

Resultados y Lecciones en
**Agricultura de Precisión
en Viñedos**

Proyectos de Innovación en
**VII Región del Maule y
VIII Región del Bío-Bío**



Fundación para la Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Resultados y Lecciones en Agricultura de Precisión en Viñedos



**Proyectos de Innovación en
VII Región del Maule y VIII Región del Bío-Bío**

Valorización a Junio de 2008



SERIE **EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO**

Agradecimientos

En la realización de este trabajo, agradecemos sinceramente la colaboración de los productores, técnicos y profesionales vinculados al proyecto de Manejo Sitio-Específico en Viñedos, al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y su Centro Regional Quilamapu, a los productores y profesionales participantes en los Talleres de Validación, y en especial a Stanley Best, investigador de INIA Quilamapu; Jorge Rojas, Gerente Agrícola de Viña Valdivieso, y al equipo de la Consultora AQUAVITA, por su valioso aporte en el análisis de esta experiencia.

Resultados y Lecciones en Agricultura de Precisión en Viñedos.
Proyectos de innovación en VII Región del Maule y VIII Región del Bío-Bío.

Serie **Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario**

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Registro de Propiedad Intelectual N° 171.912
ISBN N° 978-956-7874-80-4

DISEÑO GRÁFICO
Guillermo Feuerhake

IMPRESIÓN
Ograma Ltda.

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

Contenidos

Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas	5
1. Antecedentes.....	5
2. Base conceptual de la tecnología.....	6
3. El valor de la herramienta desarrollada.....	8
4. La innovación tecnológica.....	9
5. La conveniencia económica para el productor.....	10
6. Claves de viabilidad de la innovación.....	13
7. Asuntos por resolver.....	15
8. Situación actual.....	15

Sección 2. El proyecto precursor	17
1. Entorno.....	17
2. El proyecto.....	18
2.1. Aspectos metodológicos.....	18
2.2. Resultados.....	21
3. Desarrollos posteriores.....	22

Sección 3. El valor del proyecto	25
---	----

ANEXOS	
1. Estructura de costos de un viñedo: “sin” y “con” MSE.....	29
2. Literatura consultada.....	31
3. Documentación disponible y contactos.....	32



SECCIÓN 1

Resultados y lecciones aprendidas

El presente libro tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas del proyecto *Manejo Sitio-Específico en Viñedos*, financiado por la Fundación para la Innovación Agraria FIA.

Se espera que esta información, que se ha sistematizado en la forma de una “innovación aprendida”,¹ aporte a los interesados una nueva herramienta que les permita mejorar la productividad de sus cultivos.

► 1. Antecedentes

Los análisis y resultados que se presentan en este documento han sido desarrollados a partir de las experiencias y lecciones aprendidas de la ejecución de un proyecto financiado por FIA (proyecto precursor),² cuyo propósito fue *desarrollar una metodología de Manejo Sitio-Específico (MSE) en vides productoras de uvas para vino*. El proyecto fue ejecutado por el Centro Regional de Investigación INIA – Quilmapu (Chillán, VIII Región), en asociación con la Universidad de Concepción y la Viña Martínez de Salinas, en Cauquenes (VII Región), entre Octubre de 2001 y Octubre de 2005.

La herramienta desarrollada, conocida también como “Tecnología de Monitoreo Georreferenciado”, se basa en la captura remota de información y su validación con parámetros del huerto, para caracterizar las condiciones del predio y del cultivo. Al identificarse diferencias a nivel de sectores y/o subsectores del predio, es posible diseñar un plan de manejo específico para cada uno de ellos, de acuerdo a sus necesidades y/o potencial productivo.

Esta tecnología se inserta dentro de un concepto mucho más amplio conocido como Agricultura de Precisión, que ha sido definida como “un conjunto de actividades que incluyen la recolección y manejo de información que permiten tomar decisiones económica y ambientalmente apropiadas para la producción de cultivos”.

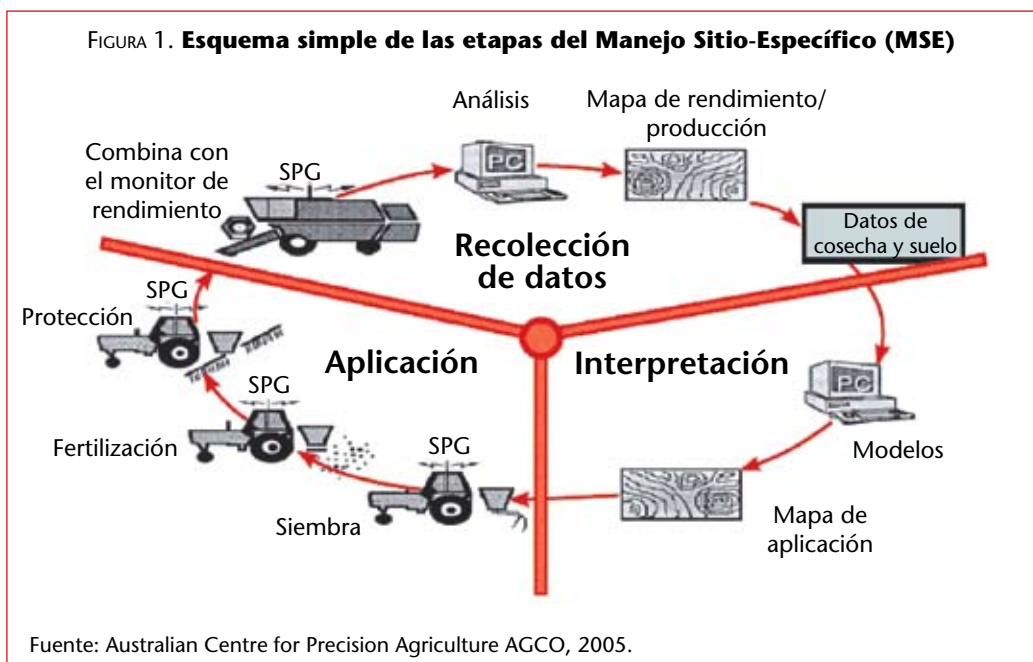
1 “Innovación aprendida”: iniciativa que incorpora la información validada del proyecto analizado, las lecciones aprendidas durante su desarrollo, los aspectos que quedan por resolver y una evaluación de la factibilidad económica proyectada a escala productiva y comercial.

2 Este proyecto se tituló: “Desarrollo de la tecnología de manejo de sitio específico en viñedos para mejorar la calidad de la uva a vinificar”.

► 2. Base conceptual de la tecnología

La variabilidad espacial de las propiedades del suelo y de los rendimientos de los cultivos ha sido reconocida desde los inicios de la agricultura. Hasta hace pocos años, los agricultores no disponían de las herramientas necesarias para medir efectivamente la variabilidad espacial o localizar los sectores con problemas de productividad dentro del potrero. La agricultura de precisión, o en este caso, el Manejo Sitio-Específico (MSE), se refiere a la aplicación de un grupo de tecnologías que permiten medir y manejar la variabilidad espacial, para aumentar la eficiencia productiva y disminuir el impacto ambiental. La definición más simple de agricultura de precisión incluye un grupo de tecnologías tales como sistemas de información geográfica (SIG), sistemas de posicionamiento global (GPS), computadores, maquinarias y equipos, que permiten la aplicación de insumos agrícolas, tales como fertilizantes, semillas y plaguicidas, en forma variable dentro de un potrero, de acuerdo a los requerimientos y/o potencial productivo de varios sectores homogéneos, predefinidos dentro del mismo.

La tecnología no consiste solamente en medir la variabilidad existente en el área, sino también en la adopción de prácticas de gestión que se realicen en función de esa variabilidad. P. Robert, en su libro sobre Agricultura de Precisión (1999) señala: *“No es una novedad la observación de la existencia de variabilidad en las propiedades o factores determinantes de la producción en los agroecosistemas. Lo que es diferente, en realidad, es la posibilidad de identificar, cuantificar y mapear esa variabilidad”*. Más aún, es posible georreferenciar y aplicar los insumos con dosis variables en puntos o áreas de coordenadas geográficas conocidas. De esta forma, se definen prácticas agrícolas orientadas a sustituir la recomendación habitual de insumos con base en valores promedio, como ocurre en la agricultura tradicional, por una más precisa, con manejo localizado, que considera las variaciones del rendimiento en toda el área. Los agentes involucrados en el desarrollo y adopción de las prácticas de agricultura de precisión suelen dividir este conjunto de tecnologías en tres etapas sucesivas: (i) recolección de datos; (ii) procesamiento e interpretación de la información; y (iii) aplicación de insumos (Figura 1). Mientras que las primeras dos etapas corresponden a la instalación de la herramienta propiamente tal, la tercera involucra la ejecución del plan de manejo que se deriva de la información que arroja la misma.

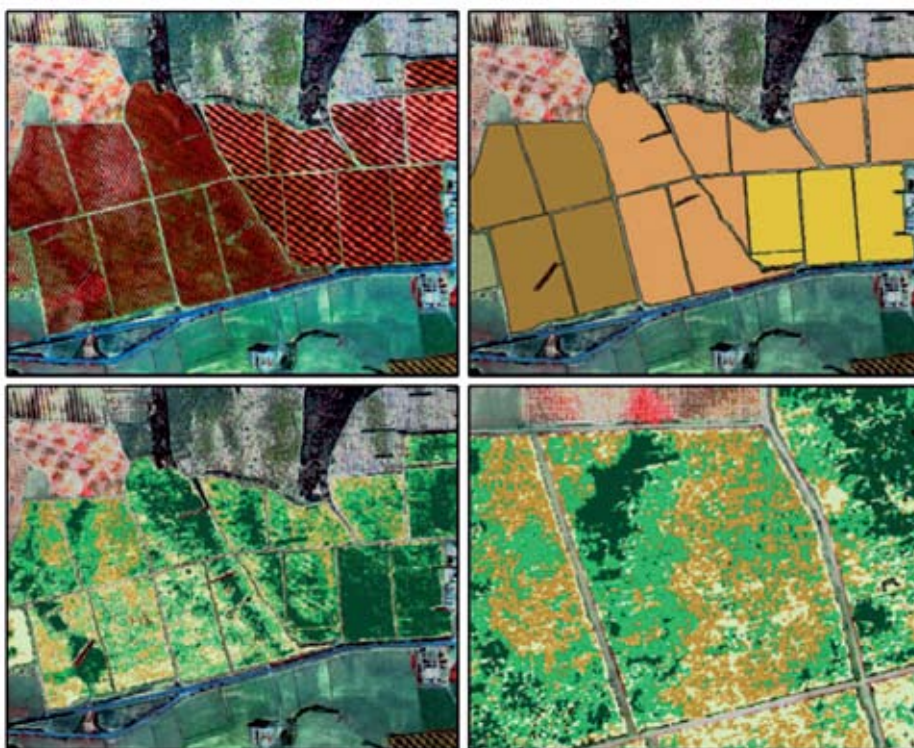


Fuente: Australian Centre for Precision Agriculture AGCO, 2005.

El MSE implica la aplicación de manejos en forma diferencial, de acuerdo al conjunto único de condiciones que cada sector del área de interés posee. Los diferentes sectores definidos deben tener características homogéneas y pueden representar unidades desde un metro cuadrado, hasta un sitio completo, dependiendo del nivel de detalle a que se trabaje.

Respecto de la tecnología de recolección de datos a utilizar en el MSE, éstas dependerán de varios factores, como las variables que se quiera identificar, la superficie o extensión del huerto, el número de cultivos de la explotación, entre otros. En este sentido, las imágenes multispectrales (Figura 2) tomadas desde una vista aérea (satélite o aviones de reconocimiento) permiten abordar eficientemente extensiones amplias de un terreno, lo que en escala humana sería muy difícil de lograr. Esto no significa que esta tecnología no pueda ser implementada en explotaciones pequeñas (por ejemplo, cinco hectáreas); pero del uso de la misma se pueden derivar beneficios superiores en explotaciones con mayores grados de complejidad: superficies muy extensas, condiciones de suelo muy heterogéneas y respuesta muy variable del cultivo a diferentes condiciones de manejo.

FIGURA 2. **Serie de mapas generados a partir de imágenes multispectrales**



(i) Imagen de una viña en color infrarrojo, (ii) Cartografía de diferentes variedades en la explotación, (iii) Zonificación basada en la actividad fotosintética, (iv) Detalle de la zonificación.

Fuente: Montesinos, 1999.

► 3. El valor de la herramienta desarrollada

La tecnología es fundamentalmente una herramienta de apoyo a la gestión del manejo productivo de una explotación agrícola. Tiene como gran ventaja la posibilidad de monitorear las condiciones del predio y del cultivo, describir tales condiciones de manera más objetiva y mapear (georreferenciar) el huerto en función de las condiciones descritas: suelo, vigor de las plantas, entre otras.

El MSE permite generar un conjunto de informaciones con un mayor grado de precisión que facilitan la implementación de programas de manejo específicos atendiendo a las condiciones de la explotación y los resultados que se esperan obtener de ella. Todo esto redundará en beneficios tales como:

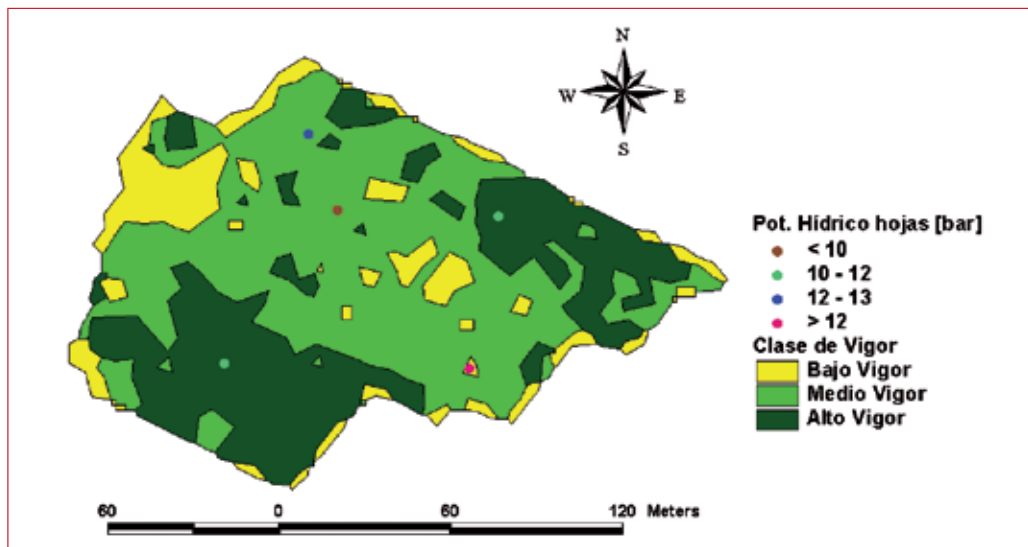
- optimización de los recursos productivos (hídricos, edafológicos, otros)
- un mejor uso de los insumos (fertilizantes, agroquímicos)
- un aumento de los niveles productivos del cultivo, más cercanos a su potencial
- una mayor optimización de labores y uso de mano de obra
- posibilidad de mejorar la calidad de los productos cosechables por un manejo más preciso
- mejor manejo de los costos
- manejo general del huerto más amigable con el medio ambiente o menor impacto medioambiental (evita el exceso de uso de agroquímicos y/o fertilizantes)

Con todos los antecedentes señalados cabe indicar que la valorización del uso de la herramienta depende de cada caso, de acuerdo al conjunto de variables con las que se hubiera trabajado y el nivel de intervención de la explotación, una vez aplicada la herramienta. No obstante, a modo de referencia se puede señalar que se han descrito resultados que han permitido mejorar la productividad en maíz en hasta en un 50% (Koch *et al.*, 2004) o disminuir sus costos de producción en un 24% por efecto de la disminución en el uso y aplicación de fertilizantes (Batte, 1999). En Chile se han indicado resultados positivos en el uso del agua lo que ha permitido disminuir los costos en el uso del recurso hasta en un 40% en un grupo de vitivinicultores del valle del Itata, Séptima Región (Pérez, 2007).

APLICACIÓN EN LA VITICULTURA

El "proyecto precursor" se concentró en desarrollar una aplicación del Manejo Sitio-Específico para vides productoras de uva para vino.

La potencialidad del MSE en este sector se traduce en la posibilidad de gestionar el manejo del viñedo por medio de la zonificación natural existente y establecer un procedimiento ordenado en la cosecha, por madurez, aplicación de agroquímicos, decisiones de riegos y otras labores culturales que permitan mantener un equilibrio entre carga frutal/área foliar, que son fundamentales para la producción y calidad de las uvas y, finalmente, la calidad del vino.



Cuartel sectorizado y su relación con potenciales hídricos de las hojas en una fecha de muestreo.

Por otra parte, el uso de herramientas de alta precisión puede ser incorporado en una estrategia de marketing o imagen de la gestión de la empresa, asociándola con atributos que podrían ser muy apreciados por algunos clientes y consumidores, tales como un alto nivel de eficiencia y un uso más medido (“ecológico”) de los agroquímicos.

► 4. La innovación tecnológica

El proyecto precursor no ha desarrollado una herramienta nueva *per se*, sino que la innovación ha consistido en adaptar y evaluar en condiciones locales un instrumento cuyo uso es frecuente en países donde el concepto de agricultura de precisión está más difundido. A diferencia de lo que pueden ser otros desarrollos tecnológicos cuya aplicabilidad es prácticamente inmediata, las herramientas tecnológicas en la agricultura de precisión requieren un esfuerzo adicional para ser funcionales, toda vez que interactúan con el cultivo (elemento vivo) y su medio ambiente, por lo que su efectividad y diseño de aplicación deben ser corregidos y adaptados.

La tecnología de MSE y su aplicación particular en la viticultura es relativamente reciente en el mundo. Su desarrollo e implementación a nivel comercial se produce hacia fines de los años 90, especialmente en lugares como EE.UU., Europa y Australia. Actualmente en estos países se están logrando significativos avances en las tecnologías de MSE, y se dispone de abundante experiencia en la caracterización de la variabilidad espacial de los factores que se desean intervenir, así como de las técnicas y equipamiento para su implementación práctica, factores que fueron considerados para disminuir la brecha tecnológica en el plazo del desarrollo del proyecto. En EE.UU. esta herramienta se aplica principalmente en cultivos anuales como trigo y maíz, seguido por viñedos. En Australia, se utiliza tanto en viñedos como plantaciones de cereales y algodón.

Algunos de los centros de investigación que trabajan con tecnologías de manejo de sitio específico son las universidades de Washington State, Oregon, Colorado y Minnesota en EE.UU.; INTA en Argentina, Universidad de Lovaina en Bélgica, INRA en Francia, KLV en Dinamarca, EMBRAPA en Brasil, y las universidades de Sydney y Melbourne en Australia, entre otras.

► 5. La conveniencia económica para el productor

Se ha señalado que la incorporación de esta herramienta en la gestión del predio permite optimizar el uso de los recursos productivos, tales como agua, fertilizantes, agroquímicos y mano de obra, lo que tiene efectos directos sobre la productividad del cultivo y sus costos, y finalmente se traduce en mejoras de los ingresos netos del productor. El uso y beneficio de la herramienta es dinámico: permite que la misma sea aplicada una o cuantas veces se requiera a través del tiempo, con distintos niveles de profundidad. Una primera experiencia con la misma podría ayudar a hacer un diagnóstico y realizar cambios gruesos en la gestión. Como resultado de tales cambios en el huerto, tal vez podrían salir a la luz nuevos aspectos sobre los cuales intervenir, ameritando nuevas implementaciones de la herramienta, cada vez con mayor precisión.

En la aplicación del MSE se distinguen dos instancias de costos: (i) los relacionados con la *instalación de la herramienta*, que incluyen la recolección de datos y su interpretación; y (ii) los derivados de los *cambios en el manejo del predio*, que se incurren al adoptar las mejoras que se desprenden de la información arrojada por la herramienta. Estos últimos pueden incluir inversiones como, por ejemplo, una nueva sectorización del riego o instalación de equipos contra las heladas o cambios en la aplicación de insumos, como por ejemplo, modificaciones en las dosis de fertilización de ciertos sectores. Por otra parte, los beneficios que se derivan de estas intervenciones son los menores costos del cultivo y sus mayores rendimientos de cosecha.

Ilustración de los costos y beneficios del MSE

La experiencia de aplicación de la tecnología en el proyecto precursor permite ilustrar la naturaleza y magnitudes de los costos y beneficios que se asocian con el MSE. Para tal efecto, se considera una explotación de 150 ha de uvas viníferas, *Cabernet Sauvignon* y *Chardonnay*, en la Séptima Región, conducido en espaldera en una distancia de plantación de 2,5 x 1,5 m, equivalente a 2.667 plantas/ha. Este huerto genera un promedio de 9.2 ton/ha de uva en plena producción.

Obtención de muestras para la medición del índice de área foliar



Costo de instalación

El costo de instalación de la herramienta varía de acuerdo a la superficie involucrada, según se detalla en el Cuadro 1 que sigue.

	Tipo Costo	Costo Unitario [\$]	Costo por ha [\$]			
			1	50	100	150
Georreferenciación de cuarteles (SIG)	Variable x ha	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Sistema de Georreferenciación de Centrales (puntos referenciales del huerto)	Variable x ha	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Captura imagen (imagen multiespectral)	Fijo	20.000	20.000	400	200	133
Mano de obra apoyo instalación	Variable x ha	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Asesoría técnica	Fijo	300.000	300.000	6.000	3.000	2.000
Interpretación imágenes *	Variable x ha	según escala	60.000	40.000	30.000	20.000
TOTAL POR HA [\$ MN]			389.500	55.900	42.700	31.633
TOTAL POR HA [US\$]			764	110	84	62

US\$1 = \$ 510

Nota: Estos valores pueden cambiar de acuerdo al proveedor del servicio.

* Interpretación de imágenes: escala de costo por ha

Superficie	Costo Unitario [\$]
1 a 20 ha	60.000
21 a 50 ha	40.000
50 a 100 ha	30.000
Más de 100 ha	20.000

Los valores presentados en el Cuadro 1 corresponden a los costos para un primer levantamiento de información. A partir de la interpretación de esta información, se modificarán los aspectos que se muestren menos eficientes (riego, en este ejemplo). Posteriormente, se podrán realizar nuevas tomas de imágenes o trabajar directamente en los sectores individualizados del huerto para mejorar otros aspectos que parezcan relevantes bajo el nuevo escenario.

En el caso del escenario escogido (de 150 ha), el costo del primer levantamiento sería de aproximadamente \$ 31.633 por unidad. Llevado a costos por unidad producida (sobre un total de 9.200 Kg./ha), este valor equivale a \$ 3,4, o US\$ 0,007 por Kilo cosechado.

Costo de los cambios en el manejo del predio

En un símil con la experiencia del proyecto precursor, se supone que la información recogida de la instalación de la herramienta permitió apreciar que el régimen de riego no se ajusta adecuadamente a las condiciones del huerto. Los sectores de riego no estaban bien asociados al mapa de suelos del mismo, por lo que había desajustes entre regímenes para sectores de riego para suelos franco arenosos, y aquellos pensados para suelos arcillosos. Con la nueva información se procede a rediseñar los sectores de riego, en función de la textura efectiva del suelo. Como fuera el caso del proyecto precursor, se supone que este manejo no tiene costos importantes, ya que sólo involucra una reprogramación de los sectores de riego.

Resultados de la aplicación MSE

Al cabo de una temporada, se observa que los cambios introducidos produjeron efectos tanto en los niveles de producción, como de los costos. La producción registra variaciones de hasta un 20% en algunos subsectores del huerto, mientras que en otros, no se detectan diferencias atribuibles al uso de la herramienta. Para efectos de este análisis se consideró un aumento promedio de la producción de un 4% en el huerto, como resultado de un manejo más apropiado del riego; esto es, un aumento desde 9,2 a 9,57 ton/ha de fruta.

Respecto de los costos, se registra una disminución importante de aquellos asociados con el riego, por efecto de una mejor correlación entre el suelo y el régimen o programa de riego asociado. Este ahorro alcanza a \$ 36.000/ha, y corresponde a un menor uso de mano de obra (de 6 jornadas persona, a 2 jornadas persona (JP)). Por otra parte, el aumento de producción se asocia con un aumento en la utilización de mano de obra de vendimia (de 9,2 JP a 9,5 JP); esto representa un incremento de costos de \$ 2.700 por hectárea. No se consideran otros efectos asociados a un mejor desarrollo de los plantas (brotes, feminelas, otros) para simplificar la ilustración del efecto de la herramienta. Con esto, el balance en los costos sería de un ahorro neto de \$ 33.300 por hectárea (en base 150 ha en que implementa la herramienta). El detalle de los costos para una hectárea de viñedos "sin" y "con" el MSE se presenta en el Anexo 1; los mismos se resumen en el Cuadro 2 que sigue:

CUADRO 2. Efectos de la aplicación de MSE en 1 ha de viñedos en régimen (base 150 ha)

	Escenario Sin Proyecto	Escenario Con Proyecto	Diferencial	
			Valor	Porcentaje
Producción (Kg/ha)	9.200	9.568	368	4%
Costos Producción [\$/ha]	1.824.727	1.789.762	-34.965	-2%
Costo Producción [\$/Kg]	198	187	-11	-6%
Costos Producción [US\$/ha]	3.578	3.509	-69	-2%
Costo Producción [US\$/Kg]	0,39	0,37	-0,02	-6%

En el cuadro puede apreciarse que, ante un costo de instalación del MSE de \$ 3,4 por Kilo producido, el solo ahorro neto en los costos unitarios de producción (de \$ 11 por Kilo) permite recuperar holgadamente este costo en el mismo año de aplicación del nuevo plan de manejo. Cabe indicar que los efectos del MSE sobre la producción y los costos se repiten en las temporadas siguientes, con lo que el impacto esperado de la aplicación de la herramienta se ve replicado año a año.

Como se ha mencionado, estos valores corresponden a la instalación de la herramienta para mejorar la gestión de uno de los factores productivos (el riego). Ahora bien, esta misma instalación abre un sinnúmero de posibilidades a futuro para mejorar otros parámetros productivos (fertilización, aplicación de agroquímicos, entre otros). Es así como el MSE constituye un proceso dinámico, que permite ir trabajando uno o más parámetros a la vez; al mejorar uno de ellos, se ponen de manifiesto otras deficiencias, que pueden irse corrigiendo con nuevos planes de manejo.

Cabe indicar que en el ejemplo sólo se consideraron efectos sobre los costos y la productividad, asumiendo que no existe una mejora traducible en la calidad de los vinos. En una viña elite o en un *terrior* de alto valor, un aumento en la productividad del mismo podría significar obtener un mayor volumen de litros calidad Premium, lo que en términos de ingresos tiene un impacto enorme.

► 6. Claves de viabilidad de la innovación

La experiencia internacional y la propia experiencia en Chile muestran que el éxito en la aplicación de esta tecnología va acompañado de una serie de aspectos relacionados con la propia tecnología y sus usuarios.

La herramienta

Validación de la tecnología en el cultivo objetivo. Para que el MSE pueda ser aplicado efectivamente a un cultivo determinado, es indispensable que haya sido validado para las condiciones bajo las cuales será utilizado. Hasta aquí, la herramienta ha sido validada para su aplicación a los viñedos en Chile, a un nivel que permite su aplicación inmediata en ese sector. En dicho proceso, el proyecto precursor ha jugado un papel decisivo. También hay estudios avanzados para la aplicación de esta tecnología en manzanos, frutales de carozo, arándanos y cultivos anuales.

Servicio que opere la tecnología y disponga del soporte técnico. La disponibilidad de un servicio especializado que brinde el soporte técnico para la recolección e interpretación de los datos es otro factor clave para una instalación efectiva de la herramienta. En la actualidad varias empresas ofrecen servicios relacionados a su aplicación (ver el punto 8. “Situación actual”, en esta misma Sección).

Actualización y perfeccionamiento tecnológico. La herramienta debe ser capaz de incorporar y ajustarse rápidamente a la implementación de tecnologías de apoyo, que contribuyan a hacer más precisa su gestión, o disminuir sus costos. En este sentido, los prestadores del servicio juegan un papel fundamental, toda vez que son ellos quienes conducen estas mejoras a la herramienta.

Adquisición y proceso de una imagen aérea multispectral. Cámara en la base del avión (A); Sistema de guía de vuelo con DGPS (B); Avión utilizado (C) y Laboratorio de proceso de la información adquirida (D).





Análisis de muestras para determinación de área foliar, mediante el uso del instrumento de medición AM100 Portable Area Meter Instrument

Los usuarios

Disponibilidad y manejo de registros sobre el predio. Resulta clave para una implementación efectiva del MSE, que el agricultor maneje su predio sobre la base de planes basados en registros sobre el desempeño de los distintos sectores de su plantación. Los registros no sólo resultan claves al momento de instalar la herramienta, sino que constituyen un elemento esencial en el control de la gestión de los planes de manejo (en especial, control de costos) que se derivan de la aplicación de la misma.

El entendimiento de la tecnología y su uso. Para una aplicación efectiva de la tecnología, es importante que tanto el agricultor, como el personal a cargo, estén familiarizados con las características y requerimientos de la misma, y de la forma y progresividad en que ésta se aplica a través del tiempo.

Capacidad de gestión. La utilización efectiva de la herramienta, de forma tal de explotar al máximo su potencial de beneficios, requiere de una capacidad de gestión relativamente alta por parte del agricultor, tanto en lo que se refiere a su instalación, como a la ejecución de los planes de manejo que se derivan de la misma.

Características de la explotación. Aunque no existen limitaciones para la implementación de la herramienta, hasta ahora la experiencia indica que, para viñedos de calidad, la mayor incidencia económica del MSE sobre los resultados de la empresa se produce en huertos que presentan una mayor irregularidad en el terreno, en cuanto a tipo y calidad de suelo.

Tamaño de la explotación. En cuanto al tamaño que deben tener las explotaciones no existen limitaciones desde el punto de vista de la herramienta. Es claro que el costo de la implementación de la herramienta disminuye en la medida que se reparte en mayor superficie. El tamaño mínimo conveniente estará dado por la complejidad de la explotación (la heterogeneidad del suelo y del cultivo) y por el impacto que el uso de la herramienta pretenda generar. Por ejemplo, si la viña genera vinos Premium, el valor de la herramienta tiene sentido a nivel de 1 ha.; mientras que si la viña produce volúmenes de poca calidad, se podría decir, a modo ilustrativo y sólo en base a los mayores incrementos de producción generados en este Modelo, que la unidad mínima justificable comienza en 5 hectáreas.

Capacidad financiera. Por evidente que parezca, es preciso indicar que el agricultor que utilice esta herramienta deberá también considerar las inversiones y costos que se derivarán de la im-

plementación de las decisiones de gestión tomadas a partir de la información generada por la herramienta.

Oportunidad de la implementación. Indudablemente que cuanto más temprano se tenga información cuantitativa y cualitativa de las variables asociadas a la explotación, mayores serán los beneficios de buenas decisiones tomadas oportunamente.

► 7. Asuntos por resolver

La herramienta se encuentra en un nivel de desarrollo que permite su aplicación inmediata en la industria vitivinícola, sin perjuicio de las naturales y necesarias mejoras que se vayan incorporando al paquete tecnológico. Si bien varias empresas vitivinícolas, junto con universidades y el INIA, ya se encuentran desarrollando iniciativas orientadas a introducir ajustes más finos al MSE en viñedos,³ el aprovechamiento cabal del potencial de la tecnología requeriría de un esfuerzo de investigación adicional considerable. Falta, por ejemplo, ampliar el número de parámetros y su nivel de complejidad, de forma de poder relacionar el contenido de taninos, antocianos y/o azúcares, a un cierto régimen hídrico. Con estos índices, se podría relacionar una determinada calidad de vino con los parámetros en terreno y de este modo lograr un manejo del predio más preciso.

En lo que se refiere al manejo del predio bajo MSE, queda aún por evaluar el desempeño y ventajas económicas que representaría para el agricultor la utilización de maquinaria y equipo, operado en base a tecnologías de información geográfica (SIG) y posicionamiento global (GPS), para la aplicación de prescripciones variables de insumos en el mismo.

► 8. Situación actual

Actualmente, la herramienta se encuentra operando comercialmente y se está trabajando en el desarrollo de índices más específicos. En cuanto a la cobertura, se está aplicando en más del 50% de las nuevas plantaciones viníferas, además de otros frutales como arándano, manzano, y cultivos como trigo y maíz. Por nombrar algunas viñas grandes que han aplicado esta herramienta y que siguen trabajando con ella, se puede mencionar a Viña San Pedro, Viña Emiliana, las viñas agrupadas en Itata Wines y Viña Undurraga.

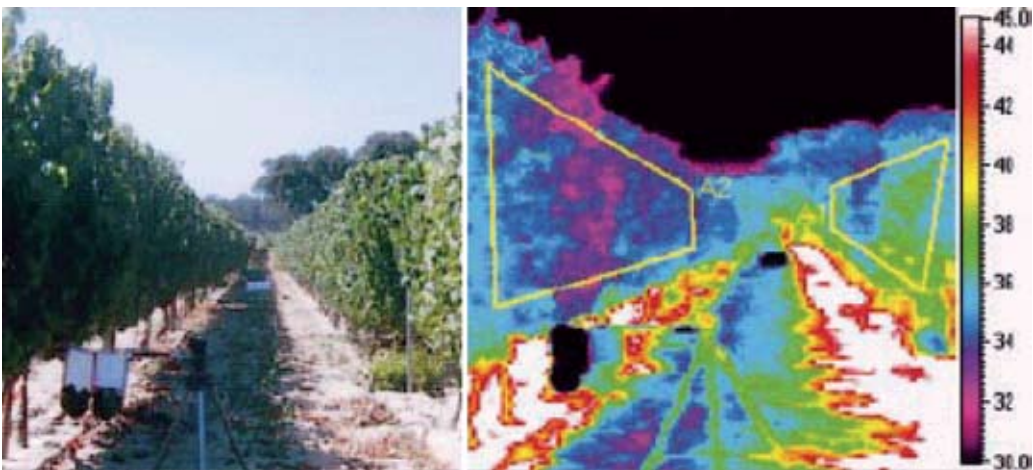
La demanda por servicios asociados a la aplicación de la tecnología mse ha estimulado la creación de varias empresas que hoy día ofrecen prestaciones en caracterización de suelos, sensoramiento remoto, implementación de sistemas de información geográfica, además de estudios preliminares y capacitación de personal en el manejo de equipos y software. Entre las mismas se encuentran Agroprecisión, Neoag, Vintex, Geosoluciones y Agrosat.

En lo que se refiere a los derechos de propiedad intelectual, la apropiabilidad de la herramienta es posible a nivel de tecnologías que acompañan su uso, tales como software e instrumentos de registro. Sin embargo, hasta el momento no existirían en Chile niveles de desarrollo suficientes que ameriten la aplicación de patentes u otras formas de propiedad intelectual. La dinámica en el uso de la herramienta y sus mayores exigencias y/o adaptaciones podría permitir que tales mejoras, si son desarrolladas en Chile, fuesen susceptibles de ser patentadas. El valor se encuentra en la interpretación de la tecnología y en las recomendaciones que puedan derivarse a partir de ella.

3 Ver SECCIÓN 2.3. Desarrollos posteriores



Monitoreo de vides con sensor remoto



Determinación de temperatura en un viñedo en espaldera, haciendo uso de una cámara termal, con lo que se obtiene una imagen en falso color que representa en escala cromática las distintas temperaturas en la canopia (Jones *et al.*, 2002)

SECCIÓN 2

El proyecto precursor

Los resultados y lecciones aprendidas en este libro surgen de la ejecución del proyecto “Desarrollo de la tecnología de manejo de sitio específico en viñedos para mejorar la calidad de la uva a vinificar”, ejecutado por el CRI Quilamapu y el CE Cauquenes del INIA, en viñedos de propiedad de la empresa vitivinícola Viña Martínez de Salinas, ubicados en la comuna de Cauquenes, provincia de Cauquenes, Séptima Región, entre Octubre de 2001 y Octubre de 2005.

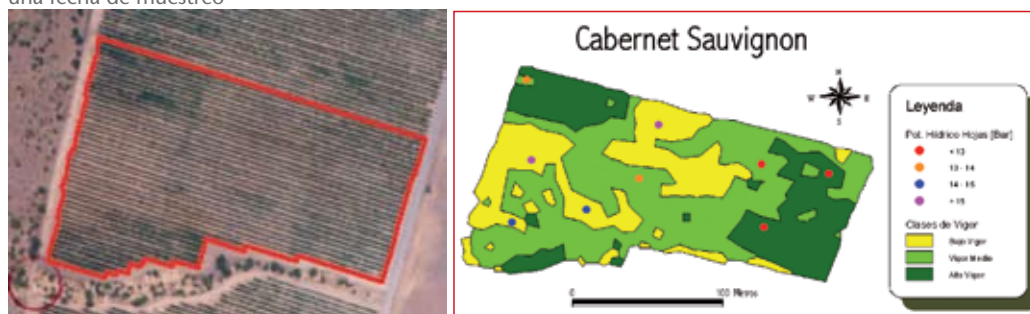
► 1. Entorno

El desarrollo y uso de herramientas más complejas, en este caso las asociadas a lo que se ha denominado como “agricultura de precisión”, ocurre primeramente en un escenario en donde las exigencias económicas del cultivo obligan a mejorar el uso eficiente de los recursos productivos. En este sentido, la aparición de este instrumento coincide con un momento particular de la fruticultura chilena. La viticultura se reubica durante los años 90 en un escenario económicamente promisorio y con lecciones aprendidas en otros cultivos. Esto permite que los viticultores incorporen tempranamente estudios, desarrollo e implementación de tecnologías de mayor precisión para adelantarse a futuros ajustes del negocio.

Desde el punto de vista del entorno científico, algunos investigadores chilenos ya estaban acercándose al conocimiento de esta herramienta a través de visitas a otros países en donde su uso estaba en práctica. Por lo tanto, hubo una coincidencia del entorno científico con el productivo en la rápida implementación y adaptación de esta tecnología.

Una vez desarrollada, adaptada y disponible, la tecnología está siendo evaluada e implementada cada vez más en otros cultivos con promisorios resultados, entre los cuales cabe indicar: manzanos, arándanos, trigo y maíz.

Cuartel cv. Cabernet Sauvignon, sectorizado por NDVI y su relación con potenciales hídricos de las hojas en una fecha de muestreo



► 2. El proyecto

El objetivo general del proyecto fue incorporar la tecnología de agricultura de precisión a la industria vitivinícola nacional, a través de un trabajo orientado a optimizar los aspectos metodológicos a ser empleados y los principales factores que influyen sobre la variación en la calidad y rendimiento de la producción bajo las condiciones de Chile.

El proyecto comprendió los aspectos más relevantes en el cultivo de la vid vinífera (crecimiento vegetativo, ocurrencia de los estados fenológicos, producción de uva, calidad y características cuantitativas y cualitativas del vino resultante), así como también el estudio de las variables de suelo y del manejo cultural que influyen en el cultivo y que afectan las calidades de las uvas y de los vinos que de ellas se obtienen. Cada variable fue estudiada, considerando su rango y variabilidad espacial, y luego correlacionada espacialmente con los resultados productivos y de calidad de la uva y del vino para, finalmente, implementar un manejo diferenciado en cada subunidad de producción.

2.1 Aspectos metodológicos

El planteamiento inicial

El proyecto (comuna de Cauquenes, provincia de Cauquenes, Séptima Región) requería que la metodología utilizada permitiera identificar la variabilidad espacial de los principales factores productivos y su asociación con los cambios en rendimiento y calidad de la materia prima a vinificar. Para ello se muestrearía en forma intensiva el suelo y las plantas durante los cuatro años de ejecución del proyecto, bajo el *sistema de grilla científica*. Mediante el análisis de los datos, se determinarían las variables de suelo con mayor correlación en la respuesta de las vides. De esas variables, se obtendrían mapas de variabilidad espacial y temporal, con los cuales se confeccionarían los mapas de tendencia, estabilidad temporal y clases de manejo. Cada clase de manejo correspondería a una unidad de manejo que posee una superficie y forma espacial particular, y dentro de la cual se aplicaría una estrategia de manejo *ad hoc* para las condiciones específicas existentes en su interior, que dicen relación con la preparación del suelo, la fertilización o el manejo de follaje y los racimos. Finalmente, se definirían las variables que con mayor frecuencia y seguridad controlan la calidad del vino al interior de los cuarteles de viñas, con el propósito de que sean manejadas en forma intensiva y eficiente en unidades espaciales más pequeñas.

Este desarrollo metodológico inicial contempló la ejecución de las siguientes actividades:

Unidad experimental. Se consideró una unidad de 5 ha (2,5 plantadas con la variedad *Cabernet-Sauvignon*; y otras 2,5 con *Chardonnay*), seleccionada por ser un área de mayor variabilidad espacial respecto de las propiedades del suelo, de modo de hacer posible la correlación de niveles distintos en las variables de suelo, con las variables respuesta.

Georreferenciación inicial de la unidad experimental. Por medio de un receptor de señal satelital con corrección diferencial (DGPS), se capturaron las coordenadas geográficas de los límites del cuartel, correspondiente a la unidad experimental del proyecto. Estas coordenadas se almacenaron en un captador de datos de terreno conectado permanentemente al GPS para construir el perímetro real de la unidad de terreno.

Definición de las parcelas permanentes de muestreo. Con el cuartel debidamente georreferenciado, se diseñó una grilla de puntos de muestreo con una intensidad de 20 puntos/ha. Con GPS y software de mapeo, se identificaron puntos de muestreo en forma permanente de los cuales se obtuvieron mediciones de suelo, rendimiento y calidad del viñedo.



Control de madurez de uvas con refractómetro (°Brix).

Caracterización edafoclimática de la unidad experimental. Se realizó mediante una estación meteorológica y software para almacenar, procesar y analizar series de datos obtenidos. Se midió precipitación, temperatura ambiente máxima y mínima, temperatura suelo a dos profundidades, velocidad del viento, evaporación, radiación solar y humedad relativa. A partir de estas variables se determinaron otras, como días grado, horas de frío y período libre de heladas. También se analizaron variables químicas y físicas del suelo (N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, S, B); así como textura, estructura, curva de retención de humedad, densidad aparente, porosidad, velocidad de infiltración y compactación.

Mediciones en las vides. Se midió fenología, peso de poda y producción de uva y características químicas de las bayas (sólidos solubles, acidez total, pH, ácido málico, ácido tartárico, nitrógeno total, potasio y madurez fenólica). Así mismo, se midió la demanda nutricional de las plantas en el cuartel en hojas, bayas y pecíolos en forma mensual, para establecer la extracción de nutrientes en términos de tiempo y magnitud.

Caracterización de los vinos. Se realizaron microvinificaciones y se midió alcohol probable, acidez total y pH en el mosto. En el vino se determinó grado alcohólico, acidez total, acidez volátil, materias reductoras, extracto seco reducido, pH, intensidad de color, polifenoles totales y análisis cualitativo.

Análisis geoestadístico de los datos. A partir de esta información se generaron mapas de variabilidad espacial y temporal por cada variable analizada. El análisis incluyó las siguientes definiciones: tendencias espaciales, estabilidad temporal, clases de respuesta y unidades de manejo homogéneo. La combinación de mapas de tendencia espacial y estabilidad temporal generaría un mapa que indica aquellos sectores con rendimientos y/o calidad consistentemente bajos, altos y aquellos inestables. De esta forma estas unidades de respuesta pasarían a convertirse en unidades de manejo homogéneo. El número y tamaño de estas unidades se establecería en función de un análisis técnico económico, que considere facilidades de aplicación y la obtención del máximo retorno económico.

Definición de niveles de decisión. A partir del análisis geoestadístico de los resultados, se derivaron las definiciones de las prescripciones de Manejo Sitio-Específico.

Si bien la ejecución del proyecto se inició utilizando como base la grilla científica o alta densidad de monitoreo para definir la variabilidad de los cuarteles, al cabo de un tiempo se determinó que

de esta metodología no era posible derivar un patrón que orientara en forma clara la definición de la variabilidad de rendimiento y calidad de las uvas. En este sentido, la aplicación de la misma presentaba serias limitaciones prácticas y dificultades de transferencia.

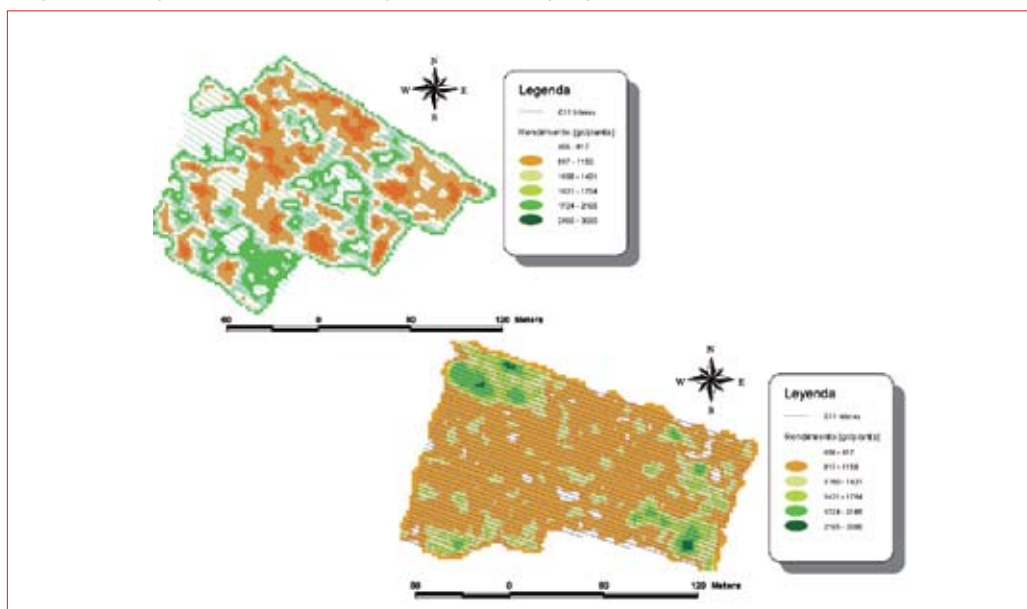
Imágenes multiespectrales

Se optó, en consecuencia, por utilizar información multiespectral, como variable integradora de los factores que influyen sobre dicha variabilidad. Esta variable permite un mejor monitoreo de los viñedos, reduce los costos, y al mismo tiempo genera una representación más clara de la variabilidad de dichos viñedos, por lo que se constituye en una valiosa herramienta para la segmentación del cultivo según sus calidades. Dichas imágenes fueron capturadas para el área bajo análisis con una cámara multiespectral de tres bandas, la cual se montó en un avión. Se utilizaron para la captura altitudes de vuelo de 3000 y 1000 m, lo que permitió una cobertura horizontal de 1.390 m y 250 m, con una resolución de imagen de 2 y 0.4 m/píxel.

El cambio en la base metodológica no significó alteraciones mayores en los formatos de captura de información de terreno (plantas, variables de producción, calidad del vino). Sin embargo, fue necesario relocalizar los puntos muestrales, acorde con la variabilidad real del área. La información especializada bajo el formato antes planteado permitió una integración de las variables con patrones claros en cuanto a desarrollo de plantas y el rendimiento y calidad asociados a éstas.

Posteriormente, se determinaron cuáles de estas variables explican mejor la variabilidad del rendimiento y la calidad de la uva y el vino, para lo cual se recurrió a métodos multivariados de geostatística. Con los mapas de rendimiento, calidad de uva y el vino que se generaron cada año, se elaboró un mapa de tendencia espacial que estableció sectores del cuartel que se comportan como el promedio, sectores de comportamiento inferior al promedio y sectores sobresalientes (alto, medio, bajo). Una vez recolectada la información de dos o tres años, se pudo establecer la estabilidad temporal del comportamiento del rendimiento, calidad de uva y calidad del vino. De esta forma, se establecieron los sectores que tenían un comportamiento consistente a lo largo del tiempo y cuáles eran las variables determinantes del rendimiento y calidad a través de los años.

Mapas de rendimiento interpolado: producto de la información de rendimiento y área foliar se puede desarrollar planos de equilibrio entre área foliar y el rendimiento por planta





Representación de índice de área foliar para un viñedo completo (Viña Santa Rita, Alhue), en donde se destacan dos puntos con vigor bajo y alto.

2.2 Resultados

A partir de la información recopilada y analizada se logró establecer una alta correlación entre calidades de los vinos y el comportamiento de sectores homogéneos del viñedo, los que pueden manejarse en forma diferente.

Los resultados del proyecto determinaron que la relación entre el área foliar (m^2 hojas/m hilera) con respecto a los valores de los índices de vigor, tienen una alta correlación para *Cabernet Sauvignon* y *Chardonnay*. Por otra parte, se estableció que los valores de los índices de vigor están significativamente asociados con la información monitoreada de rendimiento y calidad de uvas, encontrándose altas relaciones con rendimiento, grados Brix y acidez total. De igual forma, se obtuvieron altas correlaciones en la calidad química de la uva y las áreas de vigor, en cuanto a niveles de fenoles, antocianinas y características organolépticas (degustaciones) y calidad final del vino.

En virtud de la medición de variables de planta en terreno, se ha podido establecer que uno de los factores que influye sobre la variabilidad presentada por el viñedo corresponde al status hídrico de la plantas. Estas determinaciones se han establecido mediante el estudio de potencial hídrico xilemático a mediodía y su asociación a los distintos sectores de vigor.

Por otra parte, producto de la información de rendimiento y área foliar se desarrollaron planos de equilibrio entre área foliar (m^2 hojas) y el rendimiento por planta (Kg. uva/planta) para los cuarteles bajo análisis. Para llegar a estas estimaciones, se realizaron mediciones en terreno y hicieron correlaciones que incluyeron mediciones de área foliar, conteo de racimos y cosechas diferenciadas según sectores. Además, sobre dichos planos se incorporó la información de calidad de vino, generada a partir de una mesa de cata enológica. El ajuste de las áreas de equilibrio en relación con las calidades de los vinos y el comportamiento de sectores homogéneos del viñedo fue calificado como “excelente”.

La sistematización de la metodología, respaldada con estos resultados, constituyó el primer “paquete tecnológico” para el manejo sitio-específico de viñedos en Chile. Las aplicaciones que se hicieron del mismo en plantaciones de las empresas que participaron en el proyecto, probaron la efectividad de los planes de manejo derivadas de dicho paquete, en términos de mejoras apreciables en los resultados de las mismas.

► 3. Desarrollos posteriores

Con posterioridad al término del proyecto (octubre 2005), se han emprendido una serie de nuevas iniciativas en torno al MSE, tanto con financiamiento público como privado, en las que se están incorporando nuevos alcances de la técnica, zonas y cultivos. Algunas de ellas son:

El “Programa de Agricultura de Precisión INIA” (Progap), (www.progapinia.cl), en su Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, una iniciativa que se generó en el marco del proyecto precursor. El objetivo de este programa es la investigación y empleo de la agricultura de precisión. El grupo de trabajo ha desarrollado actividades de intercambio de experiencias con centros de agricultura de precisión de distintos países, donde estas metodologías han sido implementadas antes que en nuestro país. El PROGAP procura transferir prácticas tecnológicas a los procesos productivos, investigando y aplicando soluciones en conjunto con las empresas, para resolver las necesidades actuales y futuras de las mismas. Se trata de optimizar la calidad y cantidad de un producto agrícola, minimizando el costo a través del uso de tecnologías más eficientes, para reducir la variabilidad de un proceso específico en forma ambientalmente limpia. La acción del PROGAP se concentra en viñedos y frutales en general.

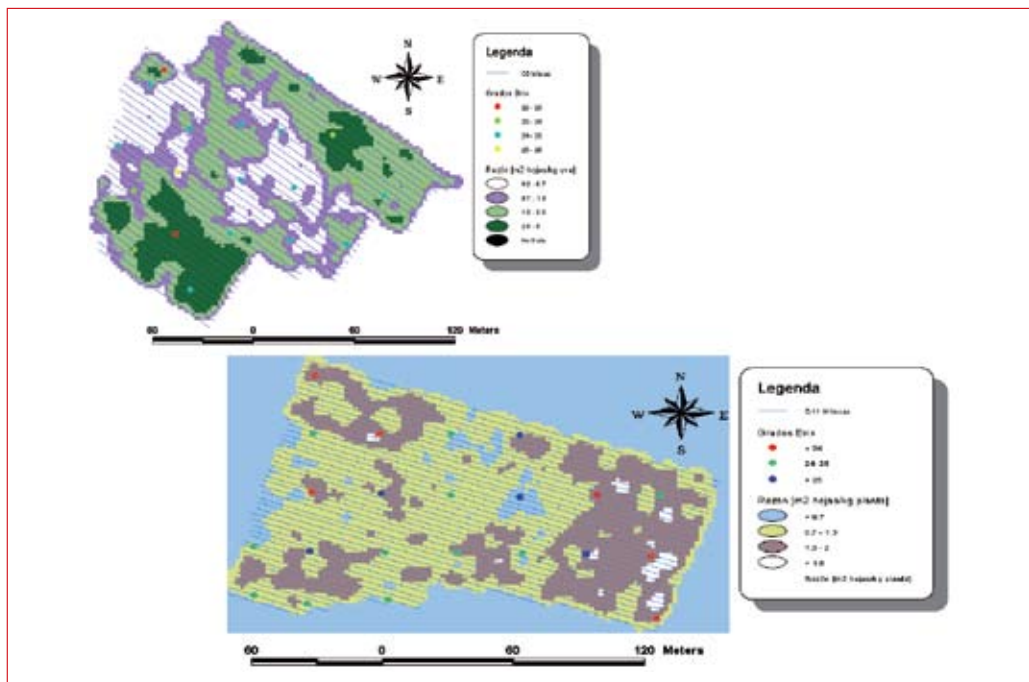
Proyectos de cooperación entre Viña Undurraga y Santa Rita utilizando estas herramientas. Ambas viñas en conjunto con el equipo de trabajo del proyecto precursor levantarán el máximo de información histórica disponible de los huertos de estas empresas, que sea pertinente para la gestión agronómica de los cuarteles en los huertos, tales como pesos de poda, número de brotes y grados Brix. Estos datos se sumarán a los nuevos por adquirir, con la finalidad de establecer patrones de comportamiento de las vides, dilucidar manejos anteriores para obtener respuestas e indicios de manejos adecuados y replicarlos a los sectores homogéneos de vigor.

Algunas empresas importantes del rubro vitivinícola (Caliterra, Errázuriz y San Pedro) están trabajando en *transferir y promover el uso de esta herramienta a nivel de sus proveedores*. Actualmente más del 50% de las nuevas plantaciones de viñas finas se basan en esta tecnología para el diseño del sistema de riego, la plantación de las distintas cepas y el establecimiento de los programas de fertilización, poda y cosecha.

Proyecto de *Implementación de SIG para riego y manejo predial*, ejecutado por INIA-Intihuasi, con productores pertenecientes a un PROFO de uva de mesa en el valle del Elqui. En este proyecto se han sentado las bases para la aplicación de un programa de agricultura de precisión a la uva de mesa de exportación.

Proyecto “*Transferencia de nuevas tecnologías y caracterización de la cuenca del Valle del Itata para la producción y gestión de viñedos finos para incrementar la producción de vinos de exportación*”, financiado por Innova Bío Bío, con contraparte técnica de INIA Quilamapu y la Universidad de Concepción. El proyecto es ejecutado por cinco de las viñas que forman “Itata Wines” (Viña Tierras de Arrau, Viña Casas de Giner, Viña Tierra y Fuego, Viña Viñedos del Larqui, Viña Valle del Itata) y tiene una duración de tres años.

Proyecto “*Determinación de Zonas Térmicas Homogéneas para el cultivo del arándano en el Valle Central de Chile, en el área comprendida entre Parral, Séptima Región del Maule, y Yungay, en la Octava Región del Bío Bío*”. Este proyecto tiene como objetivos determinar la distribución de temperatura de superficie, basada en el análisis de imágenes satelitales del NOAA; zonificar el cultivo del arándano de acuerdo a sus restricciones térmicas en el área de estudio; y finalmente integrar a la zonificación del cultivo del arándano variables de interés para la selección de áreas óptimas (térmico, precipitación, evaporación potencial, suelo).



Mapas de equilibrio área foliar versus kg por planta

Establecimiento de una “Red Nacional de Viticultura de Precisión”, que considera la alianza de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), como entidad ejecutora del proyecto, y la Universidad de Talca, como entidad asociada. La PUC dispone de instancias establecidas para el desarrollo vitivinícola nacional, tales como el CAPUC (Centro de Agricultura de Precisión de la Pontificia Universidad Católica), CEVIUC (Centro del Vino, PUC); en tanto que la Universidad de Talca cuenta con el CITRA (Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología) y el CTVV (Centro Tecnológico de la Vid y el Vino), todos ellos, centros tecnológicos dependientes de cada uno de las centros universitarios mencionados. El objetivo de este consorcio es desarrollar, adaptar y transferir tecnologías de información con el fin de mejorar la eficiencia productiva del rubro a través de la modernización del manejo productivo sobre las bases de la agricultura de precisión.

Proyecto “Uso de la Agricultura de Precisión como base para el mejoramiento de la calidad y rendimiento del cultivo del arándano integrando un nuevo modelo de transferencia tecnológica empresa exportadora-agricultores”. El propósito de este proyecto, financiado por FIA, es introducir una nueva tecnología sobre la base del uso de imágenes multispectrales tomadas en tiempo real para identificar y magnificar las diferencias en los huertos de arándanos y asociar estas diferencias a las causales en terreno. El contar con esta información sectorizada dentro del huerto facilitaría la toma de decisiones para corregir o disminuir la variabilidad, obtener registros temporales y lograr gestionar el huerto de forma integrada en un sistema digital.

Proyecto “Desarrollo de una Metodología Nueva para Manejo Sectorizado de Huertos de Manzanos y Duraznos, usando imágenes multispectrales en tiempo real”, financiado por FIA y ejecutado por INIA, CRI Quilmapu, asociado con la Universidad de Concepción (Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía), Universidad de Talca, (Facultad de Agronomía); empresas de servicios (Simaq S.A., Agroprecisión Ltda. y Terra Verde International) y las siguientes empresas frutícolas: Sociedad Agrícola San Manuel Ltda. (David del Curto) y Hacienda Rosa Sofruco Ltda. El proyecto busca determinar la magnitud y priorización de los factores que se pueden manejar para que la empresa frutícola obtenga un mayor control sobre éstos, genere mayores beneficios y cumpla en mejor forma con las normativas internacionales de exportación.



Monitoreo de viñedos con cámara termográfica

SECCIÓN 3

El valor del proyecto

El proyecto precursor ha permitido a las empresas vitivinícolas nacionales disponer de una herramienta tecnológica validada, efectiva, con costos razonables, y de un enorme potencial de impacto sobre la productividad del rubro. Los auspiciosos resultados obtenidos por el proyecto suscitaron el interés de otros empresarios del rubro por incorporar la herramienta en su gestión productiva. Hoy día, a sólo dos años de que el proyecto liberara el producto terminado, la herramienta está siendo utilizada en forma creciente por la industria, particularmente en las nuevas plantaciones de vides para vinificación.

A nivel del sector agrícola, el proyecto representa un hito importante en la introducción a Chile de la gama de tecnologías ligadas a la *agricultura de precisión*, una “familia” de herramientas de última generación, que ha tenido un desarrollo espectacular en los EE.UU., Europa y Australia durante los últimos años. El proyecto ha sensibilizado al mundo empresarial y científico sobre el potencial y alcance de estas tecnologías sobre la productividad y amplio rango de cultivos al cual pueden ser aplicadas, contribuyendo así a desencadenar numerosas iniciativas respecto del tema, que hoy día se encuentran en desarrollo (ver punto 3. de la Sección 2 “Desarrollos posteriores”).

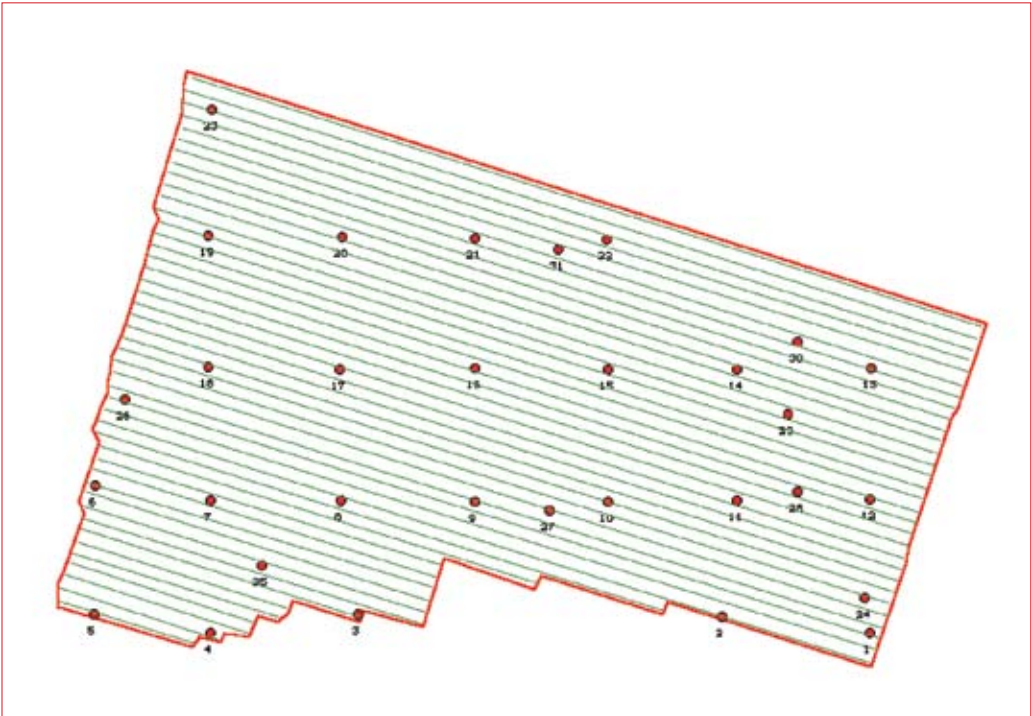
Un mayor desarrollo y uso más difundido de la agricultura de precisión en Chile representaría un salto cualitativo en la forma de gestionar las empresas agrícolas, que ha sido señalada como uno de los aspectos más incidentes sobre la competitividad del sector en numerosos estudios. Al respecto, el promisorio potencial de esta herramienta ameritaría que se hiciera un esfuerzo más orgánico en su desarrollo. A partir de un diagnóstico más preciso sobre su alcance e impacto en distintas aplicaciones, dicho esfuerzo podría ordenarse en un programa que, convocando a los actores públicos y privados pertinentes, estableciera las prioridades de investigación y otras acciones y dispusiera de recursos para su ejecución.

Anexos

Anexo 1. Estructura de costos de un viñedo: "sin" y "con" MSE

Anexo 2. Literatura consultada

Anexo 3. Documentación disponible y contactos



Grilla de Puntos de muestro e hileras de vides de un cuartel

ANEXO 1. Estructura de costos de un viñedo: “sin” y “con” MSE

CUADRO 1. Costos de manejo: 1 ha de viñedos, en un escenario “sin” y “con” MSE

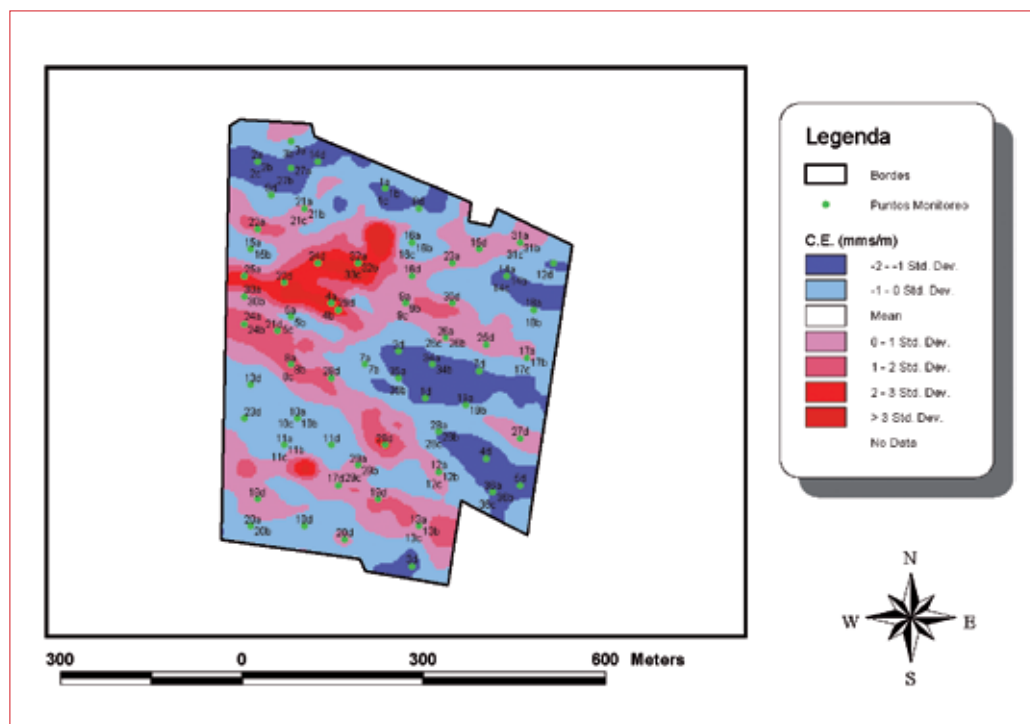
	Unidad	\$ por unidad	SIN PROYECTO		CON PROYECTO	
			Nº unidades /ha	Costo [M \$/ha]	Nº unidades /ha	Costo [M \$/ha]
Mano de Obra						
Amarra	JP	9.000	6,7	60,3	6,7	60,3
Aplicación de Pesticidas	JP	9.000	4	36,0	4	36,0
Aplicación de Herbicidas	JP	9.000	0,59	5,3	0,59	5,3
Arreglo Estructura	JP	9.000	0,88	7,9	0,88	7,9
Arreglo y mantención temporales	JP	9.000	2,07	18,6	2,07	18,6
Enreja de follaje	JP	9.000	9,19	82,7	9,19	82,7
Desbrota	JP	9.000	9,09	81,8	9,09	81,8
Deshoje-feminelas-descarga	JP	9.000	18,88	169,9	18,88	169,9
Limpia manual	JP	9.000	6	54,0	6	54,0
Completar alambrado	JP	9.000	8	72,0	8	72,0
Poda	JP	9.000	7,86	70,7	7,86	70,7
Posicionamiento-conteos	JP	9.000	7,04	63,4	7,04	63,4
Riego	JP	9.000	6	54,0	2	18,0
Vendimia	JP	9.000	9,2	82,8	9,5	85,5
SUB TOTAL M. O.				859,5		826,2
Servicios de Maquinaria						
Control de malezas	JT	18.000	1	18,0	1	18,0
Pulverizaciones	JT	18.000	0,5	9,0	0,5	9,0
Rastraje entre hileras	JT	18.000	1	18,0	1	18,0
Fletes				20,0		20,0
SUB TOTAL S. MAQ.				65,0		65,0
Insumos						
Programa Fitosanitario Año 5				213,0		213,0
Programa Fertilización Año 5				146,0		146,0
Herbicidas	lt	3.610	3	10,8	3	10,8
SUB TOTAL INSUMOS				369,8		369,8
Imprevistos		5%		64,7		63,1
TOTAL				1.359,0		1.324,1

JP = Jornadas Persona

CUADRO 2. Estructura de costos totales: 1 ha de viñedos, en un escenario "sin" y "con" proyecto

	Escenario Sin Proyecto		Escenario Con Proyecto		Diferencial	
	Costo [M \$/ha]	Incidencia [%]	Costo [M \$/ha]	Incidencia [%]	[\$/ha]	[%]
Costos Operacionales						
Mano de Obra	859,5	47%	826,2	46%	-33,3	-4%
Servicios de Maquinaria	65,0	4%	65,0	4%		
Insumos	369,8	20%	369,8	21%		
Imprevistos	64,7	4%	63,1	4%	-1,7	-3%
Sub Total	1.359,0	74%	1.324,1	74%	-35,0	-3%
Costos Estructurales						
Gastos en Personal						
Permanente	369,8	20%	369,8	21%		
Gastos en Administración	45,9	3%	45,9	3%		
Gastos Generales del Predio	40,8	2%	40,8	2%		
Reparación y Mantención de Equipos	9,2	1%	9,2	1%		
Sub Total	465,7	26%	465,7	26%		
COSTO TOTAL	1.824,7	100%	1.789,8	100%	-35,0	-2%

Plano de conductividad eléctrica de los suelos



ANEXO 2. **Literatura consultada**

AGCO, 2005. <http://www.fieldstar.com/agco/FieldStar/FieldStarUK/System/DataCollection.htm>

Australian Centre for Precision Agriculture. A process for implementing site-specific crop management. Grains Research and Development Corporation. 25 pag. <http://usyd.edu.au/su/agric/acpa>

Batte, M.T. 1999. Precision Farming – Factors influencing profitability. Northern Ohio Crops Day Meeting, Wood County, Ohio.

Best, S. Agricultura de Precisión: Una plataforma para la fruticultura de exportación. 2004. Pomáceas. Boletín Técnico. Universidad de Talca, 4(5), Septiembre.

Chartuni, E., de Carvalho, F., Marcal D., Ruz, E. 2007. Nuevas herramientas para mejorar la gestión tecnológica en la empresa agropecuaria. Perspectivas Agricultura de Precisión. Edición N°1, Enero-abril. 24-31.

CORFO, 2004. Corporación de Fomento de la Producción, Región del Maule. Estudio de costos comparativos en la industria vitivinícola de la Región del Maule. 26 pag.

Cruz C. *et al.*, Utilización de datos multiespectrales aeroportados en agricultura de precisión. CLIRSEN, Quito, Ecuador. 15 pag.

Ess, D.R. *et al.*, Implementing site-specific management: Map versus sensor based variable rate application: Purdue University, Department of Agricultural and Biological Engineering. SSM-2-W. 9 pag.

Gil, E. Situación actual y posibilidades de la agricultura de precisión. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya. 47 pag.

Koch, B., Khosla, R., Fraiser, W.M., Westfall, D.G., Inman, D. 2004. Site-specific management. Economic feasibility of variable-rate nitrogen application utilizing site-specific management zones. Agron. J. 96: 1572-1580.

Lambert, D. and Lowenberg-De Boer, J. 2000. Precision Agriculture Profitability Review. School of Agriculture, Purdue University. 155 pag.

Además, se utilizó la información obtenida de las entrevistas realizadas a las siguientes personas:

Stanley C. Best S., Ing. Agr. M.Sc. Ph.D, Investigador de INIA - CRI QUILAMAPU, Chillán, VIII Región (Fono 42-209761, e-mail: sbest@inia.cl)

Raul Wunkhaus, Ingeniero Agrónomo, Gerente Producción Viña Santa Helena. Celular (09) 82948491, e-mail: rwunkha@spwg.cl

Jorge Rojas, Ingeniero Agrónomo, Gerente Agrícola de Viña Valdivieso. Bodega Lontué, Curicó. Fono 75-471163, email: jrojas@valdiviesovineyard.com

ANEXO 3. Documentación disponible y contactos

Información adicional sobre los proyectos precursores, y los contactos con los productores y profesionales participantes en éstos, se encuentra disponible en el sitio de FIA en Internet (www.fia.gob.cl), en la sección Base de datos de iniciativas FIA.

La documentación de los proyectos precursores a texto completo (propuesta, informes técnicos y actividades de difusión, entre otras), puede consultarse en los centros de documentación de FIA, en las siguientes direcciones:

Centro de Documentación en Santiago

Loreley 1582,
La Reina, Santiago
Fono (2) 431 30 96

Centro de Documentación en Talca
6 norte 770, Talca
Fono fax (71) 218 408

Centro de Documentación en Temuco
Bilbao 931, Temuco
Fono fax (45) 743 348