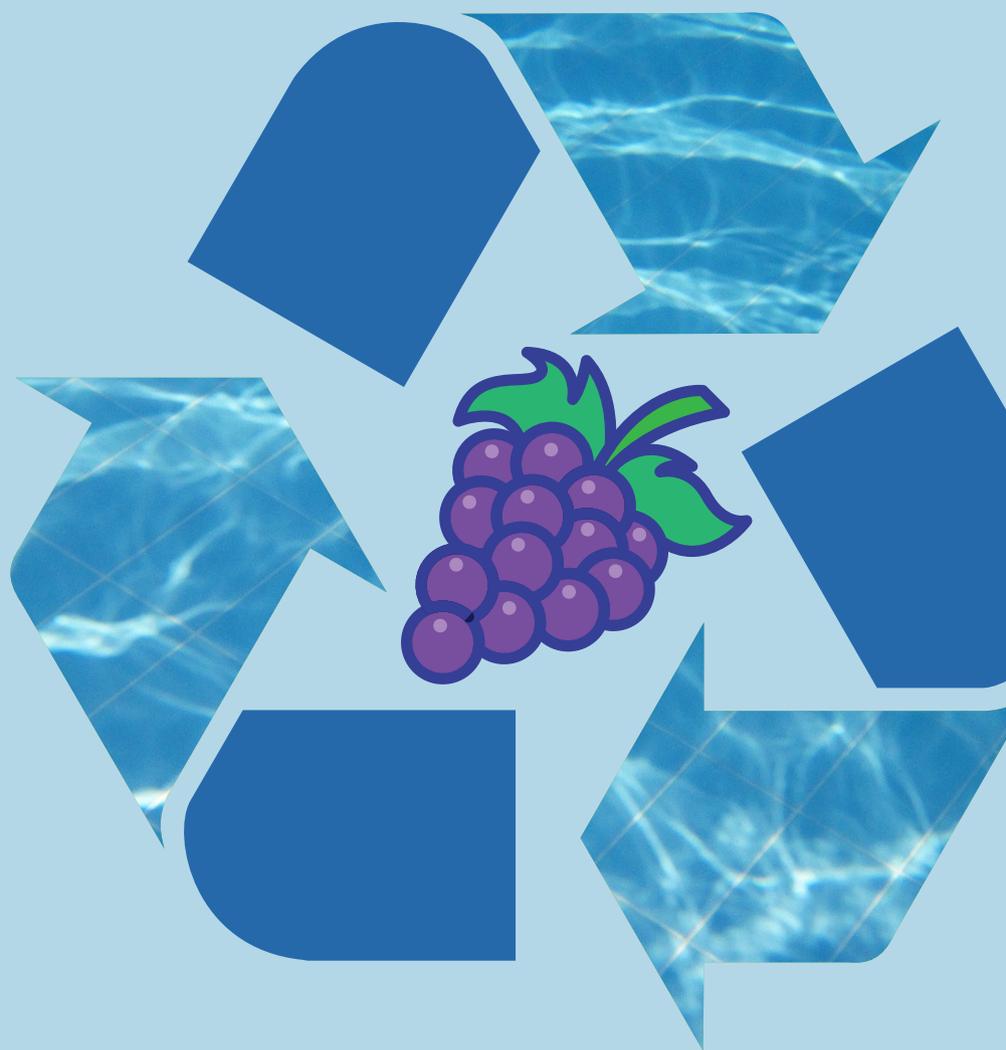


Más sustentable e inocua

# Acciones para gestionar el agua en vitivinicultura



Pilar **Gil** pmgil@uc.cl  
Claudia **Bonomelli** cbonomel@uc.cl  
Daniel **Knopp** daknopp@uc.cl  
Daniela **Cea** dfcea@uc.cl  
Natalia **Brossard** ndbrossa@uc.cl  
Alejandra **Zúñiga** mzunigae@uc.cl  
Edmundo **Bordeu** ebordeu@uc.cl



En el mundo, la industria vitivinícola está tomando en cuenta aspectos de sostenibilidad e inocuidad alimentaria y con el medio ambiente. Uno de los recursos más relevantes es el agua, es por ello que el Proyecto FIC “Transferencia I+D+i para Viñas Sustentables e Inocuas” busca mejorar la gestión intrapredial del recurso hídrico en viñas de la sexta región, considerando técnicas para reducir la demanda hídrica del cultivo, cuantificación y control del agua utilizada en los procesos productivos y considerando aspectos de inocuidad con el entorno predial y salud humana.

En la región de O’Higgins, un tercio de la actividad agropecuaria (que concentra el 12% del PIB regional) corresponde al rubro vitivinícola (33,6%). Ésta, además, representa un tercio de la producción vinífera nacional, la que hoy se enfrenta a un complejo escenario y al desafío de reinventarse. Uno de los principales problemas que ha enfrentado esta actividad, de gran relevancia económica y social, ha sido la escasez hídrica que este año significó déficits que fluctúan entre el 70 y 80%, lo que obligó al Estado a decretar la región de O’Higgins como Zona de Emergencia Agrícola.

La industria del vino en Chile se enfrenta a un escenario complejo, por un lado, 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. Por el otro, el cambio climático demanda también su propio proceso de adaptación. Sin embargo, la Agricultura Sustentable recoge los conceptos que los mercados consumidores exigen implementar, 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.

En este marco, un grupo de académicos de profesores y profesionales del Departamento de Fruticultura y Enología de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC desarrolla el 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 entre enero del 2017 y enero de 2020.

El objetivo es 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, asociación que representa a los productores del rubro vitivinícola del país, a través de su programa “Gestión y manejo sustentable del agua en viñedos y bodegas”, y la certificación “Código de Sustentabilidad”.

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.

## INNOVACIÓN EN ESTRATEGIAS Y TECNOLOGÍAS DE RIEGO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE USO DE AGUA EN VIÑAS DE LA REGIÓN DE O'HIGGINS

Aún existe gran proporción de productores que cuentan con sistemas de riego gravitacionales, lo que implica grandes ineficiencias en el uso del recurso hídrico. Por ello, el proyecto apuntó al desarrollo de posibles soluciones para disminuir el uso de agua intra-predial, 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.

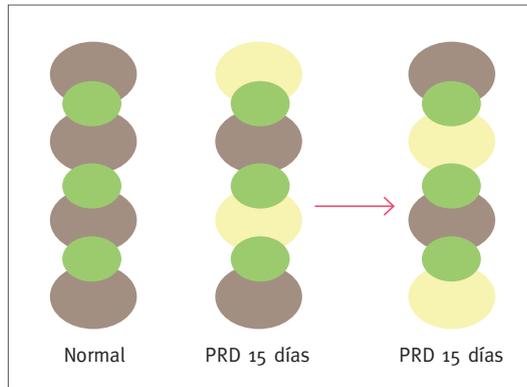
- **Riego subsuperficial (enterrado):** permite mejor aprovechamiento de agua dado que evita las pérdidas por evaporación y escorrentía superficial. A su vez, se mejora la eficiencia en la entrega de fertilizantes dado que se administra el agua y los nutrientes directamente al sistema radicular, especialmente potasio y fósforo. También incorporó tecnología anti-sifón que impide la penetración de raíces e ingreso de partículas al interior del emisor.
- **Sistema "nano-riego" o "micro low-flow irrigation":** 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 escurrimiento. Requiere menor presión del sistema y por tanto un menor gasto energético.
- **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. El fundamento fisiológico es que la zona de raíces que se encuentran secas producen señales que terminan en una acumulación de ácido abscísico en las hojas, logrando de esa forma disminuir la apertura estomática y en consecuencia una reducción de la transpiración, aunque la reducción en la tasa de fotosíntesis es menor. 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.
- **Mulch o acolchado:** disminución del agua evaporada del suelo y aumenta la humedad aprovechable en las primeras estratas del perfil del suelo. En el proyecto FIC, se evaluó una malla de polipropileno de color negro con un peso de 90 g/m<sup>2</sup>, el cual evita las pérdidas de agua por

evaporación desde la zona de mojamiento y además reduce la proliferación de malezas. Sin embargo, aumenta el uso de plástico en la faena. Aún así, existen otras alternativas para generar Mulch como aserrín, guano, cáscara de nueces, paja de trigo, restos de maíz, entre otras alternativas de origen orgánico

- **Aplicación foliar de caolín:** La caolina es un mineral reflectante, que 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.

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 en 4 predios repartidos entre las localidades de Marchigüe, Puquillay, Peralillo y Santa Cruz. Se implementaron bloques Completos al Azar, con 4 repeticiones (Bloques) por tratamiento. Cada repetición, 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.





### Evaluación de tecnologías de riego y manejos de mitigación ante la escasez hídrica: ¿cómo lo medimos?

De acuerdo con lo observado en los ensayos establecidos, tanto el secado parcial de raíces, nanorriego 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 Carmènère, 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, sin embargo, fueron diferencias aceptables. 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 nanorriego 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.

Ante un contexto de Cambio Climático, 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 transpiración, aumentar la eficiencia de riego o mejorar el monitoreo del agua en el suelo. Esto permite a las viñas ser más competitivas con un consumidor y mercados cada vez más exigentes.

### EFFECTO DEL MANEJO VITIVINÍCOLA SOBRE CUERPOS DE AGUA Y POSIBLES MANEJOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA DERIVADA DE LOS PROCESOS DE VINIFICACIÓN

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.

Un problema asociado a la producción del vino, es la posible contaminación difusa dada por los efluentes de las bodegas a partir de los lavados que se hacen a los pisos, cubas, máquinas despalladoras, prensas, bombas, mangueras, entre otros. El agua lava y arrastra restos de orujos, mosto y otros desechos 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. 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. 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. Por esto, las bodegas se pueden ver sobrepasadas en su capacidad de tratamiento para enfrentar dicha situación.

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, manganeso y pH ácidos, son los parámetros que por lo general se pueden encontrar fuera de normativa en los períodos de vendimia. El SAG ha caracterizado el impacto que tienen estos elementos al medio ambiente, los cuales se resumen en el siguiente cuadro.

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 DBO5 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. La presencia del manganeso tiene diversas fuentes, entre ellas pueden ser a nivel predial, ya sea por condiciones inherentes del predio como también a nivel de bodega.



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.

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 como buenas prácticas para el manejo de recursos naturales.

### 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 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 modificaciones de gestión interna sobre los propuestos por la OIV.

**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)** Evitar en lo posible que los subproductos que surgen a raíz de la elaboración del vino (escobajos, 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 DBO5 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. 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.

**c)** 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.

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.



## Tratamientos aplicables a los efluentes

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.

**a) Tratamientos biológicos:** desarrollo de microorganismos aeróbicos que permitan degradar la materia orgánica y un proceso de decantación de los lodos generados. 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. Esta fase finaliza una vez que se logra la eliminación de la contaminación soluble. Luego comienza la decantación de los lodos teniendo como consecuencia una separación de los efluentes, en una fase líquida y otra sólida. Finalmente, 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 evacua 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.

**b) Evaporación natural o forzada:** Concentrar por evaporación los efluentes decantados en un embalse o tranque completamente hermético. 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 están los riegos de molestias olfativas, la superficie y el costo de impermeabilización que requiere el embalse.

**c) Rociado agrícola:** 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.

**d) Biofiltros:** Consiste en la utilización de bacterias y lombrices para el filtrado biológico que logran reducir los parámetros

como el DBO5 en un 90%, los sólidos suspendidos totales en un 90 a 95%, grasas y aceites, entre otros elementos. Las lombrices se encargan de digerir los sólidos suspendidos, mientras que por los canales que generan 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.

**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 no puede ser almacenado ni dirigido, por lo que debe ser generado y aplicado en su punto de uso. Su inyección en las aguas residuales de las bodegas permitiría la eliminación de bacterias, virus, materia orgánica (fenoles, pesticida, detergentes). Además de tener un efecto de desinfectante puede oxidar el hierro y manganeso. 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.

## TRANSFERENCIA I+D+I PARA VIÑAS SUSTENTABLES E INOCUAS

- Proyecto FIC (Fondo para la Innovación y Competitividad) : IDI 30474717-0
- Financiamiento: \$ 200 millones, Gobierno Regional de O'Higgins
- Periodo de Ejecución: enero 2017 a enero 2020
- Directora del Proyecto: Pilar Gil
- Coinvestigadores y profesionales: C. Bonomelli, E. Bordeu, N. Brossard, D. Knopp, D. Cea, A. Zúñiga

### Asociados del proyecto

Viña Polkura  
Viña Laura Hartwig  
Superfruit  
Viña San Diego de Puquillay  
Fundación Capacitación de Vida Rural UC (Sede Nancagua)  
Aprovicol  
Moví, Red del Vino  
Asoc. de Ing. Agrónomos Enólogos de Chile

Agradecimientos: Ana María Burgos (Programa SAT- INDAP Colchagua), Romye Barra (INDAP Región de O'Higgins), Liceo Juan Pablo II de Nancagua, Liceo de Lolol, Netafim Chile, INIA Intihuasi, Cristián González (Viña Polkura), Programas Prodesal de Sta. Cruz, Nancagua y Peralillo, residentes Faif UC.

