

Aplicaciones de la Viticultura de Precisión en Chile: Estudio de Casos

Andrés Esser C.

aesser@puc.cl

Rodrigo Ortega B.

raortega@puc.cl

Departamento de Ciencias Vegetales
Centro de Agricultura de Precisión

Durante la última década la industria vitivinícola nacional ha experimentado un notable crecimiento. Es así como en la actualidad la superficie plantada con vides viníferas alcanza las 106.367 hectáreas, con una producción aproximada de 526,5 millones de litros de vino. Además, el negocio vitivinícola se ha orientado casi exclusivamente al mercado externo, representando un 3,5% de las exportaciones mundiales de vino, con 230 millones de litros, que generan ingresos cercanos a los US\$ 600 millones.

Sin embargo, el auge de la industria vitivinícola nacional en los últimos años no es único a nivel mundial. Los llamados países del nuevo mundo del vino (Australia, Estados Unidos y Sudáfrica, especialmente) también han sufrido grandes transformaciones en el sector, incrementando su producción en términos de cantidad y calidad.

Todo este panorama hace que nuestro país deba mantener y mejorar su competitividad a nivel mundial. Una de las formas de lograrlo es ser más eficientes e innovadores en la producción vitícola, con el claro objetivo de producir vinos de alta calidad con el menor impacto ambiental posible.

Las tecnologías de agricultura de precisión contribuyen a la consecución de estos objetivos, puesto que permiten un conocimiento más acabado de los sitios de producción, en tér-

minos de calidad y rendimiento, además de sus principales limitantes, especialmente edáficas, lo que permite focalizar mejor los manejos productivos y la cosecha, que finalmente se traduce en una mayor eficiencia productiva.

El concepto de Viticultura de Precisión ha surgido principalmente en países más innovadores y con un mayor desarrollo tecnológico, como es el caso de Australia y Estados Unidos. Los logros alcanzados han sido alentadores y el nivel de adopción ha sido exitoso (el concepto general de Viticultura de Precisión así como todas sus herramientas, aplicaciones y beneficios, se desarrolló en la primera parte de este artículo publicado en el número 15 de esta revista).

En Chile, la Viticultura de Precisión está siendo fuertemente impulsada por el Centro de Agricultura de Precisión de la Pontificia Universidad Católica de Chile (CAPUC) en conjunto con algunas viñas nacionales.

En el presente artículo se presentan algunos resultados de investigaciones realizadas durante la temporada pasada, que demuestran las potencialidades de la aplicación de la Viticultura de Precisión en Chile.

Variabilidad presente en los viñedos chilenos

Durante muchos años, enólogos y viticultores han reconocido que existe una significativa variabilidad en la producción, tanto en volumen como en calidad, en viñedos aparentemente “homogéneos”. Por otra parte, muchos productores han logrado identificar visualmente sectores dentro de sus viñedos, o cuarteles, en los cuales

la calidad de uva es superior al resto. En la mayoría de los casos, los sectores destinados a vinos de alta calidad no son identificados espacialmente y al ser cosechados junto con la uva de menor calidad, sus cualidades superiores no se expresan en el promedio.

Por medio de las tecnologías de Agricultura de Precisión disponibles, es posible identificar zonas de alta calidad de uva con el fin de manejarlas diferencialmente, durante la temporada y al momento de cosecha. Además, el conocimiento de las características edáficas de cada zona de manejo, permite entender de mejor forma las relaciones entre éstas y la calidad de la uva.

En la viticultura moderna se busca que los viñedos sean lo más uniforme posible, de manera que todos los sectores entreguen una calidad y cantidad de uva homogénea. Por lo tanto, la definición de zonas de manejo homogéneo dentro del viñedo es imprescindible si se desea estandarizar la calidad de la producción.

En la Figura 1 se observa la alta variabilidad en cuanto a las características de suelo en un viñedo de la zona central de Chile. Aunque parezca inusual, esta variabilidad, en distintos grados, puede ser encontrada en la mayoría de los viñedos chilenos, lo que justifica algún nivel de manejo sitio-específico.

Estudio de la variabilidad espacial en viñedos y aplicación de tecnologías de Viticultura de Precisión en Chile

Las investigaciones fueron realizadas en la temporada recién pasada



Figura 1. Fotografía de un viñedo (al centro) de 100 ha ubicado en el valle del Maipo en el que se aprecia la alta variabilidad en las características físicas del suelo. Las imágenes A y B muestran dos zonas con características de suelo totalmente distintas, ambas fueron observadas en un mismo cuartel.

(vendimia 2002) por el CAPUC, en dos viñedos comerciales ubicados en distintas localidades. El primero corresponde a la variedad Pinot Noir (7,6 ha) ubicado en el Valle de Leyda (V Región: 33°67' lat. Sur; 71°49' lon. Oeste) de cuatro años de edad, perteneciente a Viña Leyda y el segundo corresponde a la variedad Carmenère (3,01 ha) ubicado en el Valle del Maipo (RM: 33°60' lat. Sur, 70°50' lon. Oeste), perteneciente a la Viña Concha y Toro, de diez años de edad. La uva de ambos cuarteles estaba destinada a la producción de vinos de alta calidad.

Estos sitios fueron seleccionados de manera de obtener situaciones

contrastantes dentro de viñedos destinados a producir uva de alta calidad. La variedad Pinot Noir se ubica en una Viña pequeña, denominada comúnmente “*Viña boutique*”, en cambio el cuartel de Carmenère pertenece a la Viña más grande de Chile.

El objetivo de este estudio fue cuantificar la variabilidad espacial del rendimiento y calidad de uva, además de las propiedades físicas y químicas del suelo, en ambos viñedos.

Procedimientos utilizados

En el presente estudio, se siguieron los mismos procedimientos para la aplicación de prácticas de Agricultura

de Precisión (Figura 2). En primer lugar se recolectó la información en terreno, luego se procedió con el análisis de laboratorio (cuando correspondía) para posteriormente ingresar los datos a un Sistema de Información Geográfica (SIG). Con los datos ya ingresados en el software fue posible construir mapas que representaron la variabilidad espacial de alguna característica de interés y, así, definir zonas de manejo homogéneo.

1. Recolección de la información en terreno

Para recolectar en terreno información de todas las variables se realizaron muestreos georeferenciados. Este tipo de muestreo consistió en determinar a priori los puntos de muestreo, a través de un diseño estadístico por medio de un programa de SIG. Luego se definió la técnica e intensidad de muestreo. Una vez definidos los puntos, se navegó hacia ellos con la ayuda de un DGPS y un computador de terreno o una computadora portátil de bolsillo (Figura 3). En el lugar exacto, la muestra (suelo, uva, producción de uva por planta, etc) fue colectada e identificada para luego ser analizada en el laboratorio.

Los muestreos georeferenciados pueden ser utilizados para evaluar la variabilidad espacial de diversos factores dentro del viñedo. Entre los más comunes se encuentran: la calidad y el rendimiento de la uva, las propiedades físicas y químicas del suelo, los niveles foliares de nutrientes y de clorofila en la hoja y la evaluación del vigor.

En ambos sitios se determinó la variabilidad espacial en rendimiento y calidad de uva pocos días antes de la cosecha. Las muestras de suelo fueron colectadas aproximadamente un mes después de esta fecha.

Por otra parte la intensidad de muestreo fue distinta para cada variable evaluada; sin embargo, en todos los casos, se utilizaron intensidades altas para asegurar dependencia espacial y obtener mapas que representaran adecuadamente la realidad.

2. Procesamiento y análisis de la información

Una vez colectadas las muestras

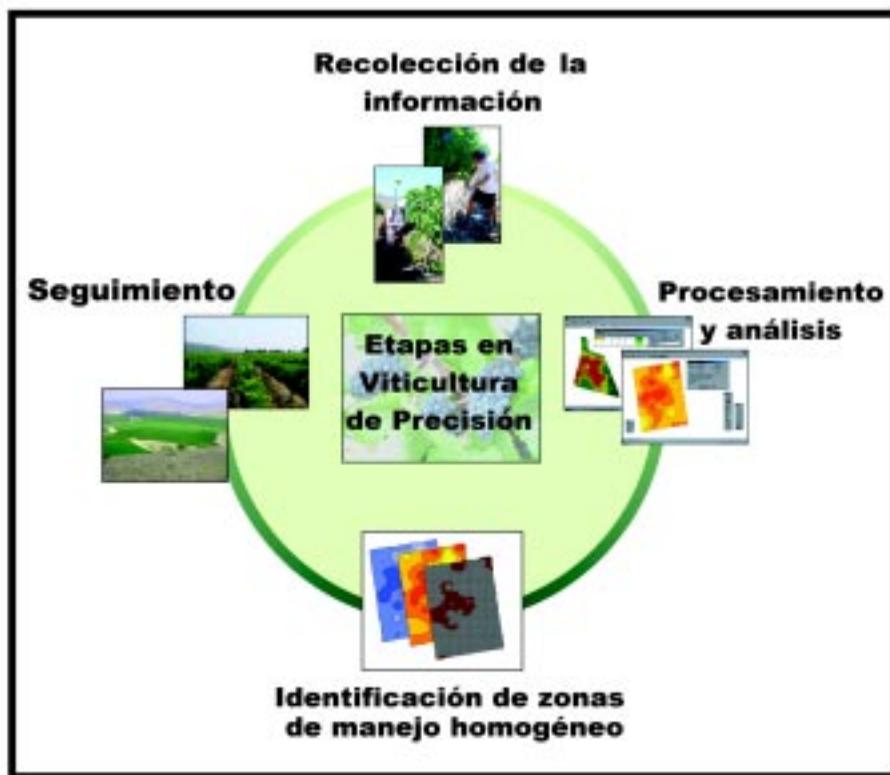


Figura 2. Etapas prácticas para establecer sectores de manejo homogéneo dentro de un viñedo. El primer paso es colectar la información en terreno para luego ingresar los datos a un SIG en el cual se procesa la información y definen las zonas de comportamiento similar.

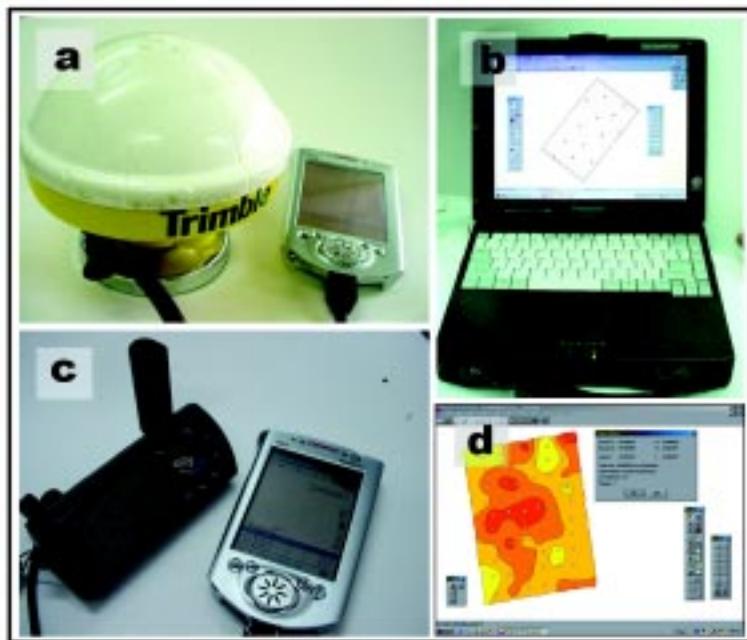


Figura 3. Equipamiento empleado en la recolección y procesamiento de la información. (a) DGPS conectado a una computadora de bolsillo, (b) computador de terreno, (c) GPS normal y (d) Sistema de Información Geográfica.

en el viñedo, el siguiente paso fue llevarlas al laboratorio para su análisis. En el caso de la uva se determinó grados brix, pH del mosto y acidez total. Las muestras de suelo fueron analizadas para pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, N, P, y K. Para determinar las propiedades físicas del suelo se evaluó la textura (porcentajes de arcilla, arena y limo) y la curva de retención de humedad.

Los datos obtenidos fueron ingresados a un SIG. Este software per-

mite procesar y manejar los datos en forma espacial de manera de confeccionar mapas de cada variable, mediante diferentes métodos de interpolación. Actualmente existen numerosos programas SIG de fácil uso y utilizables en cualquier tipo de computador

Esta etapa incluyó, además, la *digitalización de mapas topográficos* existentes en cada viñedo, debido a que el relieve del terreno determina las propiedades físicas y químicas del

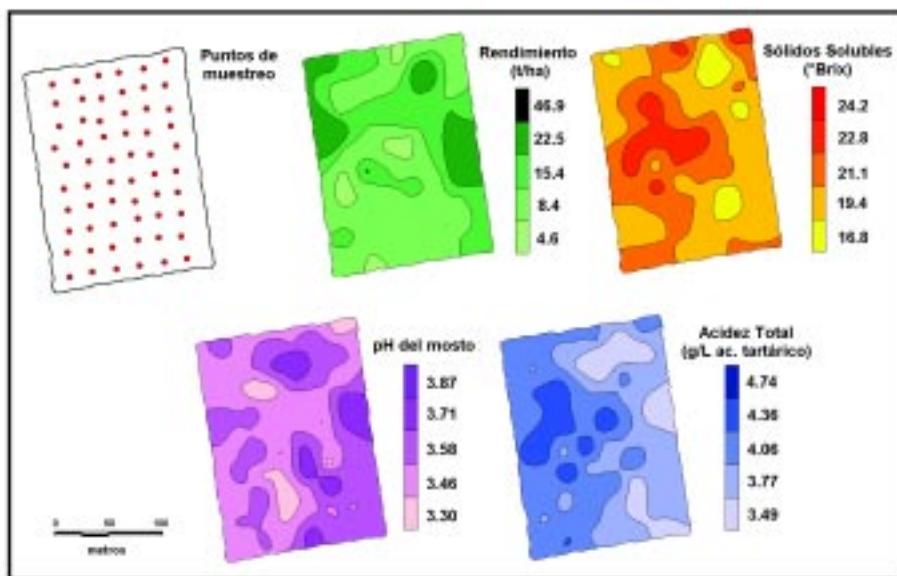


Figura 5. Variabilidad espacial en rendimiento y parámetros de calidad de uva obtenidos en un cuartel de 3.01 ha de la variedad Carmenère. Valle del Maipo. Las diferencias dentro del cuartel son muy significativas.

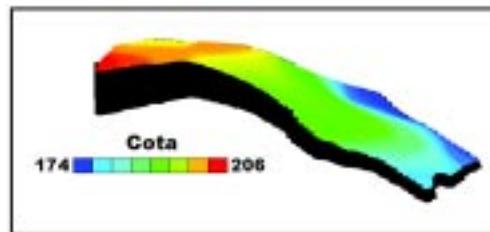


Figura 4. Representación tridimensional del cuartel de Pinot Noir estudiado. La imagen mostrada fue construida a partir de un mapa topográfico.

suelo. Esto es especialmente relevante en viñedos localizados en el área del secano interior del país cuya topografía es ondulada. En la Figura 4 se muestra un mapa en tres dimensiones obtenido a partir de un plano topográfico en papel del cuartel de Pinot Noir de la viña Leyda.

Resultados obtenidos

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos en los estudios realizados, que avalan la factibilidad de implementar prácticas de Viticultura de Precisión en los viñedos nacionales.

Variabilidad en rendimiento y calidad de uva

En ambos sitios, se observó una alta variabilidad espacial en cuanto al rendimiento y calidad de uva. La Figura 5 muestra los resultados para la variedad Carmenère. En esta es posible apreciar grandes diferencias sobre todo en rendimiento y en el contenido de azúcar o grados brix de la uva.

Variabilidad en las propiedades físicas y químicas del suelo

La variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas del suelo puede ser evaluada por medio de muestreos en grilla. La intensidad de estos es menor a la utilizada en los muestreos de calidad y rendimiento de uva.

En las Figuras 6 y 7 se muestran los resultados obtenidos en los dos viñedos estudiados. La Figura 6 muestra el alto grado de variabilidad observada, en cuanto a los niveles generales de fertilidad dentro del viñedo de la variedad Carmenère. Es interesante

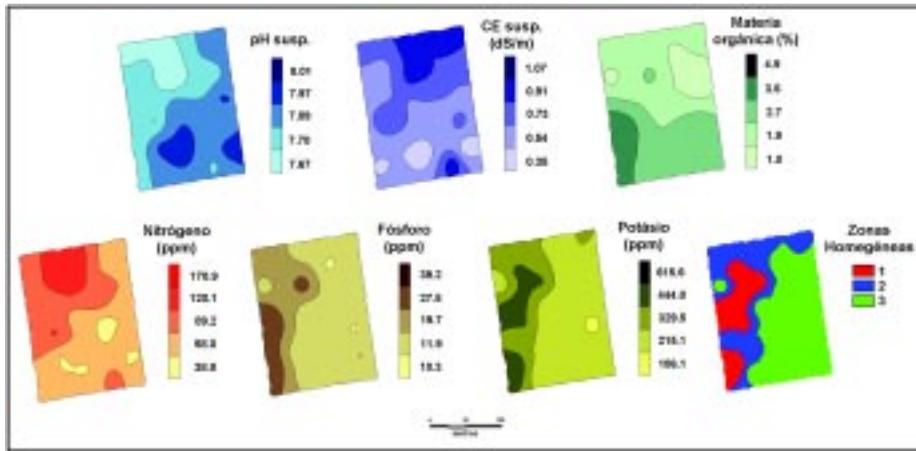


Figura 6. Variabilidad espacial en las propiedades químicas del suelo en la variedad Carmenère (3.01 ha). El último mapa corresponde a una sectorización de suelo homogéneo en base a variables de fertilidad de suelo.

mencionar que algunos nutrientes, como es el caso del nitrógeno, presentan niveles excesivos, en algunos sectores, los que se traducen en crecimiento vegetativo descontrolado que repercute en la calidad de la uva obtenida. La zona con los niveles más altos de nitrógeno coincide con un borde de camino en el cual se aplicaba, en forma reiterada, restos de orujos provenientes de la bodega de vinificación ubicada en el predio.

En el caso del cuartel de la variedad Pinot Noir ubicado en el valle de Leyda, las propiedades químicas resultaron ser tan variables como el caso de la variedad Carmenère.

La textura predominante fue franco arenosa; sin embargo, es posible apreciar en la Figura 7 zonas en

donde predominó la arcilla. Estas diferencias físicas determinan que la capacidad de retención de agua sea distinta para cada sector y por lo tanto el agua aprovechable por las plantas también lo sea. En este cuartel existen dos sectores de riego; sin embargo, su diseño no coincide con las características físicas que el suelo presenta. Una zonificación en tres sectores, efectuada utilizando todas las propiedades físicas, demuestra claramente este hecho.

3. Identificación y aplicación de zonas de manejo homogéneo

El último paso del estudio correspondió a la identificación de zonas

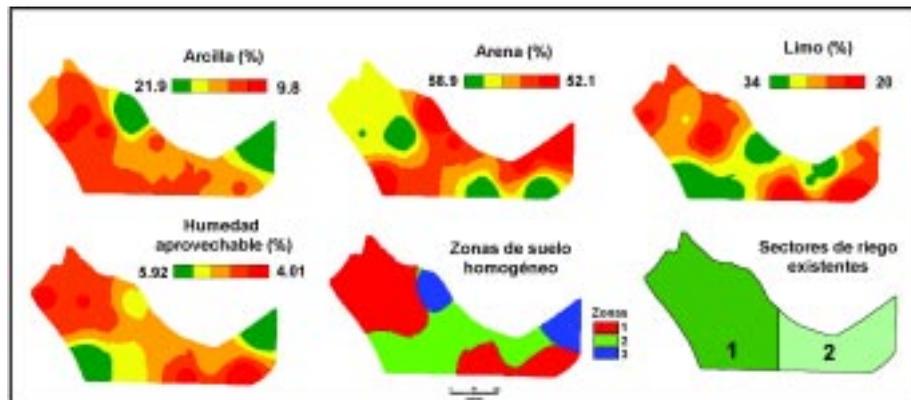


Figura 7. Mapas de variabilidad en propiedades físicas del suelo correspondientes a la variedad Pinot Noir (V Región). Esta información podría ser útil en el diseño del sistema de riego ya que este caso al realizar zonas de suelo homogéneo estas no coinciden con el diseño actual presente en la viña (último mapa).

de características similares en cuanto a calidad de uva, tipos de suelo y niveles nutricionales. Todas estas capas de información fueron ingresadas al SIG para su posterior análisis.

Zonas de manejo homogéneo

Para realizar una sectorización, se debe definir, en primer término, las variables que se considerarán en el análisis. Algunos objetivos de la zonificación son:

- Identificar sectores de calidad de uva superior al resto del viñedo o cuartel.
- Conocer las características (Ej. suelo, topografía, nivel nutricional, vigor, etc) asociadas a cada nivel de calidad observado dentro del viñedo.
- Determinar los factores limitantes en la producción de manera de saber con exactitud cuáles son los sectores con problemas para manejarlos en forma diferenciada.

Por ejemplo, al considerar las propiedades químicas del suelo en la variedad Carmenère (Figura 6), es posible, mediante un método de zonificación, determinar tres zonas homogéneas. Cada una de ellas presenta características homogéneas definidas en términos de fertilidad. Esta información puede ser relacionada con otras variables, por ejemplo calidad de uva. En la Figura 8b se presenta un mapa de calidad para la variedad Carmenère. Visualmente puede apreciarse que existe un grado de relación entre las zonas de manejo (Figura 6) y la calidad de uva producida.

En resumen cada sector de calidad estará asociado a características físicas y químicas del suelo específicas y esas relaciones pueden ser determinadas por medio de un SIG, ya que por cada punto geográfico del cuartel se obtienen todas las variables ingresadas al sistema.

De la misma forma, es posible determinar cuáles son los factores limitantes en la producción, de manera de realizar estrategias de manejo para cada sector.

Zonas de alta calidad

Una de las ventajas que ofrece la Viticultura de Precisión es la posi-

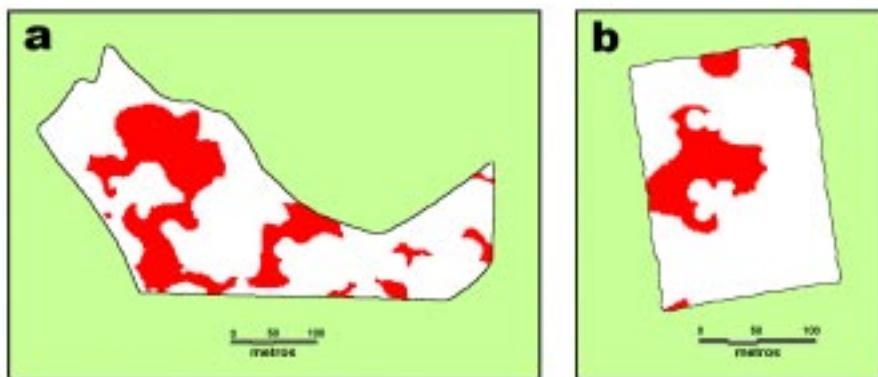


Figura 8. Identificación de zonas de alta calidad (en rojo) de uva de dentro de un cuartel de la variedad Pinot Noir (a) y otro de la variedad Carmenère (b). En el primer caso la zona representó un 27 % del total de la superficie. En el segundo caso esta alcanzó a un 20%.

bilidad de identificar zonas de alta calidad de uva dentro de un viñedo, de manera de realizar una cosecha en forma diferenciada, que permita obtener un vino de mayor calidad o de vender esa uva a un mayor precio. Debido a que un SIG maneja diferentes

capas de información, es posible dar restricciones al sistema y agrupar las zonas que cumplan con ciertos requisitos, por ejemplo un determinado rango de rendimiento, grados brix, pH y acidez. Estos parámetros dependerán de la variedad, del tipo de vino a ob-

tener, de la zona geográfica, etc.

En la Figura 8, se muestran las zonas de alta calidad de uva, para cada una de las variedades estudiadas, considerando algunos criterios enológicos. Para la variedad Carmenère el área de alta calidad representó cerca del 20% de la superficie total, mientras que en Pinot Noir ésta alcanzó a un 27%. Si se cuantifica solo el beneficio económico que significa identificar esos sectores, valorando esa uva a un mayor precio en comparación con la del resto del cuartel, los ingresos adicionales ascienden, en promedio, a US\$ 200 por hectárea (Cuadros 1 y 2). Este beneficio económico se ve incrementado si se considera el sobreprecio que tendrían los vinos provenientes de las zonas de alta calidad.

Para este análisis se consideró, para el caso de la variedad Carmenère, una diferencia de 100% en el precio de la uva de alta calidad en comparación con la uva de segunda y baja. En la variedad Pinot Noir la diferencia considerada fue de un 50%.

Un punto importante a considerar es la aplicación práctica de estos resultados, en viñedos establecidos, ya que los sectores de alta calidad deben ser demarcados según criterios técnicos y prácticos de manera de facilitar la cosecha diferencial. En el caso del establecimiento de nuevos viñedos, este debería considerar una zonificación previa a la plantación, utilizando propiedades físicas y químicas del suelo.

El futuro de la Viticultura de Precisión en Chile

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten augurar un gran impacto de las tecnologías de información en la viticultura nacional. Muchas viñas han avanzado en el concepto de manejo sitio-específico, por lo que la adopción de las tecnologías de AP debería ser relativamente rápida. Es importante mencionar que la Viticultura de Precisión no sólo es aplicable a grandes superficies, sino también a todo tipo de explotaciones, ya que la variabilidad observada, aún en pequeños sectores, es muy significativa. **FAF**

Cuadro 1

Beneficios económicos potenciales de la identificación de zonas de alta calidad de uva y su cosecha diferencial. Carmenère, Región Metropolitana.

Calidad de uva	Rdto (t*ha ⁻¹)	Area (ha)	Area (%)	Precio uva (*) (US\$*Kg ⁻¹)	Ingresos (US\$/ha)
Alta	12,32	0,60	20%	0,4	986
Segunda y baja	15,84	2,41	80%	0,2	2.534
				Total	3.520
Promedio cuartel	16,66	3,01	100%	0,2	3.332
				Total	3.332
				Delta Beneficio (US\$*ha⁻¹)	188

(*) Se consideró una diferencia de 100% en el precio de la uva de alta calidad en comparación con la uva de segunda y baja calidad debido a las grandes diferencias en cuanto a características de calidad que estas presentaban.

Cuadro 2

Beneficios económicos potenciales de la identificación de zonas de alta calidad de uva y su cosecha diferencial. Pinot Noir, Valle de Leyda.

Calidad de uva	Rdto (t*ha ⁻¹)	Area (ha)	Area (%)	Precio uva (*) (US\$*Kg ⁻¹)	Ingresos (US\$/ha)
Alta	3,15	2,05	27 %	0,6	510
Segunda	3,37	5,55	73%	0,4	984
				Total	1.494
Promedio cuartel	3,22	7,60	100 %	0,4	1.288
				Total	1.288
				Delta Beneficio (US\$*ha⁻¹)	206

(*) Se considero una diferencia de un 50% en cuanto al precio de uva entre la primera y segunda calidad.