos fermentativos.



Prototipo de placa electrónica controladora. Fuente: proyecto precursor.

Se analizaron distintos modelos que permitieran predecir la tendencia de la fermentación alcohólica, determinándose que los mejores son aquellos basados en las tasas de cambio y regresión lineal para mediciones de etanol, que ayudan a mejorar la dinámica durante el proceso fermentativo.

Junto con lo anterior, se analizó en profundidad información de literatura que muestra la relación de los parámetros químicos con la calidad del vino, a fin de proporcionar información a los productores del valle del Itata que les permita mejorar sus vinos, a partir de la información que genera el dispositivo desarrollado sobre los parámetros fermentativos.¹⁹

¹⁹ En el Anexo 4 se resumen los principales parámetros de calidad analizados.



Finalmente, quedó pendiente la transferencia a los productores en general de la información generada y analizada durante la realización del proyecto precursor. Estaba previsto desarrollar una plataforma alojada en un sitio web de la Universidad de Concepción, a cargo del área de informática; sin embargo, dada la emergencia sanitaria, la comunidad universitaria se acogió a teletrabajo, orientándose los esfuerzos de esta área a dar soporte para la realización de clases *on line*, quedando postergada la implementación de la plataforma para transferir la información del proyecto. Del mismo modo, las medidas sanitarias adoptadas también impidieron la realización del seminario de difusión que se tenía contemplado llevar a cabo, para difundir la tecnología desarrollada a todos los productores vitivinícolas de la región.

2.3. Otros aspectos relevantes

Es importante destacar que esta investigación, si bien generó resultados positivos que permiten establecer las bases de un dispositivo de bajo costo para que pequeños productores de vino puedan controlar su proceso de vinificación, no fue posible validarlo comercialmente y tampoco determinar su aceptación por parte de este segmento de productores, así como la conveniencia económica para ellos de utilizarlo. Esto debido a que el término anticipado de la investigación, producto de la pandemia, dejó sin concluir tres aspectos relevantes en este proceso: por una parte, el diseño final en formato comercializable del dispositivo desarrollado, de manera que permita un uso seguro y adecuado durante el proceso de fermentación; en segundo término, el desarrollo de una plataforma web que permita a los pequeños productores acceder a la información necesaria para predecir las características de su vino, a partir de las lecturas que arroje el dispositivo, y de esta forma orientar sus acciones a fin de mejorar la calidad del vino; y, por último, la difusión de los resultados alcanzados, así como de la importancia de adoptar tecnologías que les permitan mejorar el proceso de vinificación, buscando potenciar la imagen del valle del Itata como zona de productores de vinos a pequeña escala y de buena calidad.

► 3. El proyecto hoy

Durante la realización del proyecto se conjugaron varias situaciones que afectaron su programación; entre ellas, la pandemia, que provocó su término anticipado, a raíz de lo cual el instrumento desarrollado, si bien permite monitorear en tiempo real y con buenos resultados el proceso de fermentación, quedó a nivel de prototipo y por tanto no cumple con los requisitos para promocionar su uso comercial a nivel de pequeños productores.

A esto se suma que uno de los profesionales del equipo operativo responsable del desarrollo tecnológico de la herramienta no sigue trabajando en la universidad, razón por la cual no ha sido posible avanzar en generar un modelo comercial, como tampoco en el desarrollo e implementación de la plataforma web que estaba pensada para facilitar el uso de este producto.

Lo anterior va en desmedro de pequeños productores de vino que podrían haberse visto beneficiados con este sistema de monitoreo; en consecuencia, queda como desafío avanzar en un modelo comercial, en el marco del cual sus desarrolladores han manifestado su motivación por finalizar y completar los objetivos del proyecto.

El valor del proyecto

El valle del Itata, con denominación de origen, es reconocido a nivel país por su tradición vinícola que se remonta a más de 400 años, basada principalmente, en la producción de los cultivares uva País y Moscatel de Alejandría.

A pesar de ello, en muchas zonas del valle se dejó de producir vino con regularidad, dedicándose la mayoría de los productores a la venta de uvas para empresas y consorcios vitivinícolas o simplemente se han reemplazado las viñas por plantaciones forestales, lo que ha resultado en un bajo crecimiento de la industria vitivinícola, a diferencia de lo ocurrido en la zona central del país, entre las regiones de Coquimbo y Maule, donde el desarrollo de



este rubro se ha caracterizado por la introducción de las denominadas cepas finas o francesas, como Cabernet Sauvignon, Merlot, Chardonnay y Sauvignon Blanc, entre otras; esto aparejado a la implantación de viñedos de riego, con sistemas de conducción orientados a mejorar los rendimientos, así como a la incorporación de tecnología de punta en la elaboración de vinos.

No obstante el bajo desarrollo del sector vitivinícola en el valle, esta zona presenta ventajas para la producción de vino de buena calidad, aun más en los últimos años, donde se han observado cambios en las condiciones climáticas que favorecen a esta actividad productiva viticultora. Así, empresas como Miguel Torres Chile, en la búsqueda de lugares donde esta actividad no se pueda mecanizar y el trabajo sea hecho a mano, ha establecido un modelo de producción en el valle del Itata orientado a valorizar y rescatar cepas ancestrales, basado en viñedos propios (Viña La Causa) y trabajo conjunto con pequeños productores de cepas “patrimoniales”, tales como Moscatel, Carignan, Cinsault y País, integrando la producción de pequeños productores a procesos modernos de elaboración de vino.

El año 2021 uno de los concursos más importantes de Inglaterra y del mundo, Decanter World Wine Awards (DWAA), en su décimo octava edición, premió a cuatro vinos procedentes del valle del Itata (Viña La Causa), entre un total de 18.094 vinos degustados de 56 países. Destacó con Medalla de Platino (97 puntos) y el título “Best in Show”²⁰ (el primero de Chile desde 2017) al vino *La Causa Blend 2019*, mezcla de Cinsault, País y Carignan,²¹ que obtuvo la máxima distinción entre todos los ganadores de la más alta categoría.

Lo anterior no solo muestra el potencial del valle, sino también la importancia del proceso de elaboración del vino, ya que en la calidad final de este producto, además de las cepas y la localización, el proceso de fermentación cumple un rol importante ya que condiciona la calidad y la heterogeneidad de los vinos. Por lo mismo, y en la medida de lo posible, es importante implementar el uso de herramientas que permitan mejorar y facilitar el monitoreo y control de los parámetros que inciden en una adecuada fermentación, como por ejemplo la temperatura. En el caso de los pequeños productores de vino, la temperatura se mide en forma manual al menos dos veces al día, extrayendo vino de las cubas; sin embargo, contar con un sistema que les permita medir esta variable y otras, al interior de la cuba y en tiempo real, contribuiría a optimizar el proceso mediante la obtención de medidas más precisas, facilitando las mediciones y mejorando las técnicas de vinificación para obtener lo mejor de las cepas.

En esta línea, al igual que en el extranjero, donde también se han desarrollado algunas experiencias tendientes a obtener sistemas de bajo costo para monitorear el proceso de fer-

²⁰ De un total de 50 medallas Best in Show, 179 Platinum, 635 Gold, 5.607 Silver y 8.332 Bronze.

²¹ *La Causa Naranja 2019* fue premiado con Medalla de Platino, con una evaluación de 97 puntos de un máximo de 100; *La Causa Cinsault 2019* obtuvo 90 puntos (Medalla de Plata) y *La Causa Rosé 2020* fue nominado con 91 puntos (Medalla de Plata).

mentación, los resultados del proyecto precursor constituyen un aporte para la producción de vino a mediana y pequeña escala, que trasciende el valle del Itata, ya que son la base para contar a futuro en Chile con una herramienta tecnológica de bajo costo para controlar el proceso de vinificación, accesible para medianos y pequeños productores, a quienes se abre la posibilidad de mejorar la calidad de sus vinos y de esta forma acceder a mejores precios de mercado, lo que en el caso de los productores de vino del valle del Itata se puede potenciar con la identidad que les otorga el acervo patrimonial que poseen las cepas existentes en el valle.

Anexos

Anexo 1. Producción de vinos periodo 2000 - 2020

Anexo 2. Superficie plantaciones de viñas, variedades blancas y tintas, Región de Ñuble por comuna

Anexo 3. Proceso de vinificación

Anexo 4. Conceptos de calidad de vinos

Anexo 5. Bibliografía

Anexo 6. Entrevistas realizadas

ANEXO 1. Producción de vinos periodo 2000 - 2020

Cuadro 14. Evolución de la producción de vinos, años 2000 - 2020 (hl)

Año	Vinos con D.O.	Vinos sin D.O. (*)	Vinos elaborados con uva de mesa	Total
2000	3.748.213	1.956.098	715.063	6.419.374
2001	4.460.397	583.290	408.098	5.451.785
2002	4.430.500	834.463	358.267	5.623.230
2003	5.460.865	947.611	273.745	6.682.221
2004	5.474.888	577.173	248.675	6.300.736
2005	6.303.212	1.047.796	534.503	7.885.511
2006	7.163.043	861.365	424.370	8.448.778
2007	7.038.874	879.062	359.524	8.277.460
2008	6.927.908	1.318.511	436.551	8.682.970
2009	8.665.659	1.152.065	275.198	10.092.922
2010	7.445.528	1.271.633	435.221	9.152.382
2011	8.286.392	1.180.010	997.406	10.463.808
2012	10.159.853	1.716.869	676.985	12.553.707
2013	10.746.399	1.361.019	713.532	12.820.950
2014	8.409.649	1.101.227	385.395	9.896.271
2015	10.812.866	1.522.542	531.451	12.866.859
2016	8.524.838	1.217.747	401.034	10.143.619
2017	8.050.614	1.103.298	338.145	9.492.057
2018	10.527.819	1.358.918	1.012.231	12.898.968
2019	10.300.475	1.339.894	298.388	11.938.757
2020	8.882.067	1.219.875	235.286	10.337.228
Variación 2000/2020	136,97%	-37,64%	-67,10%	61,03%
Variación 2010/2020	19,3%	-4,1%	-45,9%	12,9%

(*) Incluye los vinos viníferos corrientes.

Fuente: SAG. Subdepartamento de Viñas, Vinos y Bebidas Alcohólicas. Informe ejecutivo Producción de Vinos 2020.

ANEXO 2. Superficie plantaciones de viñas, variedades blancas y tintas,
Región de Ñuble por comuna

Cuadro 15. Superficie plantada con viñas variedades blancas en Región de Ñuble (ha)											
COMUNA	VARIEDADES VINIFERAS BLANCAS (ha)									TOTAL	Participación (%)
	Moscatel de Alejandría - Blanca Italia	Chasselas	Chardonnay - Pinot Chardonnay	Sauvignon Blanc - Blanc Fumé - Fumé	Torontel - Torrontés - Torrontés Riojano	Semi-llón	Pinot Gris - Pinot Grigio	Moscatel de Austria	Otras		
Bulnes	4,7	1,7	5,8	14,7			4,1		0,0	30,9	0,73%
Chillán	59,4	4,0	44,8	44,0	2,0	4,5		2,5	1,2	162,4	3,82%
Chillán Viejo	18,5		29,6	7,2		7,5			0,4	63,1	1,49%
Cobquecura	1,5		0,7			0,2			0,4	2,8	0,06%
Coelemu	1.018,2	10,7	2,1	4,3	10,0	17,4		1,5	6,5	1.070,5	25,21%
Coihueco			0,5						0,0	0,5	0,01%
Ninhue	156,7	0,3	0,5		0,1				2,8	160,3	3,77%
Ñiquén			7,0	2,0					0,0	9,0	0,21%
Pinto	0,8								0,0	0,8	0,02%
Portezuelo	567,6	0,1	25,1	12,6	5,6			4,8	1,3	617,0	14,53%
Quillón	597,2	209,0	49,8	2,6	23,8			0,3	5,4	888,0	20,91%
Quirihue	46,9	0,4	6,2		0,8	6,0			0,0	60,3	1,42%
Ranquil	543,5	9,0	12,7		18,2	2,1			2,2	587,7	13,84%
San Carlos	4,1								0,0	4,2	0,10%
San Nicolás	141,5		20,8	16,4	0,9		7,6		4,8	191,8	4,52%
Trehuaco	389,6				3,6	0,2		1,5	0,0	394,8	9,30%
Yungay	1,5	0,5	0,1						0,0	2,1	0,05%
TOTAL	3.551,6	235,5	205,6	103,7	64,8	37,8	11,7	10,6	24,9	4.246,2	100,00%
Participación (%)	83,6%	5,5%	4,8%	2,4%	1,5%	0,9%	0,3%	0,3%	0,6%	100,0%	

Fuente: SAG, Informe Catastro Vitícola Nacional 2019.

Cuadro 16. Superficie plantada con viñas variedades tintas en Región de Ñuble (ha)							
COMUNA	VARIEDADES VINIFERAS TINTAS (ha)						
	Pais - Mission- Criolla	Cinsault	Cabernet Sauvignon - Cabernet	Merlot	Carmenère - Grande Vidure	Syrah- Sirah - Shiraz	
Bulnes	24,6	0,4	41,1	20,0	64,3	3,5	
Chillán	333,7	4,5	111,1	60,0	13,9	43,9	
Chillán Viejo	70,7		82,2	13,2	2,0	7,6	
Cobquecura		0,5					
Coelemu	151,2	368,2	5,3	3,1	0,6		
Coihueco			5,1	0,3			
El Carmen	3,9						
Ninhue	846,1	11,0	14,1				
Ñiquén	3,5		28,0	13,8	2,0	9,0	
Pemuco			1,0				
Pinto	1,3						
Portezuelo	640,1	41,6	110,0	21,4	51,3	7,7	
Quillón	185,2	52,6	68,1	6,7	14,8	0,8	
Quirihue	226,5	26,3	0,3				
Ranquil	307,0	163,5	46,3	6,9	7,1	2,6	
San Carlos	110,5		42,6	15,0			
San Ignacio	5,7						
San Nicolás	476,4	1,8	85,8	38,1	28,4	49,8	
Trehuaco	211,4	107,7	4,1		0,2		
Yungay			0,1	0,7	0,1		
TOTAL	3.597,8	777,8	645,1	199,1	184,7	124,9	
Participación (%)	60,7%	13,1%	10,9%	3,4%	3,1%	2,1%	

Fuente: SAG, Informe Catastro Vitícola Nacional 2019.

								TOTAL	Participación (%)
	Pinot Noir - Pinot Negro	Carignan - Carignane - Cariñena	Cot - Cot Rouge- Malbec- Malbek - Malbeck	Tintorerera	Corinto	Cargadora	Otras		
	11,4		7,5	2,8			1,8	177,4	2,99%
	13,2	21,4	14,2	1,6			12,7	630,2	10,63%
	15,9	2,5	2,5	2,0			0,0	198,6	3,35%
							0,0	0,5	0,01%
	6,1	6,3		1,5		7,4	0,9	550,5	9,29%
	0,3						0,3	5,9	0,10%
							0,0	3,9	0,07%
				3,1		0,9	0,1	875,2	14,76%
	2,0		12,2	1,5			6,5	78,4	1,32%
							0,0	1,0	0,02%
							0,0	1,3	0,02%
	5,9	16,8	4,4	14,8	0,2	0,3	0,0	914,4	15,42%
	0,5	2,8	0,1	12,6	43,5	2,1	1,9	391,5	6,60%
	6,0					0,8	0,4	260,3	4,39%
	2,5	10,7	2,9	2,0	9,9	11,7	1,2	574,3	9,69%
			20,0				0,0	188,1	3,17%
							0,0	5,7	0,10%
	18,1	11,4	1,4	10,3			3,9	725,3	12,23%
		1,5		5,3		14,0	0,5	344,7	5,81%
	0,1						0,0	1,0	0,02%
	82,1	73,5	65,1	57,5	53,5	37,0	30,1	5.928,1	100,00%
	1,4%	1,2%	1,1%	1,0%	0,9%	0,6%	0,5%	100,0%	

ANEXO 3. **Proceso de vinificación**²²

3.1. Proceso de vinificación en cepas blancas

En el hemisferio sur, por lo general la vendimia para los vinos de estas variedades ocurre en los meses de febrero y marzo, y generalmente son apreciados para la producción de vinos jóvenes; es decir, vinos elaborados con la intención de que sean consumidos en el periodo de un año después del embotellado.

La cosecha se realiza de forma manual o mecánica, siendo por lo general las uvas recibidas en una bodega de vinificación, donde se pesan y se registra información del fundo o productor, valle y tipo de uva, de acuerdo a la normativa vigente.

Los racimos de uva se vuelcan en el pozo de recepción y de este pueden ser trasladados directamente a prensa, para comenzar el proceso, o pueden someterse previamente a una fase de despalillado y molienda.

i. Despalillado y molienda: esta es una etapa opcional, en la que se descobajan los racimos y luego se muele la uva mediante rodillos. El mosto y la uva molida se separan del escobajo utilizando un cilindro perforado, que deja atravesar la uva molida a través de sus perforaciones, mientras que el escobajo continúa el recorrido hasta el final del cilindro, donde es retirado. Durante la molienda se suelen tomar muestras representativas de la carga de uva para realizar un análisis del mosto. El mosto con la uva molida puede tomar tres recorridos:

- Puede derivarse a la prensa directamente.
- Puede pasar por un acondicionamiento en frío, que tiene por objetivo reducir la temperatura del mosto a niveles de 8 a 12 °C para retardar la fermentación y luego derivarse a la prensa.
- Puede pasar por el acondicionamiento y macerarse en frío en una cuba. Este proceso consiste en dejar en contacto la piel de la uva con el mosto durante un tiempo y temperatura determinadas por el enólogo, con el objetivo de que las sustancias aromáticas de calidad, contenidas en el hollejo, pasen al mosto. Esta operación es relativamente costosa, y por esto solo se suele realizar en vinos blancos en que se quiere obtener la máxima calidad.

²² Extractado de LIMA, J.L. "Estudio de caracterización de la cadena de producción y comercialización de la agroindustria vitivinícola: Estructura, agentes y prácticas". ODEPA, 2015.

ii. Prensado: en esta etapa se prensan, ya sea los racimos enteros o la uva que proviene de la molienda, con una prensa neumática cuya presión variable permite separar jugos de acuerdo al criterio enológico. A medida que se obtiene el mosto de la prensa, se le añade anhídrido sulfuroso en una concentración de entre 0 y 5 gramos por hectolitro para evitar alteraciones microbianas del vino. Además se pueden añadir enzimas pectolíticas que ayuden a la decantación, así como enzimas especiales para la extracción de aromas en la maceración. El mosto obtenido con la prensa puede pasar nuevamente por un intercambiador de frío, con el fin de enfriarlo hasta las temperaturas requeridas.

iii. Decantación: antes de la fermentación, el mosto es clarificado para eliminar impurezas, con el objeto de obtener vinos más finos, libres de olores y sabores extraños. La decantación se realiza manteniendo el mosto en cubas con frío. El tiempo que requiere la decantación depende de la variedad y del proceso que se esté realizando. Al finalizar el proceso de decantación, los sólidos decantados se filtran para recuperar el mosto que ha quedado retenido en ellas.

iv. Fermentación alcohólica: la fermentación alcohólica es una etapa crucial en el proceso de vinificación. Consiste en la transformación de los azúcares (glucosa y fructosa) contenidos en la uva en alcohol etílico y anhídrido carbónico, este último en estado gaseoso, lo que provoca burbujeo, ebullición y el aroma característico de una cuba de mosto en fermentación. Este proceso bioquímico es generado por la presencia de hongos microscópicos unicelulares (levaduras) adheridos al hollejo de la uva. A diferencia del vino tinto, en la elaboración de vino blanco no está presente el hollejo (piel) de la uva durante la fermentación, mientras que en el vino tinto es de ese hollejo de donde extrae su color característico. Como se indicó anteriormente, en la vinificación de cepas blancas el hollejo estuvo en contacto con el mosto en etapas previas a la fermentación.

En la fermentación realizada en cubas de acero inoxidable o concreto, y previo al inicio del proceso, se realiza un análisis para medir el grado alcohólico probable, el pH, la acidez total, el nivel de sulfuroso libre y el nitrógeno. De acuerdo a los resultados, en esta etapa se pueden añadir algunos nutrientes que puedan requerir las levaduras o corregir parámetros como la acidez, añadiendo ácido tartárico, tras lo cual se añaden levaduras seleccionadas para que ayuden a realizar la fermentación del mosto.

En la fermentación se controlan principalmente dos parámetros: la temperatura y la densidad. La temperatura de las cubas debe estar entre 16 y 19°C, y se puede controlar a través del panel de control de la nave de vinificación o a través del lector de temperatura de la cuba, cuando estas tengan dichos dispositivos, pero también puede hacerse de forma manual.

La densidad es un parámetro que indica cuándo se ha agotado el azúcar necesario para que se lleve a cabo la fermentación alcohólica, lo que ocurre cuando el valor de azúcar es menor

a 2 gramos por litro. Cuando se produce el agotamiento de azúcares se suele decir que la cuba “está seca”.

La fermentación alcohólica también puede ser realizada en barricas de encina o de roble. En este caso, una vez realizado el análisis prefermentativo de la cuba y añadidos los nutrientes y levaduras, el mosto es trasvasado a barricas de madera, donde se realiza la fermentación alcohólica.

Luego de finalizado el proceso de fermentación, el vino de cepas blancas puede permanecer cuatro meses en las barricas, según el criterio que adopte el enólogo.

3.2. Proceso de vinificación en cepas tintas

La vendimia de los vinos tintos se realiza principalmente entre marzo y abril, y al recibirse la uva en la bodega de vinificación el tratamiento es el mismo que para las cepas blancas. Los racimos de uva se vuelcan en el pozo de recepción y luego se lleva a despallado y molienda para comenzar el proceso.

En la vinificación de vinos tintos también puede efectuarse un proceso de maceración prefermentativa en frío, manteniendo en contacto el mosto y la molienda durante unas horas a bajas temperaturas con la finalidad de extraer aromas. Una vez finalizada esta maceración se calienta la molienda a temperaturas de 26 a 30 °C para iniciar la etapa de fermentación alcohólica.

i. Fermentación alcohólica: al igual que en los vinos blancos, se efectúan análisis de cada cuba para medir el grado alcohólico probable, el pH, la acidez total, nivel de sulfuroso libre y nitrógeno, para así determinar si es o no necesaria la incorporación de nutrientes que puedan requerir las levaduras. En los vinos tintos, durante el proceso de fermentación se realizan “remontajes” de los mostos, que consisten en sacar mosto de la parte inferior de la cuba para luego introducirlo por la parte superior, donde se encuentran los orujos. Esto se realiza con el objeto de extraer otros compuestos típicos de los vinos tintos, junto con homogeneizar todo el color del mosto.

La fermentación se realiza a temperaturas de 26 a 30 °C, que se monitorean permanentemente. Junto con esto también se revisan los niveles de densidad, para determinar el grado de avance de la fermentación. Cuando el análisis de densidad indica que la concentración de azúcar es menor a 2 gramos por litro, se prueba el vino para efectuar la maceración con los hollejos u optar por descubar el vino para proceder a prensar estos hollejos aparte.

ii. Maceración: en esta etapa, el vino obtenido de la fermentación alcohólica se mantiene en contacto con los hollejos para añadir aromas y sustancias vegetales presentes en la piel de la uva, típicas del vino tinto.

iii. Descube: esta es la fase en la que se procede a vaciar la cuba en donde se efectuó la fermentación alcohólica, para separar el vino de los hollejos y luego traspasarlo a otras cubas para iniciar el proceso de fermentación maloláctica.

iv. Prensado de hollejos: en esta etapa los hollejos retirados de la cuba son prensados para extraer el denominado “vino prensa”. Este vino corresponde a un subproducto del proceso, y posee características distintas al “vino gota” obtenido luego de la fermentación alcohólica, por lo que es almacenado en cubas diferentes.

v. Fermentación maloláctica: en este segundo proceso de fermentación, las bacterias aún presentes en el vino transforman el ácido málico en ácido láctico, que posee un sabor más agradable al paladar, lo que además introduce una mejora aromática y menor grado de acidez total. Este proceso es fundamental para la obtención de vinos de calidad.

vi. Trasiego: este proceso, que es efectuado posteriormente a la fermentación maloláctica, consiste en añadir anhídrido sulfuroso en proporciones cercanas a los 5 gramos por hectolitro, con el fin de evitar alteraciones producidas por microbios. Inmediatamente después de concluida esta fase, se procede a efectuar mediciones de los parámetros de monitoreo básicos de la vinificación: cantidad de alcohol, cantidad de azúcar (reducción), sulfuroso total y libre, acidez volátil, acidez total y pH.

ANEXO 4. **Conceptos de calidad de vinos**²³

A continuación se destacan algunos conceptos relacionados con la calidad de los vinos. En el caso de la acidez, es importante señalar que la acidez total está compuesta por la acidez fija más la acidez volátil.

a) **Acidez fija:** los ácidos fijos predominantes en los vinos son los ácidos tartárico, málico, cítrico y succínico. Los ácidos tartáricos, málicos y cítricos son originados en la uva, mientras que el ácido succínico se origina durante la fermentación. En el sur de Chile y hacia la costa, a la uva le cuesta más madurar y por ello es probable que en el valle del Itata la uva tenga mayores contenidos de acidez que en otras zonas geográficas del país. La siguiente tabla muestra rangos en que ciertos ácidos se encuentran en las uvas, en general.

Contenido de ciertos ácidos en la uva que influyen sobre la acidez fija

Ácido	Rango
Ácido tartárico	1 - 4 g/L
Ácido málico	0 - 8 g/L
Ácido cítrico	0 - 0,5 g/L
Ácido succínico	0,5 - 2 g/L

b) **Acidez volátil:** se refiere a los ácidos que se pueden destilar por vapor, como el ácido acético y el ácido láctico que están presentes en los vinos. Pueden ser medidos con cromatografía de gases, cromatografía de líquidos (HPLC) o bien con métodos enzimáticos. Hay países que ponen restricciones en el contenido del ácido acético a niveles cercanos a 1,1 g/l para vinos blancos y tintos. A nivel de los sentidos el ácido acético puede ser detectado a niveles de 0,6-0,9 g/l. Mucho ácido acético puede resultar en otros compuestos no deseados, como acetato de etilo y acetaldehído. Estos compuestos indeseados pueden ser detectados sensorialmente a niveles menores a 0,2 g/l.

Si bien el dispositivo desarrollado en el proyecto precursor no incluye un sensor para medir pH, que es un parámetro relevante en la producción de vinos, alternatively se podría realizar midiendo la acidez titulable, que representa la acidez total. En teoría, entendiendo que la acidez fija correlaciona bien con el pH, podría existir una aproximación a la acidez volátil. Es decir, la acidez volátil podría aproximarse estimando la acidez fija usando el pH metro y conociendo la acidez total.

²³ Informe final proyecto precursor.

- c) **Sulfitos:** si bien los sensores utilizados en el dispositivo desarrollado no permiten detectar estos compuestos, es importante mencionarlos ya que influyen en forma importante sobre la calidad de los vinos.

Los niveles de sulfito en los vinos están cercanos a 0,01-0,08 g/l, siendo mayores en los vinos blancos que en los vinos tintos. En los vinos la cantidad de sulfitos y el pH determinan cuánto dióxido de azufre (SO_2) está disponible en forma libre molecular para ayudar a proteger el vino de oxidación y deterioro. Por otro lado, existe el SO_2 atado a otras moléculas, tales como aldehídos, pigmentos y azúcares. Cuando el SO_2 total es muy alto es señal que muchos sulfitos han sido agregados. Y cuando el SO_2 libre está muy bajo, puede significar que el equilibrio químico en el vino ha sido alterado por el SO_2 unido a otras moléculas.

Relacionado con los sulfitos, los niveles de acetaldehído son importantes, ya que pueden originar aromas de manzanas podridas. En general, los acetaldehídos pueden estar en rangos máximos de 80 mg/l en vinos blancos y de 30 mg/l en vinos tintos. El acetaldehído puede ser formado por levaduras y bacterias, también por la oxidación de compuestos fenólicos. La combinación de O_2 y SO_2 también afecta a la formación de levaduras y el H_2O puede disminuir la concentración de sulfatos, pero con el costo de formar acetaldehídos.

ANEXO 5. **Bibliografía**

Banco Central de Chile. Base de Datos Estadísticos. Sector Externo. Comercio Exterior Bienes.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <<https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region16>>

DECANTER. *Decanter World Wine Awards 2021: Results revealed*. Disponible en:

<<https://www.decanter.com/wine-news/decanter-world-wine-awards-2021-results-revealed-461415/>>

DS N° 7/2015 del Ministerio de Agricultura, publicado en el Diario Oficial el 10 de marzo de 2015.

FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Estadísticas de exportaciones, volumen y valor FOB.

FIA – Facultad de Agronomía Universidad de Concepción. Informe final proyecto precursor: “Desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real para controlar parámetros de fermentación en vinos”.

FIA – Facultad de Agronomía Universidad de Concepción. Propuesta e informes técnicos de avance proyecto precursor: “Desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real para controlar parámetros de fermentación en vinos”.

INIA. “*Producción Vitivinícola en el Secano de Chile Central*”. Boletín INIA N° 418, mayo 2020.

LAURIE, F.; PEÑA-NEIRA, A. *Oxígeno y vinos tintos*. Revista Acenología. 2012. Disponible en: <http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/oxigeno_tintos_cienc0612.htm>

LIMA, José Luis. “*Estudio de caracterización de la cadena de producción y comercialización de la agroindustria vitivinícola: Estructura, agentes y prácticas*”. ODEPA, 2015.

NOVOA, D. *Desarrollo de un sistema de medida ultrasónico para monitorizar el proceso de fermentación maloláctica del vino tinto en un ambiente industrial*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, 2014.
<<https://core.ac.uk/download/pdf/33346044.pdf>>

ODEPA. Boletín del Vino, junio 2021.

ODEPA. Boletín del Vino, diciembre 2020.

ODEPA. Boletín del Vino, diciembre 2019.

ODEPA. Boletín del Vino, diciembre 2018.

ODEPA. Estadísticas de comercio exterior.

SAG. Subdepartamento de Viñas, Vinos y Bebidas Alcohólicas. Informe Ejecutivo Producción de Vinos 2020.

SAG. Informe Catastro Vitícola Nacional 2019.

SALMON, J.M; ORTIZ-JULIEN, A. *"Mejora de la fermentación alcohólica en condiciones extremas"*. Revista Acenología. Disponible en:
<http://www.acenologia.com/ciencia97_1.htm>

TRADEMAP. Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas.
<https://www.trademap.org/Country_SelProduct.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c%7c220429%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1>

Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Nutrición y Bromatología II, Facultad de Farmacia. *"El vino y su análisis"*.

ZIRONI *et al*, *"Oxígeno y vino"*. Extraído de "Cuestiones Técnicas", del Código de Buenas Prácticas Vitivinícolas Ecológicas, elaborado por el proyecto EU FP6 STREP – ORWINE.

ANEXO 6. Entrevistas realizadas

En la elaboración de este documento y su validación técnica, se utilizó información obtenida de entrevistas realizadas a:

Nombre	Cargo	Región
Guillermo Pascual Aburto	Ingeniero Agrónomo-Enólogo, Mg.Cs. Facultad de Agronomía Universidad de Concepción y coordinador del proyecto precursor	Región de Ñuble
Juan Ignacio Acuña Martínez	Propietario Agrícola La Herencia Limitada	Región de Biobío

