



# Acciones para una vitivinicultura sustentable e inocua

---

Editores:  
Pilar Gil Montenegro  
Daniel Knopp



FACULTAD DE AGRONOMÍA E  
INGENIERÍA FORESTAL  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE CHILE







FACULTAD DE AGRONOMÍA E  
INGENIERÍA FORESTAL  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

## Manual de Campo

# ACCIONES PARA UNA VITIVINICULTURA SUSTENTABLE E INOCUA REGIÓN DE O'HIGGINS



Pilar Gil y Daniel Knopp  
Editores

# **Manual de campo Acciones para una vitivinicultura sustentable e inocua Región de O'Higgins"**

Editores: Pilar Gil y Daniel Knopp  
ISBN N° 978-956-14-2505-7  
© Derechos Reservados  
Pontificia Universidad Católica de Chile



FACULTAD DE AGRONOMÍA E  
INGENIERÍA FORESTAL  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE CHILE



## **Diseño y Producción Gráfica:**

Productora Loica S.p.A.

## **Imprenta:**

Servicom - Temuco

## **Cómo citar este libro:**

**Gil Montenegro, P. & Knopp, D. (Editores) (2020).** Acciones para una vitivinicultura sustentable e inocua. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 152 pp.

## **Cómo citar un capítulo:**

**Bordeu, E. y Brossard, N. (2020).** El código de sustentabilidad de la industria vitivinícola de Chile. En: **Gil, P. y Knopp, D. (eds).** Acciones para una vitivinicultura sustentable e inocua. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 152 pp.

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, transmitida o almacenada por ningún medio electrónico, químico o fotocopia o de cualquier otro tipo, sin el permiso de los autores intelectuales de la obra.

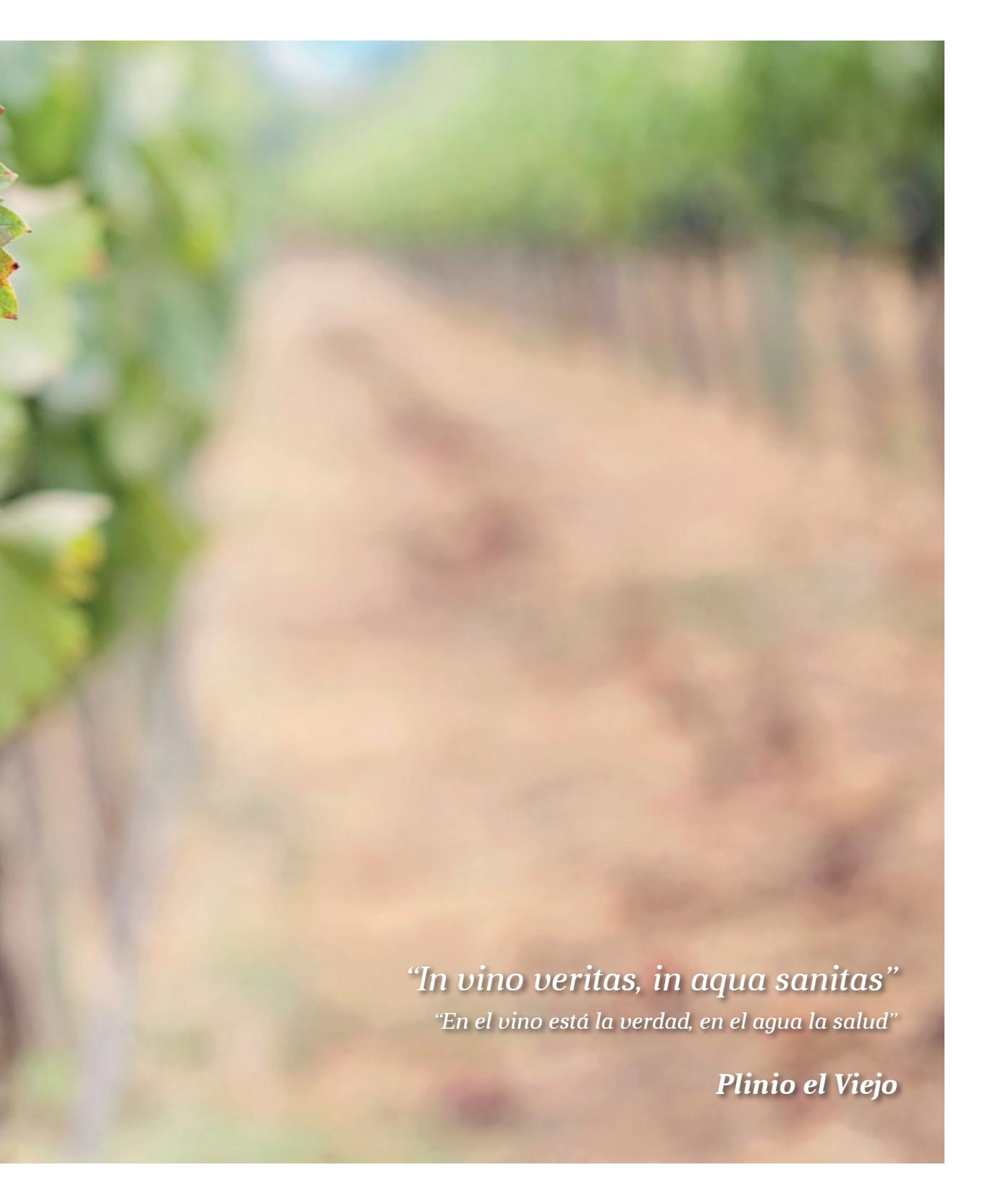
---

# ÍNDICE:

AUTORES	4
PRÓLOGO	5
AGRADECIMIENTOS	8
<b>CAPÍTULO I</b> El Código de Sustentabilidad de la Industria Vitivinícola Chilena	11
<b>CAPÍTULO II</b> Manejo sostenible del agua en viñedos: Acciones para mejorar la gestión del agua desde un enfoque intrapredial.	21
<b>CAPÍTULO III</b> Manejo sustentable del suelo y la Fertilización de los viñedos	47
<b>CAPÍTULO IV</b> Efecto del manejo vitivinícola en el entorno predial y en características de inocuidad del vino	75
<b>CAPÍTULO IV</b> Innovación para el mejor uso del agua e insumos relacionados	101
REFERENCIAS	143

---





*“In vino veritas, in aqua sanitas”*

*“En el vino está la verdad, en el agua la salud”*

*Plinio el Viejo*

---

# AUTORES:

**Bonomelli, Claudia. Dr.Cs**

Ingeniera Agrónoma, especialista en Nutrición

Departamento de Fruticultura y enología, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Pontificia Universidad Católica de Chile

**Bordeu, Edmundo. PhD**

Ingeniero Agrónomo, Enólogo

Departamento de Fruticultura y enología, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Pontificia Universidad Católica de Chile

**Brossard, Natalia. Dr.Cs**

Ingeniera Agrónoma, Enólogo

Departamento de Fruticultura y enología, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Pontificia Universidad Católica de Chile

**Cea, Daniela. MSc**

Ingeniera Agrónoma, laboratorio de riego

Departamento de Fruticultura y enología, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Pontificia Universidad Católica de Chile

**Gil, Pilar M. Dr.Cs**

Ingeniera Agrónoma, especialista en riego

Departamento de Fruticultura y enología, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Pontificia Universidad Católica de Chile

**Knopp, Daniel**

Ingeniero Agrónomo, laboratorio de riego

Departamento de Fruticultura y enología, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Pontificia Universidad Católica de Chile

**Muñoz, Marcos**

Ingeniero Agrónomo, laboratorio de nutrición

Departamento de Fruticultura y enología, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Pontificia Universidad Católica de Chile

**Zúñiga, Alejandra**

Ingeniero en alimentos.

Departamento de Fruticultura y enología, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Pontificia Universidad Católica de Chile

# PRÓLOGO:

## Una vitivinicultura sustentable e inocua para la región de O'Higgins

Al hablar de sustentabilidad o sostenibilidad, nos referimos a la “cualidad de poder mantenerse por sí mismo, sin ayuda exterior y sin agotar los recursos disponibles”. Más específicamente, agricultura sustentable se refiere a “actividad agropecuaria que se apoya en un sistema de producción que tenga la aptitud de mantener su productividad y ser útil a la sociedad a largo plazo, cumpliendo los requisitos de abastecer adecuadamente de alimentos a precios razonables y de ser suficientemente rentable como para competir con la agricultura convencional, preservando los recursos naturales productivos”. La definición anterior considera los 3 pilares o enfoques fundamentales de la producción sostenible, cuales son 1) el pilar medioambiental, 2) el pilar económico y 3) el pilar social.

La industria vitivinícola mundial se encuentra actualmente en una línea de trabajo que se orienta a la producción de vinos tomando en cuenta aspectos de uso racional de los recursos naturales y aspectos de inocuidad alimentaria y con el medio ambiente. Otros países como por ejemplo Nueva Zelanda, promueven hace más de una década prácticas relacionadas con el uso eficiente del agua, lo cual conlleva también a una reducción del consumo energético en los procesos de la faena vitivinícola. Este programa ha repercutido positivamente en el crecimiento de la industria vitivinícola neozelandesa en el mundo. En Chile, la asociación gremial Vinos de Chile, que representa a los productores del rubro vitivinícola del país, también tiene como una de sus líneas estratégicas la producción sostenible, tema que se enmarca en su programa “Gestión y manejo sustentable del agua en viñedos y bodegas”, y la certificación “Código de Sustentabilidad”.

Para la industria del vino en Chile, el aumento de los países competidores y la necesidad de mantener y abrir nuevos mercados obligan a la producción de vinos de calidad y la necesidad de diferenciarse, acogiendo conceptos de importancia para los mercados consumidores, tales como la huella hídrica, la eficiencia del uso del agua y la inocuidad de la actividad con respecto a la salud humana y del entorno, conceptos que están dentro de lo que conocemos como “Agricultura Sustentable”. En la región de O’Higgins la actividad agropecuaria es de gran importancia, representando un 12% PIB regional; dentro de este rubro la viticultura regional ocupa un 33.6% de la superficie plantada y representa un 33% de la producción vinífera nacional (SAG, 2017).

## **PRÓLOGO:**

---

A pesar de que la industria vitivinícola de Chile es de gran importancia en la actividad agrícola chilena, en los últimos años el rubro ha atravesado una serie de dificultades que han repercutido en la productividad y rentabilidad de la actividad vitivinícola; uno de esos problemas ha sido la escasez hídrica que este año significó déficits que fluctúan entre 70 y 80% y obligaron al Estado a decretar la región como Zona de Emergencia Agrícola. Cabe destacar, que en la región, la mayor parte de la viticultura depende del riego. Otro problema del rubro se deriva de los menores márgenes de rentabilidad de este negocio, debido a una disminución de los precios derivados de una alta competencia internacional y al encarecimiento de los costos de producción. Un ítem importante es el consumo de energía eléctrica, lo que se relaciona directamente con el manejo de riego localizado. Respecto a esto, si bien, los proyectos nuevos consideran riego localizado, aún existe gran parte de las explotaciones que utilizan riegos superficiales, los que se caracterizan por ser de muy baja eficiencia (inundación fundamentalmente). Si a esto se le agrega que en general, aún con riego localizado, la falta de capacitación y tecnologías de control reducen la eficiencia nominal del sistema, la realidad es que existe mucho por mejorar.

En aspectos de inocuidad, uno de los principales problemas de la industria vitivinícola, es la contaminación de las aguas, lo cual estaría relacionado con aguas residuales derivadas de los procesos de elaboración del vino y en el cultivo mismo. Respecto a la bodega, si bien la cantidad de descargas de sólidos a las aguas residuales es baja, presentan una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre media y alta a raíz de la gran cantidad de materia orgánica tanto en suspensión como disuelta. Esto implica un trabajo de analítica de calidad de aguas efluentes prediales y de las aguas residuales en bodegas, lo cual implica altos costos que no todas las empresas pueden abordar.

El programa que lleva a cabo Vinos de Chile, se cuenta con más de al 50 viñas certificadas, las que representan cerca de 70% de la producción de vino embotellado nacional. Con esto la industria avanza hacia un manejo eficiente y sustentable del agua en todas sus operaciones, sin embargo es necesario incluir a los pequeños y medianos productores viticultores y vitivinicultores en este concepto de producción sustentable e inocua. Sin embargo, las empresas pequeñas y medianas tienen menos acceso y recursos para poder contar con la información base que les permita determinar sus puntos críticos y mejorarlo para una eventual certificación, y, por otra parte, son los más vulnerables a la escasez hídrica y problemas medioambientales.

Lo anteriormente descrito ha sido la base para el desarrollo del proyecto FIC (Fondo para la Innovación y Competitividad) financiado por el Gobierno Regional de O’Higgins “Transferencia I+D+i para Viñas Sustentables e Inocuas” (IDI 30474717-0) el cual se ha ejecutado desde enero del 2017. Este proyecto ha sido llevado a cabo por profesores y profesionales pertenecientes al Departamento de Fruticultura y Enología de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC, con el objetivo de mejorar la gestión del recurso hídrico en viñas de esa región, considerando técnicas para reducir la demanda hídrica del cultivo, cuantificación y control de agua utilizada en los procesos productivos y considerando aspectos de inocuidad con el entorno predial y salud humana. Todos estos aspectos son muy coincidentes con las líneas de trabajo de Vinos de Chile. En este proyecto, el corazón ha sido la mejora en el uso de agua intrapredial, en vista a un escenario donde existen serias restricciones para mejorar la disponibilidad de agua, especialmente en las zonas de Colchagua y Cardenal Caro. Se consideraron aspectos de uso del recurso hídrico, considerando prácticas de riego, medición de huella hídrica y haciendo un muestreo de la calidad de agua y cómo ésta se afecta en el proceso de producción de la uva y del vino. También se abordó este tema considerando el efecto de la actividad vitivinícola en su entorno (inocuidad medioambiental), lo que además se relacionó con manejos de la vid que influyen en ello, como por ejemplo el manejo de fertilización.

En este documento, abordamos en profundidad aspectos de manejo relacionados con temas de eficiencia en uso de los recursos, inocuidad ambiental y alimentaria. También daremos a conocer los resultados más relevantes de los estudios realizados en viñas de la región de O’Higgins, los cuales se han realizado considerando la necesidad de tomar líneas de acción para lograr masificar el concepto de producción sustentable e inocua, y lograr una mayor eficiencia del uso del agua sin afectar negativamente aspectos de rendimiento y calidad en la vid y el vino.

# AGRADECIMIENTOS

---

En representación del equipo de trabajo del proyecto FIC, agradezco el apoyo y entusiasmo de los dueños y personal de las viñas Polkura, Laura Hartwig, Superfruit y San Diego de Puquillay; sin ellos los resultados que mostramos en este manual no serían posibles. También apreciamos la participación en nuestras actividades de capacitación y difusión de: los productores viñateros de la zona, especialmente del SAT de Colchagua, Aprovicol y Red del Vino, alumnos de Liceos Agrícolas Juan Pablo II (Nancagua) y Liceo de Lolol, productores beneficiarios de los Programas Prodesal de Nancagua, Santa Cruz y Peralillo. Queremos agradecer además la ayuda durante todo el proyecto de Cristián González (Viña Polkura) y Ana María Burgos (SAT de Colchagua). Finalmente queremos agradecer de modo especial a todos aquellos alumnos residentes de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Foresta UC, quienes nos ayudaron en las evaluaciones de los ensayos de este proyecto.

Pilar Gil, Directora del Proyecto





---

## CAPÍTULO I

### El Código de Sustentabilidad de la Industria Vitivinícola Chilena

Edmundo Bordeu y Natalia Brossard

# Introducción:

Vinos de Chile, la entidad gremial que agrupa a la mayoría de las principales empresas vitivinícolas de Chile implementó y gestiona desde hace ya varios años el “Código de Sustentabilidad de la Industria Vitivinícola de Chile”. Este código es un estándar voluntario al cual pueden adherir distintas empresas vitivinícolas, ya sean bodegas, productores de uva o empresas integradas con viña y bodega. No sólo pueden participar los socios de Vinos de Chile sino también otras empresas que estén dispuestas a cumplir con el estándar.

La finalidad del código es comprometer a las empresas involucradas con la sustentabilidad y constituye una guía para incorporar prácticas sustentables en la industria vitivinícola chilena.

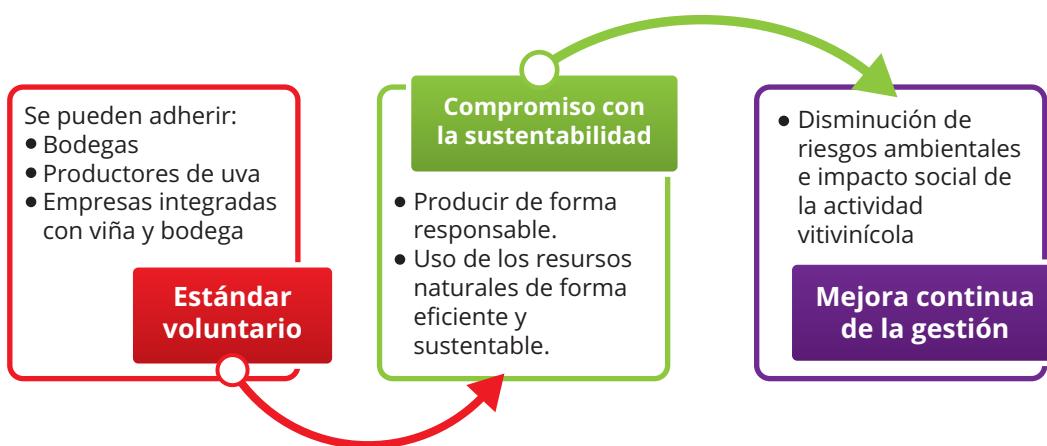


Figura 1. Diagrama de las características y objetivos del Código de sustentabilidad de la industria vitivinícola de Chile.

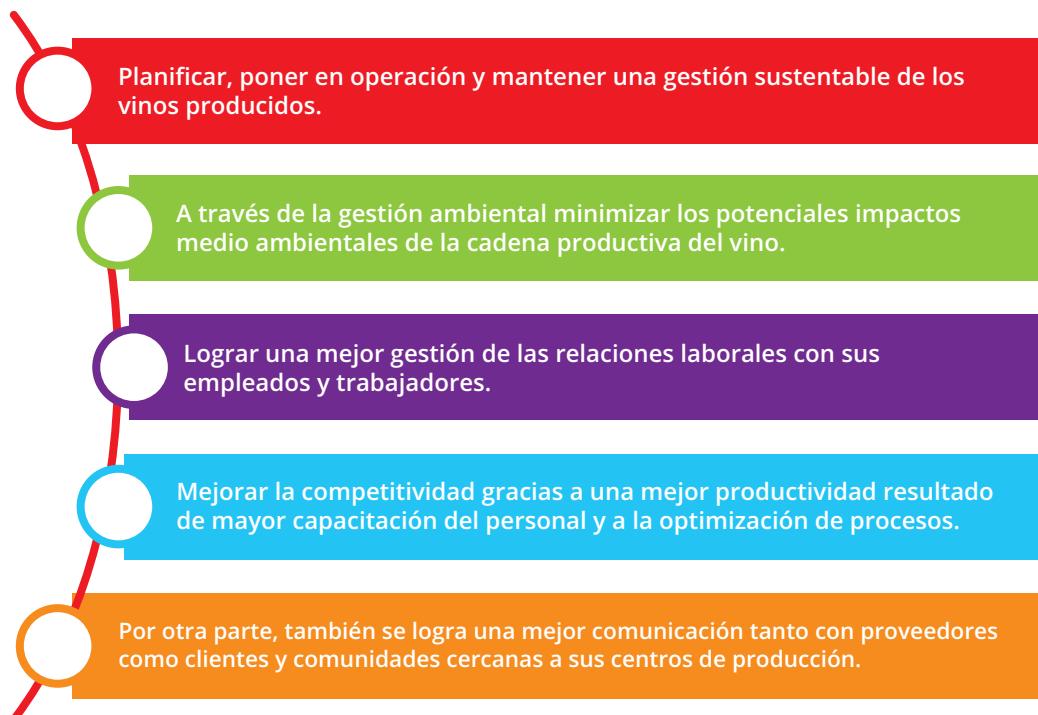
Se consideran esencialmente tres áreas complementarias, viñedos (verde), bodegas (roja) y social (naranja). En estas tres áreas los productores de uva y los elaboradores de vino deben cumplir con los requisitos estipulados en el código y mejorar su gestión en aspectos de sustentabilidad.

El código comenzó implementándose en viñedos ya en 2011 y luego se amplió a las áreas de bodega y social a partir de 2013. Adoptar el código implica un compromiso para producir en forma responsable, utilizando de manera eficiente y sustentable los recursos naturales de nuestro país. La existencia del código, con un número importante de empresas vitivinícolas incorporadas, ha logrado reforzar la imagen global del vino chileno, beneficiando a todas

las marcas chilenas ofrecidas en el mercado internacional. En la actualidad hay 70 viñas certificadas lo que representa por sobre el 75% del vino embotellado exportado por Chile.

La idea es que las empresas certificadas mejoren su gestión en forma continua y hagan cambios tecnológicos en aspectos como mejorar la eficiencia energética y de uso de agua de riego, crear y mantener corredores de biodiversidad, aplicar estrategias integradas en control de malezas, mejorar la infraestructura y equipamientos de bodega para lograr una operación eficiente y que minimice los desechos, entre otros. Por otra parte, se trata de disminuir los riesgos medioambientales y el impacto social de la actividad vitivinícola en las comunidades cercanas.

La incorporación en el sistema de certificación del código ha permitido a las viñas:



*Figura 2. Efectos positivos de la implementación del código de sustentabilidad en viñas.*

Es interesante destacar que la implementación del código es una experiencia de asociación voluntaria única, no sólo a nivel nacional, sino también internacional, en particular por su enfoque en la gestión de la empresa y por su amplitud al abarcar no sólo el área vitícola y la bodega, sino además los aspectos sociales.

El posicionamiento de esta iniciativa de Vinos de Chile a nivel internacional y su rápida adopción por un número importante de viñas son pruebas del éxito y el valor que representa el código para la industria vitivinícola nacional (Figura 3).

## VIÑAS CERTIFICADAS

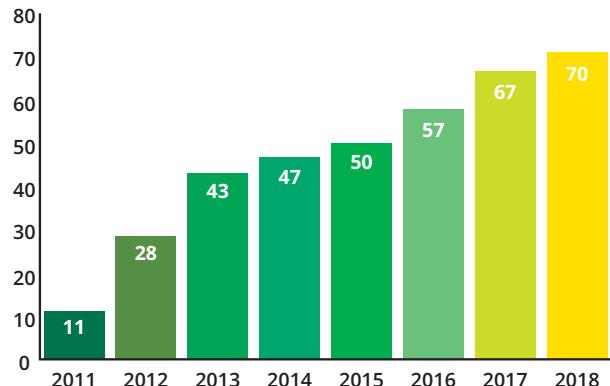


Figura 3. Gráfico de la evolución del número de viñas certificadas con Código de sustentabilidad en Chile, a partir del año 2011 (Fuente: [www.sustentavid.org](http://www.sustentavid.org)).

Esto se confirma por el reconocimiento del código por parte de instituciones internacionales (Systembolaget, Vinmonopolet, ALKO, Marks & Spencer, SAQ y otras) y por premios que se le han otorgado como el de Innova + Agro, otorgado en 2017 por la contribución a la mitigación del cambio climático y el de HUB sustentabilidad ([www.hubsustentabilidad.com](http://www.hubsustentabilidad.com)) por el aporte del código a la producción y consumo responsables, también un objetivo importante del desarrollo sustentable. El más importante a nivel vitivinícola internacional fue el otorgado por la revista inglesa The Drinks Business que otorgó a Vinos de Chile en 2017 el premio en la categoría Amorim Sustainability dentro de su concurso anual “Green Awards”.

### 1.1. Procedimiento para certificarse en el estándar del Código de Sustentabilidad

Distintas empresas pueden certificarse en el código de sustentabilidad, pertenezcan o no a Vinos de Chile y puede tratarse tanto de productores de uva como bodegas y lógicamente también empresas integradas con toda la cadena de producción desde la viña hasta el vino embotellado.

En el caso del área verde, correspondiente a los viñedos, se podrán incluir los viñedos propios como también proveedores de uva con contrato de 2 años o más. Las compras spot quedan fuera. En el área roja (bodega) se consideran las bodegas, plantas de embotellado y envasado y otras instalaciones relacionadas con la producción de vino. En el caso de empresas vitivinícolas que no cuenten con instalaciones propias en ciertas áreas y arrienden estos servicios (por ejemplo el embotellado), la empresa que quiera certificarse debe obligatoriamente incorporar la empresa que le presta el servicio. El área naranja (social) incluye, según corresponda, viñedos propios, bodegas, plantas de envasado, oficinas y otras instalaciones relacionadas con la producción de vino y también oficinas centrales y otras que cuenten con administración de recursos humanos.



**Figura 4.** Diagrama de las áreas posibles de certificar por Vinos de Chile. En estas tres áreas los productores de uva y los elaboradores de vino deben cumplir con los requisitos estipulados en el código y mejorar su gestión en aspectos de sustentabilidad.

En el caso de empresas que se certifiquen individualmente sólo en ciertas áreas, reciben un certificado para el área respectiva y pueden usar el logo sólo en carteles (Fig. 4), papelería u otros medios de difusión correspondientes a esa área (viñedos o bodega). Esta certificación no da derecho a utilizar el logo en el vino (producto final), el que queda reservado sólo a empresas que se certifiquen en las 3 áreas.

El proceso de certificación considera cronológicamente una serie de etapas que comienzan con una autoevaluación, luego un proceso de implementación de los puntos críticos que se hayan detectado como insuficientes, y una revisión de cumplimiento por parte de la empresa. Luego la empresa solicita la auditoría a Vinos de Chile quien coordina esta con un organismo de evaluación, el que realiza el proceso respectivo y luego emite una recomendación de certificación a Vinos de Chile. Aprobada la auditoría y ya con la certificación respectiva, se le otorga a la empresa el certificado de cumplimiento y se le da el derecho al uso de la documentación y del logo CERTIFIED SUSTAINABILITY WINE OF CHILE (Figura 5). Dentro de las empresas certificadoras se encuentran: BioAudita o BCS Chile (Bio Certificadora Servicio Limitada), DQS Chile, Institute of Marketology Chile S.A (IMO Chile), NSF International Chile S.A., SGS.



*Figura 5. Logo del Código Nacional de Sustentabilidad (Fuente: [www.sustentavid.org](http://www.sustentavid.org))*

En el caso de una empresa vitivinícola que desee certificarse en las tres áreas, debe ser aprobada en las tres áreas por separado. Se evalúan individualmente el viñedo y la bodega y luego la evaluación social (naranja) se realiza en la empresa tomada globalmente con la evidencia de las auditorías en diferentes sitios: campos, bodega, y oficinas. En las áreas verde y roja se debe aprobar el 100% de los puntos críticos y obtenerse un puntaje total igual o superior al 60% del puntaje total posible. En el área naranja se aplica el mismo criterio: 100% de puntos críticos y 60% del máximo pero para la evaluación consolidada de la empresa. Las empresas que se certifiquen sólo en el área verde o roja deberán cumplir igualmente con el 100% de los puntos críticos de esa área y recibir una puntuación total de al menos el 60% del máximo.

Una empresa para certificarse en el estándar del código debe cumplir con una serie de puntos críticos en las áreas verde, roja y naranja (Tablas 1, 2 y 3). Cada uno de estos puntos críticos debe ser evaluado y existe un puntaje mínimo para su aprobación. Como una forma de tener una idea clara sobre los aspectos que debe considerar una empresa al momento de pensar incorporarse al código de sustentabilidad, a continuación se presentan los puntos críticos que debe autoevaluar una empresa que desea adscribir al código. En cada caso se señala la condición mínima con que debe cumplirse para alcanzar el puntaje mínimo en ese punto crítico.

**Tabla 1.** Puntos críticos que se deben cumplir para obtener certificación en el área verde correspondiente a viñedos.

<b>Puntos críticos Área Verde “Viñedo”</b>	
1	Información documentada del manejo agronómico del viñedo y plano detallado del viñedo. Ambos deben existir.
2	Plan de prevención y/o manejo de la erosión del suelo. Debe existir un plan documentado con al menos dos prácticas implementadas de manera efectiva.
3	Manejo de la entrehilera orientado a proteger las condiciones biológicas y físicas del suelo. Al menos la entrehilera debe manejarse con maquinaria y herbicidas.
4	Plan de manejo nutricional basado en información objetiva como análisis foliares y de suelos. Debe existir el plan de manejo.
5	Prohibición de uso de Paraquat, Diquat o Simazina y combinaciones de estos. En el caso de Terbutilazina, Oxifluorfen Pendimetalin y Flumioxazin d se debe cumplir con lo estipulado en el requisito detallado. Se debe cumplir con lo señalado.
6	Programa de manejo de plagas en base a principios ecológicos o enfocado a un manejo integrado. Debe existir el programa.
7	Programa de manejo integrado de enfermedades que minimice el empleo de agroquímicos. Debe existir el programa.
8	Calibración periódica de los equipos de aplicación. Debe ser realizado por personal capacitado con o sin apoyo externo.
9	Uso de elementos para garantizar protección personal. Deben utilizarse.
10	Almacenamiento de fertilizantes y productos fitosanitarios de acuerdo a lo descrito en el requisito respectivo. Debe cumplirse.
11	Evaluación de la densidad y condición del follaje del viñedo. Debe realizarse.
12	Protocolo implementado para determinar y ajustar el nivel de carga de la viña. Debe existir.
13	Programa implementado de conservación de agua que promueva su uso racional. Debe existir.
14	Sistema de registro actualizado de la gestión del viñedo para ayudar las decisiones técnicas. Debe existir.
15	Capacitación especial del personal en contacto con productos fitosanitarios o potencialmente tóxicos. Debe realizarse.
16	Política de optimización del uso de energía y combustibles con metas verificables. Debe existir al menos en etapa de implementación.
17	Plan de manejo integral de residuos. Debe existir.
18	Seguimiento y monitoreo interno por parte de la empresa del nivel de implementación del código y del cumplimiento de los requisitos aquí estipulados. Se adoptan además las medidas preventivas o correctivas necesarias. Debe existir al menos un plan de seguimiento en implementación.

**Tabla 2.** Puntos críticos que se deben cumplir para obtener certificación en el área roja correspondiente a Bodega.

<b>Puntos críticos Área Roja “Bodega”</b>	
1	Procedimiento implementado o instrucciones claras para la reducción de residuos que considere su clasificación, cuantificación y disposición o reciclaje en caso que no sea posible su reducción. Debe existir al menos un procedimiento o instrucciones en etapa de implementación.
2	Evaluación periódica del consumo de energía de las instalaciones y equipos para optimizar el consumo energético. Debe realizarse.
3	Integración y capacitación del personal en la optimización y ahorro de energía a través de buenas prácticas en sus actividades diarias. Debe realizarse.
4	Existencia de temporizadores o programadores en tableros eléctricos, centrales de control o equipos de climatización para asegurar el apagado de los equipos cuando no son necesarios. Deben existir.
5	Mantenimiento de los equipos y maquinarias para asegurar su buen funcionamiento el ahorro de energía. Debe realizarse.
6	Diagnóstico o estudio del consumo y disposición de agua de la bodega. Debe existir al menos un diagnóstico en desarrollo.
7	Protocolos y procedimientos de limpieza y/o empleo de equipos que ahorran agua sin comprometer la obtención de una limpieza adecuada. Deben existir.
8	Evaluación anual de todas las instalaciones identificando zonas de riesgo o puntos de contaminación. Debe realizarse.
9	Control que el almacenamiento de residuos o sustancias peligrosas se realice en una bodega especialmente acondicionada y que cumpla con la normativa nacional al respecto. Debe existir.
10	Manipulación de productos químicos sólo por personal especializado, con una capacitación permanente. Debe ser así.
11	Mantenimiento periódica de vehículos para prevenir fuga de líquidos y disminuir emisiones. Estímulo al personal para hacer lo mismo con sus vehículos propios. Debe realizarse.
12	Seguimiento y monitoreo interno por parte de la empresa del nivel de implementación del código y del cumplimiento de los requisitos aquí estipulados. Se adoptan además las medidas preventivas o correctivas necesarias. Debe existir al menos un plan de seguimiento en implementación.

**Tabla 3.** Puntos críticos que se deben cumplir para obtener certificación en el área naranja correspondiente a Social.

<b>Puntos críticos Área Naranja “Social”</b>	
1	Código de ética o documento similar de acceso público con los contenidos definidos en el requisito detallado del código. Debe existir un código de ética o documento similar al que no le puede faltar más del 20% de los elementos solicitados en el requisito.
2	Medios de difusión de los principios éticos que lleguen a la mayor cantidad posible de trabajadores, independiente de su régimen de contratación y que incluya al nuevo personal. Deben existir.
3	Difusión de los principios éticos de la empresa a los proveedores. Debe existir.
4	Normas y/o procedimientos para controlar y sancionar prácticas que infrinjan las leyes. Estas normas deben ser conocidas por los trabajadores que realizan trámites en representación de la empresa. Deben existir.
5	Diagnóstico a nivel de empresa de los principales impactos positivos y negativos que sus actividades generan en el medio ambiente. Debe existir un diagnóstico detallado de los impactos positivos y negativos.
6	Diagnóstico de las fuentes de agua y energía para un manejo sustentable de estos recursos. Debe existir.
7	Política conocida por el personal que promueva la no discriminación por género, edad, raza, religión, discapacidad u otros. Debe existir.
8	Declaración, conocida por los trabajadores, que estipula la ausencia de trabas a la existencia de grupos organizados. No deben existir trabas, hecho que debe ser conocido por los trabajadores.
9	Respeto de la jornada laboral de acuerdo al contrato y la legislación vigente. Debe respetarse.
10	Mejoramiento continuo de acciones orientadas a la prevención de riesgos las que deben considerar obligatoriamente la capacitación como el elemento central. Debe realizarse.
11	Encuestas sobre clima laboral al interior de la empresa, al menos una vez al año para la toma de decisiones concretas que permitan mejorar el clima laboral. Deben realizarse.
12	Información sobre las comunidades cercanas a su área de influencia para potenciar los impactos positivos y disminuir los negativos. La empresa debe contar con información de las comunidades involucradas por sus actividades.
13	Sistema de gestión de calidad con personal idóneo y mecanismos orientados a mejorar la calidad, higiene y seguridad de su producción. Debe existir.
14	Mensajes en la comunicación y publicidad de la empresa que promuevan el consumo moderado del vino para evitar conductas o acciones que pongan en riesgo a los consumidores y/o otros miembros de la sociedad. Deben existir.
15	Prohibición de prácticas de venta no éticas como medidas de presión, engaño, influencia indebida, o pagos extra. Debe existir explícitamente.
16	Canales de comunicación para responder de manera fidedigna y oportuna consultas y reclamos de clientes y consumidores. Deben existir.
17	Seguimiento y monitoreo interno por parte de la empresa del nivel de implementación del código y del cumplimiento de los requisitos aquí estipulados. Se adoptan además las medidas preventivas o correctivas necesarias. Debe existir al menos un plan de seguimiento en implementación.



---

## CAPÍTULO II

**Manejo sostenible del agua en viñedos:  
Acciones para mejorar la gestión del agua desde un  
enfoque intrapredial**

Pilar Gil Montenegro, Daniel Knopp

## Introducción:

La actividad silvo-agropecuaria en Chile atraviesa, al igual que en muchos otros países, un problema creciente de disponibilidad de agua, lo que en nuestro país se manifiesta principalmente en temporada estival afectando la productividad de los cultivos. Las causas de la escasez son varias y sus efectos han sido notorios en distintas regiones de nuestro país, siendo un caso extremo la mega sequía que ha afectado la zona central de nuestro país hace más de 10 años. En la región de O'Higgins, también se han sentido los efectos de la falta de agua en los últimos años. Este año en particular (2019) el problema se ha agudizado aún más debido a la histórica baja precipitación, la cual alcanza entre un 70%-80% de déficit frente a un año normal según registros de la Dirección General de Aguas.

Ante el desafío de regar una superficie silvo-agropecuaria creciente con un recurso hídrico decreciente y de alta demanda, aparecen distintas alternativas de solución, como por ejemplo la posibilidad de utilizar aguas de mar desalinizadas, construir carreteras hídricas, aumentar la cantidad de embalses, inyectar agua artificialmente a los acuíferos, utilizar aguas residuales, etc. Todas estas alternativas son interesantes y eficaces pero presentan externalidades negativas y altos costos, y por lo tanto implica decisiones políticas que finalmente las transforman en soluciones de mediano y largo plazo. No obstante, los agricultores viven continuamente un serio problema de escasez hídrica, lo que pone en riesgo a la viticultura de riego, y por tanto la sustentabilidad de estos sistemas desde el punto de vista social y económico, lo que lógicamente afecta el empleo y la ruralidad.

Por otra parte, el mercado del vino, así como el de muchos productos, ha aumentado los estándares de exigencia en cuanto al efecto del procesamiento en el medio ambiente, lo que se refleja por ejemplo en la necesidad de medir "huellas". La más conocida y medida hoy en día es la huella de carbono, sin embargo, cada día existe mayor interés por conocer la huella de agua de un producto y el caso del vino y la vid no es una excepción.

Lo anteriormente expuesto implica un gran desafío en cuanto a la necesidad de adquirir una cultura de mayor eficiencia y uso racional del agua de riego. A continuación, en este capítulo, abordaremos aspectos de gestión intrapredial y de huella hídrica para un manejo más sostenible del agua en vitivinicultura.

## 2.1. GESTIÓN INTRAPREDIAL DE AGUA DE RIEGO

Claramente la actividad vitivinícola necesita de soluciones prontas, y una de ellas pasa por mejorar la gestión del agua disponible para riego. Las acciones de mediano a corto plazo involucran la participación de las comunidades de regantes (Comunidades de Agua, Asociaciones de Canalistas, Juntas de Vigilancia), con el fin de mejorar la eficiencia de captación, conducción y distribución de las aguas a nivel extrapredial. Las acciones a nivel de comunidades de agua pueden ser mucho más viables y llevarse a cabo a menor plazo que aquellas que implican políticas públicas de gran escala, sin embargo, el rol más importante en el contexto de realizar esfuerzos para enfrentar la escasez de agua para riego es todavía del agricultor o regante. En este escenario, este capítulo pretende entregar algunos puntos importantes a considerar para mejorar la gestión intrapredial del agua de riego y con ello mejorar su disponibilidad; con ello, la eficiencia del uso de este recurso sería mucho mayor y puede hacer la diferencia entre una situación de escasez o de seguridad hídrica. Es necesario entonces incorporar el término Gestión Intrapredial del Agua para Riego, como un ítem importante de la administración predial.

La gestión intrapredial de agua de riego es un concepto que implica maximizar el recurso agua, incorporando medidas de administración que van desde la fuente de agua hasta el emisor. Administrar bien las aguas de riego dentro de un predio requiere conocer el recurso con que se cuenta, cuantificarlo, saber su calidad, conocer los puntos críticos de la operación. Sólo teniendo este conocimiento es posible instalar soluciones, aumentar la eficiencia reduciendo el exceso en el consumo, con lo cual vienen externalidades positivas, tales como la reducción del consumo eléctrico en el caso de que el sistema sea presurizado, disminuir la contaminación difusa de napas, mejorar la vida útil de los equipos, reducir el gasto en mano de obra y también, reducir la huella hídrica y de carbono.

Las acciones que incluye una buena gestión de agua son:

- Conocimiento del caudal disponible en períodos de limitada disponibilidad.
- Conocimiento de la calidad del agua y posibles riesgos de operación debido a este factor.
- Existencia y mantención de infraestructura de captación y acumulación de aguas.
- Uso de sistemas de riego de alta eficiencia.
- Correcta operación del sistema de riego, incluyendo programación, calibración y mantención del sistema de riego.
- Monitoreo y control del estado hídrico del suelo y/o planta.



Figura 6: Esquema de componentes de una gestión intrapredial de agua para riego.

A continuación se entregan algunas guías para cada una de las acciones señaladas.

### 2.1.1. Caudal disponible y cálculo de superficie máxima de riego

Muchas veces el agricultor se queda con la idea de que cuenta con el caudal disponible que aparece nominalmente en los documentos de propiedad. Sin embargo, es muy importante que al momento de tomar decisiones, como por ejemplo nuevos proyectos, decidir qué superficie se regará en períodos de escasez o diseñar un acumulador, se realice una cuantificación de la disponibilidad real. En general, el agua está menos disponible a fines de verano, lo que coincide con épocas de mayor consumo, y por tanto es necesario medir el caudal disponible en ese momento. Dependiendo de la fuente se realizan distintos métodos de aforo; para pozos se realiza una prueba de bombeo para determinar el caudal que este es capaz de entregar de acuerdo a la medición del nivel dinámico y estático del pozo. Para fuente de agua desde canal, el caudal de entrada al predio puede medirse con métodos como el método volumétrico, flotador, trayectoria, molinete hidráulico, vertedero, canoa Parshall, entre otros.

El dato obtenido en litros por segundo (L/s) es un dato con el cual podremos calcular la superficie máxima de riego. Para esto, también se necesita saber el consumo de agua del cultivo. Luego, la fórmula para calcular Superficie máxima de riego (SMR) es:

$$\text{SMR (hectáreas)} = (\text{Caudal disponible (L/s)} \times 864) / (\text{Demanda Bruta (mm/día)} \times 100)$$

Donde:

$$\text{Demanda Bruta} = \text{ETc (mm/día)} / \text{Eficiencia de riego (en tantos por uno)}$$



Fotografía 1. Aforo mediante método del vertedero



Figura 7. Aforo mediante método de la trayectoria (Fuente: Quezada, C. 2012)

Una vez determinada la disponibilidad real de agua y la superficie máxima de riego, se puede calcular la necesidad de agua para poder regar superficie faltante (en el caso que esto se produzca) y entonces tomar decisiones como por ejemplo acumular agua disponible durante el invierno (cuya extracción debe ajustarse a los derechos de agua correspondientes) y acopiarla para ser utilizada en los períodos de mayor demanda. Con esto es posible aumentar la disponibilidad de agua para riego, y con ello la superficie máxima a regar.

### 2.1.2 Calidad del agua y posibles riesgos de operación.

La calidad de agua es un dato muy importante por cuanto ésta determina la aptitud de uso. Actualmente el agua en Chile está normada por diferentes reglamentaciones, cada una establecida para los diferentes usos que se da al agua. La normativa más exigente actualmente en nuestro país es la que Norma Chilena para agua potable (NCh 409) que establece el cumplimiento de criterios de parámetros microbiológicos y de turbiedad, criterios para elementos o sustancias químicas de importancia para la salud humana (considerando elementos esenciales, elementos no esenciales, sustancias orgánicas, plaguicidas y productos secundarios de la desinfección, elementos radioactivos) y criterios de calidad organoléptica entre otros. Respecto al agua de riego, existe la Norma Chilena de agua para otros usos (NCh 1333) que determina los criterios de calidad para el agua de riego separándolos en requisitos químicos que incluyen pH, elementos químicos, Razón de Adsorción de Sodio (RAS), conductividad específica y pesticidas, así como sólidos disueltos y características bacteriológicas que sólo incluyen la presencia de coliformes fecales hasta un rango de 1000 UFC/100mL (Instituto Nacional de Normalización, 1987). Esta normativa es la que se toma en cuenta en el caso de existir certificación de buenas prácticas agrícola, hoy conocida como Global GAP.

Entre los parámetros de calidad de agua de riego que debemos tomar en cuenta están:

**a) Sólidos disueltos:** la calidad física del agua se mide de esta forma y es un componente que puede provocar problemas de operación de riego por la alta necesidad de lavado de filtros y redes de tuberías, o la posible posibilidad de obturar emisores.

**b) Concentración de carbonatos y bicarbonatos de calcio:** esto también es un parámetro que determina el riesgo de taponamiento de emisores y por lo tanto da luces de la importancia de realizar lavados con ácido en redes y emisores, y con ello definir un plan de mantención.

**c) pH, CE, concentración de sales como Sodio y Cloruros:** estos componentes son muy importantes de conocer ya que pueden o no ser factor limitante en la producción, según la sensibilidad específica del cultivo a estos parámetros. Con esta información es posible también conocer el potencial productivo de un huerto y los manejos agronómicos orientados a mitigar o resolver estos problemas.

**d) Análisis microbiológico:** en el caso de regar hortalizas o cultivos anuales, o bien realizarse aplicaciones foliares con agua de riego, es necesario analizar el agua para conocer la existencia o no de agentes patógenos.

La calidad de agua que se recibe puede ser muy diferente de la que sale del predio. En un enfoque de manejo sustentable del agua, es necesario empezar a incorporar buenas prácticas que apunten a hacerse cargo de los efluentes del predio, es decir la calidad del agua que sale del predio luego de su uso. En predios agrícolas, y dependiendo del tipo de riego, los efluentes pueden ser superficiales (aguas de escorrentía, por ejemplo una acequia de desagüe) o bien verticales (aguas de percolación). En cualquiera de los casos, un manejo sustentable debiera ir en la línea de medir la calidad de estas aguas y realizar manejos para mitigar una disminución de su calidad derivado del manejo propio del predio.



*Fotografía 2. Tranque de acumulación con aguas de alto contenido de sedimentos.*



*Fotografía 3. Sistema de decantación de aguas en etapa de prefiltro.*

### 2.1.3 Existencia y mantenimiento de infraestructura de captación y acumulación de aguas.

Las estructuras de captación y de acumulación de agua son muy importantes dentro de la gestión intrapredial del agua para riego. Las estructuras de captación deben encontrarse en buenas condiciones para poder recibir el caudal que corresponde, de otra forma sería un mal punto de partida. Los acumuladores por su parte, deben diseñarse de acuerdo al objetivo que se persigue: puede ser un acumulador de aguas nocturnas, embalse de temporada, etc. Su tamaño dependerá de las necesidades del predio y de la superficie disponible para su construcción. En estas estructuras pueden acumularse aguas que no se utilizan durante períodos de baja necesidad hídrica del cultivo para utilizarse en períodos de alta demanda. Esto permite maximizar el uso del agua sobre la cual se tiene derechos de aprovechamiento.

La eficiencia de acumulación depende entre otros factores de si éste presenta o no un revestimiento, y del tipo de revestimiento que se ocupe. En zonas de escasez claramente es más recomendable revestir los acumuladores, por ejemplo con geomembrana de alta densidad. La mantención de los acumuladores es también un aspecto importante ya que de esto depende la calidad del agua que llega a la caseta de bombeo. Un cuerpo de agua que recibe luz genera algas, por lo cual el uso de mallas sombreaderas que impidan el paso de la luz es de alta efectividad, no sólo para evitar la proliferación de algas sino también evitar la excesiva evaporación. Además, esta medida permite también la contaminación del cuerpo de agua por animales que usen el tanque como abrevadero o bien lo contaminen por vía aérea (ej: aves y murciélagos).



*Fotografía 4. Tanque acumulador de aguas intrapredial (revestido con geomembrana, abierto y protegido)*

## 2.1.4 Uso de sistemas de riego de alta eficiencia.

La eficiencia de riego depende del sistema que se utilice. Hoy existen en el mercado muchas opciones cuya elección depende principalmente de las capacidades económicas, técnicas, tipo de cultivo y objetivos del sistema productivo. Los sistemas menos eficientes aunque con bajos costos de inversión son los llamados sistemas de riego superficiales o gravitacionales, entre los cuales se encuentran tendido (o inundación), surcos, platabandas, tazas. Estos sistemas tienen eficiencias de riego que varían desde 40 a 60% dependiendo de cómo están diseñados y ejecutados y del sistema de distribución. Los sistemas presurizados por su parte, tienen una mayor eficiencia y uniformidad, lo cual puede superar el 90%. Sistemas de riego presurizado se encuentran aquellos de tipo aspersión (pivotes, aspersores tipo cañón) y sistemas localizados (goteo, microaspersión, yet). Sus costos de inversión ciertamente son mayores que los sistemas de riego superficiales, pero su eficiencia es mucho mayor lo cual en un contexto de escasez pasa a ser una característica necesaria de un sistema de riego, sin embargo para que la eficiencia nominal se cumpla es imprescindible realizar las mantenciones necesarias al sistema de prefiltro (pozo, acumulador), cabezal, tuberías y emisores. Hoy en día existen materiales fabricados con sistemas que apuntan a llegar a eficiencias cercanas al 100%, tales como los emisores antidrenantes y antisifón, estos últimos diseñados para riego enterrado. También existen emisores de muy bajo caudal, también llamados "low flow emitters" utilizados en los que comercialmente se ha denominado "Nano-riego". Estos emisores de nueva generación apuntan a eficiencias mayores al 90% de los goteros convencionales, y por lo tanto también son opciones a considerar debido a la escasez hídrica.



**Fotografía 5.** Sistema de riego por inundación (arriba) y por goteo (abajo) en viñas del valle de Colchagua.



**Fotografía 6.** Vista de una viña regada con sistema "Nano-riego" (arriba) y viña regada con gotero convencional (abajo) en el mismo sector de riego.

### 2.1.5 Correcta operación del sistema de riego: Programación, Calibración y Control.

Una correcta operación del sistema de riego consiste en que éste funcione de acuerdo a sus características. En el caso de sistemas de alta eficiencia, tales como riego localizado, esto significa que el sistema debe funcionar con presiones de trabajo necesarias para la operación del sistema, la uniformidad y eficiencia esperada, los caudales que se prometen, etc. Lo anterior depende del diseño del sistema pero también de la calibración y mantención de éste. Entre las acciones de calibración se encuentran la medición de presiones en la succión de la bomba, entrada y salida de filtros, salida de caseta y entrada y salida de cada sector de riego. Esta labor debiera realizarse constantemente, y al menos antes de la temporada de riego. Una vez realizada la medición de parámetros de operación, se puede diagnosticar la causa del problema si existiese, y tomar acciones para solucionar estos problemas. Entre estas medidas se encuentra la mantención y lavado de filtros, tubería y emisores, mantención de la bomba impulsora, válvulas, cambio de tuberías, etc. Una forma de chequear que el sistema esté calibrado, además de medir presiones es necesario aforar emisores y calcular el coeficiente de uniformidad el cual puede servir para detectar algún problema de obturación de emisores por ejemplo.



Fotografía 7. Aforo de emisores en viña regada por goteo.

Por otra parte, la operación correcta del sistema de riego también pasa por una correcta programación, lo cual incluye cálculo de tiempos y frecuencias de riego. Para esto debe considerarse 3 aspectos básicos: las necesidades del cultivo, el sistema de riego y la capacidad de almacenaje de agua que nos brinda el suelo. La fórmula de cálculo de frecuencias de riego es la siguiente:

$$FR = \frac{AFA}{ETc}$$

FR = Frecuencia de riego

Donde: AFA = Agua fácilmente aprovechable (mm)

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

El AFA puede calcularse de la siguiente forma:

$$AFA = \frac{(\%cc - \%pmp)}{100} \times Da \times H \times (1-ped) \times PSM \times UR$$

%cc= Porcentaje de humedad gravimétrico a capacidad de campo

%pmp= Porcentaje de humedad gravimétrico en punto de marchitez permanente

Da= Densidad aparente del suelo (gr/cm<sup>3</sup>)

Donde: H= Profundidad de las raíces (mm)

Ped= Proporción de pedregosidad (en tantos por uno)

PSM= Porcentaje de suelo mojado  
(< a 50% en riego localizado, se expresa en tantos por uno)

UR= Umbral de riego (en tantos por uno)

Por otra parte, el cálculo de tiempo de riego para riego localizado se realiza de la siguiente forma:

$$TR = \frac{DB}{Ipp}$$

Donde: TR= Tiempo de riego (horas/día)

DB= Demanda bruta (mm/día)

Ipp= (mm/hora)

Luego:

$$DB = \frac{ETc}{Ef}$$

Donde: ETc= Evapotranspiración del cultivo

Ef= Eficiencia del sistema de riego

$$Ipp = \frac{\text{Nº emisores por planta} \times Q \text{ emisor} \times CU}{MP}$$

Donde: CU= Coeficiente de uniformidad (en tantos por uno)

MP= Marco de plantación en m<sup>2</sup>

Respecto a la labor de monitoreo del estado hídrico del suelo y/o planta, éste es un aspecto de la gestión hídrica muy importante, ya que permite observar si el programa calculado está bien o presenta errores. Si el monitoreo indica que hay errores, es posible corregirlos y ajustar el programa. Entre los instrumentos que hoy se utilizan en viticultura en Chile para monitorear la humedad del suelo o el estado hídrico de las plantas, se encuentran, la calicata, el uso de tensiómetros y el uso de sondas de capacitancia (TDR y FDR). Por otra parte, muchas viñas han incorporado el uso de la bomba de Scholander (o cámara de presión) para medir el estado hídrico de las plantas, lo cual se ha usado como un importante indicador de riego y estrés hídrico.

El control de la operación de riego no sólo consiste en saber si el estatus hídrico del suelo o de la planta se encuentra dentro de los rangos que consideramos como normales, parte de la labor de control también consiste en chequear mediante instrumentos, el estado del equipo de riego y el gasto de agua utilizado en la operación. Dentro de los instrumentos con los cuales debemos contar para un correcto control se encuentra: manómetros (en caseta de riego: antes y después del filtro, y contar con manómetros para medir en terreno), caudalímetros (o contadores volumétricos, esto permite cuantificar exactamente el gasto de agua en cada evento de riego) y la observación del tablero eléctrico, el cual cuenta con amperímetros y voltímetros.



**Fotografía 8.** Medición de potencial hídrico xilemático de medio día en vid, mediante bomba de Scholander.



**Fotografía 9.** Uso de caudalímetro a salida de caseta de riego para registro del gasto exacto en cada evento de riego.

## 2.2. Medición de la huella hídrica en vitivinicultura

La Huella Hídrica se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza indirecta y/o directamente para producir un bien (Hoekstra et al., 2009) considerando el agua utilizada de forma indirecta y/o directamente asociado a la contaminación de todos los pasos del proceso productivo. Este indicador nos permite visualizar el rendimiento que posee cada litro de agua para generar cualquier tipo de producto (productividad del agua), y que puede ser utilizado tanto por agentes privados o gubernamentales, permitiendo dar mayor precisión por ejemplo, a los incentivos y políticas para lograr una mayor eficiencia en el uso del agua. También da paso para una mejor gestión e innovación en los procesos productivos.

La metodología de huella hídrica se desarrolló con el objetivo de cuantificar el uso total del agua asociada con el ciclo de vida. En la siguiente sección se darán a conocer las metodologías descritas por Hoekstra para el cálculo de huella hídrica y su aplicación mediante ejemplos de estudios de caso realizados en algunas viñas de la VI Región.

Como definición básica, la huella hídrica se obtiene a partir de la suma de tres componentes; La huella azul, gris y verde.

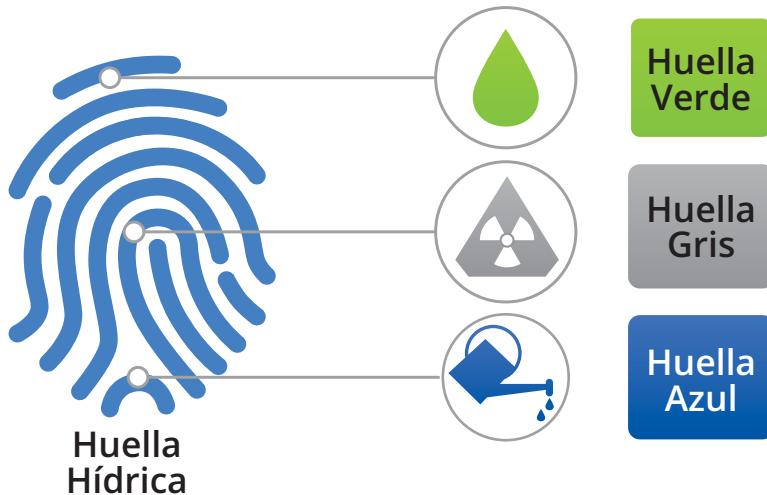


Figura 8: Composición huella hídrica



**Huella Azul:** Corresponde a la totalidad de agua superficial o subterránea que fue utilizada directa e indirectamente en la cadena que generó el bien o servicio (Mekonnen y Hoekstra, 2011; Osorio U, 2013). Se ha observado que la huella azul es mayor en proporción a la huella total en zonas de clima árido o semiárido concordantes con las características de la zona central de Chile (Mekonnen y Hoekstra, 2011). Esto se debe a una marcada estación seca de verano en la que la ausencia de precipitaciones no permite satisfacer la demanda hídrica del cultivo por lo que la principal fuente de agua del cultivo es el riego.



**Huella Verde:** Es el volumen de agua proveniente de las precipitaciones que contribuyeron al agua que fue evapotranspirada e incorporada durante el proceso, por lo que varía de acuerdo a la ubicación geográfica y el clima (Mekonnen y Hoekstra, 2011; Osorio U, 2013). En el caso de Chile, en la zona sur y centro sur la huella verde será mayor a la que se observa en la zona norte a raíz de la mayor aridez y la disminución de precipitaciones (Osorio U, 2013).



**Huella Gris:** Corresponde al agua necesaria para restablecer la calidad original del agua luego que esta ha recibido la carga de fertilizantes y elementos lixiviados que la contaminan, como por ejemplo fertilizantes nitrogenados que debido a su movilidad, llegan a agua de napas subterráneas (Franke, Boyacioglu, y Hoekstra, 2013). Está directamente relacionada con la contaminación difusa que se define como la polución no puntual que deriva de diversas fuentes que aportan en cantidades imperceptibles contaminantes y ocasionan un efecto acumulativo en el tiempo sobre las fuentes de agua (Carpenter et al., 1998).

En la agricultura se tiene que para el caso de la huella verde y gris son variables que dependen de las condiciones meteorológicas y propiedades del suelo propiamente tal. En la industria de la vitivinicultura, para el cálculo de la huella hídrica se debe separar en dos partes. La primera es todas las labores que se realizan a nivel de campo que es similar a cómo se debe calcular la huella hídrica en otros cultivos y el segundo son las actividades que están relacionados con las bodegas de vino. A continuación, se describe la metodología de cómo estimar las distintas huellas en las 2 partes del proceso productivo.

## 2.2.1. Huella Hídrica en la agricultura/viñedo

En el caso de la **huella azul** correspondería toda el agua que efectivamente consume el cultivo, vale decir la evapotranspiración de este, sin embargo, si el agua aplicada por riego es inferior a la evapotranspiración de cultivo, se considerará la lámina de agua aportada por el riego. Situación que normalmente sucede ya sea por falta de agua o una estrategia de déficit controlado para generar un aumento en la calidad del vino. En otros estudios, se ha buscado mejorar el cálculo de la huella hídrica mediante la cuantificación del agua utilizada para la disolución de las aplicaciones realizadas, como también el agua utilizada en procesos indirectos a la producción como el lavado de maquinaria, herramientas y otros (Bonamente et al., 2015)

$$\text{Huella Azul}_{\text{Campo}} = \begin{cases} \text{ETc} - \text{Precipitación} \leq \text{Agua aplicada}, \text{Ha} = \frac{\text{ETc} - \text{Precipitación}}{\text{Rendimiento}} \\ \text{ETc} - \text{Precipitación} \geq \text{Agua aplicada}, \text{Ha} = \frac{\text{Agua aplicada}}{\text{Rendimiento}} \end{cases}$$

La **huella verde** corresponde a la parte de la precipitación que se almacena en el suelo o que temporalmente se queda en la parte superior del suelo o la vegetación. Con el tiempo, esta parte de la precipitación se evapora o transpira a través de las plantas. Puede que no toda el agua verde sea utilizada por el cultivo, dado que existirá una parte que se evaporará y otra que podría percolar.

$$\text{Huella Verde}_{\text{Campo}} = \begin{cases} \text{Precipitación} < \text{Etc}, \quad \text{Hv} = \frac{\text{Precipitación}}{\text{Rendimiento}} \\ \text{Precipitación} > \text{Etc}, \quad \text{Hv} = \frac{\text{Etc}}{\text{Rendimiento}} \end{cases}$$

Para **huella gris** existen tres aproximaciones, la primera consiste en utilizar la información conocida de fertilizante nitrogenado aplicado y corregir la lixiviación por un factor que permita estimar la carga en el cuerpo de agua; un poco más complejo es el uso de modelos considerando las características químicas de los fertilizantes además de características del suelo e hidrográficas, finalmente se pueden utilizar modelos sofisticados y un mayor esfuerzo de medición para determinar con mayor exactitud la carga de nutrientes pero esto es más complejo y costoso por lo que generalmente se utiliza la primera aproximación para la determinación de la huella gris (Franke et al., 2013). En el caso de Chile, la estimación de la huella hídrica se ha calculado utilizando como base la información de fertilización nitrogenada y un factor de lixiviación para el nitrato y para el rango de tolerancia límite se ha considerado la concentración de nitrato establecida en la norma de agua potable, correspondiente a 13,4 mg/L (NCH409, Instituto Nacional de Normalización, 2005) o 15 mg/L establecidos en la Norma de emisión para la regulación de los contaminantes asociados a la descarga de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales de la República de Chile (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2001).

$$\text{Huella Gris}_{\text{Campo}} = \frac{\left( \frac{\text{Fertilizante} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{ha}} \right) \times \text{Factor de lixiviación}}{\text{Concentración máxima permitida} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)} \right)}{\text{Rendimiento} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{ha}} \right)}$$

## 2.2.2. Huella Hídrica en Bodega

El cálculo de la huella hídrica en bodega es más sencillo que a nivel de campo y no genera un gran impacto en la huella hídrica total del proceso. Puesto que la huella verde de la bodega es igual a 0 en vista de que no hay agua lluvia involucrada en los procesos. La huella azul esta dado a partir del agua proveniente de una red de agua potable o de algún pozo.

La huella gris está en función del volumen requerido para diluir los contaminantes generados durante la vinificación, como por ejemplo los sólidos suspendidos totales, DB05, derrames de bodega, entre otros. Para Chile, los Decretos Supremos 46 y 90 definen la concentración máxima permitida de contaminantes en los efluentes que pueden ser devueltos al ambiente.

El “The Water Footprint Assesment Manual” (Mekonnen & Hoekstra, 2011) definió una metodología para estimar la huella gris para el caso de un punto fijo de emisión de contaminación, donde los productos químicos se liberan directamente por medio de un cuerpo de agua, es decir, en forma de aguas residuales. En las bodegas de vino el agua utilizada se utiliza para el lavado de implementos de vinificación como bombas, cubas, barricas, entre otros. El agua resultante, va a converger a la planta de tratamientos. Bajo dicho contexto, la fórmula que permite calcular Huella Gris es la siguiente:

$$\text{Huella Gris}_{\text{Bodega}} = \left( \frac{C_{\text{efl}} - C_{\text{act}}}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} \right) \times Efl \left( \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right)$$

Donde,  $C_{\text{efl}}$  es la concentración de contaminante en el efluente,  $C_{\text{act}}$  es la concentración previo al proceso de vinificación,  $C_{\text{max}}$  es la contaminación máxima permisible definidos en este caso por los decretos supremos 90 y 46, el  $C_{\text{nat}}$  es la concentración del contaminante en el cuerpo receptor (en caso de desconocer la concentración del contaminante en el cuerpo receptor simplemente se asume que  $C_{\text{nat}} = 0$ ), aunque esto significaría subestimar la huella gris dado que el  $C_{\text{nat}}$  no es igual a 0. Y finalmente, el  $Efl$  corresponde al caudal utilizado en la bodega en “x” período de tiempo

Cuando existe una planta de riles entre el proceso y la deposición de las aguas residuales en el ambiente, se generará una reducción en la concentración de los contaminantes, generando una reducción en la huella gris que incluso puede llegar a ser 0 en caso de que la planta sea eficiente en los procesos de depuración (Franke et al., 2013)

### 2.2.3. Datos necesarios para calcular la huella hídrica

Para la obtención de la huella hídrica en la industria del vino, se debe tener en consideración toda la cadena productiva que incorpora tanto el viñedo como las bodegas de vino, obteniendo de esta forma la huella hídrica total. Finalmente se podrá calcular la huella hídrica del proceso que es igual a la suma de todas las huellas estimadas en el proceso ( $\Sigma \text{HHtot}$ ) dividido por la cantidad del producto obtenido ( $P$ ). En algunas viñas que cuentan con bodega puede ser las botellas y en otros casos pueden ser los kilos de uva producida (productores que no producen vino sino que venden su uva).

$$\text{Huella Hídrica} = \frac{\sum \text{HHtot}}{P}$$

En el siguiente esquema da a conocer de forma general la cadena de procesamiento desde el cultivo hasta la elaboración del vino, donde se debería recopilar la información necesaria para obtener la huella hídrica total del proceso. Bajo estas circunstancias tener un buen sistema de registro de cada labor, tareas e insumos asociados es esencial para poder obtener una huella hídrica robusta y muy cercana a la realidad. De esa forma, uno puede utilizar dicho indicador y comenzar a realizar modificaciones e iniciativas que permitan disminuir el uso de agua en los diferentes procesos (Lamastra et al., 2014).

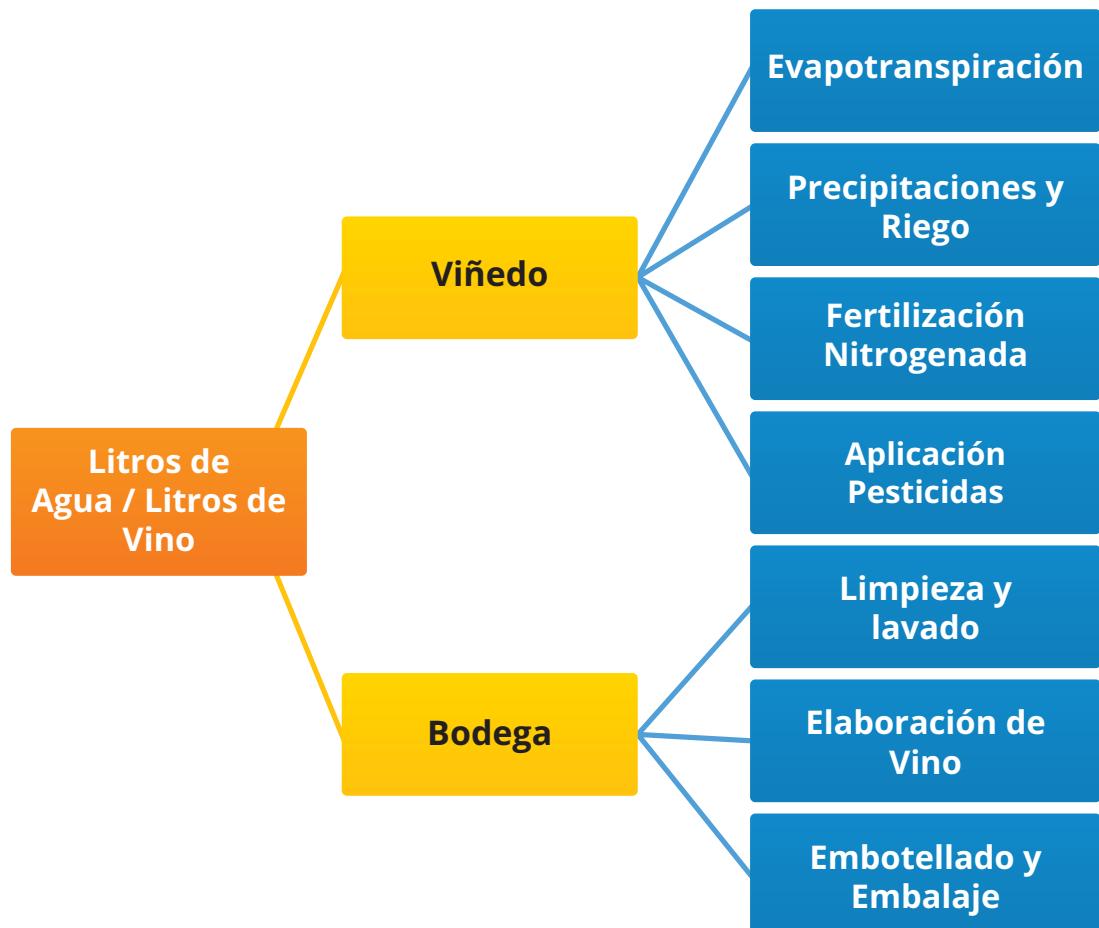


Figura 9. Cadena productiva general de la vitivinicultura (Adaptado de Lamastra, 2014)

## 2.2.4. Ejemplo de estimación de huella hídrica: estudios de caso en viñas de la región de O’ Higgins.

A continuación, se darán a conocer tres casos de cómo calcular la huella hídrica en viñedos, cada viña cuenta con un modelo de negocios distinto; la primera es de una viña que busca producir vinos de calidad como también obtener rendimientos, la segunda tiene como objetivo alcanzar la mayor cantidad de volumen de uva y por último, una viña que se enfoca en producir vinos de alta calidad. Este estudio se realizó durante el desarrollo del proyecto Transferencia I+D+i para viñas sustentables e inocuas. En cada predio se definió un cuartel estudio a elección del productor para realizar el respectivo seguimiento de la huella hídrica, en dicho cuartel se instaló un contador volumétrico, de esa manera se puede determinar con exactitud cuánta agua se utilizó en riego; por otro lado, para la huella azul en bodega, se coordinó con los jefes de las mismas viñas para que utilizaran contenedores de 100 o 200 litros al momento de lavar las cubas e implementos utilizados en el proceso de vinificación de la uva proveniente del cuartel estudio, de tal forma de poder cuantificar el agua utilizada en el proceso. Para el caso de huella verde, se utilizaron los datos de precipitación registrados por las estaciones meteorológicas más cercanas al predio, donde se consideró el período de Junio a Mayo. Por último, la huella gris en campo se estimó en base a los registros de fertilización nitrogenada y en bodega se realizó un muestreo de agua pre y post vinificación donde posteriormente se estimó el agua necesaria para diluir los contaminantes generados.

Finalmente, para el cálculo de la huella hídrica se realizaron los siguientes supuestos:

- a. El cálculo de huella azul se considera que el riego total es inferior a la demanda neta. Ya sea porque el predio no cuenta con la suficiente agua o estrategia del viñedo para generar un estrés controlado en el viñedo.
- b. Las precipitaciones se acumulan en el perfil de suelo y es utilizada por las plantas
- c. Para transformar la uva en una botella de vino de 750 cc se necesitan 1,2 Kg de uva.



**Fotografía 10.** Ejemplo de caudalímetro instalado en un sector estudio para cuantificar huella azul en predio.

## 2.2.5. Resultados y comparaciones con huella referencial.

A continuación, se presenta el resumen de los datos recopilados en las viñas.

**Tabla 4.** Resumen de datos recopilados de cada viña para el cálculo de la huella hídrica. Los casos 1, 2 y 3, representan a viña con modelo de negocios intermedio, a granel y vinos boutique respectivamente.

Caso	1	2	3
Superficie del sector (ha)	0,44	8,4	0,7
Variedad	Petit Verdot	Lacryma Christi	Syrah
Registro Caudalímetro (m <sup>3</sup> )	2.068,29	18.087	2.046,17
Aqua utilizada en Bodega (m <sup>3</sup> )	3,7	0	2001,78
Aplicación Fertilizantes (Kg de nitrógeno)	14,26	939,6	40,98
Precipitaciones (mm)	496,2	423,4	523,2
Rendimiento del sector (Kg)	7.040	209.000	10.461

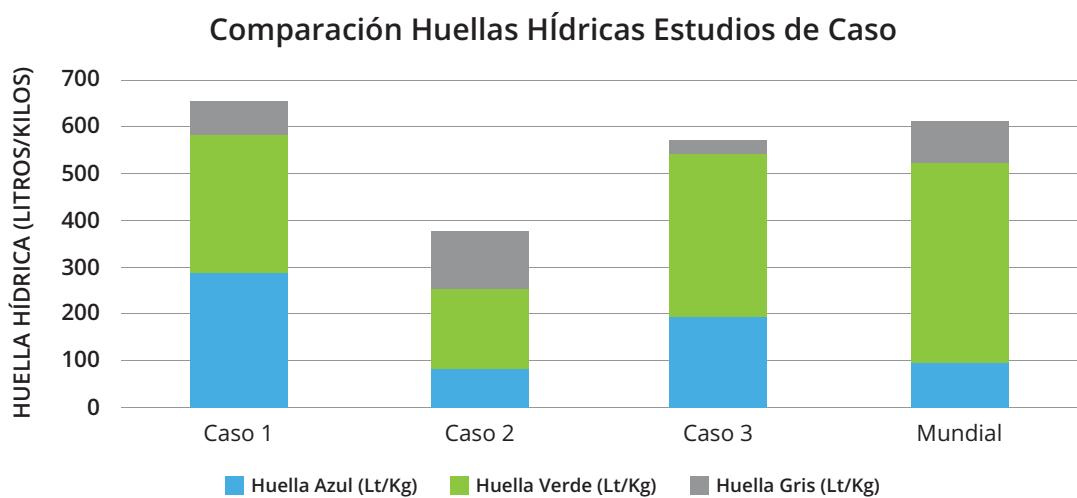
Con estos datos, se procedió a calcular y comparar las huellas hídricas entre viñas. De acuerdo con los resultados, la menor huella hídrica fue en la viña que tiene como objetivo lograr la mayor cantidad de kilos (caso 2), generando de esa forma una mayor dilución del agua total utilizada, cabe señalar que dicha viña no cuenta con bodega de vinificación. Aún así, comparar el caso 2 con caso 1 y 3 no es representativo dado que los modelos de negocios de los viñedos son totalmente distintos.

**Tabla 5.** Resultados de las huellas provenientes del campo y de las bodegas de vino. Los casos 1, 2 y 3, representan a viña con modelo de negocios intermedio, a granel y vinos boutique respectivamente.

Caso	1	2	3
Huella Azul Campo (Lt/Kg)	293,79	86,54	195,59
Huella Azul Bodega (Lt/Kg)	0,53	0	0,19
Huella Verde Campo (Lt/Kg)	293,25	170,17	350,1
Huella Gris Campo (Lt/Kg)	4,05	119,28	7,83
Huella Gris Bodega (Lt/Kg)	64,71	0	18,28
<b>Huella Hídrica Total (Lt/Kg)</b>	<b>656,33</b>	<b>375,99</b>	<b>571,99</b>
Huella Hídrica Botella (Lt/Botella 750 mL)	613,39	-	534,57
Huella Hídrica Copa 125 mL (Lt/Copa 125 mL)	102,23	-	89,10

El calcular la huella hídrica aparte de identificar posibles deficiencias y derroches en los procesos productivos, nos permite compararnos con viñas de la zona o a nivel país. Como también a nivel internacional, donde según los estudios de Water Footprint Assesment Methodology ha definido como huella hídrica promedio de un kilo de uva destinada a vino en 610 litros, lo que en copa de vino de 125 mL equivale a 109 litros, definido principalmente por la huella verde (70%), es decir, precipitaciones. Dado que este estudio no tuvo como alcance el cuantificar la huella hídrica de la VI región, no se puede señalar que bajo estos resultados que la región de O'Higgins pueda tener una menor huella hídrica que a nivel mundial. Sin embargo, son promedios que permiten en este caso dar un diagnóstico a priori de cómo son las huellas hídricas de la zona con respecto a la internacional, donde la diferencia entre la huella azul y verde es inferior.

En comparaciones a reportes de otros países productores de vino se tienen los casos de Francia, Italia y España que el promedio de las huellas hídricas es de 90, 88 y 195 litros por copa de vino, respectivamente.



*Figura 10. Comparación de huellas hídricas obtenidas de los casos de estudios y de la huella referencial para la uva de vino. Los casos 1, 2 y 3, representan a viña con modelo de negocio intermedio, a granel y vinos boutique respectivamente.*

La huella hídrica es un indicador que nos permite en primer lugar conocer cuánta agua se genera para producir una botella de vino, también es un indicador que permite identificar oportunidades para ser eficientes en el uso de los recursos dentro de los procesos de la actividad productiva. Dado que nos permite tener una visión general de cuánta agua va demandando cada tarea de la cadena productiva.

Por otro lado, este indicador nos permite compararnos con viñas tanto a nivel nacional como internacional, de esa forma también se puede diagnosticar si la viña está siendo o no eficiente en el uso de los recursos en relación con sus pares de la industria. Y así, uno puede detectar si posee una ventaja competitiva a raíz de que posee una huella hídrica inferior a los pares de una localidad o región o a las exigencias estipuladas por ciertos mercados.

### 3. Conclusiones generales.

El manejo sustentable del agua de riego depende en primera línea y directamente de la gestión que el agricultor o regante realice dentro de su predio. Los temas presentados en este capítulo son la base para la realización de una correcta gestión, y es deber de cada productor gestionar adecuadamente de las aguas así como realizar buenas prácticas que permitan mantener o mejorar la calidad de las aguas que entran y salen del predio.

Respecto de la huella hídrica, si bien el concepto no es nuevo, pocas empresas han logrado implementar estas metodologías en la práctica. Sin embargo, dado el aumento la demanda de que se apliquen normas que permitan unificar definiciones, metodologías e iniciativas que permitan reducir el uso de los recursos naturales en los procesos productivos, es que en el año 2014 se aprobó la ISO 14064, que es una norma internacional que se titula como "Gestión Ambiental - Huella Hídrica, principios, requisitos y directrices", de esta manera es como los distintos mercados y países van adoptando dicha norma para asegurar que los distintos bienes y servicios cumplan con los requisitos relacionados con la calidad y a su vez con la seguridad del medio ambiente, y en este caso específico en el uso eficiente del agua.

El implementar la metodología de la huella hídrica permite demostrar un uso eficiente y racional del recurso hídrico, así como también permite detectar riesgos y puntos críticos en el proceso de producción de la vid y el vino en este caso. Además, permite obtener ciertos beneficios ya sea un aumento del valor agregado del producto o la obtención de canales preferenciales de los mercados más sensibles como son el europeo o el asiático, que en un futuro no muy lejano pueden comenzar a exigir este tipo de prácticas. La huella hídrica es entonces una métrica interesante para determinar cuál es la productividad del agua, las deficiencias en su uso y por tanto tomar acciones para mejorar su gestión.



---

## Capítulo III

# **Manejo sustentable del suelo y la fertilización de los viñedos**

Claudia Bonomelli

## Introducción:

La vid como todas las plantas, requiere de elementos químicos llamados “nutrientes”, los cuales se consideran esenciales cuando forman parte de las estructuras de los tejidos, participan de los procesos metabólicos, no pueden ser sustituidos y en su ausencia las plantas no completan su ciclo de vida.

Entre estos se cuentan carbono, hidrógeno y oxígeno, que la planta obtiene de la atmósfera y del agua. Además las plantas necesitan otros 14 nutrientes, que los obtiene de la solución del suelo, seis son macronutrientes, ya que los requiere en mayor cantidad (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio). El resto son micronutrientes, los cuales son requeridos en concentraciones menores. Entre ellos se cuentan Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Molibdeno, Cloro y Níquel.

La nutrición de las plantas depende directamente del sistema radical, que entre sus funciones se cuentan:

**a) Anclaje y soporte.** Las raíces anclan la planta al suelo y proporciona soporte físico. Estas raíces dependiendo de las limitaciones físicas del suelo y del suministro de agua, son capaces de profundizar y aumentar en diámetro.

**b) Absorción y conducción.** Las raíces absorben el agua y los nutrientes inorgánicos desde la solución del suelo, incluso en contra de gradiente de concentración y, desde la raíz, se mueven hacia arriba.

**c) Almacenamiento.** La raíz sirve como órgano de almacenamiento, puede acumular hidratos de carbono, reservas nitrogenadas y otras, proceso fundamental en las especies de hoja caduca.

Por lo tanto al manejar la nutrición de las vides, se debe tener en cuenta el sistema radical, ya que de él depende la absorción de agua y nutrientes y mientras más exploración radical, más asegurada se encontrará la nutrición mineral de las parras.

Las raíces además de agua, requieren de oxígeno para crecer y desarrollarse, de tal forma que cualquier plan de nutrición debe tomar en cuenta el estado de las raíces, esto significa conocer las limitaciones físicas del suelo, tales como profundidad efectiva, presencia de toscas o estratas compactadas o impermeables, cambios abruptos de textura, pobre drenaje interno en el perfil de suelo, entre otras.

Para diagnosticar cualquiera de estas situaciones se debe realizar un estudio del perfil de suelo de tal forma de poder detectar limitaciones y tomar las medidas adecuadas, que ayuden a superarlas o mitigarlas. Así mismo, se deben conocer a través de los análisis de suelo, las características químicas en cuanto al ambiente en que se desarrollaran las raíces, tales como el pH, presencia de sales que pueden ser limitantes, presencia de iones en exceso o tóxicos y por último para conocer el suministro de nutrientes del suelo.

Durante el desarrollo del proyecto FIC VI Región “Transferencia I+D+i Viñas Sustentables e inocuas” 2017 – 2020, se realizaron estudios de suelos para conocer si existían limitaciones en el crecimiento de raíces de las parras de distintos viñedos. A continuación se muestran algunos ejemplos de perfil de suelos observados en viñedos de la VI región.

### 3.1. Observación de calicatas

#### Caso 1:

En el primer viñedo se muestra una calicata en un suelo en posición de plano depositacional, donde en los primeros 20 cm, no se detectaron limitaciones, con textura franca, sin moteados y con abundantes raíces. Entre los 20 y 55 cm fue similar a la primera estrata con una textura más fina. A los 60 cm se observaron moteados y a los 70 cm, agua libre, encontrando raíces con síntomas de anoxia (falta de oxígeno) (Fotografía 11).

En este caso, se identifica que el agua proviene del escurrimiento subsuperficial de cerros aledaños. Dado los antecedentes se recomienda verificar la posibilidad de realizar obras de drenaje, ya que de esta forma aumentaría la profundidad efectiva y con ello el rendimiento.



Fotografía 11: Calicata sector plano viña 1.

En el mismo viñedo en otra calicata ubicada en un sector de piedmont, se observó en los primeros 20 cm un suelo sin problemas físicos, raíces abundantes, seguido por 10 cm de gravilla y luego arcilla compactada hasta los 80 cm, con raíces escasas y luego la roca fragmentada (Fotografía 12). En este caso las limitaciones son diferentes, aunque de igual forma es una limitación de profundidad efectiva, se recomienda mezclar materia orgánica con los primeros cm de suelo tratando de llegar a la estrata de arcilla de forma de mejorar la exploración radicular.

Importante en este caso es conocer la tasa de infiltración de agua en el suelo y las distintas texturas de las estratas para ajustar de manera óptima el riego, de tal forma de no promover zonas de anoxia radicular, al cambiar de manera abrupta la textura en el perfil.



Fotografía 12: Calicata sector piedmont viña 1.

## Caso 2.

En otro viñedo al cual se le denomina viña 2, (Fotografía 13) el suelo es un Alfisol, de origen granítico, que ocupa la posición de cerros de la Cordillera de la Costa. En la calicata se observó una primera estrata de 30 cm, de textura franca, luego una estrata con mayor contenido de arcilla, más compactada, hasta 80 cm aproximadamente, con leves indicios de mal drenaje. En este caso, la incorporación de materia orgánica es recomendable, ya que son suelos de poca fertilidad natural. Por otra parte, al igual que en otros casos, al tener estratas con distintas texturas se debe ajustar de manera óptima el riego, de tal forma de no promover zonas de anoxia radicular, debiéndose monitorear la humedad a distintas profundidades.



Fotografía 13: Calicata suelo granítico, viña 2.

### Caso 3:

El tercer ejemplo (viña 3) se ubicaba en un plano (0 – 1% pendiente) en posición de terraza aluvial antigua (Fotografía 14). Se observó un suelo de texturas finas, partiendo los primeros 20 cm del perfil con un suelo franco arcilloso, para luego hasta los 55 cm cambiar a textura arcillo limosa, hasta donde se encuentran raíces abundantes, de consistencia friable; más en profundidad cambió la consistencia siendo en húmedo firme, lo que da cuenta de una estrata de peor condición para la exploración radicular.

Este suelo retenía mucha agua, por lo que es importante dada su textura fina, ajustar la frecuencia de riego y monitorear en distintas profundidades la humedad, de forma de no permitir que se produzcan sectores de anoxia radicular.



Fotografía 14: Calicata suelo viña 3

Con lo anteriormente señalado, se quiere dar cuenta que a pesar de no existir mucha distancia entre viñedos, los suelos van cambiando, teniendo distintas limitaciones, que se deben abordar antes de decidir las fertilizaciones. En algunos casos no se puede eliminar la limitación de suelo para el crecimiento de las raíces, pero se pueden realizar manejos que mitiguen las condiciones restrictivas. Una vez que se conoce el perfil de suelo, sus limitaciones y manejos a seguir, se toman las decisiones referentes a la nutrición del viñedo.

## 3.2. Nutrición del viñedo

### 3.2.1. Nitrógeno (N)

El N es un elemento móvil tanto en el suelo como en la planta. En casos de déficit su primera sintomatología se expresa en tejidos más viejos (hojas), sin embargo, si la deficiencia continúa, las hojas inferiores mueren, la parra detiene su crecimiento y se manifiesta una clorosis generalizada. El N, se relaciona con la expresión vegetativa del viñedo. Es componente de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, entre otras. En cantidades excesivas puede inducir un vigor que comprometa el equilibrio vegetativo – reproductivo de la parra.

Las plantas absorben N mineral, que son las formas iónicas de  $\text{NH}_4^+$  (amonio) y  $\text{NO}_3^-$  (nitrato). Gran parte del N en el suelo está en forma orgánica, para estar disponible para las plantas se requiere de un proceso de mineralización, que ocurre naturalmente en los suelos. Así, el N proveniente de la poda, compost, estiércol, u otra fuente orgánica, puede formar N mineral como  $\text{NH}_4^+$  (amonio) y luego por nitrificación,  $\text{NO}_3^-$  (nitrato), pudiendo ser absorbido por las parras. Los fertilizantes nitrogenados pueden entregar el N como amonio o nitrato, si la fuente es amoniacal, también puede ser transformado en nitrato, en el suelo. Por lo tanto, las parras absorberán el  $\text{NH}_4^+$  y/o  $\text{NO}_3^-$  del suelo independiente de donde provenga.

La fertilización nitrogenada que se aplica en el viñedo debe considerar que existe un aporte de N desde el suelo proveniente del proceso de mineralización del N orgánico. Mientras mayor cantidad de materia orgánica o aportes orgánicos se apliquen al suelo, éste entregará más N asimilable para las parras, en condiciones adecuadas de temperatura y humedad.

También existen pérdidas de N en el suelo, tales como arrastre de nitratos por el agua que percola en el perfil de suelo (lixiviación), por lo que se debe evitar aplicar N en épocas lluviosas, cuando aún no hay raíces funcionales que puedan absorberlo. Otras pérdidas son gaseosas debido a la reducción de nitratos bajo condiciones anaeróbicas de suelo (desnitrificación) o por volatilización de amoníaco.

La fertilización nitrogenada de la viña debe evaluarse cada temporada, porque el N mineral o asimilable para la planta no se acumula en el suelo. Si se realizan aplicaciones altas de guano, agregar N adicional con un fertilizante nitrogenado, puede llegar al exceso, lo cual afectará el equilibrio vegetativo-reproductivo de la parra, generando gran vigor y crecimiento, lo que tendrá un efecto negativo en los rendimientos y la calidad de las uvas.

La dosis de fertilización nitrogenada se debe basar en el crecimiento y producción del viñedo. Respecto del crecimiento, se debe observar si éste es equilibrado; un exceso de N se expresa en la presencia de brotes muy vigorosos, brotes anticipados, feminelas, es decir, exceso de expresión vegetativa. Por el contrario, un déficit de N en el viñedo implicaría poco vigor, escaso crecimiento vegetativo y productivo y coloración amarillenta de las hojas. Esto último se debe evaluar con el riego, ya que la sintomatología de déficit hídrico es similar. Como herramienta de diagnóstico además se cuenta con el indicador del análisis foliar que se realiza todas las temporadas, durante la floración y/o en pinta.

En el caso de viñedos recién establecidos los requerimientos de N son menores, ya que en ese período no se produce fruta, la cual representa una parte importante de la demanda de N. Por lo expuesto anteriormente se entiende que no existe una única receta de dosis de N, para todos los viñedos.

En relación al tipo de suelo y manejo, es importante identificar si es un suelo fértil, lo que está dado por la materia orgánica y por los elementos disponibles que contiene, que se puede identificar a través de análisis de suelo de rutina. Adicionalmente, las aplicaciones de materia orgánica, rastrojos, guanos, entre otros, también aportarán nitrógeno, el cual al ir transformándose a nitrógeno mineral, será asimilable por las plantas. Así, el suministro de N para las plantas también variará, de acuerdo al manejo del viñedo.

Finalmente, aquellos viñedos con riego tecnificado tendrán una eficiencia de recuperación del fertilizante nitrogenado mayor al que se realiza por surco y menor aún por tendido. En la medida que la eficiencia de recuperación del fertilizante sea menor, mayor deberá ser la dosis de N.

### **3.2.2. Fósforo (P)**

Es un elemento móvil en la planta y de poca movilidad en el suelo. Es uno de los componentes de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y del ATP (transferencia de energía). Estimula el crecimiento de la raíz, promueve el vigor en la planta, influye en la floración y la formación de semillas.

Los síntomas de deficiencia se observan primero en hojas más viejas. Se distinguen hojas de color púrpura, tallos delgados y cortos. Como el P es de poca movilidad en el suelo, éste se acumula y la capacidad de adquisición de P por las raíces de las plantas depende en alto grado de la densidad de raíces y su capacidad de exploración.

Dada la dinámica del fósforo, se requiere conocer su suministro en el suelo, para poder recomendar una dosis, lo cual se obtiene mediante un análisis de suelo de rutina.

### **3.2.3. Potasio (K)**

Es un elemento móvil en la planta y de poca movilidad en el suelo. Está involucrado en las relaciones hídricas de la planta, la turgencia de la célula, apertura y cierre de estomas, activador enzimático, control indirecto de fotosíntesis y acumulación y translocación de carbohidratos. Los síntomas de deficiencia se observan primero en hojas viejas, las que desarrollan áreas oscuras (coloración café) en los bordes y puntas de las hojas. Se observa marchitez, disminuye la floración y fructificación.

Al igual que el P, al ser de poca movilidad en el suelo, se acumula (salvo en suelos arenosos) y para calcular los requerimientos de K en el viñedo se necesita contar con un análisis de suelo de rutina, para saber que suministro de K entrega el suelo.

Dada su poca movilidad en el suelo, para su absorción es importante contar con una buena exploración radicular de la parra, de manera de tener una adecuada eficiencia de recuperación del fertilizante.

### **3.2.4. Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)**

El Ca y Mg tienen una dinámica similar en el suelo, son móviles, y representan una gran proporción de los cationes del CIC. En general los suelos cuentan con suministros de estos nutrientes, sin embargo, puede ser necesaria su aplicación, lo que se corrobora con un análisis de suelo de rutina.

El Ca forma parte estructural de las paredes celulares, participa en la selectividad de membranas y tiene una función como elemento señal. Por su parte, el Mg se encuentra principalmente en los cloroplastos, dado que forma parte de la molécula de la clorofila, como átomo central.

El Ca es de muy poca movilidad en la planta, siendo las hojas el tejido que representa el mayor sumidero. En este sentido un desequilibrio vegetativo, con exceso de vigor, afectará la nutrición cárquica de la baya, ya que ésta al no ser un tejido de alta transpiración, es un mal sumidero. La deficiencia se observa primero en tejidos nuevos, como hojas jóvenes pequeñas, partidas, deformadas, con manchas cloróticas.

El Mg es móvil en la planta, su deficiencia se manifiesta primero en hojas viejas, las que se observan con clorosis en las hojas, desde el margen hacia el interior, quedando las venas de color verde.

### **3.2.5. Azufre (S)**

El S en el suelo presenta una dinámica similar a la del N, en que gran parte se encuentra de forma orgánica, la que se va transformando a formas minerales asimilables por la planta. También sufre pérdidas en el suelo, a través de la volatilización y lixiviación de sulfatos.

En la planta, es esencial, ya que es necesario en muchas de las funciones de crecimiento de las plantas y al igual que el nitrógeno, es un constituyente esencial de las proteínas. Los síntomas de deficiencia de azufre aparecen como clorosis en hojas jóvenes (color verde pálido a amarillo), síntoma que se va generalizando. Las plantas deficientes son más pequeñas y su crecimiento es lento.

### **3.2.6. Micronutrientes**

Los micronutrientes se requieren en pequeñas cantidades, sin embargo, son igualmente esenciales y frente a deficiencias, se afectará el rendimiento del viñedo. En general su disponibilidad se relaciona estrechamente con el pH del suelo, así nutrientes como el Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganese (Mn) estarán más disponibles a pH ácido, mientras que el Molibdeno (Mo) a pH básico, debido a esto, para la decisión de fertilización se debe conocer estas características del suelo.

El micronutriente Boro, es uno de los nutrientes con que se debe tener especial cuidado en el viñedo, ya que su deficiencia afecta directamente el rendimiento. El Boro participa en el crecimiento del tubo polínico, es decir en la cuaja y por lo tanto, la formación de cada baya depende de un adecuado suministro durante la floración y cuaja. Este elemento presenta muy poca movilidad en la planta, se mueve principalmente por xilema, por lo que una adecuada nutrición bórica necesita de una adecuada “nutrición hídrica de la parra”, de forma que el B pueda llegar a los distintos tejidos y órganos.

### 3.3. Manejo y Decisión de Fertilización

Es recomendable que las decisiones relacionadas con la nutrición de las parras, se realicen de manera ordenada partiendo por los macronutrientes primarios (N, P, K) luego macronutrientes secundarios y micronutrientes. Además, también se deben considerar los nutrientes en su conjunto, ya que existe un balance entre ellos. Así, se han identificado antagonismos entre nutrientes, es el caso del nutriente Potasio (K), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca) y en los micronutrientes también ocurre entre el Cobre (Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe) y Manganeso (Mn), que compiten en el proceso de absorción. Frente a un exceso de alguno de estos nutrientes se dificulta la absorción del otro.

Lo primero que se debe estudiar en el viñedo es el perfil de suelo, de manera de detectar las limitantes que presenta, tanto características físicas como químicas. Entre las primeras es importante determinar la profundidad efectiva de suelo, ya que nos indica la posibilidad de exploración radicular. Características importantes a evaluar será el drenaje, la humedad aprovechable, la textura y pedregosidad, entre otras. En cuanto a características químicas se debe evaluar el pH, la conductividad eléctrica (CE) que indica presencia de sales, presencia de carbonatos, sodio y la fertilidad del suelo en cuanto a suministro de nutrientes. Para lo anterior es necesario evaluar calicatas en terreno y tomar muestras de suelo para llevarlas a un laboratorio de suelo acreditado, lo que permitirá caracterizarlo desde el punto de vista de sus propiedades físicas, químicas y de su fertilidad. De este modo es posible hacer las correcciones y ajustes necesarios antes de la plantación de la viña, o durante el período productivo de la parra. Además, permite diagnosticar las necesidades de enmiendas para ajustar el pH del suelo, en el caso que éste no sea óptimo para la vid.

#### 3.3.1. Fertilización Nitrogenada

Como se mencionó, el N en el suelo está sujeto a pérdidas como la lixiviación, que se refiere a la pérdida de N por percolación, bajo la zona de raíces. Por esta razón, se sugiere aplicar el N después de invierno, en la época de crecimiento, desde la brotación (septiembre) pasando por la floración (noviembre) hasta diciembre antes de la detención del crecimiento del fruto (pinta). Posteriormente, aplicar una proporción de la dosis de la temporada después de la cosecha. La fertilización nitrogenada debe basarse en la concentración de este nutriente en la hoja (análisis foliar), vigor del crecimiento nuevo, rendimiento esperado y prácticas de riego.

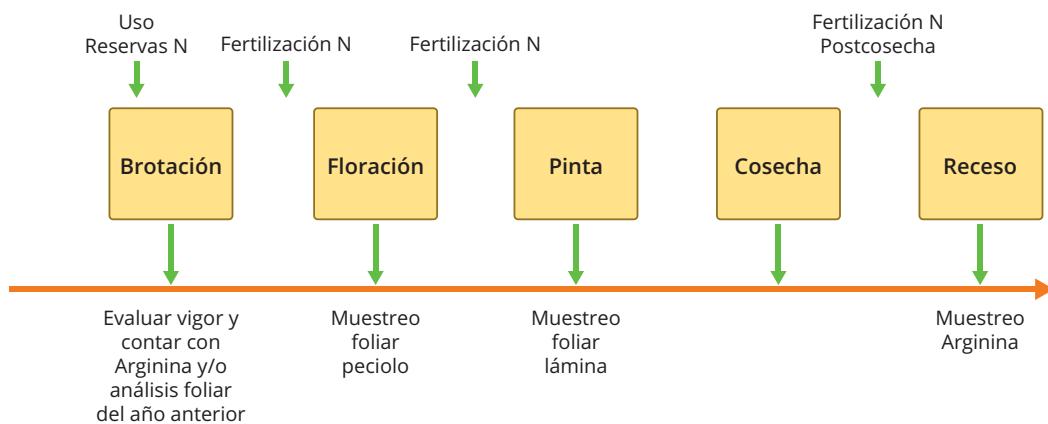
En general la parcialización de la fertilización nitrogenada es recomendable, pero dependerá de las posibilidades del agricultor, sobretodo del sistema de riego.

Es importante señalar que el N mineral no se acumula en el suelo, por lo que las reservas nitrogenadas, se deben acumular en la parra y precisamente las fertilizaciones tardías en

la temporada están dirigidas a guardar reservas para el inicio de la próxima temporada. Lo anterior es importante ya que a salidas de invierno los suelos están fríos y la actividad radical es baja, y con ello también la absorción, por lo que las reservas de la planta serán utilizadas en ese período para la brotación y posterior crecimiento. Para conocer las reservas nitrogenadas de la parra, se utiliza el análisis de arginina de las raíces muestreadas durante el invierno. Éste es un aminoácido que contiene N en los tejidos vegetales como las raíces.

La incorporación de los restos de poda, sarmientos picados, puede contribuir al N orgánico, quedando disponible para las plantas en los años siguientes, después de su mineralización, que depende de la temperatura y humedad.

En la Figura 11 se señala la secuencia de decisión de la fertilización nitrogenada en la vid.



**Figura 11:** Fenología de la vid y secuencia de la fertilización N.

Al establecer un viñedo, la fertilización N que se requiere durante el primer año y mientras no produzca fruta es menor a 50 kg N/ha. Durante el período de producción se puede calcular una dosis de alrededor de 3 kg N/tonelada de uva producida. Estas dosis deben ser ajustadas a cada caso en particular. Si en el viñedo se aplica estiércol, compost u otra fuente orgánica se debe disminuir esta dosis o no aplicar de acuerdo a los niveles de N del análisis foliar: pecíolo (floración) o de hoja (pinta) y del vigor.

En los laboratorios acreditados también existen análisis de las fuentes orgánicas, pudiendo así calcular el aporte de N que implica la aplicación de estas fuentes nitrogenadas.

### **3.3.2. Fertilización con Fósforo (P) y Potasio (K)**

Estos nutrientes no presentan pérdidas en el suelo como el caso del N, son de poca movilidad en el suelo, por lo que se acumulan en el suelo. Debido a lo anterior, el criterio de la época de aplicación no se relaciona con la lixiviación, sino que con otros factores como el tipo de fertilizante que se aplica. Así, como ejemplo, si el fertilizante potásico que se aplica es muriato o cloruro de potasio, se sugiere aplicarlo en otoño o invierno, ya que las lluvias ayudarán a lixiviar los cloruros. También la época se define por criterios prácticos, hacer la operación junto con la aplicación de otros productos, o si se aplican junto con nitrógeno, usar los criterios de época de fertilización que corresponden a este último nutriente.

Para determinar las dosis de fósforo y potasio se debe contar con un análisis químico del suelo, no se puede establecer como recomendación general, debido a que dependen del suministro que entregue el suelo. El análisis de suelo puede indicar déficit, rango adecuado o excesivo y dependiendo de ese resultado será el manejo que se decida aplicar. Hoy en día, se ha observado que en bastantes casos no es necesario aplicar en la temporada, ya que los niveles son suficientes o altos y la aplicación puede significar un costo innecesario e incluso en algunos casos puede ser perjudicial para la absorción de otros nutrientes.

En el caso de establecer un viñedo, se debe partir por un análisis de suelo, con el resultado del suministro de P y K, calcular la dosis para corregir estos nutrientes y efectuar su aplicación durante la preparación de suelo y plantación. Una vez que los niveles son corregidos, en las siguientes temporadas sólo será necesario aplicar una dosis de mantención, que se relaciona con la extracción que hace la fruta en cada cosecha. Las aplicaciones superficiales son menos efectivas, debido a la poca movilidad de estos nutrientes, debiendo aplicarse mediante fertirrigación o cerca de las raíces en el caso de otro tipo de riego, localizando entre 10 a 15 cm de profundidad.

### **3.3.3. Fertilización con Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)**

En el caso del calcio, antes de realizar una aplicación se debe conocer el aporte tanto del suelo, como de las aguas de riego. Los suelos del Valle Central de Chile, generalmente tienen suficiente cantidad calcio, y además las aguas de riego también lo podrían contener, lo que significa un aporte, que puede ser suficiente para las necesidades de la parra. Este nutriente tiene poca movilidad en la planta por lo que es importante el análisis foliar que se debiera realizar todos los años. Puede ser que exista suficiente cantidad de calcio en el suelo, pero que el análisis foliar lo indique deficiente por un problema de absorción por raíces con poco crecimiento nuevo o una mala distribución de calcio en la parra por problemas hídricos. En el caso que se deba encalar por tener un pH ácido en el suelo, se estaría aportando también calcio, por lo que se debe tomar en cuenta si se hace la enmienda calcárea.

En el caso del Magnesio, conocer también su suministro en el suelo forma parte de la decisión de su aplicación. Una vez que se corrigen los niveles en el suelo, se puede seguir monitoreando con el análisis foliar. Este nutriente a diferencia del calcio tiene movilidad por la planta, por lo que no es difícil subir sus niveles. En el caso de necesitar una enmienda para subir el pH del suelo, si existe una deficiencia de Mg se puede escoger aquella fuente que lo contenga si los niveles en el suelo son deficientes.

### **3.3.4. Fertilización con Azufre (S)**

Las concentraciones de azufre en suelos de la zona central usualmente son adecuadas, en predios que riegan con aguas provenientes de la cordillera de los Andes. Sin embargo, en suelos graníticos, cercanos a la cordillera de la costa, presentan naturalmente bajos niveles de azufre. En general, no se presta mucha atención a su suministro, debido a que frecuentemente es añadido junto a otros nutrientes. Los fertilizantes como Sulfato de Amonio, Sulfato de K, Sulfato de Mg, Sulfato de Ca (Yeso), Sulfato de distintos micronutrientes, entre otros, contienen azufre. Como el Nitrógeno, el Azufre es un componente clave en las proteínas y por lo tanto en el crecimiento de distintos tejidos y órganos, por lo que conviene corregirlo en el caso que esté deficiente, dado que es simple y barato aplicarlo.

Al igual que en el caso de los otros nutrientes, a través del análisis de suelo es posible saber si el suministro es suficiente. En el caso que aún no se establezca la plantación, es posible aplicarlo en la preparación del suelo, siendo una fuente económica y eficiente, el sulfato de calcio, de reacción neutra en el suelo. Por último es aconsejable realizar un análisis químico del agua de riego para chequear cual es el aporte de los macronutrientes secundarios, ya que puede ser que a través del agua se aporte lo necesario.

### **3.3.5. Fertilización de Micronutrientes**

En general, la disponibilidad de los micronutrientes se relaciona con algunas características del suelo, entre éstas, el pH, potencial redox y presencia de elementos en exceso que pueden causar antagonismos. También se relaciona con el suministro de cada elemento que se puede medir con el análisis de suelo. Dado lo señalado, se entiende que se debiera realizar por lo menos cada cierto tiempo, un análisis de suelo, para verificar si las condiciones son favorables para la absorción de los micronutrientes y además conocer su disponibilidad pudiendo decidir, si se fertiliza o no y si se realiza vía suelo o vía foliar.

Adicionalmente, se cuenta con la herramienta de diagnóstico, análisis foliar, que se debiera realizar todos los años para hacer un seguimiento de la nutrición y verificar si las concentraciones se encuentran en el rango adecuado.

Cabe señalar que en el caso de los micronutrientes es posible corregir su deficiencia vía fertilización al suelo o vía aplicaciones foliares, ya que las cantidades que requieren las plantas son pequeñas y es posible que a través de las hojas sean absorbidas. Por lo tanto, en el caso que se verifique una deficiencia de micronutrientes en los tejidos foliares, y que las condiciones de suelo sean desfavorables para la absorción, se debe corregir vía aplicación foliar. Actualmente, también se utilizan aplicaciones foliares preventivas en momentos fenológicos, en que por la función del nutriente en la planta no puede estar deficiente, ya que repercute en el rendimiento o calidad de la fruta. Como ejemplo se puede mencionar el boro en floración, que se aplica foliar para asegurar cuaja.

### **3.3.6. Los fertilizantes**

Uno de los aspectos que se debe tener en cuenta para escoger los fertilizantes, es el pH del suelo. Hay fertilizantes que acidifican el suelo, mientras otros lo alcalinizan, y otros son de reacción neutra.

En el caso del nitrógeno existen los amoniacales y la urea que acidifica el suelo, entre ellos uno de los que produce mayor acidificación es el sulfato de amonio y el fosfato monoamónico, aportando éste último también fósforo. En el caso de los suelos que se encuentran sobre el pH 6,5 no habrá restricción para usar estos fertilizantes. Si el pH es menor al señalado, también pueden ser usados, con el cuidado de ir monitoreando el pH del suelo, a través de los años y realizar encalados cuando los pH sean menores de 5,8.

Para lograr una mejor eficiencia de recuperación del fertilizante nitrogenado se debe aplicar en el suelo con una condición hídrica adecuada. En el caso que esta condición no ocurra, se sugiere que los fertilizantes que contienen amonio, sean incorporados para evitar la volatilización del N.

Por otra parte, los fertilizantes que aportan el nitrógeno en forma de nitrato, son de reacción alcalina, lo cual puede ser una ventaja en los suelos ácidos, sin embargo, se debe evaluar por costo.

En el caso del Fósforo (P), existen distintas fuentes, siendo el superfosfato triple el granulado más utilizado, el cual no acidifica y puede ser usado en cualquier suelo. Un fertilizante fosforado que puede ser interesante para aquellos productores orgánicos, es la Roca fosfórica, sin embargo, puede ser usada en suelos de pH ácido, ya que de lo contrario no se solubizará adecuadamente. También se utiliza el ácido fosfórico, en el caso que se tenga riego tecnificado, siendo éste y el fosfato diamónico y monoamónico, fuentes fosforadas acidificantes, con las cuales se debe tener el mismo criterio de elección que se señaló en el caso de fuentes fertilizantes acidificantes de nitrógeno.

Respecto de las fuentes fertilizantes de Potasio (K), son solubles y no acidifican. Los criterios de elección se relacionan con el costo y con que otros nutrientes aporta el fertilizante. De esta forma, si se requiere aplicar además de potasio, nitrógeno, el fertilizante nitrato de potasio es una opción, considerando que presenta una reacción alcalina en el suelo. Si se requiere aplicar también azufre, la fuente será sulfato de potasio y si además se requiere magnesio, también existe una fuente de sulfato que contiene los dos nutrientes. Una fuente más barata de potasio es el Muriato de potasio que contiene cloruros, los cuales son fácilmente lixiviados en suelos de buen drenaje en la temporada de lluvias, por lo cual se sugiere aplicarlo en otoño-invierno.

Finalmente, cabe señalar que cuando se requiere corregir nitrógeno, fósforo o potasio no se puede hacer con fertilizantes foliares, ya que no es posible incorporar a través de las hojas las cantidades necesarias.

### **3.3.7 Enmiendas**

La aplicación de enmiendas se refiere a la incorporación de sustancias al suelo, que pretenden mejorar condiciones físicas o químicas.

En el caso de las enmiendas orgánicas, se refieren a la aplicación de estiércoles, compost, rastrojos de cosechas o poda. El objetivo de dicha práctica es soltar suelos muy compactos, lo que facilita su aireación, promoviendo la exploración radicular. Como recomendación inicial, previo a la compra del material orgánico, compost, guano u otro, es tomar una muestra y enviarla al laboratorio para analizarla químicamente. Es importante conocer sus características tales como: relación C/N, para no inducir un hambre de nitrógeno, conductividad eléctrica que dice relación con su salinidad y su pH. Adicionalmente, estos productos traen también nutrientes, aunque en baja concentración, al ser aplicados en grandes cantidades son un aporte de elementos que se deben considerar en la fertilización total del viñedo.

En el caso de las enmiendas para mejorar el pH del suelo, se cuenta con productos que neutralizan parcialmente la acidez del suelo, rebajándola a niveles más compatibles con las exigencias del cultivo. Para una óptima producción de la vid, se aconseja que el suelo se encuentre sobre pH 6,0. Un análisis del pH del suelo nos indicará si es necesaria o no la aplicación de alguna enmienda al suelo.

En el caso de las enmiendas calcáreas (cal), que se utilizan para elevar el pH o para disminuir la acidez, también aportan calcio, el cual debe encontrarse sobre 5 meq Ca/100 g de suelo. En situaciones de bajo pH y deficiencia de Magnesio (Mg; menos de 1 meq Mg/100 g de suelo), se recomienda aplicar Cal Dolomita la que además de calcio aporta magnesio.

También existen las enmiendas para mejorar los suelos básicos. En este caso existen productos como el azufre, o la aplicación de ácidos por medio de la fertirrigación.

La aplicación de cualquiera de las enmiendas señaladas requiere del conocimiento de las características físicas y químicas del suelo del viñedo. No es conveniente aplicar enmiendas sin saber la real necesidad de las plantas, ya que al realizar una aplicación de azufre o cal, su efecto perdura por unos años, siendo muy difícil de revertir en poco tiempo. Por otro lado, al aplicar productos orgánicos se debe saber qué contienen, ya que hay algunos con excesos de sales o de algunos elementos que son tóxicos en altas concentraciones, como el manganeso.

### 3.4. Ejemplo de Resultados e Interpretación

Con los siguientes análisis de suelo de dos viñedos diferentes de la VI Región de Chile, se ejemplifica la interpretación y en base a ella, la toma de decisiones de fertilización. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Servicios de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Agroanálisis). Análisis de suelo (Tabla 6) y Análisis foliar (Tabla 7).

**Tabla 6:** Análisis de suelo de dos viñas A y B.



FACULTAD DE AGRONOMÍA E INGENIERÍA FORESTAL  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
AGROANÁLISIS - LABORATORIO DE SERVICIOS

Productor :  
Muestra : SUELO  
Fecha Recepción :

Identificación	Nº de Laboratorio		VIÑA A	VIÑA B	
	CUARTEL				
Análisis	Unidad	Rangos Adecuados			

#### PROPIEDADES QUÍMICAS

pH suspensión	-	-	6,38	6,45
C. eléctrica suspensión (C.E.)	mS / CM	< 0,5	0,09	0,12
Materia Orgánica (MO)	%	-	1,28	1,10

#### DISPONIBLES

Nitrógeno (N)	mg / kg	-	30	31
Fósforo Olsen (P)	mg / kg	20 - 40	26	20
Potasio (K)	mg / kg	150 - 300	160	96
Boro (B)	mg / kg	1,00 - 1,50	1,10	0,48
Azufre (S) ext.	mg / kg	> 9	14,10	8,34

#### INTERCAMBIABLES

Calcio (Ca)	meq / 100 g	> 4,1	12,5	8,96
Magnesio (Mg)	meq / 100 g	> 0,5	1,70	1,54
Potasio (K)	meq / 100 g	> 0,38	0,41	0,25
Sodio (Na)	meq / 100 g	< 0,5	0,02	0,04

Validado por: Marlene Mejías

JEFE LABORATORIO

email: agroanalisis@uc.cl

Revisado por: Liza Jofré

DIRECTORA EJECUTIVA

Los resultados indican que ambos suelos de las viñas cuentan con un pH adecuado, lo que indica que no se requiere realizar una enmienda calcárea. El Fósforo (P) se encuentra en un nivel adecuado, con una disponibilidad que puede suplir todos los requerimientos de la planta, por lo cual no es necesario realizar una aplicación con este nutriente. En cuanto al Potasio (K) se encuentra que el nivel de la Viña A está dentro del rango adecuado y el de la Viña B presenta un suministro deficiente, por lo cual se debe realizar una aplicación correctiva. En este caso, se puede utilizar sulfato de potasio, ya que permitiría suprir el nivel deficiente de azufre que indica el análisis. Otra posibilidad si el suelo es de buen drenaje es aplicar Muriato de potasio, en otoño – invierno, que favorezca la lixiviación de los cloruros que contiene este fertilizante y para subir los niveles de azufre aplicar sulfato de calcio (yeso agrícola).

En el caso de la Viña B también se ve en el análisis de suelo, un suministro bajo de boro que se debe corregir, lo cual se puede hacer con fertilizantes como ácido bórico y otros por fertirrigación o al surco se puede aplicar boronatrocacita, teniendo cuidado en la dosis, ya que el exceso de boro puede ser tóxico para las plantas. También se pueden realizar aplicaciones foliares.

**Tabla 7:** Análisis foliar, de hojas recolectadas en período fenológico de pinta.



FACULTAD DE AGRONOMÍA E INGENIERÍA FORESTAL  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
AGROANÁLISIS - LABORATORIO DE SERVICIOS

Productor :  
Muestra : FOLIAR  
Fecha Recepción :  
Predio : Viña

Identificación	Nº de Laboratorio			
	Especie		VID VINIFERA	VID VINIFERA
	CUARTEL		VIÑA A	VIÑA B
	TEJIDO		LAMINA + PECILO	LAMINA + PECILO
Análisis	Unidad	Rangos adecuados		

Nitrógeno (N)	%	2.0 - 2.5	2.50	2.34
Fósforo (P)	%	0.15 - 0.25	0.16	0.15
Potasio (K)	%	1.10 - 1.50	1.04	0.92
Calcio (Ca)	%	1.5 - 3.0	1.82	1.77
Magnesio (Mg)	%	0.20 - 0.40	0.38	0.40
Boro (B)	mg / kg	25 - 80	42	19

\* Rangos - época pinta - envero

Validado por: Marlene Mejías

JEFE LABORATORIO

email: agroanalisis@uc.cl

Revisado por: Liza Jofré

DIRECTORA EJECUTIVA

En el análisis foliar se observa que el potasio se encuentra deficiente tanto en la viña A como B. En el caso de la viña B, como se mencionó el suministro que indica el análisis de suelo está deficiente, por lo cual se debe fertilizar, para corregir ese nivel y probablemente se corregirá el nivel en la planta, lo que se debe seguir monitoreando la temporada siguiente, para verificar si fue suficiente la dosis aplicada.

En el caso de la Viña A se ve que el suministro de potasio en el suelo se encuentra en el rango adecuado, cerca del límite inferior, pero debiera ser suficiente para la planta. Puede ser que exista un problema de absorción que se debiera verificar en terreno, puede ser un problema de riego o de exploración radical. Si no es posible mejorar la eficiencia de recuperación del fertilizante potásico, se debe aumentar la dosis hasta llegar a niveles normales en la hoja. Cabe mencionar que también puede ser que el muestreo de hojas, haya sido tarde en la temporada, disminuyendo la concentración por flujo interno de potasio en dirección a tejidos de reserva.

En la Viña A se observa que los niveles de boro están deficientes, lo que se explica por el bajo nivel del suelo. Como se mencionó se debe corregir este nutriente, ya que tiene relación directa con la cuaja y por lo tanto con el rendimiento.

Para completar el manejo de la nutrición es aconsejable contar con un análisis del agua de riego, de tal forma de verificar si ésta contiene nutrientes cuyo aporte debiera ser restado. Por último se aconseja llevar la información ordenada de cada cuartel en que se considere rendimiento, análisis de suelo, análisis foliar, aplicaciones de fertilizantes y enmiendas orgánicas.

## 3.5. Herramientas de diagnóstico

### 3.5.1 Muestreo de suelos y hojas

Existen distintas herramientas de diagnóstico que abarcan desde la descripción del perfil de suelo y la sintomatología visual de las plantas hasta los análisis químicos de suelo, de material orgánico (estiércoles, compost, otros), análisis de hojas o foliar, del agua de riego, entre otros.

A continuación se detalla la forma en que se deben recolectar las distintas muestras de suelo y hoja, para que los resultados reflejen de manera fidedigna el estado del viñedo.

### 3.5.2. Análisis de suelo

El análisis de suelo es una herramienta que permite determinar las características físicas y químicas del suelo, así como su fertilidad o capacidad de entrega de nutrientes a las vides. De esta forma, se conocerán las condiciones en las que crecerán las raíces y saber si se requiere de alguna enmienda para mejorar dicha condición.

La unidad de muestreo corresponde a superficies del predio con características homogéneas, es decir, se debe tomar en cuenta si existen tipos de suelo distinto, si el historial de manejo de los potreros ha sido distinto y también las diferencias entre variedades y edad de las plantas. En definitiva, para facilitar la interpretación de los resultados, la unidad de muestreo debe tener características similares.

#### ¿Cuándo se realiza?

Antes de plantar se debe realizar un análisis físico y químico del suelo, para conocer sus características, lo que indicará la necesidad de realizar una enmienda, ya sea de aumentar o disminuir la acidez, o de la necesidad de aplicar materia orgánica. Adicionalmente, el análisis indicará los niveles de suministro de nutrientes, que para el caso de elementos de poca movilidad en el suelo, como el Fósforo (P) y Potasio (K), se pueden corregir en el momento de la preparación de suelo, quedando incorporados a la profundidad donde se establecerán las raíces.

En viñedos establecidos, se recomienda realizar un análisis químico de fertilidad de suelo al menos cada dos o tres años. Puede ser en cualquier época del año, pero se sugiere al terminar la temporada. Este análisis permitirá también monitorear el pH en el caso que se haya realizado una enmienda y se deba evaluar el momento de repetir esta práctica.

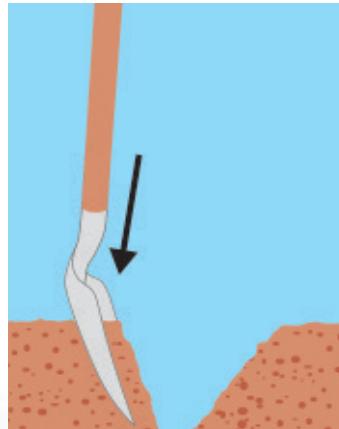
En situaciones de desbalances nutricionales, como complemento al análisis foliar, se debe realizar un análisis de fertilidad completa de suelo para diagnosticar un posible problema nutricional. En este caso se debe integrar la información de los análisis con la observación e historial del viñedo.

### ¿Cómo se realiza en terreno, el muestreo de suelo?

La muestra debe ser tomada en forma separada en sectores con distintos manejos y tipos de suelo, lo que constituye una unidad de muestreo. De cada unidad de muestreo deben tomarse sub-muestras de distintos sitios, dependiendo del tamaño del sector, recolectando suelo sobre la hilera en la zona donde crecen las raíces. Para esto se debe ir recorriendo el viñedo en zigzag o de forma tal de hacer un muestreo aleatorio que represente el suelo del cuartel a analizar.

Primero se debe limpiar el sitio del material vegetal y piedras que estén sobre el suelo, luego con una pala se extrae suelo desde los primeros 25 cm de profundidad, se deja el suelo del centro de la pala y se pone en un balde o recipiente limpio, para luego seguir con otra submuestra. Esta labor también se puede realizar con un barreno (Fotografía 15).

Al finalizar se mezcla el suelo recolectado de las distintas submuestras se introduce en una bolsa (1 kg suelo) claramente identificada con el nombre del cuartel, variedad, fecha, etc. Se debe mantener en un ambiente fresco y mandarla lo antes posible al servicio de análisis correspondiente. Se debe guardar un registro escrito de los sectores muestreados, además de algunas observaciones con el objetivo de compararlas con los resultados del análisis.



**Fotografía 15:** Toma de muestra de suelo, en los primeros 20 a 30 cm de profundidad en la zona de crecimiento de las raíces.

### 3.5.3. Análisis foliar en viñedos

El análisis foliar (hojas), es una técnica de diagnóstico ampliamente reconocida en el mundo para determinar los niveles nutricionales de las plantas. Es también una herramienta complementaria al análisis de suelo y a la sintomatología visual, para la interpretación y comprensión de la nutrición de las plantas.

La secuencia de esta técnica es, en primer lugar, la obtención del material vegetal (hoja o pecíolo), identificación y preparación de la muestra, el análisis de laboratorio y, por último, la interpretación de los resultados, cada paso es igualmente importante para el éxito de esta técnica.

#### a) Obtención de la muestra:

Los resultados del análisis foliar se comparan con estándares o patrones establecidos previamente, que son el resultado de estudios del contenido de nutrientes en plantas cultivadas bajo condiciones experimentales controladas, en universidades e institutos de investigación del mundo. La comparación con dichos estándares, implica que las muestras sean obtenidas de tejidos equivalentes y en las épocas determinadas por el estándar.

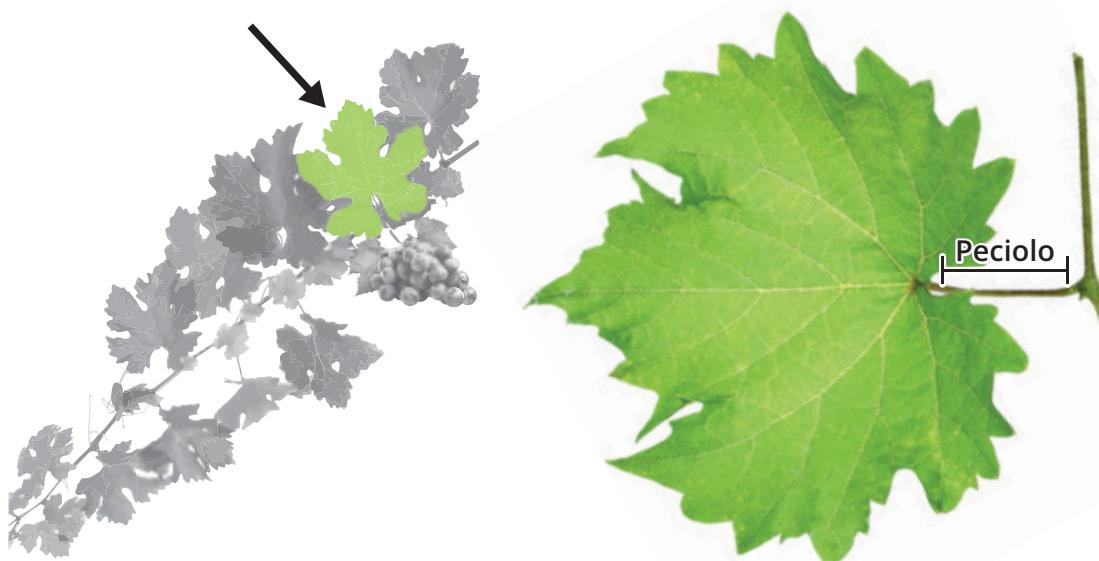
#### b) Época de recolección de las muestras foliares de la vid:

Es fundamental que el tejido muestreado sea de la misma edad fisiológica, ya que el nivel nutricional de las hojas varía en la temporada, pero además los diferentes elementos nutricionales presentan niveles distintos al cambiar la edad del tejido. El viñedo puede dividirse en unidades muestreales no mayores a 4 hectáreas de acuerdo a:

- Variedad.
- Edad de las plantas.
- Tipo y característica del suelo o manejos diferentes (si corresponde).
- Si se ha aplicado Fertilización diferencial.

En el caso de la vid existen dos momentos en los cuales se pueden hacer los análisis foliares, ya que existen estándares correspondientes a esas épocas fisiológicas. Por lo tanto, no existe una fecha calendario fija, sino que corresponde al período fenológico de floración y pinta o envero, cuando se detiene el crecimiento. En zonas más cálidas o variedades más tempraneras cumplirán esta edad antes que en zonas de producción más fría o variedades más tardías.

El tejido vegetal a muestrear en la vid, es la hoja opuesta al primer racimo (Fotografía 16), importante no recolectar de cargadores con exceso de vigor. Evitar recolectar hojas sucias, débiles, enfermas, dañadas o con apariencia anormal, ya que sus niveles nutricionales estarán alterados.



**Fotografía 16:** Recolección de muestras para el análisis foliar en vid. En floración Peciolo y en Pinta o envero hoja opuesta al primer racimo

Se deben recolectar entre 50 a 100 hojas de diferentes plantas, seleccionadas al azar en la unidad de muestreo. No recolectar más de 5 hojas por planta de modo que la muestra sea representativa. No superar las 4 hectáreas por muestra.

Es importante señalar que las muestras recolectadas deben ser colocadas en bolsas de papel debidamente identificadas señalando aspectos tales como localidad, variedad, manejo nutricional, y todo lo que pueda ayudar a la interpretación. Las muestras deben ser protegidas del sol y si no es posible enviarlas de inmediato al laboratorio, deben ser refrigeradas (4°C).

Por último, la interpretación debe realizarse considerando los distintos aspectos del viñedo, tanto del lugar donde se encuentra, como del tipo de suelo, estado sanitario del viñedo, manejo agronómico, entre otros. Lo más aconsejable que un técnico especializado participe tanto en la interpretación como en los manejos agronómicos que se deducen del análisis.





---

## **Capítulo IV**

### **Efecto del manejo vitivinícola en el entorno predial y en características de inocuidad del vino**

Daniel Knopp  
Marcos Muñoz  
Claudia Bonomelli  
Edmundo Bordeu  
Pilar Gil

# Introducción:

El concepto de sustentabilidad incluye aspectos de contaminación del agua, suelo y aire. Por otra parte, un fuerte foco en la producción agrícola hoy en día se relaciona con la seguridad e inocuidad alimentaria de los productos derivados de la producción a nivel de predio y procesamiento posterior, lo cual en el vino se ha enfocado en la presencia de elementos indeseados y que los mercados de destino se preocupan por evitar. En este capítulo abordaremos temas de inocuidad relacionados con el manejo de la viña, y cómo este podría afectar tanto el entorno como la inocuidad del vino.

## 4.1. Efecto del manejo vitivinícola sobre cuerpos de agua.

El manejo vitivinícola, así como el de cualquier sistema agropecuario, tiene efectos en su entorno, los cuales son importantes de conocer con el fin de determinar manejos orientados a mitigar cualquier efecto no deseado o que no sea consecuente con el concepto de agricultura sostenible. Estos efectos pueden observarse en el agua, en el suelo, en los ecosistemas circundantes, etc. Sin embargo, dado que el manejo vitícola tiene baja presión de fertilizantes y aplicaciones de agroquímicos, los problemas asociados a contaminación suelen estar más relacionados con el manejo en el proceso de vinificación.

Un problema asociado, es la posible contaminación difusa dada por los efluentes de las bodegas a partir de los lavados que se hacen por ejemplo a las cubas, máquinas despalilladoras, prensas, bombas, mangueras, entre otros. El agua lava y arrastra restos de orujos y mosto hacia una piscina de decantación (que comúnmente poseen las viñas); en ese punto el agua contiene una serie de contaminantes biológicos, físicos y químicos los cuales es necesario conocer y reducir (Petrucchioli et al., 2000). Se estima que por cada litro de vino se producen entre 1,3 a 1,5 Kg de desechos. Entre estos, hasta el 75% son aguas residuales de bodegas, lo que significa finalmente que por cada litro de vino, se obtienen 1 a 2 litros de efluente líquido (Airoldi et al., 2004). En términos generales, es común que los sistemas de tratamientos de residuos presenten problemas cuando la empresa vitivinícola presenta períodos estacionales de trabajo, en ese sentido, en época de vendimia existe un mucho mayor consumo de agua y sobrecarga orgánica (Kirzhner et al., 2008; Vlyssides et al., 2005). Por esto, las bodegas se pueden ver sobrepasadas en su capacidad de tratamiento para enfrentar dicha situación.

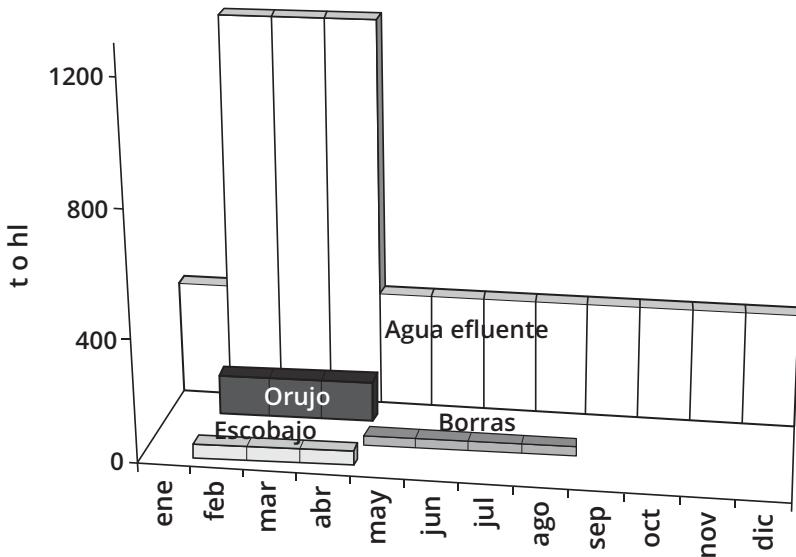


Figura 12. Evolución de concentración de carga de contaminantes presentes en los efluentes de bodega durante el año, en Mendoza (Nazrala et al., 2003).

#### 4.1.1 Regulación de emisión de contaminantes e impacto ambiental

En Chile, existen normas de regulación para emisión de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a cuerpos de agua superficiales y subterráneos (DS46 y DS90) que busca mejorar sustancialmente la calidad ambiental de las aguas, de manera que éstas mantengan o alcancen la condición de ambientes libres de contaminación. En ese sentido, en las normas se fija una concentración máxima de contaminantes permitidos para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras al medio ambiente. Es así, que en el caso de que se descarguen los efluentes a cuerpos subterráneos por proceso de infiltración es que deben acreditar una Resolución de Calificación Ambiental presentada ante la Dirección General de Aguas [DGA] los antecedentes que permitan determinar la vulnerabilidad del acuífero, por ejemplo; propiedades del suelo, de la zona saturada y de la no saturada, características del acuífero, entre otras. A continuación, se presenta una tabla resumen de la concentración máxima permitida para estos elementos según las normas previamente descritas.

**Tabla 8.** Adaptación propia a partir de lo estipulado por los decretos supremos 90 y 46 con su respectivo límite máximo permitido. (n/a = no aplica).

Parámetro	Valor Permitido DS90	Valor Permitido DS46	Parámetro	Valor Permitido DS90	Valor Permitido DS46
Aceites y Grasas mg/L	20	60	Mercurio mg/L	0,001	0,001
Aluminio mg/L	5	1	Molibdeno mg/L	1	0,07
Arsénico mg/L	0,5	0,05	Nitrógeno Total Kjeldhal mg/L	50	50
Benceno mg/L	N/A	0,01	Níquel mg/L	0,2	0,1
Boro mg/L	0,75	0,75	Pentaclorofenol mg/L	0,009	0,009
Cadmio mg/L	0,01	0,01	Plomo mg/L	0,05	0,2
Cianuro mg/L	0,2	0,2	Poder Espumógeno Mm	7	N/A
Cloruro mg/L	400	400	Selenio mg/L	0,01	0,01
Cobre total mg/L	1	1	Sulfatos mg/L	1000	300
Coliformes Fecales NMP/100 ml	1000	N/A	Sulfuros mg/L	1	3
Cromo Hexavalente mg/L	0,05	0,05	Sólidos Suspendidos Totales mg/L	80	N/A
DB05 mg O2/L	35	n/a	Temperatura °C	35	N/A
Fluoruro mg/L	1,5	1,5	Tetracloroeteno mg/L	0,04	0,04
Fósforo mg/L	10	n/a	Tolueno mg/L	0,7	0,7
Hidrocarburos Fijos mg/L	10	0,001	Triclorometano mg/L	0,2	0,2
Hierro Disuelto mg/L	5	1	Xileno mg/L	0,5	0,5
Índice de Fenol mg/L	0,5	n/a	Zinc mg/L	3	1
Manganoso mg/L	0,3	0,3	pH mg/L	6-8,5	N/A

Por lo general las viñas cumplen con la mayoría de los elementos que regulan las normativas, sin embargo, la demanda biológica de oxígeno (DBO5), aceites y grasas, sólidos suspendidos totales, Nitrógeno, Manganese y pH ácidos, son los parámetros que por lo general se pueden encontrar fuera de normativa en los períodos de vendimia (Bories y Sire, 2010). El SAG ha caracterizado el impacto que tienen estos elementos al medio ambiente, los cuales se resumen en el siguiente cuadro.

**Tabla 9.** Efecto de elementos contaminantes en distintos agentes del medio ambiente descritos por SAG (n.d.)

Parámetro	Agente Afectado	Principales Aspectos
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	Aguas	Una elevada carga se traduce en el agotamiento del oxígeno disuelto en el agua, lo que impide la sobrevivencia de la flora y fauna acuática.
	Suelos	La presencia de materia orgánica (en estado húmico) es siempre deseable, ya que por su intermedio se desarrollan procesos de integración estructural del particulado fino, favoreciendo así las propiedades de infiltración y retención de agua. También permite, a través de la degradación, la entrega de micronutrientes esenciales para las plantas. No obstante lo anterior, descargas de materia orgánica fresca producen una fuerte competencia entre los microorganismos del suelo con la planta, por lo que se debe cuidar que la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) se mantenga en los rangos 8:1 a 15:1.
	Atmósfera	Su presencia en exceso condiciona reacciones anaeróbicas, las cuales pueden generar olores molestos.
Sólidos Suspensidos	Aguas	En aguas superficiales, produce una disminución de la transparencia así como modificaciones en el color, afectando con ello a los organismos fotosintéticos.
	Suelos	Las distintas partículas se depositan directamente sobre el horizonte superficial formando costras de diferente espesor, reduciendo el espacio poroso, sellando e impidiendo el intercambio gaseoso suelo-atmósfera, reduciendo o anulando la permeabilidad e infiltración del agua, afectando directamente la nitrificación y el crecimiento y desarrollo de las plantas.
	Infraestructura	En riegos localizados (goteo o microaspersión) se produce la obstrucción de los goteros con concentraciones mayores a los 100 mg/L.
Nitrógeno Total	Aguas	Niveles altos de nutrientes en el agua originan el proceso de eutrofización del agua, el cual se caracteriza por un crecimiento explosivo de algas, lo que trae como consecuencia una acelerada desoxigenación e interferencia al paso de la radiación solar por debajo de la superficie, fenómenos que en conjunto producen la disminución de la capacidad auto depuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos vivos acuáticos.
	Suelos	La acumulación de nitritos puede ocurrir en cantidades tóxicas cuando los compuestos conteniendo amonio son añadidos a suelos con pH muy alto (alcalinos), lo que puede atribuirse al efecto tóxico sobre las bacterias del tipo nitrobacter.
	Agricultura	Su aplicación en exceso puede ocasionar efectos perniciosos en algunos cultivos, como son retardar la maduración de los frutos al favorecer el crecimiento vegetativo; disminuir la calidad del cultivo y, en casos extremos, la muerte de la planta.
	Flora y Fauna	El nitrógeno amoniacal es tóxico para los peces, debido a su gran solubilidad en lípidos que lo capacita para difundir rápidamente y cruzar las membranas celulares.
	Salud Pública	La contaminación por nitratos, de las aguas superficiales y aguas subterráneas, puede acarrear serios problemas para la salud humana al desencadenarse procesos cancerígenos, al transformarse (en el estómago) a nitritos.

Estos elementos encontrados en aguas utilizadas en bodegas son resultantes de los procesos de fermentación y falta de manejos e infraestructura para contrarrestarlos en época de vendimia. Entre estos elementos, el DB05 es un indicador importante en los efluentes, que es originada a partir de la materia orgánica y carga de levaduras que pasan por procesos de fermentaciones, traduciéndose en borras las cuales son responsables de esta caracterización orgánica (Kirzhner et al., 2008). La presencia del Manganese tiene diversas fuentes, entre ellas pueden ser a nivel predial, ya sea por condiciones inherentes del predio como también a nivel de bodega.

Por lo general, se ha observado casos en que las viñas cuentan con una piscina primaria de decantación en donde el agua proveniente de la bodega escurre por un alcantarillado y converge en esta piscina, la cual carece de sistemas de agitación y con el paso del tiempo las partículas más pesadas decantan al fondo. Posteriormente, el sobrenadante es bombeado ya sea para verterla a cursos de aguas mediante sistemas de alcantarillado o para regar ya sea caminos, praderas o el mismo viñedo. La mayor preocupación de este tipo de prácticas es el alto contenido de carga orgánica, metales, bajos pH, lo que conduce al agotamiento del oxígeno disuelto, daño a la flora y fauna y solubilización de otros metales tóxicos para las plantas. Por lo que estos efluentes no deben ser liberados directamente sin tener un previo proceso o acondicionamiento. A continuación, se muestran imágenes de un ejemplo de manejo deficiente de riles de una viña.



**Fotografía 17.** Planta de tratamiento de riles de un viñedo y reutilización de sobrenadantes para riego.

Por su parte, los sólidos como los escobajos y hollejos pueden ser mezclados con las tierras de cultivos mediante un proceso previo de compostaje, pero en muchos casos sólo se botan a la basura o se externaliza a empresas depuradoras. A pesar de la carencia de infraestructura que puedan tener los viñedos y de la estacionalidad de producción, se pueden realizar ciertos manejos de gestión y mejoras de infraestructuras para aminorar parcial o totalmente dichos elementos no deseables para el ambiente, con medidas que pueden ser aplicadas a un corto plazo y sin involucrar una inversión considerable, los cuales han sido recomendadas por la OIV (1999) como buenas prácticas para el manejo de recursos naturales.

#### **4.1.2. Puntos claves de gestión de efluentes**

Cada bodega es un caso particular, tanto por la posición geográfica, tamaño de la bodega, características de sus instalaciones, manejos y productos enológicos aplicados, si corresponde a elaboración de vinos blancos y/o tintos, etc. Para dar una medida de mitigación definitiva se deben considerar todos esos factores. Sin embargo, se puede plantear un enfoque global y los puntos claves de gestión propuestos por la OIV son los siguientes:

- a) Higiene:** Optimización de las operaciones de limpieza (uso óptimo y racional del agua y de productos desinfectantes).
- b) Subproductos de vinificación:** Lograr una reutilización y revalorización de los subproductos de bodega tales como; escobajos, semillas de uva, borras, levaduras, entre otros.
- c) Efluentes de bodega:** Mantener un monitoreo e implementación cuantitativa y cualitativa de alguna metodología de tratamiento (individual o asociado).
- d) Residuos (envases, medios de filtración, etc.):** Inventario, método de recolección y eliminación.

A continuación, se entregarán medidas de prevención que no requieren una mayor inversión. Estas medidas son de fácil implementación y pueden ser muy efectivas en reducir la carga de contaminantes biológicos y de compuestos inorgánicos. Esto permitirá que posteriormente el volumen a tratar sea menor y por tanto, sea menos difícil y costoso.

#### 4.1.2. Modificaciones de gestión interna

**a)** Asegurar la buena gestión del agua dentro de la bodega, es decir, lograr una alta calidad de lavado con el menor uso de agua, esto con la finalidad de reducir todo lo posible el volumen de efluentes a tratar. Es por ello que se recomiendan las siguientes prácticas:

- **Contar con mecanismos de control del agua utilizada en bodega:** mediante la utilización de contadores volumétricos, ir registrando cada cierto período de tiempo el caudal aplicado; de esta forma se tendrá un indicador que ayude a identificar cuando uno está gastando más agua de lo normal.

- **Separación de las aguas limpias de aquellas que poseen materia orgánica o algún detergente desinfectante:** por ejemplo, en aquellos manejos de enfriamiento por rociado o circulación, lavado de botellas nuevas, aquellas aguas limpias pueden ser vertidas directamente en el predio por ejemplo en acumuladores de agua o en la red de alcantarillado común.

- **Limitación de pérdidas:** se recomienda utilizar válvulas de paso con gatillos supresores en las mangueras de lavado para que se suministre agua sólo cuando sea necesario y se evita que queden grifos o mangueras abiertas por largos períodos de tiempo. También se recomienda en la medida de lo posible realizar alguna limpieza previa en seco.

- **Aumentar rendimientos de limpieza:** lograr una mejor calidad de limpieza y con un menor uso de agua mediante sistemas de alta presión, pistolas de espuma, lavados con agua caliente y con buena gestión a nivel de bodega.

**b)** Tener precaución y control con las aplicaciones de aceites y grasas para lubricar tanto las bombas para remontajes, máquinas despalladoras, entre otros. Evitando un uso excesivo de este y/o derrames. De acuerdo con esto, se recomienda establecer protocolos o cartas de procedimientos para limpieza de instalaciones y máquinas.

**c)** Evitar en lo posible que los subproductos que surgen a raíz de la elaboración del vino (escobojos, semillas, orujos, borras, entre otros) lleguen a la planta de tratamientos de riles, ya que al reducir la carga de estos componentes orgánicos implica en una disminución importante en el DB05 y, en consecuencia, del volumen y carga contaminante de los efluentes a tratar. En ese sentido, se recomienda el reutilizar y recuperar estos subproductos para el mejoramiento de suelo mediante un compostaje (Foto 18). Además, estos pueden ser vendidos a terceros, donde el comprador debe contar con una autorización sanitaria para utilizarlas como abono, en algunas circunstancias el material orgánico de la bodega debe pasar por sistemas de estabilización.



**Fotografía 18.** Manejo de subproductos de vinificación en una viña  
(Informe Sustentabilidad, Viña Santa Rita 2018).

En caso de la elaboración de vinos blancos, los orujos que son separados de la pulpa pueden ser utilizados para complementar la dieta animal como un suplemento alimenticio altamente energético, con proteínas de fácil asimilación, grasas, fibras, humedad y azúcar. También, la extracción de compuestos específicos de los orujos puede dar a un nuevo enfoque para alimentación de humanos ligado a aspectos de vinos y salud. En este caso es necesario considerar la neutralización de pH que se señala a continuación.

**d)** Neutralización de pH en pileta con aplicaciones de productos que permitan incrementar el pH. Esto debe ir acompañado de una medición de pH para verificar que el nivel de acidez del efluente sea el adecuado para verter al medio ambiente. Para ello se pueden utilizar medidores eléctricos o tiras indicadoras de pH.

#### 4.1.3. Tratamientos aplicables a los efluentes de bodega

Es indispensable y un prerrequisito que ante cualquier tratamiento de depuración de los efluentes de bodega exista un sistema de filtrado, que permita separar los sólidos del agua, dado que en las aguas de efluentes vinícolas pueden contener partículas sólidas, que constituyen una fuente de contaminación y también pueden dañar los equipos de tratamientos como por ejemplo las bombas o provocar una rápida colmatación de estructuras de decantación o piscinas de tratamientos. Para ello, se puede contar con una piscina de decantación y/o algún tipo de filtro previo al ingreso del ril, como por ejemplo un filtro parabólico de acero inoxidable (eficiencia remoción de 80-90% de los sólidos). Los elementos decantados y/o filtrados se pueden destinar a la elaboración de compost. Dichos pretratamientos permiten reducir sustancialmente el ingreso de partículas a la piscina de tratamiento (OIV, 1999).



**Fotografía 19.** Uso de filtro parabólico previo a la piscina de agitación y neutralización del pH, los subproductos se depositan en los bins para pasar a proceso de compostaje.

A continuación, se presenta una breve descripción de distintos tipos de tratamientos que han sido investigados, de los cuales sólo algunos han sido implementados en la industria vitivinícola. Estos tratamientos varían de acuerdo con las condiciones locales a las que se encuentran las bodegas.

### a) Tratamientos biológicos:

Este tipo de tratamiento se basa en el principio de desarrollar microorganismos aeróbicos que permitan degradar la materia orgánica y posteriormente un proceso de decantación de los lodos generados. Estos pueden ser clasificados como discontinuos o continuos. Sea cual sea el procedimiento, este tipo de tratamientos por lodos activos dan excelentes rendimientos de depuración y reducción significativa del DB05.

#### Tipos de lodos activos:

- **Sistema de lodos activos discontinuo:** Se busca la aireación de los efluentes mediante procesos de aireación y agitación, mientras se da este proceso cada día se puede ir introduciendo un volumen de efluentes hasta el llenado del ril. El proceso de aireación-agitación finaliza una vez que se logra la eliminación de la contaminación soluble. Luego comienza una fase de decantación de los lodos teniendo como consecuencia una separación de los efluentes, en una fase líquida y otra sólida. Finalmente, de la fase de decantación se evacuará la fracción de sobrenadante y después se reinicia el ciclo con un nuevo volumen a tratar. Cada cierto tiempo será necesario la limpieza del fondo de la piscina de ril. Considerando la estacionalidad de los efluentes generados en las bodegas se recomienda contar con una piscina previa a ésta, para ir alimentando la planta de riles de forma regular y así optimizar su funcionamiento.

- **Sistema de lodos activos continuo:** Consiste en la aireación de los efluentes en una batería de piscinas o balsas, en la medida que se avanza a una balsa se va obteniendo un efluente más limpio, este proceso finaliza con una piscina de decantación y posteriormente se evaca el sobrenadante. Las limitantes de estos es un uso importante de suelo y de varios dispositivos de aireación, como también de una limpieza más frecuente de los lodos decantados al fondo de las balsas y piscina de decantación.

Entre las principales limitantes de los tratamientos de lodos activos se encuentra la sensibilidad a las variaciones de carga y que requiere una gestión de lodos producidos.

### b) Rociado agrícola:

Consiste en la utilización de la fracción sobrenadante para regar zonas explotadas (praderas), para ello, se debe asegurar que la calidad del agua se encuentre de acuerdo con lo estipulado por la norma chilena de aguas para riego [NCh1.333], en ese aspecto se requiere estructuras que puedan acumular grandes cantidades de agua para que mediante procesos de decantación puedan mejorar la calidad de éstas.

### c) Evaporación natural o forzada:

Esta consiste en concentrar por evaporación los efluentes decantados en un embalse o trunque completamente hermético. Ya sea de forma natural o forzada mediante ventilación mecánica. En estos casos se requiere tener una gestión de los lodos obtenidos después de la evaporación. Para lograr la evaporación natural se requiere la estimación de una superficie importante, la cual está en función de los efluentes generados por la bodega. Estas balsas funcionan bien en regiones con clima mediterráneo, donde las condiciones climáticas son extremadamente favorables para la evaporación. Entre sus principales limitantes son los riesgos de molestias olfativas, la superficie y el costo de impermeabilización que requiere el embalse.

### d) Biofiltros:

Consiste en la utilización de bacterias y lombrices para el filtrado biológico que logran reducir los parámetros como el DB05 en un 90%, los sólidos suspendidos totales en un 90 a 95%, grasas y aceites, entre otros elementos (Sinha et al., 2015). Las lombrices se encargan de digerir los sólidos suspendidos, mientras que por los canales que general se va aireando la solución. Luego, la gravedad empuja hacia abajo el agua y de esa forma pasa a través de distintas capas de aserrín y piedras donde finalmente el efluente puede ser utilizados para riego si se cumple con la calidad estipulada por la norma Chilena 1.333.



*Fotografía 20: Planta de Biofiltros en viña Fetzer, California USA (Reporte Sustentabilidad de Viñedos Fetzer, 2016).*

### e) Inyección de Ozono:

El ozono es el agente oxidante más potente y disponible para el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, es un gas inestable en contacto con el agua y es por ello, que el Ozono no puede ser almacenado ni menos enviado a un cierto lugar, es por ello por lo que debe ser generado y aplicado en su punto de uso (Rice, 1996). La inyección del Ozono en las aguas residuales de las bodegas permitiría la eliminación de bacterias, virus, materia orgánica (fenoles, pesticida, detergentes) (Niegowski, 1953; Terry, 2010). Además de tener un efecto de desinfectante puede oxidar el hierro y manganeso (Jongdee et al., 2017). A diferencia del cloro, el ozono no deja olor ni sabor después del tratamiento. De esa manera, se logra la depuración de la materia orgánica, reduciendo considerablemente los niveles de DBO5 en poco tiempo, tampoco requiere un gran espacio para su utilización. Aun así, se requiere una inversión importante, sin embargo, existen empresas especializadas que entregan servicios de arriendo del equipo para los meses de vendimia.

A modo de conclusión, previo a recurrir en una inversión e implementación de estos tipos de tratamientos, es necesario e indispensable ser eficientes y lograr una excelente gestión interna del uso de los recursos, como es el caso del agua e insumos, de esta forma se asegura una mayor eficacia en los procesos como también reducir sustancialmente los volúmenes a tratar. Lo anterior permite tener un buen control interno, se puede avanzar al siguiente paso de poder implementar cualquier metodología de tratamiento de riles. De todas formas, es de vital interés poder evaluar e investigar nuevos mecanismos que permitan una eficaz y eficiencia depuración de los efluentes de bodega y la relación beneficio/costos asociados a la implementación de estas tecnologías, como son la inyección de ozono, el uso de biofiltro o la biorremediación. Si bien, la fiscalización de la calidad de riles es escasa o nula, hoy en día distintos mercados van exigiendo que las faenas agrícolas sean cada vez más amigables con el medio ambiente, es por ello, que por ejemplo, pueden exigir normas ISO como la 14.001 que puede llegar a solicitar una gestión eficiente de riles, como también acceder a certificaciones como el área roja del Código de Sustentabilidad de Vinos de Chile.

## 4.2. Efecto del manejo vitivinícola sobre la inocuidad del vino.

El vino es una de las bebidas alcohólicas más populares y consumidas del mundo. A parte de su impacto económico, el vino puede tener efectos positivos en la salud humana, como por ejemplo una reducción del índice de mortalidad por enfermedades coronarias. Actualmente, la producción del vino se está llevando a cabo en todos los continentes del planeta, y su composición química está fuertemente influenciada por distintos factores, como, por ejemplo, las técnicas y manejos enológicos empleados en las bodegas, variedades, zonas geográficas, clima, entre otros factores. La calidad del vino considera sus cualidades organolépticas como también aspectos nutricionales y aspectos de seguridad alimentaria.

En cuanto a inocuidad alimentaria del vino, ésta depende de las condiciones de producción de la uva en la viña hasta el embotellado en bodega. Dado que la comercialización del vino es a nivel mundial, los temas de inocuidad que cada mercado consideran para su consumo se relacionan con las normativas de cada país. Es así como internacionalmente los mercados han determinado límites de elementos y residuos en los vinos, como por ejemplo el mercado chino que ha establecido concentraciones límites de cobre (1 mg/l), hierro (8 mg/l) y manganeso (2 mg/l) en el vino. Los metales en la uva y el vino se producen en concentraciones de mg /L o menos, y, aunque no se relaciona directamente con la calidad del producto, su contenido debe ser determinado porque el exceso es indeseable, y en algunos casos prohibido, debido a su toxicidad potencial (Tariba, 2011; Tariba et al., 2011). El contenido de plomo en el vino, por ejemplo, está restringido en varios países para garantizar la protección de la salud de los consumidores (FAO y OMS, 2018).

La Organización internacional de la viña y el vino (OIV), contribuye a la definición de estándares internacionales en cuanto a condiciones de producción y comercialización de productos vitivinícolas. Esta organización se encuentra en activa conexión con el Codex Committee on Food Additives, lo que permite evaluar las prácticas enológicas y certificaciones necesarias para asegurar la seguridad de los productos, como también sus cualidades (Codex Alimenentarius Comission, 2016). Adicionalmente, hoy en día los mercados internacionales presentan mayores exigencias en cuanto a límites máximos de elementos, lo que obliga a las viñas a controlar y mejorar sus procesos operativos, mediante la inclusión de nuevos procesos que fomenten una producción que cumpla con las legislaciones nacionales e internacionales vigentes.

Si bien, el consorcio de Vinos de Chile, mediante el instrumento “El Código de Sustentabilidad” busca incorporar prácticas de sustentabilidad y seguridad alimentaria en las empresas vitivinícolas asociadas, la accesibilidad a este tipo de instrumento presenta barreras de entradas para viñas pequeñas y medianas, que cuentan con un bajo poder de adaptación ante un posible cambio regulatorio nacional e internacional.

Muchas variables condicionan la calidad final del vino, las que comienzan en el predio. En temas de calidad e inocuidad, es de interés conocer cuáles son las variables que influyen en la disponibilidad o ausencia de ciertos elementos que contenga el vino, cuáles son las concentraciones que llegan a afectar la calidad de un vino y también qué componentes indeseables dada su toxicidad en la salud humana puede contener. Respecto a este último punto, ha sido de especial interés por parte de los mercados consumidores de vino el solicitar límites respecto de la presencia de distintos elementos químicos, y especialmente de metales pesados. La proveniencia, límites, analíticas y manejo para determinar la presencia de estos elementos indeseables se desarrolla a continuación.

A continuación se muestran los niveles de tolerancia de distintos contaminantes químicos en el vino según mercado de destino y se expone una metodología para detectar la o las principales fuentes de donde pudieran provenir distintos agentes contaminantes, los que puede ser de carácter endógeno y/o exógeno al predio.

#### **4.2.1. Regulaciones y exigencias gubernamentales**

De acuerdo con el potencial tóxico de los elementos metálicos y para resguardar la salud humana, distintas organizaciones comerciales y algunos países han desarrollado legislaciones que definen un límite máximo aceptable de ciertos metales y elementos que tienen el potencial tóxico bajo una ingesta alta de vino (Tabla 10). Estas regulaciones van cambiando constantemente y en algunos casos se van tornando más exigentes; hay casos en el que se ha logrado disminuir la exigencia, como el caso de la asamblea de la OIV realizada en Ginebra de 2019, donde se aprobó un aumento del límite del plomo en los vinos de 0,05 mg/L, llegando a 0,10 mg/L para el vino (OIV, 2019). Sin embargo, siempre existe la presión de grupos e importadores de restringir o limitar las concentraciones de metales y en el caso del plomo volver el límite a 0,05 mg/L. Este límite tiene importantes consecuencias para el comercio internacional, según los datos que posee la OIV, ya que definir el límite del plomo a 0,05 mg/L llevaría a eliminar aproximadamente un 3% de los vinos, que equivalen a 7.5 millones de hectolitros que serían excluidos del comercio internacional vinícola. En otros casos, se están considerando límites máximos para otros elementos, tales como el Manganeso en China (Gómez y Sotés, 2014)

**Tabla 10.** Concentración de metales pesados definidos por la OIV y distintos países del mundo  
Arsénico (As), Boro (B), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Zinc (Zn), Manganese (Mn) y Hierro (Fe)

Países / Organizaciones	Concentración en mg / L							
	As	B (ácido bórico)	Cd	Cu	Pb	Zn	Mn	Fe
OIV	0.2	80	0.01	1	0.10	5		
China	-	-	-	1	-	-	2	8
Brasil	-	-	0.2	-	0.5	-	-	-
Croacia	0.2	80	0.01	1	0.2	5	-	20
Hungría	0.05	-	0.02	1	0.25	-	-	-
Australia	0.1	-	0.05	5	0.2	5	-	-
Alemania	0.1	-	0.01	5	0.3	5	-	-
Italia	-	-	-	10	0.3	5	-	-

**Fuente:** Adaptado por Muñoz (2019) de AWRI (2017) , OIV (2018), Tariba (2011)

La tabla anterior muestra algunos ejemplos de exigencias de límites máximos de elementos en los vinos. Para Chile, son de especial interés los parámetros de la OIV, China, Brasil y Europa en general.

#### 4.2.2. Fuentes de metales que pueden encontrarse en el vino

Para clasificar y exponer las posibles fuentes que pueden afectar un vino, es necesario separar en dos partes el proceso de elaboración de vino, la viña y bodega, las cuales engloban una serie de fuentes que pueden interferir en la calidad final de un vino.

En relación con la viña, ésta puede incorporar elementos contaminantes y metales a la baya mediante dos mecanismos, la absorción y el contacto. La absorción se origina a nivel de raíces; este es el mecanismo por el cual se incorpora una mayor proporción de nutrientes y metales a las bayas con las que posteriormente se hace el vino. La absorción de más o menos elemento contaminante depende en primer lugar de las características fisicoquímicas que posea el

suelo. En el caso del Manganese por ejemplo, la textura, capacidad de drenaje del agua en el perfil de suelo, y/o presencia de napas superficiales o estratas imparables, pueden generar un medio anaeróbico en la zona de raíces que puede facilitar la disponibilidad y absorción de este elemento. En aspectos químicos del suelo, los micronutrientes como el Hierro, Cobre, Zinc y Manganese se encuentran con mayor disponibilidad en suelos con pH ácidos (Dube et al., 2001). Por otra parte, el mecanismo de contacto consiste en un aporte de metales por partículas de suelo que son transportadas vía aérea y son depositadas en las bayas de los racimos (Weinstein, 1984). La presencia de elementos como Arsénico, Cadmio y Plomo, por ejemplo, pueden variar según la zona, y es que estos pueden ser aportados desde el suelo dada la composición de la roca madre, llegando a las bayas vía absorción o por deposición aérea.

Por otra parte, la contaminación con elementos químicos en el vino puede ser producto del manejo vitícola, el que puede propiciar la incorporación de elementos metálicos a las plantas por absorción y deposición. En este aspecto, las acciones que pueden estar afectando contenidos de elementos indeseables en las bayas pueden ser por ejemplo el manejo de fertilización, ya sea con fuentes sintéticas u orgánicos (Yang et al., 2018). Cabe destacar que aportes de algunos estiércoles, pueden significar una fuente importante de Hierro, Cobre y Manganese. Otra acción puede ser un manejo ineficiente del riego, el que podría por ejemplo generar anegamiento en la zona radicular y como consecuencia generar un medio ideal para la disponibilidad y absorción del Manganese (Pardos, 2004). Asimismo, puede existir deposición de partículas en las bayas producto de la contaminación atmosférica que ha aumentado considerablemente en los últimos años producto de la actividad industrial y polución generada por las ciudades (Affum et al., 2008; Jiang et al., 2018) o zonas urbanas cercanas a las viñas. Igualmente existe deposición de las partículas de suelo en las hojas y bayas que se levantan con el paso de automóviles y/o tractores a alta velocidad (Bhuie et al., 2004). Incluso, la combustión fósil de combustible es una fuente de Manganese y Hierro, dado que dichos metales son utilizados para la mejora del octanaje de los combustibles sin Plomo, como el metilciclopentadienil manganeseo tricarbonil (MMT) (Walsh, 2008).

También puede existir un input de metales por los insumos, materiales y manejos enológicos utilizados en las bodegas. Por ejemplo, según Australian Wine Research Institute (2018), menciona que existe un fuerte vínculo respecto a la concentración de Arsénico, Plomo y Cadmio tras el manejo de Bentonita que se utiliza para la clarificación del vinos (Kristl et al., 2003) y también por el contacto incorrecto del vino con superficies de Aluminio. En relación con el Plomo, antiguamente se utilizaba el Plomo como un compuesto en la gasolina, pero hoy, el principal problema de Plomo de los vinos era a causa de la deposición atmosférica. Hoy en día, la contaminación de Plomo por la atmósfera se ha reducido, sin embargo, la contaminación por Plomo surge a raíz del uso de elementos de impulsión y distribución del vino, tales como el uso

de bombas, válvulas, grifos y tuberías a base de Bronce (Kristl et al., 2003). Afortunadamente, hoy en día se ha estado reemplazando el bronce por acero inoxidable. Asimismo, se puede generar un aumento del Cromo, Cobre, Hierro y Zinc, producto de una prolongada maceración, así como también por la adición del sulfato de cobre después de fermentación para la eliminación del sulfídrico ( $H_2S$ ), que desde luego su oxidación contribuye a un aumento del contenido de Cobre y Hierro (Pohl, 2007). Otro caso es el aumento en la concentración del Cromo cuando el vino es almacenado por un período de tiempo prolongado en tanques de acero inoxidable o después del embotellado (para la pigmentación de las botellas se utiliza Óxidos de Cromo como materia prima) (Tariba, 2011a).

La calidad del agua también puede ser un input de metales, ya que en los meses de máxima demanda (enero-marzo) por lo general, las aguas se encuentran con una mayor concentración de contaminantes que pueden entrar en contacto con las bayas mediante las aplicaciones foliares. El agua utilizada en bodega ya sea para lavado de cubas y disolución de insumos enológicos, pueden ser afectada por estos procesos y ser utilizada para el riego de vides. Sin embargo, estas aguas se caracterizan por poseer pH ácidos lo que puede afectar la presencia y disponibilidad de micronutrientes.

Otra fuente de metales son las aplicaciones de pesticidas, fungicidas y herbicidas las cuales pueden contener Cadmio, Cobre, Manganeso, Plomo y Zinc y su uso intensivo en el largo plazo pueden ocasionar efectos negativos en el ambiente volviendo tóxicos el suelo y los cuerpos de agua del viñedo. Por último, puede existir presencia de metales como Arsénico, Cadmio y Plomo en terrenos donde antiguamente también se hacía producción agrícola y donde se usaban algunos pesticidas inorgánicos como arseniatos de plomo y calcio, sulfatos de cromo, etc. Estos elementos son muy persistentes en el ambiente y puede ser que siga existiendo detección de estos elementos traza.



**Figura 13.**  
Esquema de distintas fuentes endógenas (interior) y exógenas (exterior) que influyen en la presencia y concentración de metales en el vino. Adaptado de Pohl (2007).

#### **4.2.3. Efecto de metales en la calidad del vino.**

La mayoría de los elementos químicos presentes en el vino no son perjudiciales e incluso son beneficiosos, dado que participan activamente en la fermentación alcohólica, dando estabilidad en un vino mediante la regulación del metabolismo celular de las levaduras, entre ellos se caracterizan Calcio, Potasio, Magnesio y Sodio, y también los metales Hierro, Zinc y Manganese. De esta forma, todos los compuestos y elementos presentes en un vino aportan a la calidad final del producto, generando una combinación particular y en consecuencia van definiendo los principales atributos organolépticos de cada vino. De acuerdo con lo anterior, es importante conocer la concentración de cada elemento, dado que un exceso de estos mismos elementos considerados beneficiosos, en exceso puede afectar negativamente la calidad y propiedades organolépticas del vino.

Un ejemplo es el caso de un exceso de Hierro y Cobre que pueden catalizar oxidaciones de sustancias polifenólicas y en altas concentraciones pueden causar enturbiamientos. Además, estudios realizados por Pohl (2017), evidenciaron que excesos de Manganese pueden estimular la formación de acetaldehído. Otros elementos como Aluminio, Níquel y Zinc en altas concentraciones podrían contribuir al deterioro oxidativo del vino (pardeamiento) (Tariba, 2011a). Por último, las altas concentraciones de Potasio resultan en precipitados de bitartrato de potasio, mientras que en el caso de altas concentraciones de Calcio pueden provocar precipitaciones de tartrato neutro de calcio.

#### **4.2.4. Metodologías para aislar y diagnosticar metales presentes en el vino**

Los mercados internacionales en que se comercializa vino, han ido incorporando y aumentando los niveles de exigencias en relación con la calidad e inocuidad de los vinos, ya sea disminuyendo la concentración máxima o incorporando nuevos elementos con un rango máximo permitido. Es por ello, que ante nuevas exigencias que influyan en la comercialización del vino, es importante conocer las distintas herramientas de diagnóstico que nos permiten aislar el o los factores que incorporan elementos o concentraciones no permitidas al vino.

Lo primero es saber si el vino cumple con la normativa relacionada con su destino de comercialización, es decir, la metodología se aplicaría en aquellos vinos cuyo destino son mercados de exportación con normativas de elementos y concentración definida. A través de un análisis de metales en el vino, se puede confirmar si el vino cumple con la normativa del país al cual se exportará. En el caso de encontrarse al límite o fuera de la normativa en algún(os) de los elementos, se recomienda proceder a realizar un estudio prospectivo de la trazabilidad de dicho compuesto en todo el proceso productivo, con tal de averiguar el o los puntos críticos y finalmente definir los protocolos y manejos correspondientes que permitan aprobar la normativa.

## 4.2.5. Metodología

El elemento químico presente en el vino que se encuentra fuera de normativa, puede provenir desde (1) la viña o incorporarse en la (2) bodega de vinificación.

**1)** En el caso del viñedo, las posibles fuentes de incorporación del elemento o metal al vino son: el agua, el suelo, el aire y la planta. El elemento puede llegar a la baya por cualquiera de estas vías y finalmente al vino. Por cualquiera de estas fuentes mencionadas, el elemento puede llegar por contacto o por absorción.

Para aislar el factor, se deben realizar análisis:

### a) Muestreo y análisis de agua de riego

El agua de riego puede contener un elemento o una concentración, que por absorción llegue a la planta y con ello a las bayas. Para determinar el impacto de la calidad del agua de riego se deben extraer muestras de agua ya sea en botellas de polietileno o de vidrio limpias y analizarlas. Esta determinación se debe realizar en un laboratorio acreditado, pudiendo solo medir el elemento en cuestión, y/o bajo las normativas de agua como NCh.409 o NCh.1333, dependiendo del alcance del estudio. De esta manera se podrá determinar si el agua es o no un suministro del metal en evaluación.

### b) Muestreo para análisis de suelo

El análisis de suelo nos permite determinar la concentración de elementos, ya sea nutrientes para las plantas u otros elementos o metales en el suelo. También, mediante este análisis se pueden determinar otros parámetros químicos de importancia tales como pH, materia orgánica, contenido de sales, entre otros. En el caso del elemento en estudio se determina en el suelo, tanto su disponibilidad para las plantas como su contenido total. Los análisis de suelo para la agricultura tienen la ventaja de poder determinar cuánto suministro existe de manera asimilable para la planta y cuanto existe en su totalidad en el suelo, cantidad que no necesariamente la planta puede absorber. Existen estándares de que concentraciones de elementos disponibles en los suelos, son los adecuados para las plantas, herramienta que es de mucha utilidad para la interpretación de los resultados.

En el caso que estamos estudiando la incorporación de un metal o la concentración de éste en la planta vía absorción desde el suelo, la determinación que se utiliza es el elemento disponible o absorbible por las plantas.

### c) Muestreo de partículas de aire y acumulados sobre vegetación y racimos

En el caso que se estudien los elementos químicos y su concentración contenidos en las partículas que viajan por el aire y que por contacto llegan a la baya, la determinación analítica es la de la concentración total del elemento en esas partículas. La razón es que esas partículas no llegan por absorción a la planta y a la baya, sino que por contacto con el tejido.

Este tipo de análisis nos permitirá determinar si el elemento traza proviene o no vía aérea. En ese sentido, podemos tener como hipótesis que el elemento traza proviene de una fuente externa al predio (ciudad, carretera, industrias circundantes, etc.) o si es una situación intrínseca (partículas de suelo, aplicaciones de fertilizantes foliares, pesticidas, o partículas provenientes de la combustión vehicular y de maquinaria).

Para llevar a cabo el análisis de las partículas que viajan por el aire, se pueden instalar neblinómetros o atrapa partículas en los límites del predio, y que pase un tiempo desde su instalación y posterior acumulación de polvo. Esta técnica ha sido adaptada (Bonomelli et al, 2016), para el estudio de la composición de las partículas del aire, que pueden llegar a los tejidos vegetales o la fruta. Los atrapa partículas, se pueden orientar en distintos puntos del predio, para estudiar también la dirección de la incorporación de elementos, al viñedo. Una vez acumuladas las partículas en la malla se lava con agua destilada y se recoge en una botella limpia y luego en laboratorio acreditado se analiza químicamente la composición del sedimento obtenido. Este análisis se le puede agregar otro tipo de muestreos como los sedimentos acumulados tanto en hojas y racimos del cuartel en estudio. En este caso se debe contar con una brocha o pincel que vaya arrastrando el material a algún recipiente limpio.



Fotografía 21. Extracción partículas de aire capturadas en neblinómetros.

#### d) Muestro y análisis de tejidos vegetales (hojas y racimos)

La recolección de tejidos vegetales a los cuales se les mide su concentración de elementos, permite determinar la cantidad que la planta ha logrado absorber. A diferencia de la recolección de la muestra para análisis de las partículas que caen sobre los tejidos, en este análisis se lavan los tejidos para lograr determinar lo que realmente viene vía absorción. Entre los tejidos en que se puede medir su concentración, se cuentan los peciolos, láminas, bayas, raíces, entre otros, dependiendo del objetivo que se quiera alcanzar.

El caso más habitual, es la recolección de las hojas, para el monitoreo de la nutrición de la viña, cuyo objetivo se relata en el capítulo de nutrición en este manual. En este caso para el estudio de la absorción de un elemento traza o contaminante, se puede hacer en cualquier momento, lo importante es que se haga en los sitios donde también se contará con análisis de suelo y análisis de bayas de las mismas plantas que serán cosechadas para hacer el vino, en el cual se determinarán estos elementos.

Si el objetivo es determinar los elementos que llegan al vino, la mejor época será más cerca de la cosecha, momento en que ya se han acumulado los elementos en las bayas.

Adicionalmente, si se cuenta con los análisis de suelo y el de partículas provenientes del aire, se puede confirmar o descartar si la fuente del elemento en estudio proviene del suelo y/o del aire.

El muestreo de racimos es clave para determinar si la fuente de contaminación del metal en estudio proviene de una situación predial o si es de bodega. Si el elemento traza arroja una baja concentración en este análisis (circunscrito a la viña), nos permite descartar que la fuente esté a nivel predial. En este caso se tendrá que seguir con la investigación prospectiva para verificar si la fuente de contaminación se encuentra por ejemplo a nivel de bodega. Cabe destacar que el análisis de baya se realiza con racimos lavados, lo que permite determinar cuál metal o nutriente fue trasladado hacia las bayas a partir del suelo, y determinar si algún elemento se encuentra por sobre los rangos de parámetros estándares.



**Fotografía 22.**  
Muestro  
de racimos  
para análisis  
nutricional y  
de metales.

### e) Muestreo de agua de bodegas en pre y post vinificación

Como manera de determinar si el elemento traza proviene de la bodega, se puede realizar un muestreo de agua con una botella limpia en el punto que ingresa el agua y posteriormente otra muestra de agua en la piscina de efluentes de la bodega. De acuerdo a la comparación entre estos 2 muestreos se puede verificar si el elemento es aportado a nivel de bodega. En caso de ser así, se tendría que revisar el estado de equipos, composición de insumos enológicos y protocolos que se han aplicado en la bodega con tal de disminuir la adición de dicho compuesto al vino.

#### 4.2.6. Ejemplo del uso de metodologías para determinar fuentes del contaminante en vinos.

A continuación, se dará a conocer un caso de estudio desarrollado en la tesis de Marcos Muñoz (2019) y en el marco del proyecto, donde se realizó el uso de la metodología descrita, realizando el seguimiento de metales pesados en algunos vinos de la región de O'Higgins.

En primer lugar, se efectuó el análisis del vino para detectar si tenía algún contaminante que excediera la normativa descrita por la OIV o algún mercado de destino. En dicho análisis se midieron las concentraciones de Cadmio, Cobre, Hierro, Arsénico, Plomo, Potasio, Boro, Manganese y Níquel. En función de los resultados se detectó que los niveles de Manganese (Mn) se encontraban por sobre el rango permisible definido por la legislación China (Tabla 4 - >2,14 mg/Lt).

En este caso por ejemplo que no cumple con la norma establecida para el máximo de Manganese (Mn) que incorporó China a los vinos, se debe hacer un estudio para poder aislar el o los factores que incorporan el elemento o aumentan su concentración en el vino.

**Tabla 11.** Resultados de análisis de metales pesados en el vino del caso estudio.



FACULTAD DE AGRONOMÍA E INGENIERÍA FORESTAL  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
AGROANÁLISIS - LABORATORIO DE SERVICIOS

Muestra : Vino Folio : 9779  
Fecha Recepción : 29-10-2018 Fecha Recepción : 21-11-2018

Identificación	Nº de Laboratorio	52348
	Especie	Vid Vinifera
	Variedad	Cabernet Sauvignon
	Observaciones	Vino
Análisis	Unidad	

#### VINO

Plomo (Pb)	mg / L	0,02
Potasio (K)	mg / L	1158
Boro (B)	mg / L	5,97
Manganese (Mn)	mg / L	2,14
Níquel (Ni)	mg / L	< 0,01
Cadmio (Cd)	mg / L	< 0,01
Cobre (Cu)	mg / L	0,08
Hierro (Fe)	mg / L	1,96
Arsénico (As)	mg / L	0,1

Validado por: Marlene Mejías

JEFE LABORATORIO

Revisado por: Liza Jofré Manquez

DIRECTORA EJECUTIVA

Nota: Metodología; Métodos de Análisis de Tejidos Vegetales, C. NA. N, C total por combustión seca [Dumas, equipo LECO],

Nota: El valor diagnóstico de la analítica practicada está suspendida a la calidad de la muestra colectada y su manejo previo a su recepción.

Las recomendaciones sólo tienen carácter de sugerencias y deberán ser evaluadas por el asesor.

Este informe no puede ser usado para trámites de tipo legal.

Posteriormente a este análisis y en torno al resultado obtenido, se procedió a realizar una trazabilidad del Manganese tanto en suelo, hojas, racimos, partículas de aire, agua del predio y de bodega. Como también se revisó los programas fitosanitarios, fertilizaciones y manejo del riego.

A partir de los resultados de análisis de suelo y foliar se detectó una elevada concentración de Manganese en ambas mediciones. Además, la viña aplicaba gran cantidad de enmiendas orgánicas de guano en cada temporada. De acuerdo con un análisis químico de la enmienda se detectó una alta concentración de Manganese para esa enmienda en particular.

Finalmente, al realizar un estudio de racimos de un cuartel que no se le aplicó este guano versus el cuartel en estudio, se detectó una diferencia importante en la concentración de Manganese en los tejidos del racimo (Tabla 12). En función de estos resultados, se debiera en una segunda temporada evaluar si este aporte de Manganese por parte del guano de pollo se vuelve a detectar. Cabe mencionar que las enmiendas orgánicas o guanos tienen una composición química muy diversa, dependiendo del tipo de animal, su alimentación, la guarda, estabilización, entre otros parámetros, por lo cual, no se puede hacer una generalización.

**Tabla 12.** Concentración de Manganese (Mn) en bayas en cuartel con y sin aplicación de guano en la temporada.

Elemento metálico	Cultivar	Concentración (mg/kg)
Mn	Cuartel sin aplicación de guano	0,13
	Cuartel estudio con aplicación de guano	9,55

Se realizaron estudios prospectivos en otras viñas de la región de O'Higgins y mediante la metodología descrita se fueron detectando elevadas concentraciones del Manganese, cuyo origen provenía de distintas fuentes. Bajo esta situación, y considerando que actualmente los mercados internacionales están adoptando exigencias cada vez mayores, es necesario continuar con el estudio del Manganese en las viñas y por ende en los vinos. Además, se recomienda que ante un eventual problema de comercialización, las viñas puedan adoptar esta metodología de diagnóstico y así poder detectar en qué parte del proceso de producción se están ocasionando problemas de contaminación y tomar las medidas necesarias para reducir o mitigar el problema.



---

## Capítulo V

### **Innovación para el mejor uso del agua e insumos relacionados**

Pilar Gil  
Daniel Knopp  
Daniela Cea  
Natalia Brossard  
Alejandra Zúñiga  
Edmundo Bordeu

## Introducción:

Durante la última década se ha dado un avance sustantivo en la cantidad de hectáreas que cuentan con mecanismos de riego tecnificado gracias a la ley de fomento de riego 18.450. Sin embargo, aún existe gran proporción de productores que cuentan con sistemas de riego gravitacionales, lo que implica grandes inefficiencias en el uso del recurso hídrico. Esta situación también se observa en la región de O'Higgins, la cual, paradójicamente, este año ha sido declarada zona de escasez hídrica. En la región de O'Higgins, la actividad productiva principal es la agropecuaria, por tanto, el peso de la actividad en el uso del agua es sumamente importante y cualquier mecanismo o innovación que permita aumentar la eficiencia del uso del agua puede implicar un gran impacto a nivel regional. Ante el desafío de mejorar la utilización del recurso hídrico, el proyecto FIC "Transferencia I+D+i para Viñas Sustentables e Inocuas" ha apuntado al desarrollo de posibles soluciones para disminuir el uso de agua intrapredial, mediante la utilización de nuevas tecnologías y manejos de riego que permiten obtener una mayor eficiencia que la de un gotero convencional (eficiencia nominal del 90%) los cuales han sido investigados a baja escala o en algunos casos se están utilizando comercialmente en otros países y/o especies. En este capítulo se darán a conocer los manejos y tecnologías evaluadas durante los 3 años de desarrollo de este proyecto, con algunas consideraciones para su implementación y finalmente los resultados más importantes obtenidos.

## 5.1. Técnicas y tecnologías evaluadas para mejorar la eficiencia de uso de agua en viñas de la región de O'Higgins

Cuando es necesario reducir el aporte de agua o se desea hacerlo, por ejemplo, para mejorar la calidad del vino, es posible implementar ciertas medidas paliativas, las que permiten optimizar el empleo del agua por la viña y le permiten un mejor desempeño a pesar de recibir menos agua. En el marco del proyecto FIC se evaluaron distintas alternativas de mitigación, entre las tecnologías evaluadas en viñas de la región de O'Higgins se encuentran:

### 5.1.1. Riego subsuperficial (enterrado):

Tecnología que permite lograr un mejor aprovechamiento de agua dado que se evita las pérdidas por evaporación y escorrentía superficial (Gunarathna et al., 2017). A su vez, se mejora la eficiencia en la entrega de fertilizantes dado que se administra el agua y los nutrientes directamente al sistema radicular, especialmente aquellos elementos que son poco móviles en el suelo como es en el caso del potasio y fósforo (Bronson et al., 2019; Elhindi, et al., 2016).

Hoy en día existen emisores mejor adaptados para ser enterrados ya que cuentan con tecnología anti-sifón que impide la penetración de raíces e ingreso de partículas al interior del emisor. Aun así, los sistemas de riego enterrado requieren que el equipo de filtración funcione correctamente, dado que al igual que los goteros convencionales, se pueden obturar internamente por la acumulación de sedimentos, sales y/o algas. Además, puesto que los laterales y emisores no se encuentran visibles, se requiere de un buen plan de monitoreo, sistema de control en cabezal y operarios capacitados para poder solucionar posibles fugas u obturaciones que tenga el sistema. Previo a su uso e instalación también es necesario realizar calicatas para revisar la profundidad efectiva de raíces activas, y colocar a la correcta profundidad, esto no más de 10 cm para que el bulbo riegue raíces que se encuentren a los 20 cm y más.



Fotografía 23. Planta de riego enterrada en vid Merlot

### 5.1.2. Sistema “nano-riego” o “micro low-flow irrigation”:

Catalogado como un sistema de altísima eficiencia, desarrollado en Israel y que se está evaluando en otros países y cultivos. El nano riego consiste en la utilización de emisores de bajo caudal (menos de 1 L/h), distribuidos en un menor espacio por metro lineal de modo de mantener una franja de mojado lo cual evita pérdida por percolación y por escorrimiento. Por otro lado, para el funcionamiento de este tipo de emisores se requiere una menor presión del sistema y por tanto un menor gasto energético. Como consideración previa a su implementación es necesario tener un buen y óptimo sistema de filtraje acorde con la calidad de agua con la que se cuente, y a su vez contar en el programa de mantención los lavados mecánicos y químicos de las redes de distribución, dado que son emisores más pequeños y, por tanto, tienen mayor susceptibilidad a obturarse, la cantidad de lavados y descoles de las terciarias dependerán netamente de la calidad del agua de riego.

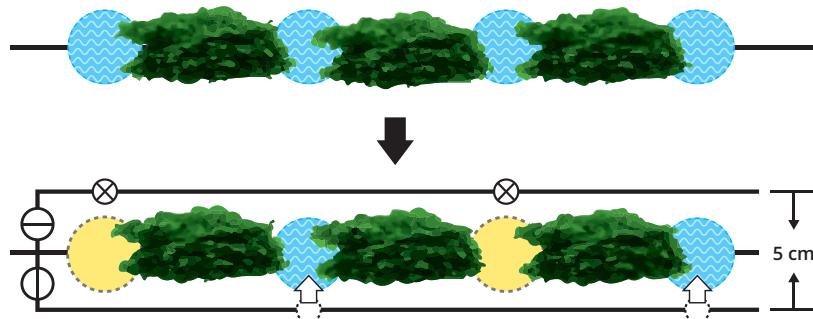
En la siguiente fotografía se observa una diferencia del área de mojado generado por un sistema tipo nano riego y el bulbo generado por goteros convencionales.



Fotografía 24. Comparación bulbo superficie de nano riego (izq.) y gotero convencional (der.) en Cabernet Sauvignon.

### 5.1.3. Secado parcial de raíces:

Sistema desarrollado en Australia que consiste en regar sólo una porción de la raíz de la vid, dejando la otra sometida a aflicción durante 15 a 20 días; posteriormente se alterna el riego, incorporando agua a la zona que se encuentra seca y secando la zona en la que sí se regó en el ciclo anterior. Esta técnica busca generar una contradicción entre las señales químicas e hídricas que emite la planta. El fundamento fisiológico es que la zona de raíces que se encuentran secas producen señales químicas que terminan en una acumulación de ácido abscísico en las hojas, logrando de esa forma disminuir la apertura estomática y en consecuencia se genera una reducción de la transpiración, aunque la reducción en la tasa de fotosíntesis es menor que la reducción que se logra en pérdida de agua por transpiración (Dry & Loveys, 1998, 1999; Dry, Loveys, & Düring, 2000). El siguiente esquema demuestra el sistema instalado para los ensayos de este proyecto FIC. La diferencia entre un sistema de riego normal (superior) y el sistema de secado parcial de raíces (inferior) consiste en que este último cuenta con dos terciarias paralelas y muy cercanas, con tal de reemplazar la línea de riego central que se emplea normalmente. Cada planta cuenta con un gotero, el cual se encuentra al medio entre dos plantas consecutivas, pero repartidos en ambos laterales de riego. La idea de contar con 2 planzas es que al funcionar una de ellas, se da riego a gotero por medio, y de tal forma la mitad de dos plantas consecutivas quedan sin regar. Al cerrarse el flujo de agua en el primer lateral y dar paso al segundo lateral, éste comienza a dar riego en la zona de gotero antes cerrado, propiciando el cambio de áreas regadas, tal como se describió anteriormente.



**Figura 14.** Figura superior muestra riego normal con una línea de riego y goteros entre plantas. El esquema inferior muestra un sistema de riego con la técnica del secado parcial de raíces, donde la línea superior se encuentra cerrada (círculo con una cruz indica gotero sin riego) y la línea inferior se encuentra abierta (círculo blanco indica gotero con riego) (Ibarra, 2019).

El clima mediterráneo de la zona central de Chile otorga las condiciones óptimas para el correcto funcionamiento del secado parcial de raíces y sus principios, dado que no se presentan precipitaciones en verano que pudieran quebrar la dinámica que se espera. Para su implementación se pueden colocar 2 mini-válvulas de 16 mm por hilera y hacer la alternancia de forma manual o tener 2 sectores de riego en el mismo cuartel y que funcionen de forma independiente.



**Fotografía 25.** Ensayo de secado parcial de raíces en Merlot instalado en la zona de Marchigüe.

#### 5.1.4. Mulch o acolchado:

Un manejo asociado a un aumento en el uso eficiente del agua es el uso de Mulch, el cual apunta a una disminución del agua evaporada del suelo y aumenta la humedad aprovechable en las primeras estratas del perfil del suelo (Huang et al., 2006). En el proyecto FIC, se evaluó una malla de Polipropileno de color negro con una densidad de 90 gr/m<sup>2</sup>, la cual evita las pérdidas de agua por evaporación desde la zona de mojamiento y además reduce la proliferación de malezas. Este tipo de malla tiene una duración de 10 años, sin embargo, una de sus limitantes es que se ve aumentado el uso de plástico en la faena. Aún así, existen otras alternativas para generar Mulch como aserrín, guano, cascara de nueces, paja de trigo, restos de maíz, entre otras alternativas de origen orgánico (Yang et al., 2015).



*Fotografía 26. Ensayo de uso de Mulch para disminución del consumo de agua en Cabernet Sauvignon, proyecto FIC.*

### **5.1.5. Uso de caolín foliar:**

La caolina es un mineral arcilloso de color blanco, que se compone de silicato de aluminio y que actualmente se utiliza en fruticultura como protector de golpe de sol. En los ensayos de este proyecto, también se evaluó el uso de este producto como estrategia para reducir la radiación directa al follaje y con ello disminuir la tasa de transpiración y también evitar estrés por exceso de radiación o altas temperaturas derivadas de la falta de agua. La caolina es un mineral muy reflectante, el cual permite reducir el daño por estrés térmico y golpe de sol a través de la protección del follaje del daño de la radiación ultravioleta e infrarroja, de esa forma se reduce la temperatura de la hoja logrando una disminución de la transpiración pero evitando además un cierre estomático severo y, en consecuencia, afectando de menor forma el proceso de fotosíntesis (Jifon & Syvertsen, 2003). En el caso de su implementación, se debe procurar aplicar el protector solar en forma de aspersión evitando la escorrentía del follaje, se debe utilizar la dosis y frecuencia recomendada y se debe considerar su compatibilidad con otros productos. La aplicación debe realizarse, a nivel follaje en la cara expuesta al sol de la tarde y se debe evitar el contacto con la fruta, principalmente en el caso de la uva de mesa aunque con un simple lavado se puede eliminar la película blanca que se puede encontrar sobre la fruta, en caso de utilizarlo en uva de vinificación en los procesos de fermentación el caolín precipitará.

Para mejorar su adhesión del caolín al follaje se puede utilizar un coadyuvante, en caso de utilizar el protector con o sin coadyuvante se recomienda realizar un ensayo previo a la aplicación en todo el campo para verificar si el follaje cuenta o no con una película blanquecina o por si se presenta algún grado de daño o quemadura a nivel foliar, de esa forma se pueden ir ajustando la dosis a aplicar.



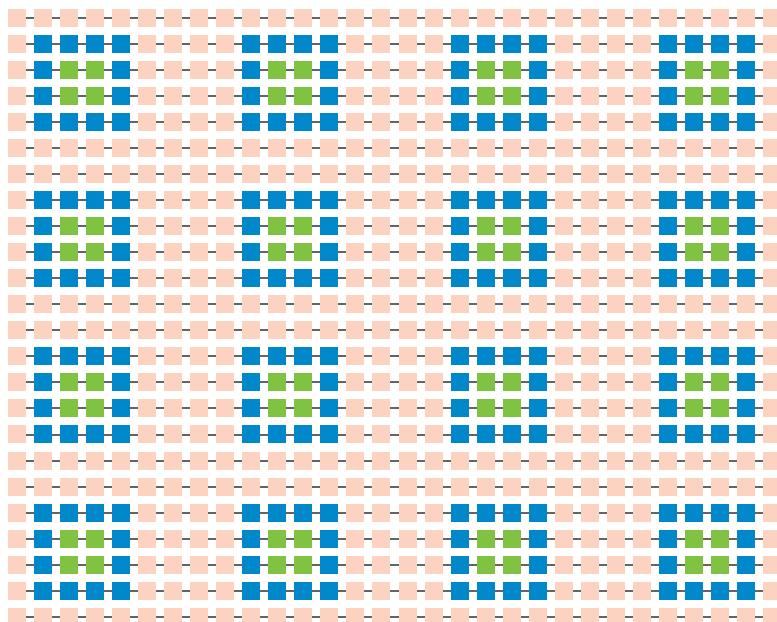
*Fotografía 27. Diferencia de color de hoja con y sin aplicación de caolín. Cabernet Sauvignon, proyecto FIC.*

## 5.2. Resultados más importantes obtenidos a partir de la evaluación de tecnologías de riego y manejos de mitigación ante la escasez hídrica.

A continuación, se presentan los resultados más relevantes obtenidos a partir de ensayos de investigación aplicada en viñedos de la región de O’Higgins. Los ensayos establecidos fueron pensados con la idea de lograr ahorros de entre 25 y 50% del agua aplicada con un mínimo efecto en el rendimiento y calidad de los vinos, considerando la necesidad de mejorar la eficiencia de uso del agua, disminuir la huella hídrica y ante la situación de escasez hídrica que se ha acrecentado en la región en los últimos años. El período de evaluación fue de 2 temporadas completas, por lo que es necesario seguir evaluando en futuros proyectos e investigaciones a nivel de campo este tipo de técnicas con el fin de verificar si las respuestas observadas son sostenibles en el tiempo. Cabe señalar, que es indispensable, que ante cualquier cambio tecnológico del riego, las plantas requieren un proceso de adaptación y por otro lado, el cambio tecnológico debe ir acompañado siempre de un correcto programa de mantención y monitoreo de la operación del sistema de riego.

### 5.2.1. Descripción de los ensayos

En 4 predios repartidos entre las localidades de Marchigüe, Puquillay, Peralillo y Santa Cruz, se realizaron ensayos para determinar el efecto de diferentes técnicas orientadas a disminuir el requerimiento hídrico y con ello mejorar la eficiencia del uso del agua y energía. En cada viña se dispuso de un bloque estudio, donde se establecieron ensayos. El diseño experimental de cada ensayo consistió en Bloques Completos al Azar, con 4 repeticiones (Bloques) por tratamiento. La unidad experimental correspondió a un conjunto de 16 plantas, a las cuales se les aplicó el mismo tratamiento. Para fines de mediciones fisiológicas y productivas las mediciones se realizaron en las plantas centrales. Las 16 plantas se distribuían en 4 hileras continuas por 4 plantas de largo en cada hilera. Se dejaron 2 plantas de separación en cada hilera para evitar efectos de borde de otros tratamientos. En la figura 15 se muestra un esquema de la disposición de los ensayos.



**Figura 15.** Esquema de distribución de los sub-bloques, los cuadrados de color verde, representan las plantas que son evaluadas fisiológicamente. Los cuadros cafés son las plantas que separan los sub-bloques.

Tal como se describió antes, los ensayos de investigación aplicada en riego evaluaron tecnologías y técnicas tales como: secado parcial de raíces, riego enterrado, nano riego, caolín y mulch. En el caso de secado parcial de raíces y riego enterrado, se evaluaron viñas con una reducción del 50% del agua respecto del riego productor, mientras que, para nano riego, caolín y mulch, las plantas se sometieron a una reducción de 25% de la tasa aplicada respecto del riego productor. Estas medidas de mitigación fueron comparadas con respecto a plantas con régimen de riego normal del productor (T0) y con un tratamiento de restricción hídrica equivalente (25 o 50% de restricción según el ensayo) pero sin medidas de mitigación (T1). Para el T1, la aflicción hídrica se logró mediante la instalación de un emisor de reemplazo con un 50% o 75% del caudal respecto al emisor original (dependiendo del ensayo). En caso del nano riego se rejudo el caudal del emisor como el T1, pero distribuido en 4 salidas equidistantes, de modo de simular un sistema de nano riego, porque este sistema a escala comercial trata de una planza con goteros integrados. En el secado parcial de raíces el gotero no sufrió modificación de caudal, sino que el emisor fue separado en dos laterales para facilitar el cambio de los bulbos mojados con, alternancia de cada 15 días como ya se explicó.



*Fotografía 28. Simulación de nano riego mediante gotero de salida cuádruple y estacas de bajo caudal.*

## 5.2.2. Evaluaciones

Todas las técnicas que se evaluaron fueron medidas respecto de su efecto en la fisiología de las plantas, crecimiento, rendimiento, en la relación producción y peso de sarmientos (índice Ravaz), reservas de arginina, en humedad del suelo, huella hídrica, ahorro de energía y en las características del mosto y del vino.

Las evaluaciones para los efectos señalados se resumen a continuación:



### Parámetros Fisiológicos y Humedad de Suelo

- Traspiración
- Potencial Hídrico Xilemático
- Fluorescencia de la Clorofila



### Crecimiento y Balance

- IAF
- Peso Poda [Ravaz]
- Reservas en raíces



### Productivo

- Rendimiento por planta
- Peso racimo y de baya



### Análisis Cuantitativo y Cualitativo del Vino

- Análisis químico del vino y mosto + análisis compuestos fenólicos del vino
- Análisis sensorial

Figura 16. Resumen de las evaluaciones abordadas en el proyecto FIC.



Fisiología



Humedad Suelo



Vinificación

*Fotografía 29. Mediciones de parámetros evaluados con distintas tecnologías.*

La metodología para evaluación del mosto y del vino fue basada en la metodología descrita por Pszczółkowski & Ceppi de Lecco (2011), la cual contempla un análisis del perfil químico que consideró % de sólidos solubles (°Brix), pH, acidez titulable. Respecto al vino, se realizó también un análisis de perfil químico básico que incluye; pH, acidez titulable, grado alcohólico, acidez volátil, sulfuroso libre, azúcares reductores, análisis de compuestos fenólicos y color (compuestos fenólicos totales, intensidad colorante, matiz, taninos totales, antocianas), y un análisis del perfil sensorial, mediante análisis descriptivo de los vinos según perfil aromático y en boca.



*Fotografía 30. Cosecha de los ensayos para pesaje y posterior vinificación en laboratorios de enología FAIF UC.*

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos durante 2 temporadas se realizó un análisis económico a una escala comercial de los ensayos, comparando los flujos de caja generados en un horizonte de tiempo a 10 años y llevados al valor presente [Análisis de VAN marginal].



Figura 17. Ciclo de la metodología aplicada en el proyecto FIC.

A continuación, se presentan los resultados más interesantes obtenidos en el proyecto en parámetros fisiológicos, productivos, ahorro energético y calidad de vino de los ensayos catalogados como idóneos de acuerdo con la situación de cada viña.

## 5.3. Principales resultados

### 5.3.1. Ensayo de secado parcial de raíces en Merlot y Carménère.

Los ensayos con secado parcial de raíces fueron montados en febrero del 2017 en las localidades de Santa Cruz y Marchigüe, en las variedades de Carménère y Merlot, respectivamente, ambos sobre portainjerto SO4. Para el tratamiento control negativo se redujo el caudal a la mitad (T1) y se estableció el secado parcial de raíces con una reducción del 50% del caudal a aplicar y la alternancia se genera con un juego de mini-válvulas (T2).

Se utilizó el secado parcial de raíces como medida de mitigación al estrés hídrico dado que se ha evidenciado en otros estudios que el tratamiento disminuye la presencia de aromas herbáceos en el vino, parámetro que es indeseable en la industria de vinos Premium, especialmente en la cepa Carménère, y además esta técnica ya se había demostrado, llegar a mantener e incluso llegar a mejorar la condición varietal de deshidratación de racimos que presenta el Merlot con una restricción del 50% del agua (Myburgh, 2011).

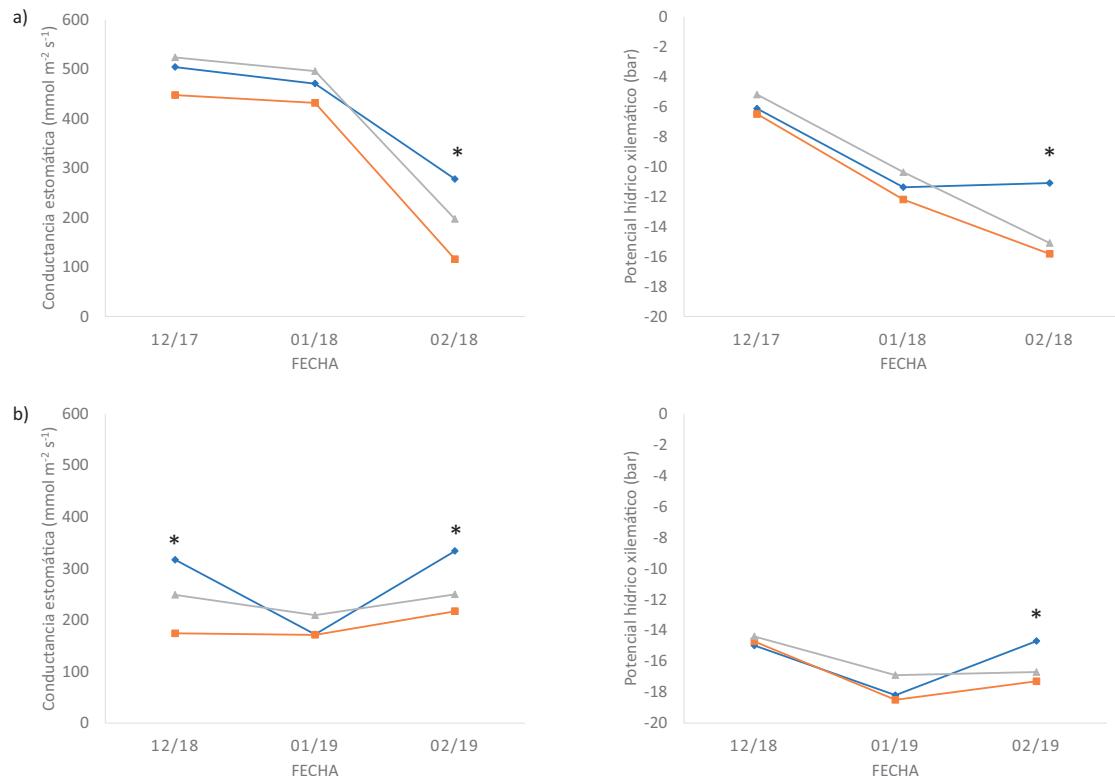


Figura 18. Tratamientos de riego aplicados en el ensayo de Merlot y Carménère.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en ambas variedades por separado:

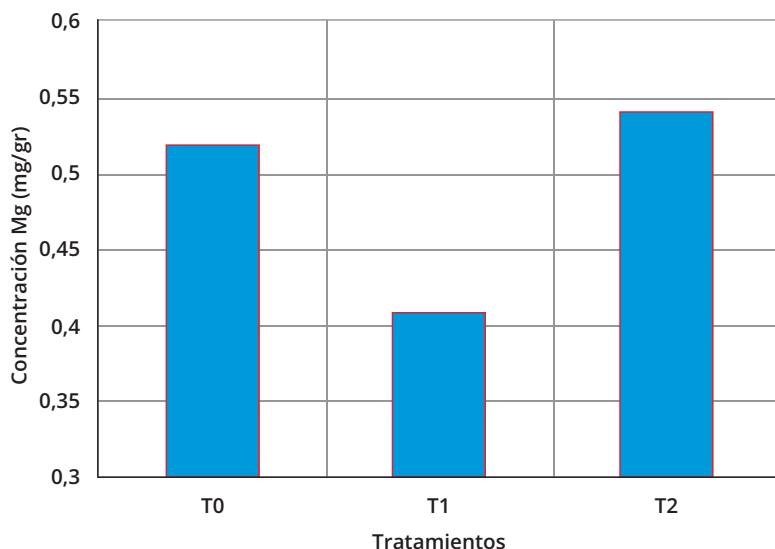
### a) Merlot sobre SO4

De acuerdo a las evaluaciones realizadas durante 2 temporadas, las diferencias de estatus hídrico (conductancia estomática y potencial hídrico xilemático) entre tratamientos fueron apreciables al final de cada temporada (febrero en este caso). Cabe destacar que los tratamientos fueron aplicados y evaluados durante toda la temporada de riego en ambos años (a partir de octubre). Se observó para ambas temporadas que en febrero existía una diferencia significativa en ambos parámetros entre el control positivo (T0) t el control negativo (T1), con un comportamiento intermedio del Secado parcial de raíces (T2), lo que da cuenta de un efecto mitigador del estrés.



**Figura 19.** Resultados de conductancia estomática (izq.) y potencial hídrico xilemático (der.) fisiológicos de los ensayos de Merlot para las temporadas (a) 2017-2018 (b) 2018-2019, donde color azul es T0 (100% tasa reposición productor), naranjo T1 (50% tasa reposición productor) y gris T2 (50% tasa reposición productor + Secado parcial de raíces). Asterisco \* indica diferencias significativas, Test LSD Fisher, alpha < 0.05.

Al realizar el análisis foliar se detectó una diferencia en la concentración del Magnesio en los distintos tratamientos, donde el tratamiento control negativo (T1) presentó una menor concentración del Mg, explicado en parte por la aflicción hídrica a la cual se encuentra sometido el tratamiento, donde las hojas adultas ante dicho estrés comienzan a enviar el Mg directamente a los frutos.



**Figura 20.** Concentración de Magnesio en el tejido foliar de los ensayos, realizado el 2017-2018 en Merlot. Donde T0 es riego productor, T1 riesgo con 50% de restricción hídrica y T2 50% de restricción hídrica + secado parcial de raíces.

En parámetros productivos se observó un mayor rendimiento por parte del tratamiento con 50% de restricción hídrica + secado parcial de raíces (T2). En tanto el tratamiento control negativo (T1) se observó seriamente afectado, con racimos más pequeños y deshidratados. En consecuencia, el indicador de Eficiencia de uso del agua (EUA) fue mayor para el secado parcial de raíces, dado que obtuvo mayor rendimiento y con 50% menos de agua con respecto al tratamiento control positivo (T0). Sin embargo, en relación al parámetro de arginina, que es una forma importante de acumulación de nitrógeno de reserva en las vides ya sea en raíces o los sarmientos para iniciar su crecimiento en la siguiente temporada (fechas de muestreo para zona centro-sur del país es en julio-agosto), se observó en las mediciones una menor concentración de estos aminoácidos en el Secado Parcial de Raíces (T2), dejando la inquietud si el mantener rendimientos con un 50% menos de agua genera en el tiempo un desgaste.

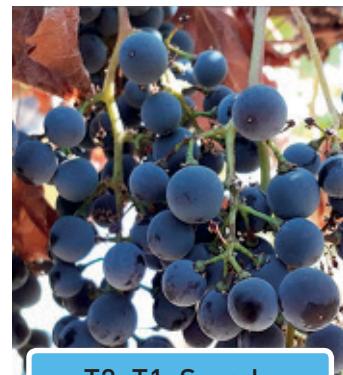
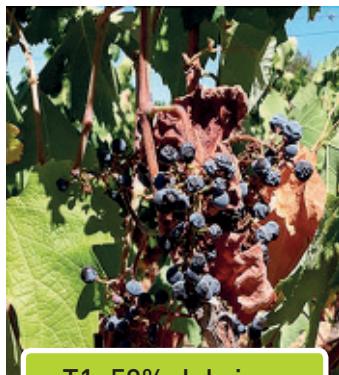
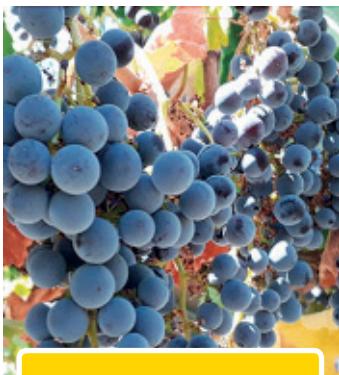
Luego en la siguiente temporada, las plantas se encontraban más estresadas que temporadas anteriores, dado que el agua disponible para riego fue aún más limitada. A partir del mes de enero comienzan a notarse diferencias significativas, donde control productor (T0) obtuvo una mayor conductancia estomática. Luego a partir de febrero, las plantas se encontraban con un potencial hídrico y conductancia muy bajo, se observa que el secado parcial de raíces (T2) da una respuesta mitigante al estrés sometido, ya en el mes de marzo la diferencia fue mayor entre T0 con T1 y T2, pero nuevamente T2 muestra un efecto de mitigación. Finalmente, en abril, día que también se realizó la cosecha, las plantas se encontraban con un estrés severo.

En cosecha se detectó diferencia significativa en rendimientos. T0 obtuvo un mayor rendimiento, seguido el secado parcial de raíces (T2) y por último T1, tratamiento donde se observaron racimos con correduras, bayas muy deshidratadas y pequeñas.

**Tabla 13.** Resultados de parámetros productivos, eficiencia de uso del agua y reservas de los tratamientos en Merlot. Parámetros productivos y reservas con letra diferente a “ns” poseen diferencias significativas de acuerdo con el análisis ANOVA y Comparación de Medias de LSD Fisher ( $P<0.05$ ).

Temporada	Parámetro	T0: Riego productor	T1: 50% Riego productor	T2: T1+ Secado parcial de raíces
2017 - 2018	Rendimiento (kg)	1,71 ab	1,32 b	2,41 a
	Consumo de agua ( $m^3$ )	0,41	0,20	0,20
	EUA (kg uva/ $m^3$ )	4,20 b	6,48 b	11,81 a
	Arginina (mg/gr)	6,60 ns	5,61 ns	2,54 ns
	Ravaz	4,30 ns	4,04 ns	5,93 ns
2018 - 2019	Rendimiento (kg)	2,00 a	1,17 b	1,65 ab
	Consumo de agua ( $m^3$ )	0,29	0,15	0,15
	EUA (kg uva/ $m^3$ )	6,90 b	7,77 b	11,01 a
	Arginina (mg/gr)	8,5 ns	12,44 ns	12,49 ns
	Ravaz	7,26 ns	7,30 ns	6,84 ns

Fotografías de los ensayos en estado senescente y cosecha:



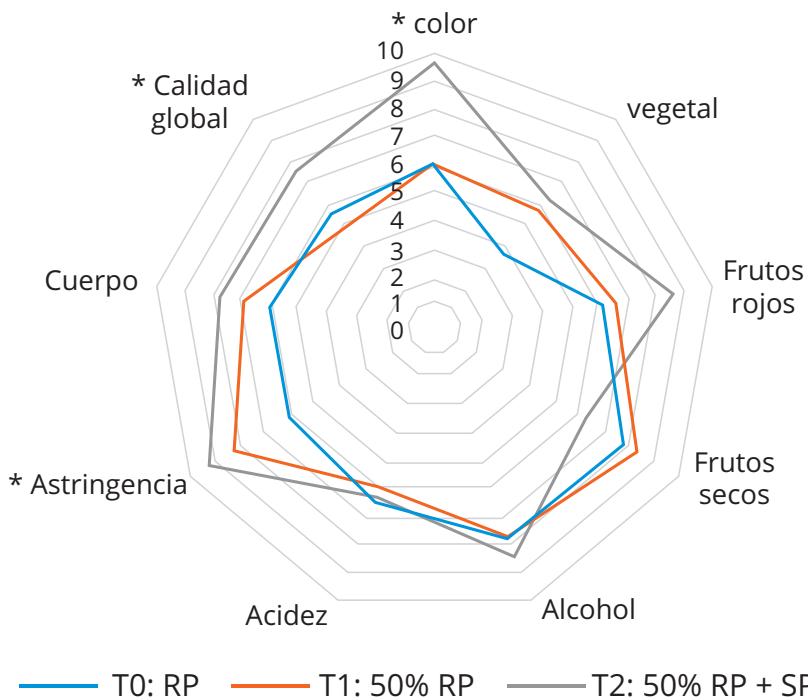
*Fotografía 31: Estados de racimos en día de cosecha en Merlot*

A nivel analítico, en la temporada 2018-2019 se empezaron a observar diferencias significativas a nivel de la uva; básicamente un mayor contenido de azúcar en el tratamiento con 50% de restricción y sin medidas paliativas y un pH más alto en el riego del productor. A nivel del vino ya se manifiestan diferencias en la estructura básica, la que se pueden resumir en una mayor acidez en los tratamientos con riego restringido en comparación con el riego del productor. Sin embargo, las principales diferencias, importantes para la calidad del vino, se manifiestan en la composición fenólica de los vinos (Tabla 14). Su concentración aumentó en los tratamientos con restricción hídrica lo que se manifestó en un aumento de taninos una temporada (2017-2018) y aún más interesante en un aumento del color las dos temporadas en el tratamiento más restrictivo, sin medida paliativa, en comparación con el testigo que recibió el doble de agua. El otro resultado también esperado, fue un comportamiento intermedio del tratamiento con restricción hídrica, pero con secado parcial de raíces. Esto confirma el rol positivo que se esperaba que el secado parcial de raíces aportara en relación a realizar una restricción tan fuerte sin ayudar a las plantas a compensarlo.

**Tabla 14:** Composición química de vinos Merlot proveniente de plantas sometidas a distintos tratamientos de riego deficitario combinados con medidas paliativas, en comparación con un testigo (temporada 2018-2019). Letra diferente significa diferencia significativa para Test HSD Tukey ( $p<0,05$ )

Composición química	T0: Riego productor	T1: 50% Riego productor	T2: T1+ Secado parcial de raíces
Grado alcohólico (v/v)	13,0 b	13,6 a	13,2 ab
Azúcar residual (g/L)	0,98 ns	1,19 ns	1,06 ns
pH	3,70 ns	3,47 ns	3,51 ns
Acidez Total (g/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	2,67 b	3,29 a	3,29 a
Acidez Volátil (g/L ac. acético)	0,26 ns	0,31 ns	0,29 ns
Polifenoles totales (DO 280 nm)	64,7 b	90,9 a	94,1 a
Intensidad Colorante	14,56 b	19,60 a	17,63 a
Matiz	0,73 a	0,63 b	0,68 ab
Antocianas (mg/L)	468 ns	511 ns	476 ns
Taninos (mg/L)	1503 ns	2143 ns	2054 ns

Desde un punto de vista sensorial, se manifestaron resultados interesantes la temporada 2017-2018 con un aumento significativo de la calidad global del tratamiento de riego restringido sin medida paliativa y un comportamiento intermedio de las plantas con restricción hídrica pero apoyadas por el secado parcial de raíces. La temporada 2018-2019 vuelven a obtenerse diferencias significativas y es el tratamiento con restricción hídrica pero con secado parcial de raíces el que tiene un mejor comportamiento con una mayor calidad global, más color y astringencia. Aunque no existen diferencias significativas, este tratamiento también presentó niveles más altos de cuerpo y aromas a frutos rojos, todos ellos factores que explican su mayor calidad global.



**Figura 21.** Perfil sensorial de los vinos Merlot obtenido en la temporada 2018-2019, comparando el vino testigo el cual se denomina riego de productor (RP) versus los distintos tratamientos de restricción hídrica y su respectiva medida paliativa. Parámetros sensoriales que contienen \* presentan diferencias significativas de acuerdo con el análisis ANOVA y Comparación de Medias de Tukey ( $P<0.05$ ). Donde color azul es T0 (100% tasa reposición productor), naranjo T1 (50% tasa reposición productor) y gris T2 (50% tasa reposición productor + Secado parcial de raíces).

Realizando el análisis económico de los ensayos, se obtuvo como resultado que bajo circunstancias normales (es decir Tratamiento testigo positivo T0), sin inversión y que todas las variables y recursos se mantengan estables a 10 años es el más rentable. Seguido de implementar el secado parcial de raíces, dado que, por rendimientos, reducción de costo energético y mejora en la calidad de los vinos obtiene un mayor flujo de caja en relación con un escenario donde se tenga un 50% menos de recurso hídrico, lo cual es un escenario posible dada la constante disminución de los caudales de riego disponibles de la viña.

### b) Carménère sobre SO4

En relación con la experiencia e investigación obtenida en Carménère en las dos temporadas, se observaron algunas diferencias significativas entre tratamientos. Dado que las plantas siempre se encontraron bien hidratadas desde el tratamiento productor (T0) hasta los tratamientos con restricción hídrica del 50% (T1 y T2), los potenciales hídricos obtenidos variaron en el orden del -6 a -8 bar y la conductancia estomática se mantuvo con valores superiores a los 500 mmol/m<sup>2</sup> s, también en parámetros productivos y reservas las plantas. El único parámetro que presentó diferencia significativa en las dos temporadas fue la Eficiencia del Uso del Agua, donde dado a que se obtuvieron rendimientos parecidos pero con la mitad del consumo de agua, el indicador aumenta al doble para los tratamientos que se les restringió un 50% de agua.



Fotografía 32. Vid Carménère, sector de ensayo de secado parcial de raíces, Santa Cruz, proyecto FIC.

**Tabla 15.** Resultados de parámetros productivos, eficiencia de uso del agua y reservas de los tratamientos en Carménère. Parámetros productivos y reservas con letra diferente a “ns” poseen diferencias significativas de acuerdo con el análisis ANOVA y Comparación de Medias de LSD Fisher ( $P<0,05$ ).

Temporada	Parámetro	T0: Riego productor	T1: 50% Riego productor	T2: T1+ Secado parcial de raíces
2017-2018	Rendimiento (kg/ por planta)	4,23 ns	4,20 ns	4,00 ns
	Consumo de agua (m <sup>3</sup> /por planta)	0,86	0,43	0,43
	EUA (kg uva/m <sup>3</sup> )	4,92 b	9,77 a	9,30 a
	Argininas (mg/gr)	8,78 ns	8,75 ns	8,14 ns
	Ravaz	3,05 ns	3,28 ns	3,13 ns
2018-2019	Rendimiento (kg/ por planta)	7,19 ns	6,71 ns	6,91 ns
	Consumo de agua (m <sup>3</sup> /por planta)	0,77	0,39	0,39
	EUA (kg uva/m <sup>3</sup> )	10,64 b	20,03 a	20,55 a
	Peso poda (kg)	1,38 ns	1,10 ns	1,27 ns
	Ravaz	7,03 ns	7,21 ns	6,52 ns

A nivel analítico, luego de dos temporadas de experimentación [2018-2019] se empezaron a observar diferencias significativas a nivel de la uva; básicamente un mayor pH y menor acidez total en los tratamientos con riego deficitario.

A nivel del vino la temporada 2018-2019 no se manifiestan diferencias significativas en la estructura básica, lo que se puede resumir en que los tratamientos con riego restringido mantuvieron características como grado alcohólico, pH y acidez total en comparación con el riego del productor que recibió el doble de agua. Sin embargo, las principales diferencias se observaron en parámetros que son importantes para la calidad del vino, como la composición fenólica (Tabla 16). La concentración de taninos aumentó en los tratamientos con restricción hídrica, lo que se manifestó de forma importante esta temporada respecto a la anterior (2017-2018). Aún más interesante, se evidencia un aumento de la intensidad de color en el tratamiento más restrictivo, sin medida paliativa, en comparación con el testigo que recibió el doble de agua. El otro resultado también esperado, fue un comportamiento intermedio del tratamiento con restricción y medida paliativa como el secado parcial de raíces. Esto confirma el rol positivo que se esperaba que tuviera el tratamiento con medida paliativa, en relación a realizar una restricción tan fuerte sin ayudar a las plantas a compensarlo.

**Tabla 16.** Composición química de vinos cv. Carménère, provenientes de plantas sometidas a distintos tratamientos de riego deficitario combinados con medidas paliativas, en comparación con un testigo (temporada 2018-2019). Letra diferente significa diferencia significativa para Test HSD Tukey ( $p<0,05$ )

Composición química	T0: Riego productor	T1: 50% Riego productor	T2: T1+ Secado parcial de raíces
Grado alcohólico (v/v)	14,5 ab	14,8 a	14,2 b
Azúcar residual (g/L)	1,06 ns	1,15 ns	1,16 ns
pH	4,08 ns	4,09 ns	4,16 ns
Acidez Total (g/L $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	2,78 ns	2,82 ns	2,66 ns
Acidez Volátil (g/L ac. acético)	0,33 ns	0,35 ns	0,35 ns
Polifenoles totales (DO 280 nm)	49,8 ns	58,9 ns	49,7 ns
Intensidad Colorante	10,83 b	13,92 a	12,30 ab
Matiz	0,71 ns	0,71 ns	0,73 ns
Antocianas (mg/L)	602 ns	616 ns	588 ns
Taninos (mg/L)	794 ns	1302 ns	1006 ns

Desde un punto de vista sensorial, ya se manifestaron resultados interesantes la temporada 2017-2018 en el que ambos tratamientos con restricción hídrica (50% menos agua) no tuvieron diferencias significativas en la calidad global respecto al tratamiento control. Tampoco se encontraron diferencias significativas en los otros descriptores evaluados. La temporada 2018-2019 se repite esta ausencia de diferencias entre tratamientos a pesar de una diferencia de un 50% en la cantidad de agua aportada (Figura 22). Este resultado, similar por dos temporadas consecutivas sin lugar a duda es positivo, dado que con una disminución significativa del riego se logra una mantención de la calidad del vino, lo cual se traduce en un uso más eficiente del recurso hídrico.

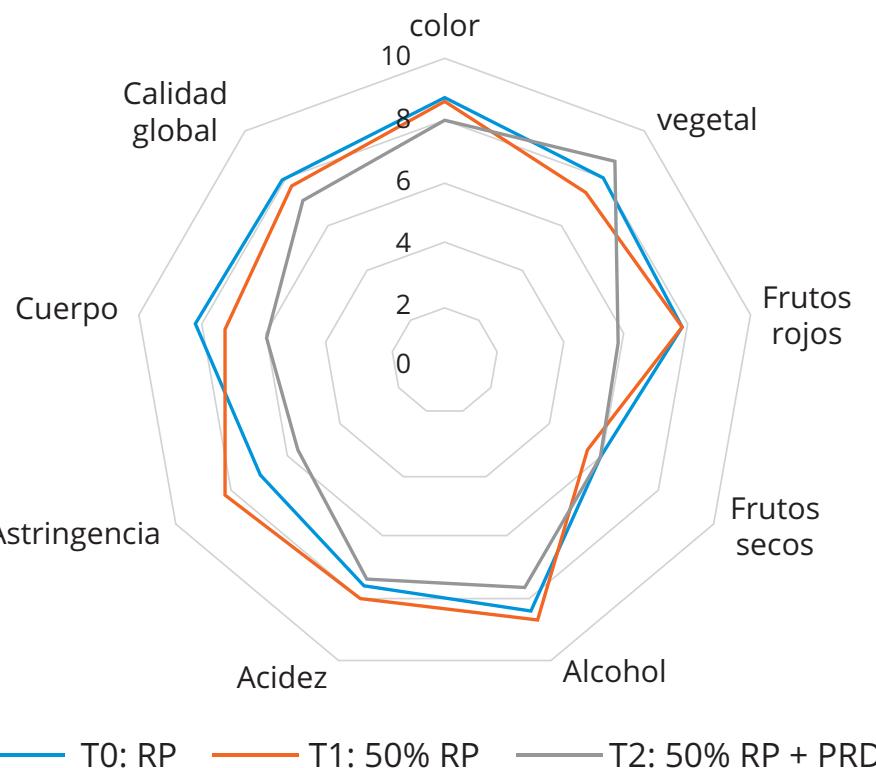


Figura 22. Perfil sensorial de los vinos cv. Carménère obtenidos en la temporada 2018-2019, comparando el vino testigo el cual se denomina riego de productor (RP) versus el tratamiento de restricción hídrica (50% RP) y su respectiva medida paliativa: secado parcial de raíces (50% RP + PRD). Parámetros sensoriales que contienen asterisco poseen diferencias significativas de acuerdo con el análisis ANOVA y Comparación de Medias de Tukey ( $P<0.05$ ). Color azul es T0 (100% tasa reposición productor), naranjo T1 (50% tasa reposición productor) y gris T2 (50% tasa reposición productor + Secado parcial de raíces).

Como conclusión el haber disminuido la lámina de agua a aplicar se tradujo en una reducción de las horas de riego, por tanto un ahorro de agua, como también un ahorro energético. Además, en la temporada anterior las vides se encontraban con sobre riego y con un cuerpo de agua, por lo cual las raíces podrían haber estado en una condición de hipoxia, por lo que de alguna forma el mejor manejo de riego para la siguiente temporada pudo haber tenido efecto en el aumento de los kilos por planta.

En el análisis económico se observó que tanto la situación normal como la extrapolación del tratamiento con restricción hídrica del 50% a escala comercial presentaban una mayor rentabilidad en un plazo de 10 años versus una implementación del secado parcial de raíces, dado que los rendimientos fueron similares entre ellos y que el control productor [T0] y control negativo [T1] no tienen asociado algún tipo de inversión, sólo se necesita un ajuste en el programa de riego para poder aplicar una menor lámina de agua a las vides. En ese sentido, la viña puede seguir ajustando su programa de riego hasta encontrar un punto de equilibrio entre una maximización de los rendimientos con el mínimo uso del recurso hídrico, lo cual se puede lograr mediante el uso de sondas que permitan monitorear la humedad del suelo a distintas profundidades y en distintos puntos del predio, por lo que, en esta experiencia, la innovación para esta predio va por el lado de poder mejorar las tareas de monitoreo y control del riego con el uso de tecnología.

### 5.3.2. Ensayo de Nano Riego en Cabernet Sauvignon

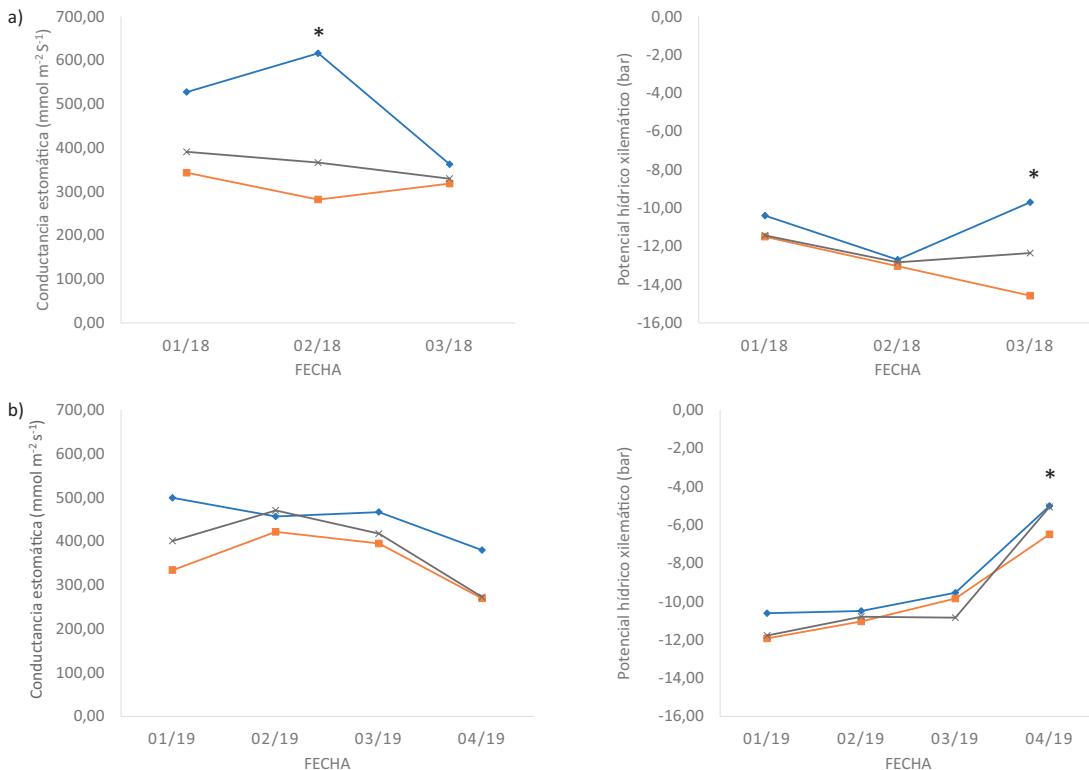
#### a) Ensayo de nano riego en Cabernet Sauvignon masal.

El ensayo fue montado en febrero 2017 en la localidad de Puquillay, en una viña Cabernet Sauvignon masal. Se eligió el cuartel para implementar el nano riego dado que la profundidad efectiva del suelo alcanza los 70 cm, lo cual es una condición ideal para el desenvolvimiento de este tipo de riego. A diferencia de los ensayos de secado parcial de raíces, el nano riego fue implementado con un 25% de restricción hídrica (75% de reposición) con respecto al riego del productor.



Figura 23. Tratamientos de riego aplicados en Cabernet Sauvignon

De acuerdo a las evaluaciones realizadas durante 2 temporadas, las diferencias de estatus hídrico (conductancia estomática y potencial hídrico xilemático) entre tratamientos fueron apreciables al final de cada temporada (entre los meses de febrero y abril). Cabe destacar que los tratamientos fueron aplicados y evaluados durante toda la temporada de riego en ambos años (a partir de octubre). Se observó para ambas temporadas existía una diferencia significativa en ambos parámetros entre el control positivo (T0) y el control negativo (T1), con un comportamiento intermedio del nano riego (T2), lo que da cuenta de un efecto mitigador del estrés.



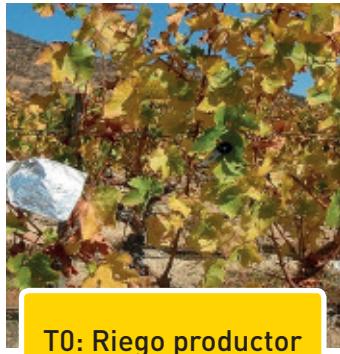
**Figura 24.** Evolución de parámetros fisiológicos de los ensayos en *Cabernet Sauvignon* en las temporadas 2017-2018(a) y 2018-2019 (b). Donde color azul es T0 (100% tasa reposición productor), naranjo T1 (75% tasa reposición productor) y gris T2 (75% tasa reposición productor + nano riego). Asterisco \* indica diferencias significativas, Test LSD Fisher, alpha < 0.05.

Una de las principales dudas a resolver de estos ensayos es qué sucedería en un mediano-largo plazo al reducir el volumen de agua aplicado en un 25% o 50% con respecto al riego normal. Para verificar eso se procedió a medir la arginina acumulada en las raíces y el índice Ravaz. Respecto a la arginina, se detectó un comportamiento inversamente proporcional a los rendimientos obtenidos, el tratamiento negativo [T1] obtuvo mayor concentración de reservas dado un desmedro en su productividad, mientras que el control productor [T0] y el nano riego [T2] presentaron leves diferencias en las reservas dada la leve reducción sufrida por el nano riego [T2]. En tanto los índices de Ravaz, relación entre el peso de la producción y el peso de poda, un indicador del equilibrio vegetativo productivo de la planta, se encuentran en rangos normales. Como conclusión, para esto 2 años de estudios e implementación del nano riego no se observaron problemas de sostenibilidad, no así en el control negativo que ha sufrido consecuencias de la aflicción hídrica implementada. Aun así, no se puede concluir si en el mediano plazo este comportamiento se mantenga.

**Tabla 17.** Parámetros productivos, eficiencia de uso del agua y reservas de los tratamientos en Cabernet Sauvignon. Parámetros productivos y reservas con letra diferente a “ns” poseen diferencias significativas de acuerdo con el análisis ANOVA y Comparación de Medias de LSD Fisher ( $P<0.05$ ).

Temporada	Parámetro	T0: Riego productor	T1: 75% Riego productor	T3: T1+ Nano Riego
2017-2018	Rendimiento (kg)	3,48 ns	2,31 ns	2,84 ns
	Consumo de agua ( $m^3$ )	0,52	0,39	0,39
	EUA (kg uva/ $m^3$ )	6,64 ns	5,87 ns	7,22 ns
	Argininas (mg/gr)	3,72 ns	6,17 ns	6,08 ns
	Ravaz	2,49 ns	5,35 ns	4,69 ns
2018-2019	Rendimiento (kg)	4,69 ns	1,95 ns	3,33 ns
	Consumo de agua ( $m^3$ )	1,32	0,99	0,99
	EUA (kg uva/ $m^3$ )	3,55 ns	1,97 ns	3,36 ns
	Argininas (mg/gr)	5,50 ns	15,87 ns	5,99 ns
	Ravaz	4,76 b	4,08 a	5,75 ab

Fotografías de los ensayos en estado senescente y cosecha:



T0: Riego productor



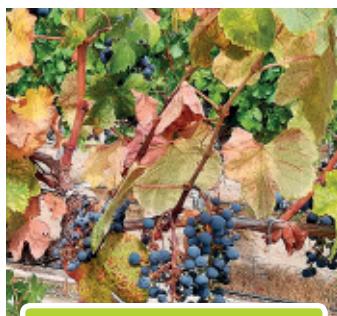
T1: 75% del riego productor



T2: T1+Nano Riego



T0: Riego productor



T1: 75% del riego productor



T2: T1+ Nano Riego

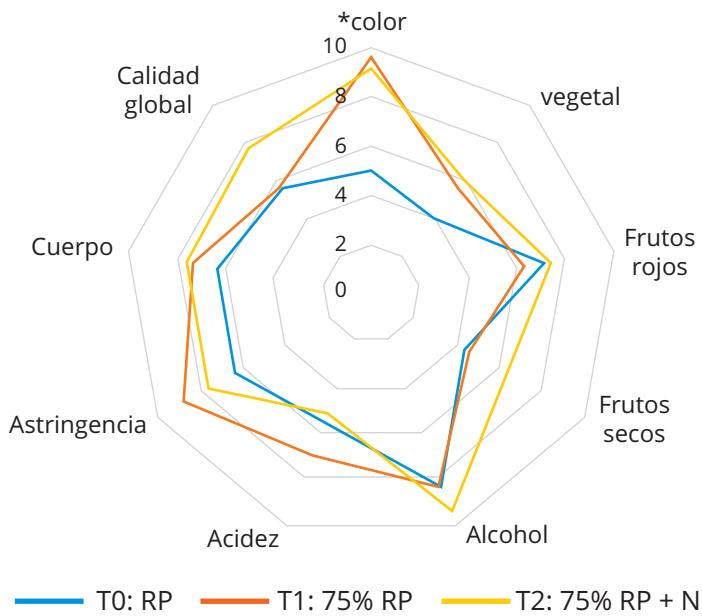
*Fotografía 33: Imagen de cada tratamiento en Cabernet Sauvignon previo a cosecha y en senescencia*

A nivel de composición de uva y el vino, en la temporada 2018-2019 se observa también un mayor nivel de azúcar con la restricción de 25% sin medida paliativa y en nano riego. Esto también se manifiesta en un grado alcohólico más alto y por otro lado en una acidez total más baja en el vino en el mismo tratamiento con 25% de restricción y sin medida paliativa en comparación con el riego del productor. El tratamiento con nano riego tuvo un comportamiento intermedio, como era de esperar. El mismo comportamiento tuvo la cantidad total de fenoles y de tanino que aumentaron significativamente en el tratamiento con restricción y sin medida paliativa en relación con el tratamiento testigo. El tratamiento de nano riego presenta un comportamiento intermedio, aunque también presenta un alto contenido de polifenoles totales. El color y las antocianas también muestran este interesante comportamiento, pero las diferencias no alcanzan a ser significativas (Tabla 18). La temporada anterior (2017-2018) ya se habían manifestado diferencias similares en polifenoles y antocianas, en favor del tratamiento con 25% de restricción sin medida paliativa y también del tratamiento con nano riego.

**Tabla 18.** Composición química de vinos Cabernet Sauvignon provenientes de plantas sometidas a distintos tratamientos de riego deficitario, combinado o no con nano riego, en comparación con un testigo (temporada 2018-2019). Letra diferente significa diferencia significativa para Test HSD Tukey ( $p<0,05$ )

Composición química	T0: Riego productor	T1: 75% Riego productor	T3: T1+ Nano Riego
Grado alcohólico (v/v)	14,4 b	15,5 a	15,1 a
Azúcar residual (g/L)	0,96 b	0,65 c	1,16 a
pH	3,63 ns	3,68 ns	3,71 ns
Acidez Total (g/L $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	3,03 b	3,43 a	3,10 b
Acidez Volátil (g/L ácido acético)	0,43 a	0,42 ab	0,35 b
Polifenoles totales (DO 280 nm)	36,4 b	64,2 a	54,0 ab
Intensidad Colorante	8,27 b	13,50 a	11,41 ab
Matiz	0,69 ns	0,63 ns	0,66 ns
Antocianas (mg/L)	319 ns	409 ns	377 ns
Taninos (mg/L)	1053 b	1779 a	1537 a

Desde un punto de vista sensorial (figura 25), los resultados de la temporada 2018-2019 mostraron diferencias significativas en ambos tratamientos de riego deficitario. Las restricciones de 25% con [T2] y sin medida paliativa [T1] son claramente significativos en un aumento de la percepción del color respecto al riego del productor. Por otro lado, se puede observar que el control positivo, que recibió mayor aporte de agua, en general tuvo un comportamiento intermedio en los parámetros evaluados, siendo muy interesante la tendencia de mayor calidad global del tratamiento 75% de riego de productor más nano riego.



**Figura 25.** Perfil sensorial de los vinos cv. Cabernet Sauvignon en la temporada 2018-2019, comparando el vino testigo (azul riego de productor) versus los distintos tratamientos de restricción hídrica (naranjo 75% riego productor, gris 75% riego productor + nano riego). Parámetros sensoriales que contienen asterisco poseen diferencias significativas de acuerdo con el análisis ANOVA y Comparación de Medias de Tukey ( $P<0.05$ ).

Realizando un análisis marginal entre el flujo de caja que obtiene cada tratamiento extrapolado a una escala comercial, resulta un valor positivo y superior para la situación normal, dado que no requiere algún tipo de inversión y sus rendimientos superiores; bajo esa premisa la idea de implementar el nano riego junto con disminuir 25% el agua en las plantas, se justificaría sólo en un escenario con escasez hídrica [T1], donde se presentaría como rentable y apropiada la implementación del nano riego.

b) Ensayo de nanoriego y mulch en Cabernet Sauvignon Clonal



Fotografía 34. Sistema de nano riego instalado en Cabernet Sauvignon, Peralillo.

Se eligió este sector por su innovador sistema de conducción, alto consumo de agua y alto rendimiento dado que el material vegetal de la viña consiste en Cabernet Sauvignon clon 46. En esta viña se decidió estudiar la implementación del nano riego y mulch con un 25% de restricción hídrica con respecto al riego del productor.

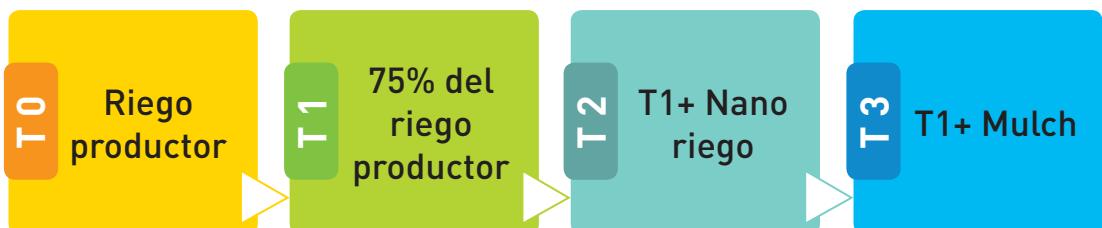
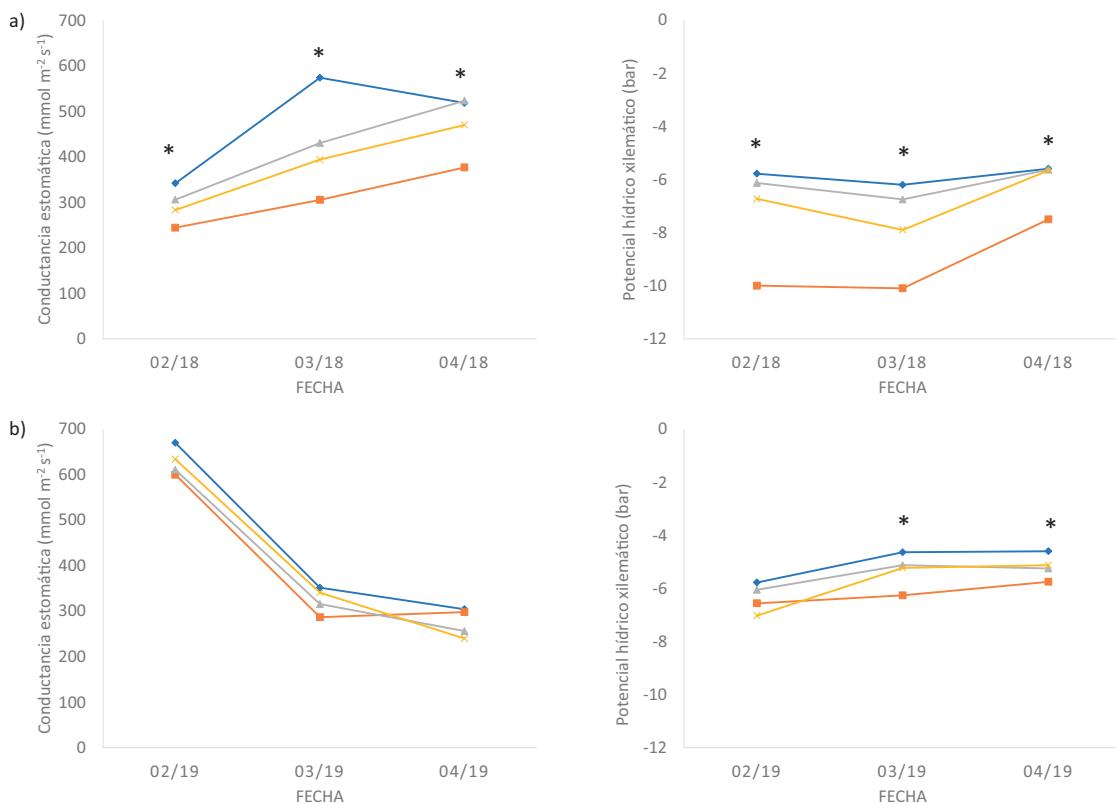


Figura 26. Tratamientos de riego aplicado en Carbernet Sauvignon.

En la temporada 2017-2018 en febrero y abril se aprecian diferencias significativas en los parámetros de conductancia y potencial hídrico xilemático. Se observa que el tratamiento con 25% menos de riego (T1) se encuentra con mayores niveles de estrés, dada la dificultad para obtener agua del suelo. El nano riego (T2) y mulch (T3) destacan por mitigar el efecto de aflicción causado por la disminución del aporte hídrico.



**Figura 27.** Parámetros fisiológicos de los ensayos en Cabernet Sauvignon para las temporadas 2017-2018 (a) y 2018-2019 (b). Donde color azul es T0 (100% tasa reposición productor), naranjo T1 (75% tasa reposición productor), gris T2 (75% tasa reposición productor + Nano riego) y amarillo T3 (75% tasa reposición productor + Mulch). Asterisco \* indica diferencias significativas, Test LSD Fisher, alpha < 0.05.

En el análisis foliar se detectó diferencia significativa de concentración del boro en los tejidos, el boro es un elemento que se mueve de las raíces al follaje gracias a la transpiración. En consecuencia, el T1 al encontrarse bajo afección hídrica y sin medida de mitigación, transpira menos. En situación intermedia se encuentran los tratamientos con medida de mitigación. Aún así, el nivel de boro está dentro de rangos normales para todos los tratamientos.

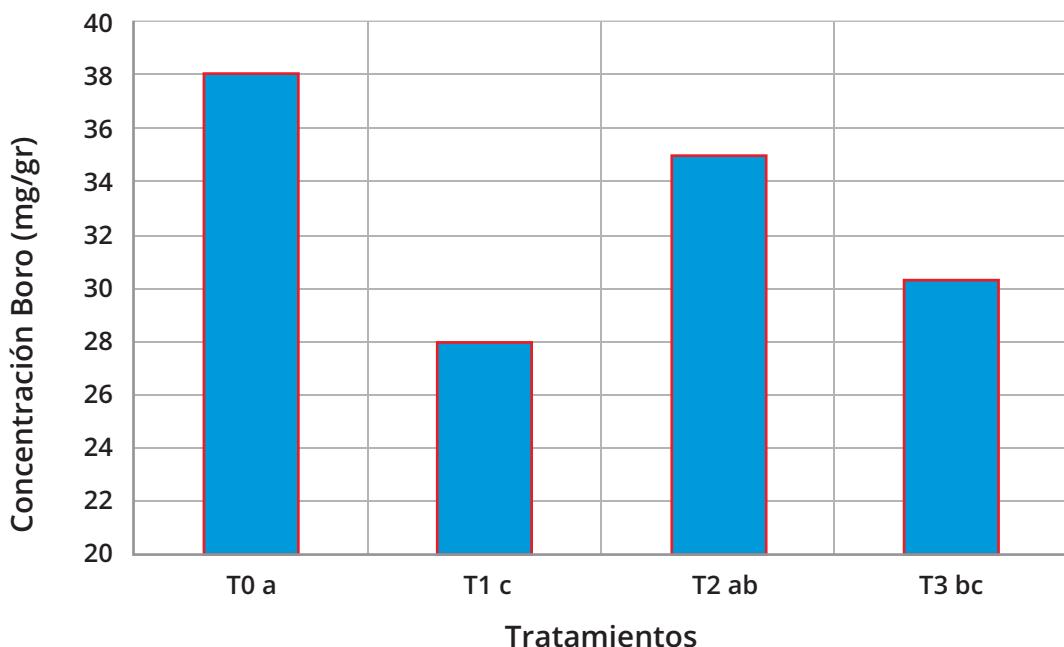


Figura 28. Concentración de Boro en el tejido foliar de los ensayos, realizado el 2017-2018 en Cabernet Sauvignon.

Para la temporada 2017-2018 no existió diferencia significativa en rendimiento. Por lo que, para esta primera temporada, disminuyendo un 25% de agua, se logró mantener características fisiológicas y productivas de las plantas. Aún así, se necesitaba ver el comportamiento de una segunda temporada a raíz de un posible desgaste de la planta. Por ejemplo, el nano riego obtuvo una menor concentración de arginina en el tejido radicular y en índice Ravaz tanto el control negativo (T1) y nano riego (T2) se encontraban por sobre el rango normal, lo que significa que hubo una mayor producción de fruta con respecto al desarrollo vegetativo y que puede conllevar a un desequilibrio a la siguiente temporada.

**Tabla 19.** Resultados de parámetros productivos, eficiencia de uso del agua y reservas de los tratamientos en Cabernet Sauvignon. Parámetros productivos y reservas con letra diferente a “ns” poseen diferencias significativas de acuerdo con el análisis ANOVA y Comparación de Medias de LSD Fisher ( $P<0.05$ ).

Temporada	Parámetro	T0: Riego productor	T1: 75% Riego productor	T2: T1+ Nano riego	T3: T1+ Mulch
2017-2018	Rendimiento (kg)	15,30 ns	13,30 ns	15,60 ns	13,90 ns
	Consumo de agua ( $m^3$ )	1,36	0,95	0,95	0,95
	EUA (kg uva/ $m^3$ )	11,20 c	13,96 b	16,39 a	14,68 ab
	Argininas (mg/gr)	4,70 b	7,90 a	3,7 b	8,70 a
	Ravaz	7,80 ns	11,20 ns	9,7 ns	8,10 ns
2018-2019	Rendimiento (kg)	20,36 a	13,54 b	14,80 b	15,30 b
	Consumo de agua ( $m^3$ )	1,60	1,20	1,20	1,20
	EUA (kg uva/ $m^3$ )	12,72 ns	11,28 ns	12,33 ns	12,75 ns
	Argininas (mg/gr)	10,50 ns	8,10 ns	7,47 ns	5,30 ns
	Ravaz	15,55 ns	13,40 ns	11,37 ns	11,03 ns

Para la temporada 2018-2019, se observan diferencias significativas en parámetros de potencial hídrico xilemático en los meses de marzo y abril, donde se repitió el resultado de que el T0 posee un mejor estatus hídrico, seguido de los tratamientos con medidas de mitigación y por último el control negativo (T1). En general las plantas se encontraban bien hidratadas, sin presentar mayor estrés.

En parámetros de productividad se detectó diferencia significativa del control positivo (T0) y el resto de los tratamientos, obteniendo un mayor rendimiento. La reducción del 25% generó un efecto negativo, sin embargo, los tratamientos con medida de mitigación obtuvieron un mejor rendimiento en kilos. Nuevamente el índice Ravaz fue alto, existiendo una alta carga frutal con respecto al desarrollo vegetativo.



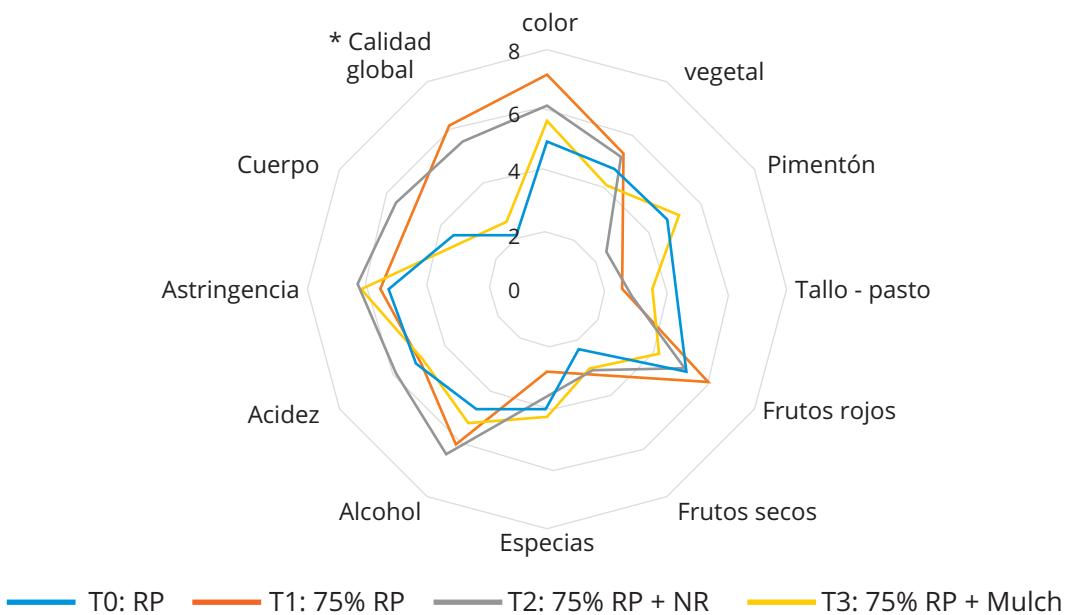
Fotografía 35: Peso de poda de los ensayos.

A nivel analítico, en la temporada 2018-2019 se observaron diferencias significativas a nivel de la uva; básicamente un mayor pH y menor acidez total en los tratamientos con riego deficitario. A nivel del vino, se reflejan la misma tendencia de la uva, en que el tratamiento con mayor cantidad de agua (riego productor) presenta una mayor acidez y menor pH (Tabla 20). Sin embargo, aunque sin diferencias significativas, se observa una tendencia al aumento en la composición fenólica en los 3 tratamientos con riego restringido en comparación con el riego del productor (Tabla 20). Destaca el aumento que se observó, respecto a la temporada anterior (2017-2018), en el contenido de polifenoles totales y taninos totales en los tratamientos con restricción hídrica. El otro resultado también esperado, fue un comportamiento similar de los tratamientos con restricción y medidas paliativas, respecto al testigo. Esto confirma el rol positivo que se esperaba de los tratamientos con restricción.

**Tabla 20.** Composición química de vinos cv. Cabernet Sauvignon provenientes de plantas sometidas a distintos tratamientos de riego deficitario combinados con medidas paliativas, en comparación con un testigo con el riego del productor (temporada 2018-2019). Parámetros de calidad de mosto y vino con letra diferente a “ns” poseen diferencias significativas de acuerdo con el análisis ANOVA y Comparación de Medias de HSD Tukey ( $P<0.05$ ).

Composición química	T0: Riego productor	T1: 75% Riego productor	T2: T1+ Nano riego	T3: T1+ Mulch
Grado alcohólico (v/v)	11,7 ns	11,6 ns	12,2 ns	12,1 ns
Azúcar residual (g/L)	0,62 bc	0,73 a	0,55 c	0,69 ab
pH	4,04 ns	3,98 ns	4,12 ns	4,04 ns
Acidez Total (g/L $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	3,08 a	3,34 b	2,89 b	3,12 b
Acidez Volátil (g/L ácido acético)	0,55 ns	0,46 ns	0,53 ns	0,50 ns
Polifenoles totales (DO 280 nm)	32,9 ns	38,3 ns	36,2 ns	35,2 ns
Intensidad Colorante	5,14ns	6,89 ns	5,27 ns	6,32 ns
Matiz	0,85 ab	0,82 b	0,92 a	0,87 ab
Antocianas (mg/L)	183 ns	206 ns	200 ns	191 ns
Taninos (mg/L)	479 b	892 a	765 ab	826 a

Desde un punto de vista sensorial (Figura 29), se observa la temporada 2017-2018 un aumento significativo de la calidad global de los tratamientos con riego restringido, en especial el tratamiento con mulch antimaleza. Luego la temporada 2018-2019 un aumento significativo de la calidad global de los tratamientos con riego restringido 75% riego de productor (T1) y 75% riego de productor con nanoriego (T2). Esta mejor calidad, percibida por el panel, se puede explicar por aspectos como un aumento, aunque no significativo en el cuerpo y en el color, especias, además de una menor intensidad de aromas a pimentón y tallo-pasto, parámetros considerados negativos a la calidad.



**Figura 29.** Perfil sensorial de los vinos Cabernet Sauvignon en la temporada 2018-2019, comparando T0: vino testigo (azul), T1: riego con 75% del riego testigo y sin medida paliativa (naranja), T2: T1 + nano riego (gris) y T3: T1 + mulch (amarillo). Parámetros sensoriales que contienen asterisco poseen diferencias significativas de acuerdo con el análisis ANOVA y Comparación de Medias de Tukey ( $P<0.05$ ).

Respecto a la comparación de los flujos de caja, el T0 posee mayores utilidades en relación con los tratamientos de restricción hídrica, sin embargo, destacan tanto el mulch como nano riego como una estrategia que permite mitigar el shock negativo de un estrés hídrico del 25% en las utilidades del proyecto. En ese sentido, las tecnologías mitigantes son aplicables y recomendables en un escenario donde la viña se encuentre con una disminución en su recurso hídrico.

## 5.4. Consumo Energético

Entre los resultados esperados al reducir el uso de agua es también lograr una reducción en el costo energético. Para ello se revisaron los programas de riego que llevaron a cabo las viñas en donde se establecieron los ensayos, de esa forma al conocer la potencia de las bombas involucradas en el proceso del riego y, por último, asociarla a la tarifa eléctrica definidas por sector según la CGE, los resultados por viña son los siguientes.

### 5.4.1. Viña Cabernet Sauvignon, sector Puquillay

Para el riego del cuartel, se utilizan 3 bombas. La primera es de 100 HP e impulsa agua del pozo a un tanque, posteriormente con una bomba de 95 HP se sube el agua de dicho tanque al tanque con el cual riegan el sector y finalmente, utilizan una bomba de 20 HP para regar el sector de 2,7 hectáreas.

En la temporada realizaron un riego de 165 horas a un cuartel de 2,7 ha, recibiendo así las plantas T0 un total de 0,66 m<sup>3</sup>, esto extrapolado a una hectárea equivalen a 3.725 kWatt. Mientras que para los tratamientos con restricción hídrica del 25% el consumo eléctrico fue de 2.095 kWatt/temporada. Dado que recibieron 25% menos de agua, equivalente a 0,495 m<sup>3</sup>/ planta.

El costo del kWatt es de \$94, el costo para impulsar el agua y regar el sector de 2,7 hectáreas es de \$724.224, mientras que para un riego con 25% menos de agua (T1 y T2) el costo baja a \$543.168.

### 5.4.2. Viña Merlot en Marchigüe

En caso del Merlot, se encuentra en un sector de 4,65 hectáreas el cual se divide en 4 subsectores que se riegan de forma independiente, para ello se necesitan 2 bombas, una que impulsa agua del pozo a un tanque de 36 m<sup>3</sup>, el cual se demora 3,3 horas en llenarlo y otra bomba de 5,5 HP para impulsar al sector 1.

Durante la temporada se dieron 73 horas, lo que equivale a 0,3 m<sup>3</sup>/planta en el caso del T0. El gasto energético equivale a 1122,18 kWatt/temporada, en tanto para los tratamientos T1 y T2 recibieron 0,15 m<sup>3</sup> equivale a 561,09 kWatt/temporada.

El valor del kWatt para el sector es de \$85. Lo que equivale a \$381.618 aproximadamente para el riego normal y en caso si fuese tanto T1 o T2 se tiene un gasto de \$190.809.

### **5.4.3. Viña Carménère en Santa Cruz**

El cuartel de 8 hectáreas se riega con una bomba de 20 hp que impulsa agua de un tranque, el cual es alimentado por un canal. El riego de la temporada fue 161 horas. Esto corresponde a 0,77 m<sup>3</sup> por planta, en caso del T1 y T2 el agua aplicado fue de 0,38 m<sup>3</sup>. De acuerdo con eso el gasto energético extrapolado a una hectárea es de 862,05 kWatt/temporada ha. En caso de los tratamientos con un 50% de restricción hídrica el consumo es 431,028 kWatt/temporada ha.

El costo del kWt es de \$85 según CGE, para regar el cuartel se gastó \$626.499. En tanto para los tratamientos con 50% de restricción hídrica y extrapolados al cuartel gastarían \$313.250 aproximadamente.

### **5.4.4. Viña Carbernet Sauvignon en Peralillo**

El cuartel posee una dimensión de 7,7 hectáreas. Para suprir la demanda de agua del cuartel, se requiere el uso de 2 bombas, una de 50 HP que impulsa agua del pozo al tranque y posteriormente una bomba de 60 HP que impulsa al sector 34. Por hectárea se aplicó 438,25 mm, equivalente a 164 horas.

El consumo por hectárea para el tratamiento control positivo equivale a 1787,59 kWatt, en tanto, los tratamientos con un 25% de restricción hídrica, el consumo eléctrico fue de 1350,69 kWatt. El costo del kWatt es de \$100, resultando un total de \$1.376.452 en situación normal y con 25% de reducción hídrica es \$1.032.339

## 5.5. Conclusiones

De acuerdo con lo observado en los ensayos establecidos, tanto el secado parcial de raíces, nano riego y mulch son técnicas que permiten reducir el estrés hídrico y mantener características fisiológicas y productivas para las vides estudiadas y bajo las condiciones en las cuales se encuentran. En caso de la Carménère, no se identificaron diferencias en aspectos fisiológicos, productivos ni en vino con respecto al tratamiento con 100% de agua aplicada, sin embargo, una innovación en el monitoreo del agua permitirá a la viña ser más eficiente en el uso del agua. En el caso del Merlot, hubo un cierto grado de estrés con respecto al control positivo (T0), que se vieron reflejados en los parámetros medidos, sin embargo, fueron diferencias aceptables, al realizar la comparación con el control negativo se puede identificar un efecto mitigante al estrés hídrico. En aspectos de calidad del vino, se observó un aumento de alcohol, taninos y color, los cuales son parámetros que son deseables en la industria del vino. De igual forma sucedió con el nano riego y mulch implementados en Cabernet Sauvignon, donde pudieron generar un efecto mitigante al estrés. Sin embargo y como se mencionó en un comienzo es necesario poder seguir evaluando estas tecnologías para ver el efecto en un mediano plazo.

Aun así, en el transcurso del proyecto se logró reducir el consumo de agua en un 25% o 50% del volumen aplicado, logrando una reducción aceptable de la productividad, manteniendo el estatus hídrico de las plantas, y, además, en algunos casos con una mejora en la calidad del vino. Lo anterior es muy significativo en una condición de creciente escasez hídrica, al permitir un ahorro de agua, un aumento de la eficiencia del uso del agua y un ahorro energético en el ejercicio de la extrapolación de este ensayo a una unidad de riego completa.

Si bien, al mantenerse los rendimientos los retornos son mayores en el caso de no optar por implementar alguna tecnología o manejos, esto será así siempre y cuando las variables climáticas se mantengan estables; lo cual es poco probable en un contexto de cambio climático, donde las temperaturas van en aumento y su vez una reducción de las precipitaciones causan una disminución de los caudales disponibles para riegos. En ese sentido al realizar las comparaciones económicas de un escenario con 25% o 50% de restricción hídrica se hace rentable el invertir en alguna de las tecnologías y manejos que permiten reducir la traspiración, aumentar la eficiencia de riego o mejorar el monitoreo del agua en el suelo. Esto permite a las viñas ser más competitivas en un mediano plazo en que la escasez hídrica será cada vez más fuerte y que el consumidor y mercados se vuelvan cada vez más exigentes en qué tan eficientes son los productores en la utilización de sus recursos para la elaboración del vino.



---

# Referencias

Referencias bibliográficas

# Referencias:

- Affum, H. A., Oduro-Afriyie, K., Nartey, V. K., Adomako, D., & Nyarko, B. J. B. (2008).** Biomonitoring of airborne heavy metals along a major road in Accra, Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*, 137(1–3), 15–24.
- Airoldi, G., Balsari, P., & Gioelli, F. (2004).** Results of a survey carried out in Piedmont region winery on slurry characteristics and disposal methods. *Proceedings of the 3rd International Specialised Conference on Sustainable Viticulture and Winery Wastes*, 335–338. AWRI. (2017). AWRI management 2013–2017. (September).
- Bonamente, E., Scrucca, F., Asdrubali, F., Cotana, F., & Presciutti, A. (2015).** The water footprint of the wine industry: Implementation of an assessment methodology and application to a case study. *Sustainability (Switzerland)*, 7(9), 12190–12208.
- Bhuie, A. K., Ogunseitan, O. A., & Roy, D. N. (2004).** Manganese content of tradescancia species exposed to automotive combustion of methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl in urban and rural landscapes. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 54(2), 181–190.
- Bories, A., & Sire, Y. (2010).** Impacts of Winemaking methods on wastewaters and their treatment. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 31(1), 38–44.
- Bonamente, E., Scrucca, F., Asdrubali, F., Cotana, F., Presciutti, A. (2015).** The water footprint of the wine industry: Implementation of an assessment methodology and application to a case study. *Sustainability (Switzerland)*, 7, 12190–12208.
- Bronson, Kevin. F., D. J. Hunsaker, J. J. Meisinger, S. M. Rockholt, K. R. Thorp, M. M. Conley, C. F. Williams, E. R. Norton, and E. M. Barnes. (2019).** Improving Nitrogen Fertilizer Use Efficiency in Subsurface Drip-Irrigated Cotton in the Desert Southwest. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 83:1712–1721
- Carpenter, S. R., N. F. Caraco, D. L. Correll, R. W. Howarth, A. N. Sharpley, V. H. S. (1998).** Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(1998), 559–568.
- Codex Alimenentarius Comission. (2016).** REP16/CAC July 2016 Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Alimentarius Commission. (July), 1–90.
- Dry, P. R., & Loveys, B. R. (1998).** Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 4(3), 140–148.

**Dry, P. R., & Loveys, B. R. (1999).** Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. *Vitis*, 38(4), 151–156.

Dry, P. R., Loveys, B. R., & Düring, H. (2000). Partial drying of the rootzone of grape. I. Transient changes in shoot growth and gas exchange. In *Vitis* 39,3-7.

**Dube, A., Zbytniewski, R., Kowalkowski, T., Cukrowska, E., & Buszewski, B. (2001).** Adsorption and Migration of Heavy Metals in Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*, 10(1), 1–10.

**Elhindi, K., El-Hendawy, S., Abdel-Salam, E., Elgorban, A., & Ahmed, M. (2016).** Impacts of fertigation via surface and subsurface drip irrigation on growth rate, yield and flower quality of *Zinnia elegans*. *Bragantia*, 75(1), 96–107.

**FAO, & OMS. (2018).** Programa Conjunto FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias Comité del Código Sobre Contaminantes de los Alimentos. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

**Franke, N. A., Boyacioglu, H., Hoekstra, A. Y. (2013).** Grey water footprint accounting. Enschede, The Netherlands.

**Gómez, M., & Sotés, V. (2014).** El manganeso y la viticultura: una revisión. 84. Retrieved from [http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/publicaciones/MANGANESO\\_Y\\_VITICULTURA\\_tcm7-344123.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/publicaciones/MANGANESO_Y_VITICULTURA_tcm7-344123.pdf)

**Gunarathna, M. H. J. P., Sakai, K., Nakandakari, T., Kazuro, M., Onodera, T., Kaneshiro, H., ... Wakasugi, K. (2017).** Optimized subsurface irrigation system (OPSIS): Beyond traditional subsurface irrigation. *Water* [Switzerland], 9(8).

**Hoekstra, A. Y., Chapagain, A., Martinez-Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2009).** Water footprint manual: state of the art 2009. Enschede, the Netherlands: Water Footprint Network.

**Huang, R., Birch, C. J., & George, D. L. (2006).** Water Use Efficiency in Maize Production - The Challenge and Improvement Strategies. Maize Association of Australia, 6th Triennial Conference and Proceedings, (Jensen 1973), 320 p.

**Ibarra, H. (2019).** Evaluación de tecnologías y estrategias para la mitigación del efecto de una reducción en la reposición hídrica en *Vitis vinifera* L. Escrito de residencia, Departamento de Fruticultura y Enología, facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile.

---

**Instituto Nacional de Normalización. (1987).** NCh1333.

**Instituto Nacional de Normalización. (2005).** NCh409/1.

**Jiang, Y., Fan, M., Hu, R., Zhao, J., & Wu, Y. (2018).** Mosses are better than leaves of vascular plants in monitoring atmospheric heavy metal pollution in urban areas. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(6) 1105.

**Jifon, J. L., & Syvertsen, J. P. (2003).** Photosynthesis and Water Use Efficiency of 'Ruby Red' Grapefruit Leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 128(1), 107–112.

**Jongdee, S., Kumsaen, T., & Wantala, K. (2017).** Applied Environmental Research Manganese Removal from Aqueous Solution by Ozonation Process Designed by Box-Behken Design (BBD). 39(1), 1–10.

**Kirzhner, F., Zimmels, Y., & Shraiber, Y. (2008).** Combined treatment of highly contaminated winery wastewater. Separation and Purification Technology, 63(1), 38–44.

**Kristl, J., Veber, M., & Slekovec, M. (2003).** The contents of Cu, Mn, Zn, Cd, Cr and Pb at different stages of the winemaking process. Acta Chimica Slovenica, 50(1), 123–136.

**Lamastra, L., Suciu, N. A., Novelli, E., & Trevisan, M. (2014).** A new approach to assessing the water footprint of wine: An Italian case study. Science of the Total Environment, 490(June), 748–756.

**Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011).** The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. 1577–1600.

**Muñoz, M. (2019).** Estudio de diferentes fuentes potenciales de metales pesados en el vino, caso manganeso (Mn) y su influencia en la inocuidad alimentaria. Escrito de residencia, Departamento de Fruticultura y Enología, facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile.

**Myburgh, P. A. (2011).** Response of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot to low frequency irrigation and partial root zone drying in the Western Cape Coastal region - Part II. Vegetative growth, yield and quality. South African Journal of Enology and Viticulture, 32(1), 104–116.

---

# EDITORES:



**Pilar M. Gil Montenegro**

Ingeniera Agrónoma de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Doctora en Ciencias de la Agricultura de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Es académica de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Sus líneas de investigación se enfocan en la mitigación de estrés hídrico y la mejora de la eficiencia del uso del agua y en frutales y viñas, considerando aspectos de productividad, sostenibilidad y calidad del agua.



**Daniel Knopp Manquean**

Ingeniero Agrónomo de la Pontificia Universidad Católica de Chile, con mención en Economía Agraria y una vasta experiencia en temas relacionados en riego dada su trayectoria como asistente de investigación en el Laboratorio de Agua y Riego de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Su enfoque está en el manejo eficiente del agua de riego.

Para la industria del vino en Chile, el aumento de los países competidores y la necesidad de mantener y abrir nuevos mercados obligan a la producción de vinos de calidad y la necesidad de diferenciarse, acogiendo conceptos de importancia para los mercados consumidores, tales como la huella hídrica, la eficiencia del uso del agua y la inocuidad de la actividad con respecto a la salud humana y del entorno, conceptos que están dentro de lo que conocemos como "Agricultura Sustentable". En la región de O'Higgins la actividad agropecuaria es de gran importancia, representando un 12% PIB regional; dentro de este rubro la viticultura regional ocupa un 33.6% de la superficie plantada y representa un 33% de la producción vinífera nacional (SAG, 2017).

En este documento, abordamos en profundidad aspectos de manejo relacionados con temas de eficiencia en uso de los recursos, inocuidad ambiental y alimentaria. También daremos a conocer los resultados más relevantes de los estudios realizados en viñas de la región de O'Higgins, los cuales se han realizado considerando la necesidad de tomar líneas de acción para lograr masificar el concepto de producción sustentable e inocua, y lograr una mayor eficiencia del uso del agua sin afectar negativamente aspectos de rendimiento y calidad en la vid y el vino.

#### Ejecutado por:



FACULTAD DE AGRONOMÍA E  
INGENIERÍA FORESTAL  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE CHILE

978-956-14-2505-7



9 789561 425057

#### Financiado por:



Proyecto financiado a través del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de O'Higgins y su Consejo Regional, enmarcado en la Estrategia Regional de Innovación.