

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

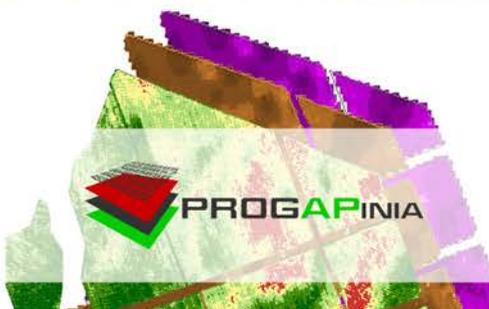
# VITICULTURA DE PRECISIÓN

## TERROIR DIGITAL

EDITOR :  
Stanley Best S.

Ministerio de Agricultura  
Instituto de Investigaciones Agropecuarias  
Centro Regional de Investigación Quilamapu

Chillán, Chile, 2013.





# VITICULTURA DE PRECISIÓN TERROIR DIGITAL

Centro Regional de Investigación Quilamapu  
Chillán, Chile, 2013

**BOLETÍN DIGITAL N° 269,  
VITICULTURA DE PRECISIÓN  
Terroir Digital**

**EDITOR:**

Stanley Best S.

**AUTORES:**

Stanley Best S.

Lorenzo León G.

Rodrigo Quintana L.

Hernán Aguilera C.

Fabiola Flores P.

Valeska Concha C.

**Revisión de contenidos:**

Stanley Best S.

Valeska Concha C.

**DIRECTOR REGIONAL INIA**

Rodrigo Avilés R.

Permitida su reproducción total o parcial con la obligación de citar la fuente y el autor.

**Cita bibliográfica correcta:**

Best, S., León, L., Quintana, R., Aguilera, H., Flores, F., Concha, V.,. 2013. Viticultura de Precisión, Terroir Digital. Boletín Digital INIA N° 269, 139p. Progap-INIA, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.  
ISSN: 0717-4829

**Diseño y diagramación:**

Hernán Aguilera Cares

Chillán, 2013.



## TABLA DE CONTENIDOS

|  |     |
|--|-----|
| INTRODUCCIÓN _____   | 5   |
| ¿QUÉ ES EL PROGAP INIA? _____  | 6   |
| AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN VIÑEDOS  |     |
| Viticultura de Precisión, Terroir Digital _____  | 7   |
| ANÁLISIS DE LA MACRO Y MICRO VARIABILIDAD DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS ASOCIADOS<br>A LA CALIDAD Y RENDIMIENTOS DE LA FRUTA PARA VINIFICACIÓN _____ | 8   |
| MONITOREO DE VARIABLES HÍDRICAS MEDIANTE TERMOGRAFÍA INFRARROJA _____  | 24  |
| MONITOREO DE VARIABLES QUÍMICAS DE LAS UVAS Y SU RELACIÓN CON VINO FINAL PRODUCIDO _____   | 51  |
| ESTIMACIÓN DE VARIABLES FÍSICAS DEL RACIMO _____   | 66  |
| CORRELACIÓN DE VARIABLES DESARROLLADAS E ÍNDICES AGRONÓMICOS PARA SEGMENTACIÓN A NIVEL DE CUARTEL ____   | 78  |
| DESARROLLO DE SOFTWARE DE INTEGRACIÓN INDITES: (INIA DIGITAL TERROIR SYSTEM) _____   | 93  |
| IMPLANTACIÓN PLATAFORMA DE DIFUSIÓN (PAGINA WEB / APP ANDROID) _____   | 122 |

## INTRODUCCIÓN

Es claro que las necesidades de incremento de calidad y aún más de estabilidad de la calidad de los productos hortofrutícolas es altamente necesaria para mejorar la competitividad del sector. En este sentido, se ha realizado un gran desarrollo a nivel de la industria, con la generación de modernos sistemas de selección de calidad en la línea de proceso, con un gran desarrollo en el uso de sistemas de control de calidad (ISO9001, HACCP) como también en el uso de modernos equipos de evaluación en la industria. Por otra parte, si bien los avances tecnológicos en Postcosecha y Packing han sufrido grandes avances en la capacidad de realizar una adecuada selección en la industria, finalmente la calidad se produce en terreno, produciendo grandes costos y también mermas de calidad debido a la gran heterogeneidad existente en terreno, producto de la variabilidad en sus condiciones edafoclimáticas. La desconexión de estas dos formas (origen y destino) es donde se debe avanzar en investigación, siendo el principal problema en terreno (origen), sobre el cual los procesos de evaluación actuales son caros y deben atacar grandes extensiones por lo que se produce una brecha y deformación de mercado. Dicho problema, se produce ya que las áreas productivas se encuentran dentro de variaciones de topografía, textura y profundidad de suelos, drenaje y fertilidad entre muchas otras, las cuales integradas producen los problemas de desarrollo de las plantas y este finalmente de la producción. Es bien sabido que la variabilidad de los factores de suelos induce una variabilidad de los rendimientos y calidad. Con el manejo estandarizado u homogéneo del huerto, hace que estas variabilidades naturales del suelo se manifiesten en las diferencias de vigor, calidad y rendimiento de los huertos.

Sobre esta problemática, se ha gestado una línea de desarrollo e investigación en las que se han enfocado dichos esfuerzos en los últimos años, enfocándose a la identificación de zonas de calidad de diferencial fruta para cosecha diferenciada, siendo el sector vitivinícola el que ha liderado este proceso. En el caso del sector vitivinícola, el concepto de zonas diferenciales de cosecha como una opción a los métodos convencionales de discriminación de terroir vitícola, se ha presentado como una alternativa viable en países competidores en los mercados del vino como Australia y Francia, por lo que existe la necesidad de incorporar protocolos más eficientes de discriminación de zonas productoras de distinta calidad de uva, lo cual cuanto implicaría que la empresa mantenga un alto estándar de competitividad.

Al respecto, las empresas en conjunto con el sector de I+D han tratado de identificar variaciones espacio-temporal con metodologías muy complejas y de alto costo. Entre estas tecnologías podemos hablar de los sistemas no destructivos como los son los basados en Espectrografía (VIS-NIR) y Fluorescencia las cuales si bien se han obtenidos buenos resultados, por lo engorroso y el tiempo de captura que implica el obtenerlos, agregando que no se ha podido establecer un criterio estándar que sea aplicable para su utilización de campo y requiere de personal especializado para el análisis e interpretación, estas finalmente no han tenido la penetración que se esperaba.

Por otra parte, el sector agrícola tradicional, basados en los avances computacionales y en instrumentación electrónica, se han desarrollado nuevas tecnologías en la agricultura, las cuales son aplicadas normalmente en países desarrollados (nuestros competidores), con altos niveles de penetración, encontrándose que el eje principal de la penetración ha sido el logro de la automatización de procesos en el uso e interpretación del equipamiento asociado a la maquinarias agrícolas inteligentes, factor que no ha sido logrado en el sector hortofrutícola de terreno debido a la mayor complejidad de los cultivos (sistemas perennes de producción) y por otra parte el sector de los commodities y mecanización agrícola asociada es por mucho mayor en nivel de negocio a nivel mundial que el sector hortofrutícola (mayor interés de investigación por empresas y gobiernos).

Así, basados en la experiencia que ha tenido el PROGAP INIA y sus colaboradores internacionales, en el trabajo directo con empresas, hemos llegado a la conclusión que la posibilidad más viable de introducción tecnológica debe cumplir con dos factores primordiales que son el desarrollo de un sistema de bajo costo y segundo que su utilización tiene que ser altamente amigable, debido bajo nivel de conocimiento tecnológico en estas materias de los usuarios, lo hace que el beneficio del uso de estas tecnologías simplemente no se vea y mantiene al sector agrícola de terreno muy por detrás de los avances tecnológicos que han estado siendo desarrollados e incorporados en otras áreas del conocimiento y utilizados en la parte industrial.

Por lo tanto, es claro que afrontar este reto requiere de soluciones altamente innovadoras debido a la necesidad de automatización de los procesos tanto de captura, análisis e interpretación de la información de campo en cuestión, en el formato y costo que se requiere para el sector.

## ¿QUÉ ES EL PROGAP INIA?

Producto de la creciente competitividad de los mercados nacionales e internacionales, la necesidad de poder orientar y enfocar los esfuerzos en el estudio y difusión de la Agricultura de Precisión (AP), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, a través de su Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, como respuesta a las necesidades tecnológicas en la agricultura actual, crea el Programa de Agricultura de Precisión, Progap INIA en el año 2002.

El Programa enfatiza el uso de información y de las emergentes tecnologías para sintetizar y entregar herramientas de decisión para mejorar la rentabilidad del agricultor usuario. Estas actividades a menudo dependen de la interacción de distintos sistemas: sensores, Tecnologías de la Información y comunicación (TIC's), procesamiento de imágenes, análisis y modelos matemáticos estadísticos y ingeniería mecánica. La introducción de tecnologías de precisión dentro de las operaciones normales involucran costos adicionales, el resultado se expresa en la disminución de los costos de operación, aumento de la eficiencia, mejora la calidad de los productos, y reducir el impacto medioambiental negativo. Utilizando eficientemente la tecnología de la información se pueden obtener ventajas competitivas, pero es preciso encontrar procedimientos acertados para mantener tales ventajas.

El sistema de información tiene que modificarse y actualizarse con regularidad si se desea percibir ventajas competitivas continuas. El uso creativo de la tecnología de la información puede proporcionar a los administradores una nueva herramienta para diferenciar sus recursos humanos, productos y/o servicios respecto de sus competidores.

En resumen, Progap INIA promueve las mejoras de los procesos productivos a través del uso de tecnologías emergentes, en una visión de reducción de la brecha tecnológica para cumplir con las exigencias internacionales y posicionar a las empresas a un nivel de competitividad igual o superior que los países desarrollados, aumentando el horizonte de competencia de la agricultura chilena.



## AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN VIÑEDOS

En la industria vitivinícola Nacional existe un notable esfuerzo por establecer un aumento en la calidad de los vinos que se exportan, procurando al mismo tiempo de establecer un robustecimiento de la imagen país en el rubro y una competitividad sostenible en el tiempo. En este sentido, una de las líneas de trabajo en las que se han enfocado dichos esfuerzos en los últimos años, corresponde a la identificación de “terroir” vitícolas en los distintos valles de producción, persiguiéndose principalmente otorgar una tipicidad a los vinos producidos, y una mayor estabilidad entre temporadas en relación a los estándares de calidad de las distintas líneas de vinos. Este enfoque ha sido utilizado en diversas viñas en Chile, habiendo una positiva evaluación sobre el mismo en relación a los objetivos que se persiguen mediante su empleo.

Sin embargo, actualmente existen distintos problemas en relación al método para la determinación de terroir y micro-terroir vitivinícola y es que ellos (1) dependen de protocolos poco transferibles y de alto costo de implementación, que solo pueden ser desarrollados por expertos en esta disciplina a nivel de servicios (2) existen métodos comerciales (software) para ser empleados en el ámbito de un servicio, pero que actualmente son sistemas cerrados (principalmente on line) y que adolecen de la integración de distintas variables de cultivo y manejo que según recientes investigaciones son fundamentales para en la discriminación de zonas al interior de los cuarteles. Por lo anterior se considera altamente necesario para la empresa el contar con un protocolo se que pueda emplear tanto en sus propios viñedos (ya establecidos y/o por establecer) como en los viñedos de distintos proveedores de uva y que sea utilizable por el personal del viñedo, en orden a optimizar los procedimientos y aumentar la competitividad de la empresa. Lo anterior será abordado mediante la definición de los denominados “terroir digital”, los que se pretende puedan identificados por los usuarios (viticultores, empresas), a partir de tecnologías emergentes de medición, registro (sensores especializados en campo) y análisis (software de integración de la información). La integración de información en un sistema de soporte de toma de decisiones es altamente importante para mejorar sustancialmente distintos manejos que en la actualidad se realizan de una manera sub-óptima, al no considerar adecuadamente las interrelaciones entre suelo-clima-planta y el efecto de las prácticas de manejo sobre la calidad y el rendimiento. Ejemplos de lo anterior lo constituye las relaciones hoja fruta para cada zona y la el manejo del factor hídrico en el viñedo a lo largo de la temporada, considerando la variabilidad espacial del mismo.

Otro aspecto de importancia lo representa la necesidad de identificar eficientemente nuevas superficies con alto potencial de calidad para la producción de vinos.

Finalmente, existe la urgente necesidad de contar con nuevas líneas de vinos de alta calidad, bajo el marco del mercado actual en la industria del vino, siendo necesario que los mismos sean competitivos manteniendo al máximo entre temporadas las características de tipicidad a través de la expresión del terroir vitícola.



**ANÁLISIS DE LA MACRO Y MICRO VARIABILIDAD DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS  
ASOCIADOS A LA CALIDAD Y RENDIMIENTOS DE LA FRUTA PARA VINIFICACIÓN**

Stanley Best S.

## INTRODUCCIÓN

El entorno empresarial es el área que rodea a una empresa y aquella en la cual ésta desarrolla su actividad. De este modo, la empresa se considera un sistema abierto al medio en el que se desenvuelve, en el que influye y recibe influencias. El analizar este entorno resulta ser de vital importancia para cualquier empresa, puesto que de esta manera se podrá determinar cómo influyen los factores externos. El entorno general se caracteriza por un extenso conjunto de factores que delimitan el marco en el que actúan las empresas y establecen las circunstancias en que las empresas se van a tener que desenvolver. Entre estos factores, podemos nombrar:

1. Factores Climáticos, los cuales influyen sobre el desarrollo del producto de año en año.
2. Factores de sitio (suelo, topografía, etc), que en conjunto con el clima definen los terroir o variaciones espacio-temporales del viñedo.
3. Factores manejo que potencian o decrecen la expresión de las zonas productivas.
4. Factores comerciales que orientan las decisiones a tomar para desarrollar un producto determinado por su capacidad de venta.

El entendimiento y manejo de estos factores permitirá asegurar frutos de calidad, permitiendo que las parras expresen libremente su desarrollo de acuerdo con el medio ecológico en que se encuentra, en la orientación de producción decidida.

Así, en el presente capítulo se analizan principalmente los factores que han sido identificados como aquellos que influyen más notoriamente sobre la variabilidad de la calidad de la fruta y su distribución espacio – temporal, principalmente, los factores de sitio y climáticos, lo que representa el punto central del capítulo y de los estudios actuales del Progap INIA.

Para evaluar los factores de sitio, se deben tener variables que evalúen estos factores, dentro de programa se han evaluado los que evalúan la parte vegetativa como los mapas de NDVI y de suelo como los de Conductividad Eléctrica, Topografía, exposición, etc. Tal como los veremos en el capítulo, este tipo de análisis deben ser seguidos e integrados a través del tiempo para poder ser de mayor utilidad ya que el solo tener un mapa de un momento no aporta mucho en el entendimiento de las zonas por lo que son de utilidad inicial pero en el tiempo sino se integran y solo se ven por año finalmente estos se verán como de poca utilidad error comúnmente cometido en la industria. Así, la variabilidad espacio temporal de los mapas de vigor del predio en un lapsus de los últimos 5 años, es útil para ver los patrones estables de un predio tal como se puede ver en la figura 1. En la figura antes mencionada puede verse que existe una variación consistente en el comportamiento del predio en la cual se definen tres macro zonas de comportamiento de este predio.

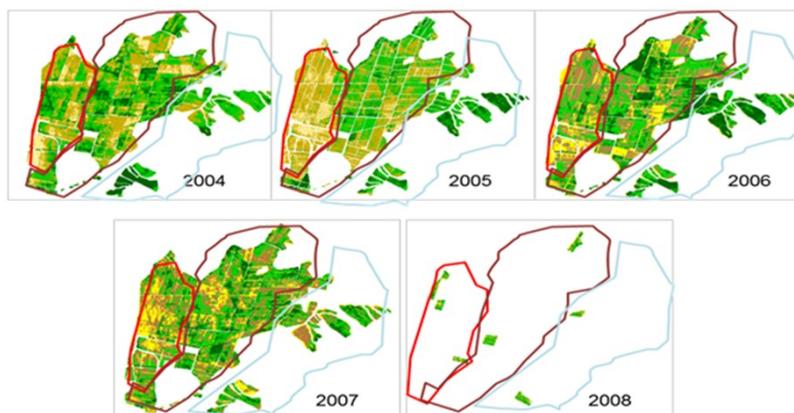


Figura. 1 Variaciones en el patrón de NDVI para la viña completa, en donde se marcan algunas tendencias de mayor a menor vigor en términos de macro áreas.

Esta tendencia se puede visualizar en forma más clara si se toma en cuenta un análisis de clusters en donde se analizan en conjunto los datos de NDVI para tres temporadas consecutivas (2005/06 a 2007/08), lo que puede ser visualizado en la figura 2, considerando el nivel vegetativo alcanzado tanto en noviembre como en febrero.

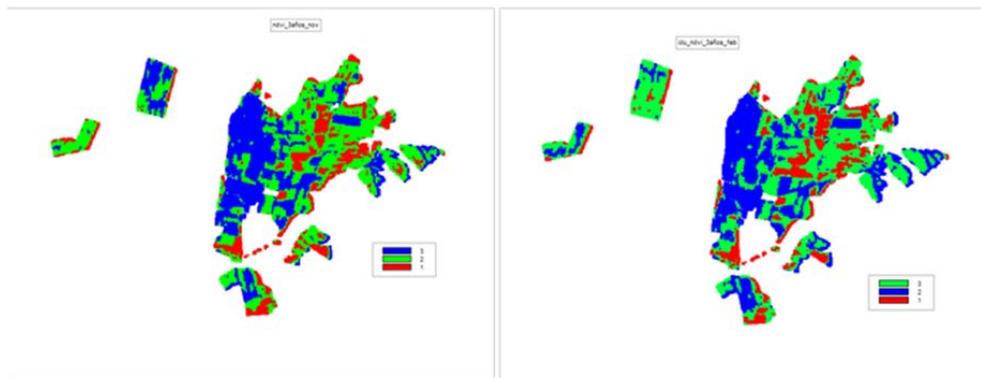


Figura 2. Mapas de cluster de índice NDVI para (a) noviembre y (b) febrero, considerando tres temporadas de trabajo.

En la figura anterior se pueden apreciar que se forman clusters bien definidos entre la zona oeste-este de la viña, lo cual en gran medida, coincide con lo mapas presentados en la figura 1. Por otra parte, observado en términos generales las variaciones en la distribución (o agrupamiento de clases) del ndvi de noviembre vs febrero muestra variaciones relativamente pequeñas.

No obstante lo anterior, se pueden hacer las diferencias de NDVI entre el mes de noviembre y el mes de febrero (figura 3), mostrándose diferencias que no tienen una espacialidad tan marcada, ni tampoco formando clusters que siguen el patrón distinto al mostrado en la figura 2.

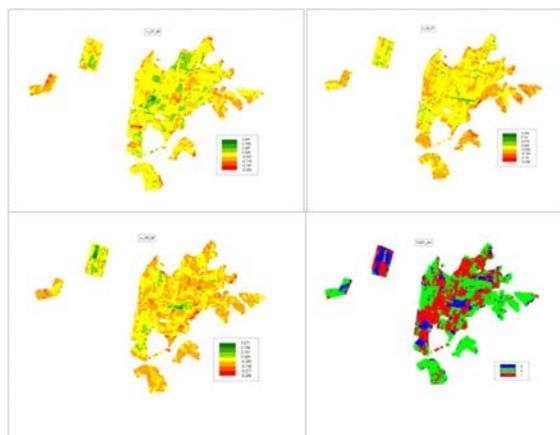


Figura 3. Mapas de diferencias de NDVI entre meses de noviembre y febrero, para tres temporadas de crecimiento. Se puede observar comportamientos de los cuarteles son distintos en las tres temporadas, finalmente se puede evaluar el mapa de clúster de las variaciones para tres temporadas anteriormente mostradas.

La figura anterior, se puede apreciar que hay sectores que variaron su comportamiento entre temporadas (aumento o reducción de vigor) entre temporadas, lo cual estaría influido por variables asociadas a clima y manejo durante el periodo comprendido entre las dos capturas de NDVI. Sin embargo se puede desarrollar un análisis en donde se aprecia una tendencia general para estas tres temporadas, en (figura 3, cluster), mostrándose en rojo una zona que tiende a mantenerse estable, la zona verde que tiende a desvigorizarse o bajar su NDVI y una zona azul, que tiende a aumentar su vigor.

Como ya ha sido señalado, dentro de las variables que pueden estar influenciando esta distribución, es el estatus hídrico del cultivo, el cual en el caso de una visión macro podría estar asociado a la distribución general de temperaturas del viñedo. En la figura 4, se muestra una distribución de temperatura de brillo de superficie (obtenida satelitalmente), la que se puede asociar a la temperatura en grandes zonas del viñedo.

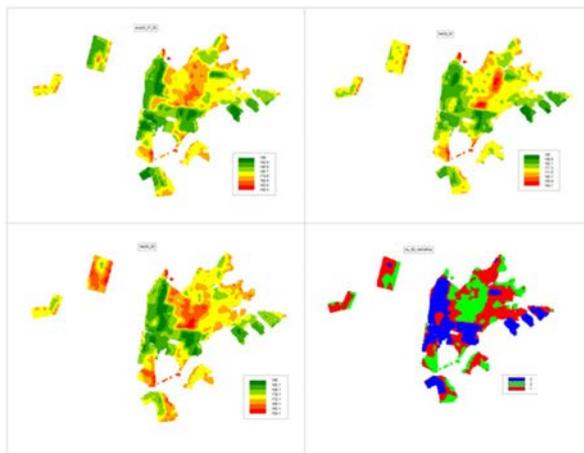


Figura 4. (a-c) Mapas de variación de temperatura de brillo de superficie (asociada a temperatura) para el viñedo hacia febrero en las tres temporadas consideradas. (d) mapa de cluster para la variable de temperatura de brillo, considerando tres temporadas.

La distribución general de temperaturas en el viñedo sigue un patrón de gran regularidad entre las temporadas (mes de febrero), pudiendo hacer un mapa cluster con zonas muy bien delimitadas, en donde las zonas azules mostraron las áreas asociadas a mayor temperatura, la cual queda distribuida hacia la zona oeste del viñedo y hacia los sectores con pendiente. Por otra parte las zonas verdes del mapa de cluster señalan zonas que tendieron a tener menor temperatura. En general se podría argumentar que las zonas dentro de la distribución azul corresponden a áreas que tienden a presentar características de calidades mayores, sin embargo, como será mostrado más adelante, las variables implicadas son variadas, existiendo una complejidad en la información que debe ser abordado a través de un análisis en la que se incorporen distintas variables explicativas (o análisis multivariado).

Cabe destacar que al evaluar, el desarrollo de racimos entre las temporadas podemos ver una clara incidencia de variación de estos entre temporadas, siendo las zonas de mayor temperatura bastante más estable en su desarrollo que las zonas térmicas más frías, tal como lo podemos ver en la figura 5.

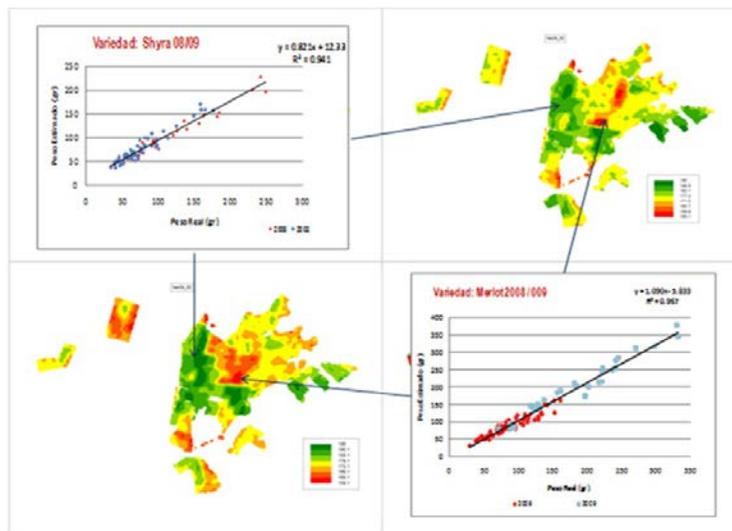


Figura 5. Mapas de variación de temperatura de brillo del viñedo de febrero para las temporadas 2008 - 2009 y gráficos de distribución de peso de racimos respectivos.

Es importante destacar que las condiciones de la temporada 2008 fueron bastante más calientes que las del 2009, la cual además tuvo una primavera lluviosa, la que mantuvo mayores cánones de humedad en suelo que especialmente afecta a suelos más arcilla y menos drenados, diferencias que ocurren en esta viña en las zonas verdes y amarillas donde las verdes son suelos profundos muy bien drenados y amarillos con mas arcilla que retienen más humedad. Lo antes mencionado, se puede ver expresado en el desarrollo de racimos en el cual los de la variedad Shyra (zona amarilla) se mantienen bastante estables y los de la variedad Merlot existe una gran diferencia de año en año, este factor además puede estar influenciado por el manejo del riego realizado por la viña entre temporadas.

Para validar lo antes expuesto, este mismo análisis ha sido desarrollado en otra viña, para tres temporadas agrícolas que se poseía la información.

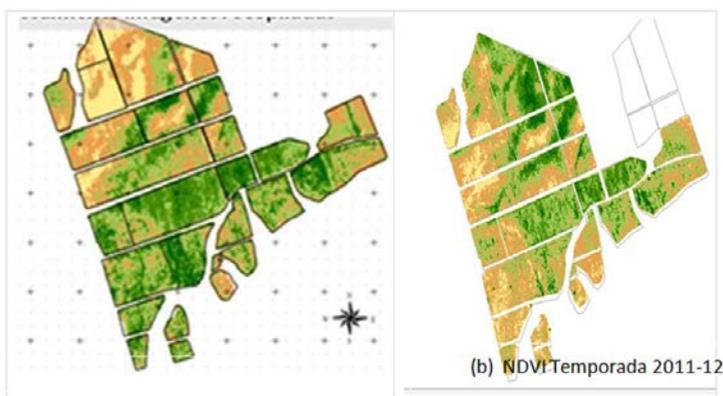


Figura 6. Variación de índice NDVI para (1) análisis integrado de 3 temporadas para segmentación de predio en zonas de comportamiento similar (informe nov. 2011) y (2) análisis de NDVI para temporada 2011-12.

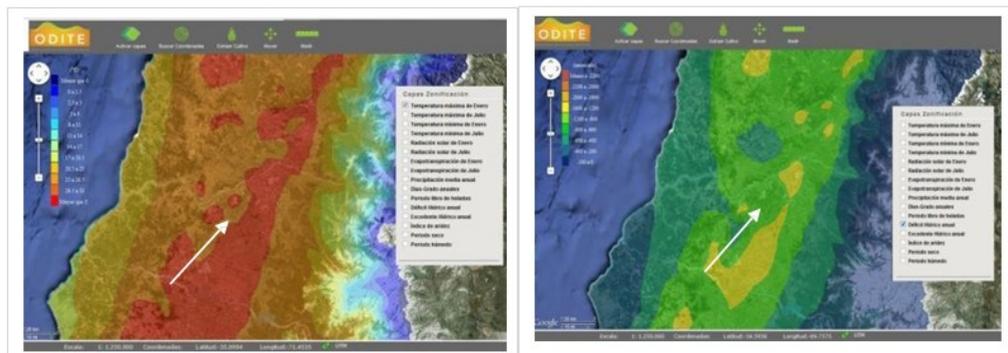
Al hacer una comparación entre el análisis integrado para varias temporadas en el fundo primavera de Viña Valdivieso (figura 6), en relación al NDVI para la temporada 2012, se observa que en términos generales se ha mantenido los patrones del índice NDVI dentro de cada bloque. Sin embargo, si se ve el viñedo completo, se aprecia una tendencia a que las zonas de cerro (ubicadas abajo (sur) de cada Fig.) tienden a tener menor vigor en relación a las zonas de llano, ubicadas en la parte superior de cada Figura. Esto supone una diferencia notoria en el régimen hídrico ocurrido a nivel general en el viñedo que se habría extendido desde la época de primavera y que influyó en estas distribuciones relativas y con esto finalmente en la relación hoja/fruto de la producción a nivel general. Por otra parte, esta baja en el NDVI ocurrida a nivel de cerro puede haber tenido una clara influencia en el problema de deshidratación observado en los sectores de cerro y pie de cerro para la temporada 2012 (figura7).



Figura 7. Síntoma de deshidratación a nivel de cerro y pie de cerro observada en distintos puntos de sectores de cerro y pie de cerro en Viña Valdivieso.

Lo antes expuesto, se debió a una clara diferencia térmica entre estaciones (mayor para la temporada 2012), que afectó mayormente a las zonas de cerro debido a que estas presentan una condición más limitante de suelo y microclima más extremo que las de las zonas más bajas, factor explicado en detalle en el Capítulo XX de Riego.

Es necesario destacar la aparición a nivel nacional de otras iniciativas públicas que en el mediano plazo pueden ser complementarias al tipo de análisis que se sigue en capítulo. En este sentido, cabe destacar la reciente implementación del sistema ODITE, recientemente desarrollado por la Universidad de Chile (figura8), que corresponde a un Atlas bioclimático digitalizado de Chile patrocinado por CORFO y Bienes Nacionales y se presenta como un complemento para los desarrollos propuestos en la presente iniciativa. Los índices que actualmente se muestran en forma de mapa corresponden a la Temperatura máxima de Enero, Temperatura máxima de Julio, Temperatura mínima de Enero, Temperatura mínima de Julio, Radiación solar de Enero, Radiación solar de Julio, Evapotranspiración de Enero, Evapotranspiración de Julio, Precipitación media anual, Días-Grado anuales, Período libre de heladas, Déficit Hídrico anual, Excedente Hídrico anual, Índice de aridez, Período seco, Período húmedo.



Como ya hemos visto el comportamiento espacial y temporal del viñedo debe ser considerado como una herramienta clave en la gestión del viñedo, en la cual se deja de lado la intuición y se empieza a trabajar sobre la base de información clara verificable y que además permite generar un seguimiento asociativo entre la temporada de trabajo y lo ocurrido en otras temporadas anteriores, permitiendo reducir los errores en las decisiones de manejo. Sin embargo, no solo se debe visualizar el comportamiento de estas macro variabilidades sino también como estas están afectando al cultivo o bien dicho a los frutos dentro del viñedo, por lo tanto también debe existir un monitoreo sobre este factor. Cabe destacar que uno de los elementos fundamentales para una mejor división de la fruta en cosecha lo constituye la determinación de rendimiento a nivel de cuarteles, herramienta con la que se puede hacer una mejor estimación del volumen de producción de cada categoría y con esto ayudar en la logística de bodega.

#### DESARROLLO DE APLICACIÓN PARA ESTIMACIÓN TEMPRANA DE RENDIMIENTO.

La importancia de hacer trabajos de seguimientos fenológicos de floración a cuaja de frutos, es entregar una herramienta preventiva que sirva para tomar decisiones acertadas del manejo requerido en un momento dado, en asociación a las zonas definidas mediante las herramientas ya explicadas en este capítulo. Según el estado de desarrollo de la planta se pueden identificar la evolución del desarrollo de los frutos (volumen y peso), la cual permitirá una estimación del peso a cosecha del fruto, el cual al ser integrado con los rendimientos promedios por parras nos entregará el rendimiento potencial, para ello el proyecto ha empleado el uso de las técnicas estadísticas de estereología, la cual se explica a continuación.

Principios de la Estereología; En los últimos años ha habido un fuerte avance de los métodos de cuantificación estereológicos. Con ellos, lo que se persigue es la estimación cuantitativa de parámetros (volumen, área, longitud, número, etc.) a partir de secciones o proyecciones. Gracias a la aplicación de estos métodos, en el campo de los estudios, se han podido estudiar parámetros morfológicos con una gran precisión y fiabilidad. La estereología es definida como un conjunto de métodos útiles para obtener información cuantitativa de carácter geométrico-estadístico de un objeto de interés, a partir de secciones del objeto (Haug, 1986; Cruz-Orive, 1987). En general, los métodos estereológicos gozan de una serie de ventajas metodológicas y prácticas de indudable interés para el estudio agronómico de estimaciones de rendimientos. Como ventajas metodológicas se podrían destacar por un lado, que son métodos no sesgados, carentes de error sistemático, y por otro que la estimación de los parámetros no está influida ni por la forma del objeto, ni por su distribución y/o tamaño. Además, una clara ventaja metodológica y práctica es que los métodos estereológicos son altamente eficientes en tiempo de captura. En otras palabras, no exigen un gran esfuerzo para la cuantificación y a que con una muestra muy pequeña y pocas secciones (alrededor de 6-7 secciones) se obtienen coeficientes de error y de variación aceptablemente bajos (Royet, 1991; West, 1993). Metodológicamente, la estimación del número de frutos por parra, se puede realizar por diversos métodos estereológicos. De ellos, el fraccionador es uno de los más recomendables. Este método se basa en la combinación de un muestreo sistemático seccionado (West, Slomianka and Gundersen, 1991; West, 1993b).

Metodología de estimación de Número de frutos y peso por punto muestral, utilizando el Método Fraccionador.

Previo a la aplicación del método fraccionador se ha de proceder a una segmentación sistemática de la estructura de los árboles por punto a cuantificar, el total de segmentos por árbol, donde cada uno de ellos se divide en tres partes similares, denominados segmentos. Esta seriación permite conocer la separación entre las secciones que después será recogida en el cálculo de los parámetros estereológicos. De entre todas las secciones obtenidas se seleccionarán algunas, sobre las que se realizaran las cuantificaciones. Un requisito importante para realizar las cuantificaciones estereológicas de número frutos/segmentos/ árbol es el muestreo sistemático de la zona elegida y para ello la orientación de las secciones debe ser al azar (Royet, 1991; West, et al. 1991). En el muestreo sistemático, la cuantificación no se realiza en todo el árbol sino que se cuenta el número de frutos contenidas en los segmentos seleccionados al azar. Así, se evita el sesgo de que el experimentador seleccione los segmentos de densidad de frutos o aquellas que mejor se visualicen, ya que el conteo depende del lugar en el que se encuentren los disectores. Además, el muestreo sistemático no provoca la sobreestimación numérica, pues se evita que un mismo campo sea cuantificado en repetidas ocasiones, como podría suceder con el muestreo al azar (Royet,1991).

Fórmula Empleada: Una estimación no sesgada del número total de frutos, está dada por la media de las dos estimaciones independientes.

$$\text{Fractionator (CO-90)} \quad \overline{CE}_j^2(\hat{N}) \approx \frac{1}{3n_p} \cdot \sum_{i=1}^{n_p} \left( \frac{\hat{N}_{i1} - \hat{N}_{i2}}{\hat{N}_{i1} + \hat{N}_{i2}} \right)^2$$

np= número de unidades primarias(PU's)

N= número estimado del conjunto de PUi

En un estudio con dos o más grupos de árboles, es estrictamente necesario estimar el

«error» de estimación dentro de la muestra con el fin de compararla con la variación de conteos de frutos (Gundersenyésterby,1981; Cruz-Orive,1994). El método fraccionador es muy sencillo para obtener un estimador eficiente e imparcial de una cantidad total; sin embargo, se dificulta para predecir el error porque las observaciones son dependientes de la calidad del muestreo. Aquí se aplica el error de fórmula de predicción de la Cruz-Orive (1990) que da sólo una aproximación, pero no una imparcial del estimador de la CE (estimado).Un ejemplo de ello se especifica en los estudios realizados en el área de medicina, especialmente en musculatura humana, en la estimación del volumen de las extremidades (Figura 9).

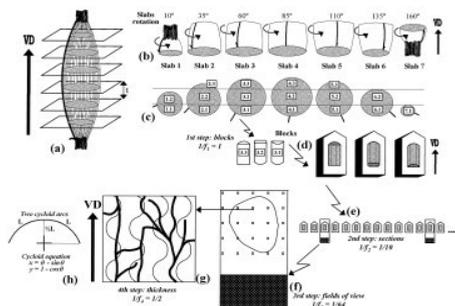


Figura 9. Representación gráfica de la metodología, con base estereológica, para la estimación de volumen de musculatura humana.

La Figura 10, nos señala las posiciones del lugar de muestreo que se relaciona a la periodicidad que se le asigna al contador en forma estadística. Lo anteriormente señalado explica técnicamente la metodología implementada. Diversas pruebas realizadas nos demostraron que las parras no se podían tratar con estructuras, sino a través de su forma 3D, ya que los errores se acentuaban, como también el tiempo empleado no favorecía el desarrollo de esta técnica, es por ello que se escogió la metodología señalada con modificaciones que permitan un mejor entendimiento hacia el contador, es esencial que este evite formular preguntas sobre la forma, estructura: rama, ramilla, racimos de las parras, permitiendo así una metodología de fácil operación.



Figura 10. Segmentos escogidos en una vid para realizar el método de estimación estereológica.

Para verificar el método, se procedió a cosechar todas las parras en cada punto, así también establecer el protocolo de conteo. También cada punto muestral, se determinó las relaciones existentes entre la estimación por estereológica v/s conteo total, así como obtener el error estimado entre ambas variables. En este último se utilizó la fórmula señalada en la metodología, todos los resultados se explican a continuación por punto muestral en el cuartel de estudio. Así utilizando esta metodología para un total de 735 racimos, el error de estimación fue del 7% de error promedio, lo que nos permite señalar que el método propuesto es prometedor para estimar rendimiento promedio por zonas de manejo, sin embargo, es dependiente de una buena localización de las muestras para el monitoreo por lo que este factor en cuanto a una buena clasificación es fundamental para el éxito del monitoreo. Por otra parte, en la vía de automatizar aún más el sistema de estimación, se ha trabajado en evaluaciones con sistemas ópticos como de detalla a continuación.

#### Estimación de rendimiento mediante uso de metodologías ópticas

La predicción del rendimiento de los cultivos ha sido un objetivo prioritario de la agro-meteorología, tanto con el fin de aumentar el conocimiento de las relaciones clima/cultivo como para generar información que se pueda aprovechar oportunamente en la planificación y manejo de la producción agropecuaria (De la Casa y Ovando, 2007). Al emplear modelos para predecir rendimientos de cultivos, con frecuencia existen limitantes por las variables que utilizan, de ahí, que resulte la necesidad de elegir al que contenga el menor número de variables o que éstas puedan estimarse con algún procedimiento conocido y fácil de realizar (Gómez et al., 2009).

La práctica actual de la industria para predecir el rendimiento en algunos cultivos constituye una labor intensiva, costosa, inexacta, poco representativa de grandes áreas, destructiva y llena de subjetividades. Normalmente, el proceso de predicción de rendimiento requiere tomar muestras de un cierto porcentaje del huerto y se extrapola a la totalidad de él (Nuske et al., 2011).

Comúnmente las estimaciones de rendimiento en viñas se realizan a partir del recuento de las yemas florales y un modelo lineal simple en que el parámetro de la pendiente representa el número de frutos por brote. Sin embargo, debido al costo del procedimiento del recuento algunos productores cuentan sólo una fracción de cada planta y en sitios específicos del huerto, ya demás no saben el efecto que puede tener sobre la estimación de rendimiento, la variedad y la edad productiva de las plantas. Según (Salvo et al., 2011), realizando estos estudios indican que se obtienen diferencias significativas en cuanto a los valores reales de rendimiento obtenidos a cosecha, por lo que sugiere que para obtener mejores predicciones, se debe realizar el conteo de yemas en todas las plantas, lo que lógicamente constituye una labor intensiva y muy costosa.

Otro método que se utiliza para realizar estimaciones de rendimientos es contando el número de frutos por planta, su peso fresco y la cantidad efectiva de plantas por hectárea y se deben extrapolar los valores al cuartel completo. Estudios realizados por (Salvo et al., 2012) realizan la estimación de rendimiento a partir de modelos que relacionan el número de frutos disponibles para la cosecha, el número de botones florales y las variables climáticas. El valor estimado incorpora el peso de la fruta adecuada para la variedad cultivada. Cuando el rendimiento potencial estimado se compara con el rendimiento observado por los productores, los errores estimados son menos al 12% (sobrestimación) y el rendimiento alcanzado por los modelos de rendimiento son tan altos como 0.57 y 0.96 para los coeficientes de correlación. Los modelos obtenidos pueden ser utilizados por los productores para que puedan planificar sus cosechas con varios meses de antelación, y se pueden ajustar a la temporada actual.

En general las estimaciones de rendimiento no son exactas debido a que los métodos de muestreo que tienden a ajustar los rendimientos históricos e incluyen entradas subjetivas (Clingeffer, et al., 2001). El cálculo del peso de los racimos final desde el envero, utilizan multiplicadores fijos a partir de mediciones históricas (Wolper tan dVilas(1992)).

En relación a este tema, durante el desarrollo de este proyecto se ha realizado el procesamiento de las imágenes RGB, con el fin de poder diferenciar los racimos, es por ello que en la temporada 2012-2013, se realizarán las estimaciones de rendimiento en terreno en conjunto con la captura de las imágenes, para así relacionar el peso real de los racimos con los píxeles en la imagen correspondiente a bayas. Además se trabajará en la estimación del tamaño de los racimos y diámetros de las bayas.

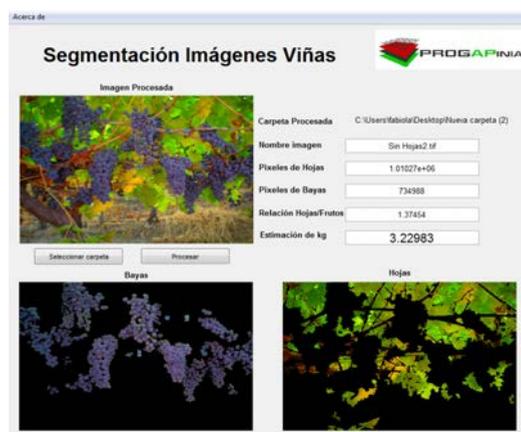


Figura 11. Estimación de rendimiento sobre la base de sistemas ópticos de segmentación.

Este sistema será explicado más en detalle en el Capítulo “Estimación de Variables físicas del Racimo”, asociado a estimación de cosecha que permita ir validando la información de segmentación antes mencionada. Sin embargo, si bien hasta ahora hemos tenido una cierta aproximación en la variabilidad productiva, esto también se debe asociar a la variabilidad de calidad y con solo una visión sesgada de la información. Así, como se mencionó inicialmente, el sistema productivo está controlado principalmente por los factores climáticos y de sitio, dentro de estos últimos hemos visto los asociados al desarrollo de planta pero si o si deben incluirse también los ligados a la variabilidad de suelo para tener la película completa de la variabilidad.

#### MONITOREO DE SUELOS.

Otra de las variables de gran importancia monitoreadas, correspondió a las variables asociadas a suelo en sus características físicas, factor muy asociado a la parte hídrica, y también en cuanto a sus características químicas, sin embargo, la fertilidad de suelo no posee mayor importancia en el análisis ya que el manejo dado por las viñas en este factor es óptimo siendo marginal el factor en este caso. Para el desarrollo de este tipo de monitoreo de suelos, se utilizó la variabilidad espacial de suelo obtenida con la rastra de conductividad eléctrica (Geonics EM38), debido a que esta permitió la zonificación de los suelos (Figura 12), levantándose sobre esta los cambios en la física de suelo (Figura 12).

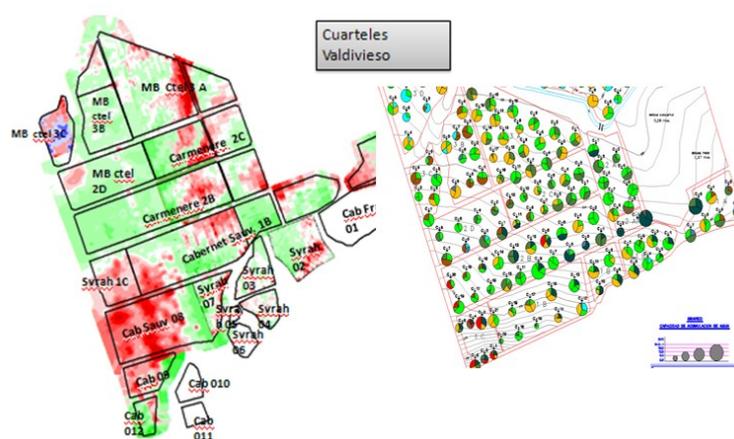


Figura 12. Plano de Variabilidad de CE, zonificación textural del área de estudio en la Viña Valdivieso.

Sobre la base de la segmentación de los planos de NDVI y CE, se establecieron puntos de control en los distintos cuarteles a estudiar. A partir de cada punto de muestreo, se identificaron los cambios temporales en todas las variables en estudios tanto las hídricas como las de calidad de uvas.

#### Análisis cluster de área asociado a calidad de fruta.

A continuación se presentan distintas representaciones de la predicción de los valores de variables asociadas a calidad química de la fruta (Ejemplo, Figura 13). Lo anterior surge la necesidad de encontrar patrones para dichas variables que sean representativos de zonas dentro de un cuartel, así como la diferencia de niveles obtenibles entre cuarteles de una misma variedad para el viñedo. El análisis estadístico se desarrolló empleando el software S-plus 2000, en donde se empleó dentro de la rutina de análisis multivariado el análisis cluster.

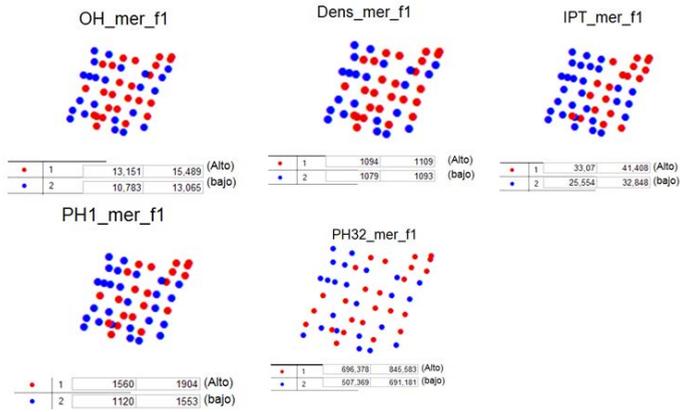


Figura 13. Análisis clúster para los tres cuarteles de la variedad merlot, en relación a los valores de componentes químicos de la fruta.

Según estos análisis, hay variedades que muestran una clara diferencia entre cuarteles en las variables asociadas a calidad química de frutos. Es así como por ejemplo, en la variedades merlot y cabernet sauvignon se pueden establecer claras diferencias en la homogeneidad en los cuarteles en cuanto a las variables de interés y entre cuarteles en cuanto a los niveles de estas variables que son predominantes, que finalmente expresarán un potencial de calidad del vino diferente (Figura 14). Por otra parte, en el caso de syrah y carmenere estas diferencias fueron mucho menos evidentes (Figura 14).

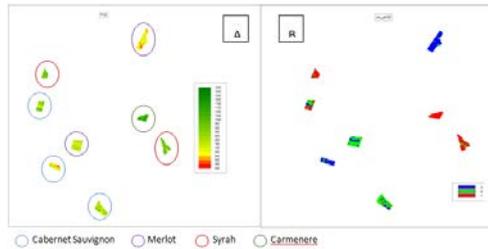


Figura 14. Mapa de la variable ph32 (antocianas fácilmente extraíbles) y clúster de la misma variable.

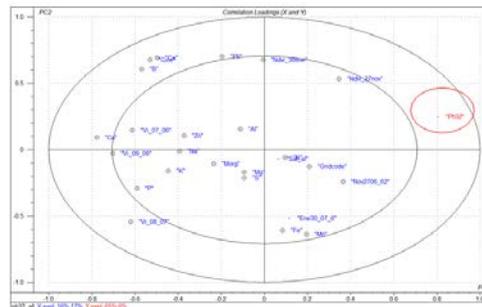


Figura 15. Análisis pls para variable de respuesta pH32, asociado a variables explicativas de NDVI, térmicas (microclima) y de suelo.

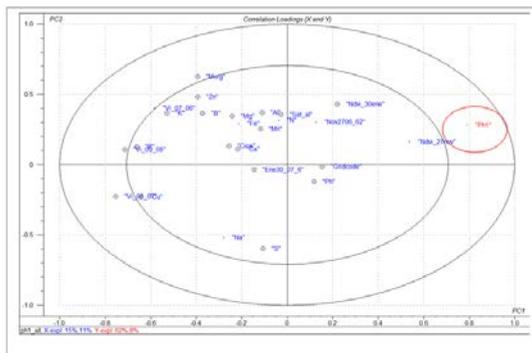


Figura 16. Análisis pls para variable de respuesta pH1, asociado a variables explicativas de NDVI, térmicas (microclima) y de fertilidad de suelo.

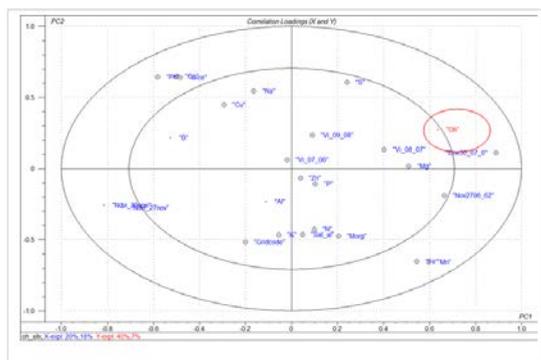


Figura 17. Análisis pls para variable de respuesta OH, asociado a variables explicativas de NDVI, térmicas (microclima) y de suelo.

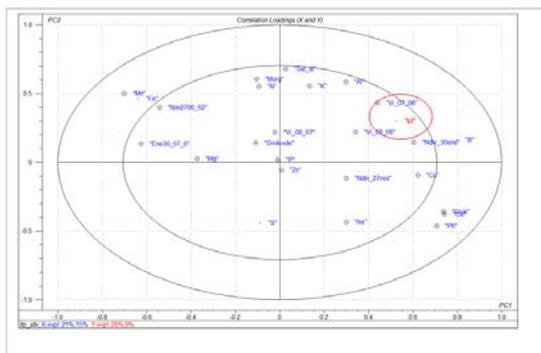
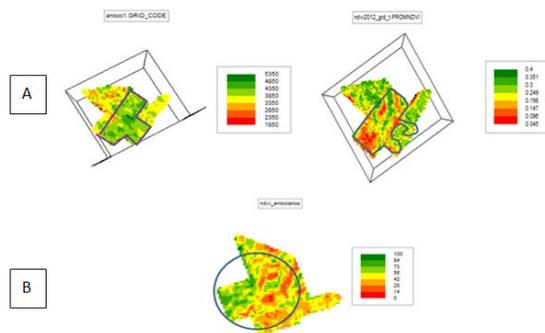


Figura 18. Análisis pls para variable de respuesta IPT (índice polifenoles totales), asociado a variables explicativas de NDVI, térmicas (microclima) y de suelo.

Al realizar un análisis multivariado de las variables asociadas a la calidad de uva podemos visualizar que variables explicativas obtenidas de información de campo, influyen de manera distinta sobre los metabolitos (Figura 15 a la 18), pudiendo evaluar que no existe una variable única explicativa del componente de calidad de uva, y dependerá de su condición de sitio y clima imperante lo que finalmente expresará el desarrollo final del metabolito.

Lo antes expuesto también ha sido evaluado en otros predios, en cuanto los resultados de la variable antocianos en uva y su relación con el mapa de NDVI (Figura 19). En la figura 19, podemos ver la evaluación estadística, que se llevó a cabo bajo análisis de similitud, entre la variable de antocianos en uva y el correspondiente mapa de NDVI. En este podemos evaluar que existe cierta asociación poco clara en relación a esta variable por si sola con el resultado final de la calidad de uvas.



Fuente: Proyecto INIA – INNOVA CHILE, CORFO, Predio Viña Valdivieso.

Figura 19. A) Mapas de antocianos en uva y NDVI. B) Análisis de Similitud de variables.

Tal como se expresó en las secciones anteriores, las variables de calidad de fruta, son la respuesta de una integración de variables, que expresan potenciales diferenciados dentro de un mismo predio e inclusive dentro de un mismo cuartel, factor que muchas veces es llamado terroir del sitio. Al integrar a la variable de NDVI, con las variables de topografía y exposición del predio para desarrollar una zonificación, se puede evidenciar que se mejora la relación existente con la variable de calidad de uvas (circulo, Figura 20), sin embargo, se evidencia que en las zonas de mayor cambio de pendiente y por ende de suelo, esta asociación disminuye (Flecha, Figura 20).

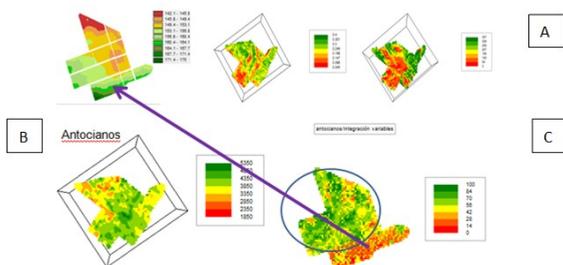


Figura 20. Mapas de variables explicativas (A), de calidad química de fruta (B) y de similitud estadística integrada entre ambas (C).

Por otra parte, al integrar la variable suelo a través de la conductividad eléctrica de este (mapa de EM38), se explica bastante mejor la variable de calidad química de uvas, obteniéndose más de un 70% del área con un nivel de similitud alto.

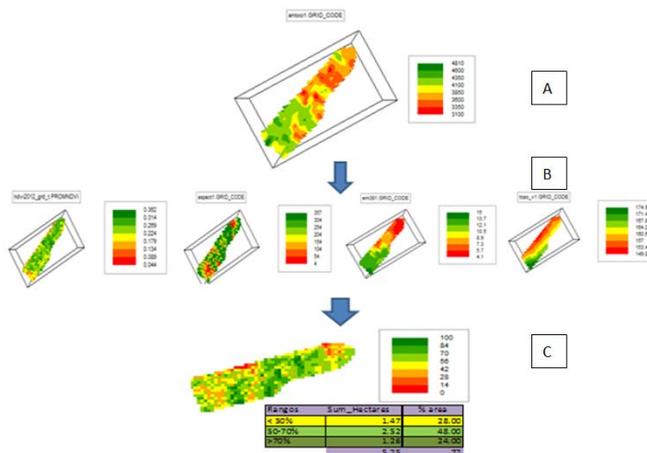


Figura 20. Mapas de calidad química de fruta (A), mapa de variables explicativas incluyendo el mapa de EC con EM38 (B) y de similitud estadística integrada entre ambas (C).

Es claro, que el trabajo de zonificación de un predio en cuanto a la expresión que tendrá en calidad de uvas, debe ser evaluado con más de una variable tal como ha quedado demostrado en este capítulo. Muchas veces se cree que el solo uso de mapas de NDVI u otros por sí solo, expresarán la variación en calidad de fruta, pero esto no es así, factor que ha llevado a los viñateros a disminuirla credibilidad en el uso de este tipo de información. Sin embargo, la integración de estas variables como lo son las de suelo y NDVI, expresarán las condiciones de sitio de mucho mejor forma, aún más, si se realizan análisis más avanzados de segmentación y modelaje de estas variables, se pueden obtener ajustes bastantes mejores a los expuestos en este capítulo, tema principal del capítulo XXX, asociado al Modelo INDITES (INIA DIGITAL TERROIR SYSTEM), que representa el resultado final de la investigación llevada a la fecha por el Progap INIA en cuanto a la segmentación de viñedos. Finalmente, el seguimiento de las zonas definidas, en cuanto a la expresión estacional del clima, permitirán mejorar las decisiones de manejo siendo estas más asertivas.

## Referencias

- Aging,14,275-285.West,M.J.(1993b).Region ally specific loss of Neuron sintheaging human Hippo campus. Neurobiology of Aging, 14, 287-293.
- Clingeffer, P., G. Dunn, M. Krstic and S. Martin. 2001. Crop development, Crop estimation and crop control to secure quality and production of major wine grape varieties: A national approach. Grape and wine research and development corporation, Australia.
- Cruz-Orive,L.M.(1987).Particle number can be estimate using a dissector of unknown thickness: the selector. Journal of Microscopy, 145, 121-142.
- Cruz-Orive LM, Howard CV(1991)Estimating the length of abounded curve in three dimensions using total.
- Cruz-Orive LM (1994) Toward a more objective biology. Neurobiology ofAging 15,377±378. Microscopy160,89±95.
- De la Casa, A., y G. Ovando. 2007. Integración de Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI) y del Ciclo Fenológico de Maíz para Estimar el Rendimiento a Escala Departamental en Córdoba, Argentina. Agric. Téc. 67(4):362-371.
- Haug,H.(1986).HistoryofNeuromorphometry.JournalofNeuroscienceMethods,18,1-17.
- Gómez, R., C. Ortiz, M. Zamora, J. Soria, A. Trinidad y A. Carballo. 2009. Estimación del rendimiento de Cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera con el método FAO. Agric. Téc. Mexico. 35(1):13-23.
- GundersenHJ, ÉsterbyR (1981) Optimizing sampling efficiency of stereological studies in biology: or` Do more less well!'. JournalofMicroscopy121,65±73.
- Mathieu-Costello O (1993)Comparativeaspects of muscle capillary supply. Annual ReviewofPhysiology145,503±525.
- MathieuO, Cruz-OriveLM, HoppelerH, WeibelER(1983)Estimating length density and quantifying anisotropy in skeletal muscle capillaries. Journal of Microscopy 131,131±146.
- Mattfeldt T,MallG(1984)Estimation of lengt hand surface of anisotropic capillaries. JournalofMicroscopy135,181±190.
- Nuske, S., A. Supreeth, T. Bates, S. Narasimhan, and S. Sanjiv. 2011. Yield estimation in vineyards by visual grape detection. IROSIEEE. P 2352-2358.



## MONITOREO DE VARIABLES HÍDRICAS MEDIANTE TERMOGRAFÍA INFRARROJA

Stanley Best S.  
Lorenzo León G.

Evaluación de las necesidades hídricas en viñedos.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la vida y su uso en el mundo se incrementa día a día a tasas preocupantes. En el año 1850 el consumo de agua en el mundo era de 100km<sup>3</sup> y en el año 2005 fue de 4000km<sup>3</sup>, es decir, un aumento de 40 veces en un siglo y medio, lo que sumado al aumento poblacional y al incremento en el consumo de dicha población acrecentará los problemas de competencia de este recurso, proyectándose como uno de los recursos más limitantes en el corto plazo. Así, la utilización racional del recurso hídrico es un imperativo, que obliga a los países del mundo al desarrollo de estrategias de uso de sus recursos naturales, que incorporen como factor relevante la eficiencia de uso.

Por otra parte, en el sector vitivinícola a pesar de los avances en las definiciones de rendimiento y calidad asociada, todavía existe una brecha en la evaluación de las variables que los determinan. Dentro de estas variables, según la experiencia de INIA y la de la literatura, la más importante corresponde al manejo hídrico del viñedo.

Variados son los estudios en los cuales se muestra la variación del estatus hídrico de plantas asociado a su relación con la especialidad y efectos en los rendimientos y calidad de fruta, en este sentido, existen metodologías ya establecidas que permiten evaluar la variabilidad dentro del viñedo en cuanto a los suelos y la respuesta de la planta que permiten realizar segmentaciones acorde a esta variabilidad. La evaluación de la variabilidad de los cultivos a través de las imágenes satelitales ha sido ampliamente empleada, correlacionado la información espectral con procesos biológicos del ecosistema terrestre como la evapotranspiración, el balance hídrico, interceptación de la radiación, producción primaria líquida de la cubierta vegetal, y producción primaria total. A partir de imágenes se puede extraer la información para la visualización de la cobertura vegetal a nivel predial e intrapredial, donde es posible evaluar la variabilidad de dichos cultivos tomando como base el índice vegetacional NDVI. Cabe destacar que el uso de modelos de localización de muestras (como el desarrollado por este proyecto y explicado en la sección del CASV1.1), integra el uso de sensoramiento remoto (imágenes de NDVI), es altamente importante y a que permiten tener una representación más exacta de las condiciones de variabilidad hídrica del huerto.

Tal como ha sido señalado anteriormente, existe una variación temporal en los cultivos además de aquella producida espacialmente. De esta manera, es necesario abordar la problemática de la evaluación a través de los años para poder establecer fehacientemente cuales son las áreas más o menos estables en términos de vigor vegetativo y por ende del rendimiento y calidad generados. Lo anterior puede ser desarrollado mediante el uso de variadas metodologías como serán descritas en este capítulo, sin embargo, es muy deseable tener una base de datos consistente en términos espacio - temporales que permitan discernir la problemática y por ende el manejo a ser llevado a cabo.

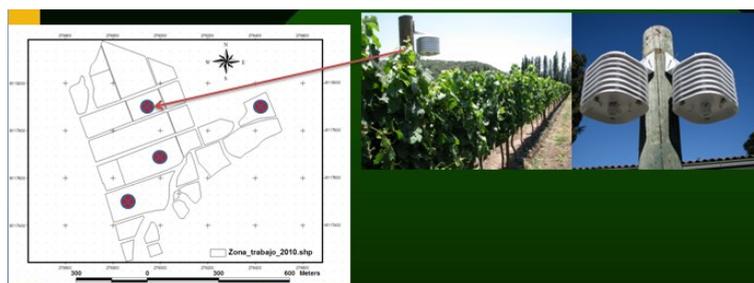


Figura 1. Localización de Mini Estaciones Meteorológicas, Viñas Valdivieso.

De los resultados de la información de estas estaciones se puede ver (Figura 1), que existe una diferencia entre el sector bajo y alto en cuanto a clima, siendo el alto más cálido y con menor incidencia en temperaturas bajas que los sectores bajos, factor que tiene una marcada incidencia los requerimientos hídricos y comportamiento de biomasa, lo que a su vez tendrá repercusión en la madurez de la fruta y finalmente en el resultado de los vinos del área.

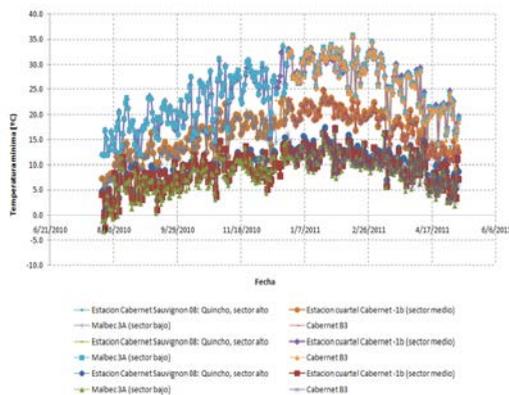


Figura 2. Comparación Temperaturas Máximas, medias, y mínimas de Viña Valdivieso.

Por otra parte, la caracterización climática de la temporada en cuanto a otras variables además de la temperatura, como las precipitaciones, pueden indicarnos como irá evolucionando el cultivo. A modo de ejemplo el año 2011 en la viña (Figura 2), hubo mayor precipitación y temperaturas más bajas que años anteriores, siendo superado por la temporada 2005/06, factor que tuvo incidencia en un avance de madurez lento y mayor desarrollo de biomasa, teniendo esto incidencia en una menor necesidad de riego. Este tipo de factores climáticos deben ser analizados por las viñas a tiempo real de tal forma que puedan ir tomando las decisiones adecuadas, según se vaya desarrollando el cultivo en la temporada.

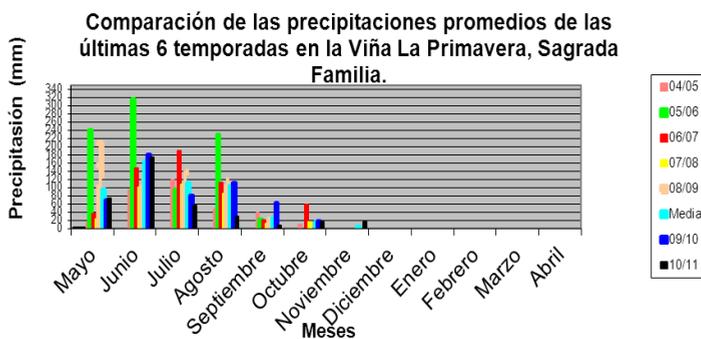


Figura 3. Caracterización Climática de la Viña La Primavera, Sagrada Familia, Temporadas 2005 a la 2011.

En este sentido, es importante utilizar información espacial de variabilidad tal como el índice de vigor vegetativo (NDVI) en conjunto con la captura de información meteorológica, los cuales pueden ser de gran ayuda para explicar fenómenos altamente disruptivos que pueden ocurrir en ciertas áreas de producción del viñedo, como las relacionadas a la deshidratación de fruta, que puede afectar ciertas zonas del predio como otras no. El control de producción y su equilibrio con calidad debe ser dirigido en base a información clara y oportuna de tal forma de que no ocurran excesos o carencias de agua que tienen una alta incidencia en el rendimiento y calidad de la uva final producida.

Variabilidad espacio – temporal del índice NDVI en el viñedo.

La agricultura de precisión es una herramienta que está abriendo nuevas formas de abordar la producción agrícola, ya que la información y cantidad de datos que genera, ayudan a interpretar de mejor forma lo que está sucediendo en una determinada área, y en un determinado momento, siendo una poderosa fuente de información tiempo-espacial, la cual en conjunto con otros parámetros contribuyen a mejorar la toma de decisiones (McBratney et al., 2005).

En este sentido, los análisis geo-estadísticos descriptivos buscan determinar el comportamiento espacial de una variable sobre su área y de esta forma determinar la máxima distancia de relación entre dos puntos (semivariograma), para poder agrupar (análisis de clúster) e interpolar. Esto permite crear zonas que poseen estadísticamente una relación dentro de ella, que sean representativas, obteniendo zonas de manejo que relacionen de forma más eficiente el estado de las plantas y el manejo agronómico. Además, sirven de base para gestionar una estrategia de muestreo y obtener datos representativos del área estudiada.

Entre las múltiples variables foliares existentes, una de las más utilizadas es el nivel de reflectancia que posee las hojas, calculando el índice diferencial de vegetación normalizado (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI) el cual ha sido investigado en la relación con factores fenológicos, obteniéndose correlaciones positivas con vigor, índice de área foliar y rendimiento en vid (Johnson et al., 2001; Hall et al., 2003.).

En Chile, los primeros estudios referidos a la agricultura de precisión son del año 2000, a partir de entonces el número de investigaciones ha crecido de forma exponencial abarcando principalmente cultivos tradicionales y frutales. Uno de los rubros manejados con este tipo de agricultura son las vides destinadas a vinificación, dados que este mercado, uno de los más importantes en el mundo agrícola, paga los costos de utilización e investigación.

El uso de información espacial de desarrollo vegetativo (NDVI), puede ser muy útil si es manejado bajo condiciones de análisis espacio temporales del viñedo, permitiendo visualizar el comportamiento de este para poder ajustar el manejo.

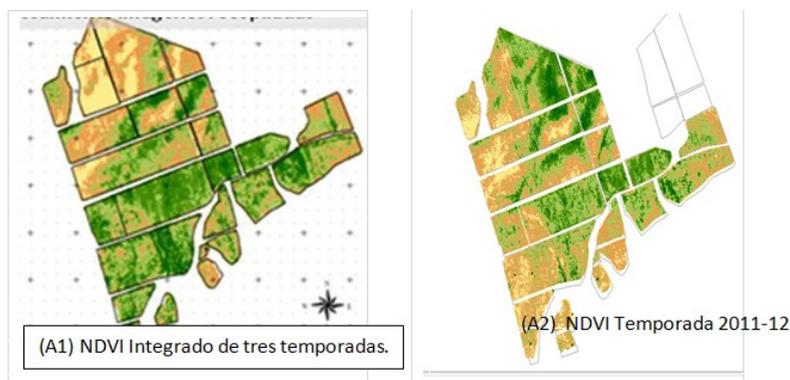


Figura 4. (A1) Variación de índice NDVI para análisis integrado de 3 temporadas para segmentación de predio en zonas de comportamiento similar y (2) análisis de NDVI para temporada 2011-12

Al hacer una comparación entre el análisis integrado para varias temporadas en el fundo primavera de Viña Valdivieso (figura3a), en relación al NDVI para la temporada 2011-2012, se observa que en términos generales se ha mantenido los patrones espaciales del índice NDVI dentro de cada bloque. Sin embargo, si se ve el viñedo completo, se aprecia una tendencia a que las zonas de cerro (ubicadas abajo (sur), Figura 3-A2) tienden a tener menor vigor en relación a las zonas de llano, ubicadas en la parte superior. Esto supone una diferencia notoria en el régimen hídrico ocurrido a nivel general en el viñedo que se habría extendido desde la época de primavera y que influyo en estas distribuciones relativas y, con esto finalmente en la relación hoja/fruto de la producción a nivel general. Por otra parte, esta baja en el NDVI ocurrida a nivel de cerro tuvo una influencia en el problema de deshidratación observado en los sectores de cerro y pie de cerro para la temporada 2011-2012 (figura 5).



Figura 5. Síntoma de deshidratación a nivel de cerro y pie de cerro observada en distintos puntos de sectores de cerro y pie de cerro en Viña Valdivieso.

Del registro de las estaciones localizadas en Viña Valdivieso (Figura 6) se puede apreciar la temperatura media diaria entre septiembre 2011 a febrero 2012, una notoria diferencia de mayor temperatura en la estación localizada para la condición de cerro que las localizadas en la parte plana del predio, especialmente considerando el periodo marcado en el área en rojo, correspondiente al mes de enero de 2012.

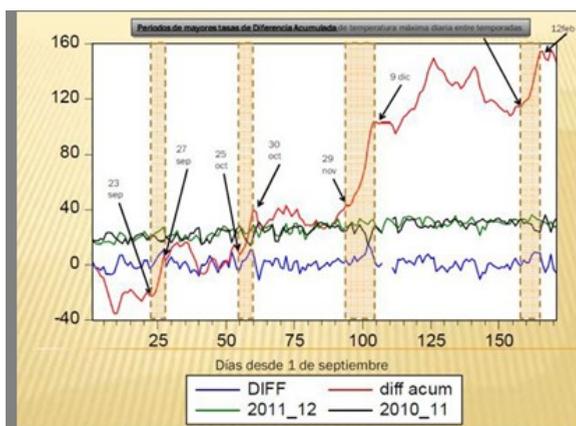


Figura 6. Gráficos de diferencia de temperaturas máximas acumulada (línea roja) entre la temporadas 2010- 11 y 2011-12.

En el gráfico 6, se muestra las diferencias en las temperaturas medias entre la temporada 2011-2012 y 2010-2011, existen períodos de mayor diferencias, debido al alza de temperaturas de ciertas semanas (columnas) y la curva (color rojo) muestra una diferencia acumulada de temperaturas muy crecientes desde el 29 de noviembre en adelante, que se acentúa más desde el 9 de diciembre, período pos cuaja.

Por lo anterior, la explicación final más plausible para este problema, es que se habría producido algún tipo de estrés hídrico muy temprano en la temporada en el viñedo, lo cual habría dejado a los racimos con una mayor susceptibilidad a problemas relacionados a shock térmico. La menor cobertura vegetal mostrada en la figura 3 habría aumentado este riesgo. Producto de esta combinación de factores es que cuando se registraron varios días continuos de temperaturas altas, se habría producido el síntoma de deshidratado mostrado en la Figura4.

Dado este problema de carácter exógeno, gatillado esencialmente por factores climáticos extremos, es que se hace altamente necesario el desarrollar un muestreo integrado entre evaluación de condiciones climáticas actuales y pasadas en conjunto con información espacial de biomasa y de déficit hídrico para un adecuado manejo del viñedo que vaya orientado a potenciar la calidad y rendimiento final a obtener.

Efecto del déficit hídrico en la calidad

En la presente sección, se mostrará un ejemplo del vínculo encontrado entre la variable de estatus hídrico del cultivo y su efecto sobre variables asociadas a la calidad de frutos en época de cosecha.

Para el análisis de la calidad química de la fruta, se utilizó métodos convencionales de laboratorio, los cuales correspondieron a antocianinas fácilmente extraíbles, antocianinas totales, fenoles totales, densidad, y alcohol probable, los cuales fueron cotejados con los resultados de la evolución de los niveles de estrés hídricos espacio temporales.

Sin embargo, es necesario poseer una forma de cuantificar el estrés hídrico de los cuarteles en forma temporal ya que los efectos en la calidad no están dados por el efecto de un punto sino del efecto hídrico en la planta en los diferentes estadios de desarrollo de toda la temporada, lo que da el resultado final en la calidad de la uva producida. Así, para la obtención de las relaciones de factores asociados a calidad y potencial xilemático ponderado, se utilizó potencial xilemático ponderado estacional (PHP) según detalla la ecuación siguiente.

$$PHP = \frac{\sum_1^n w_i * \Psi_i}{\sum_1^n w_i}$$

Dónde:

w i = Pesos asignados a cada rango de potencial hídrico desde la fecha 1 hasta última fecha (n) en un periodo determinado.

Ψ i = potencial hídrico de la variedad, para cada fecha (bar).

Cuadro 1. Ponderación de pesos Wi según rangos de potencial hídrico utilizados.

| Merlot  | Ponderación (wi) |
|---------|------------------|
| 4 a 8   | 1                |
| 8 a 10  | 2                |
| 10 a 12 | 3                |
| >12     | 4                |

La información de calidad de las uvas producidas, obtenidas del laboratorio, se contrasto con los valores de potencial xilemático ponderado encontrados en cada punto de medición para la temporada 2008 (Viña Santa Rita - Proyecto Corfo-INIA).

Los resultados de dicha evaluación se pueden ver en la figura7. De la gráfica podemos deducir que los valores más altos de PHP se asocian a los valores mayores de componentes químicos encontrados en el área de estudio. Esta relación encontrada, posee tendencias claras para algunos valores como Índice de Polifenoles Totales (IPT) y Antocianinas Totales (ANT 1.0) con valores de R2 de 0.65 y 0.59, respectivamente, y valor menor para Antocianinas Extraíbles (ANT 3.2) con un R2 de 0.44. Sin embargo, cabe destacar, que mayores niveles de estos elementos en las uvas y homogeneidad de estos, generalmente tienden a producir un mejor vino, factor buscado por las empresas.

Por otra parte, la evaluación integrada de variables químicas de calidad nos han permitido la segmentación según mejor condiciones potenciales de uva de calidad mediante un análisis de similaridad. Dicho integración nos permite generar mapas de variación de calidad potencial de uvas, los cuales podrán servir para segmentación de cosecha (Figura 8). Sin embargo, al evaluar los PHP del sector con respecto al mapa antes descrito, podemos encontrar una clara relación de los niveles de PHP y sectores de calidad (mayor PHP mejor calidad, demostrando buen manejo de niveles de estrés ya que no se quiebra la curva a niveles de estrés excesivos).

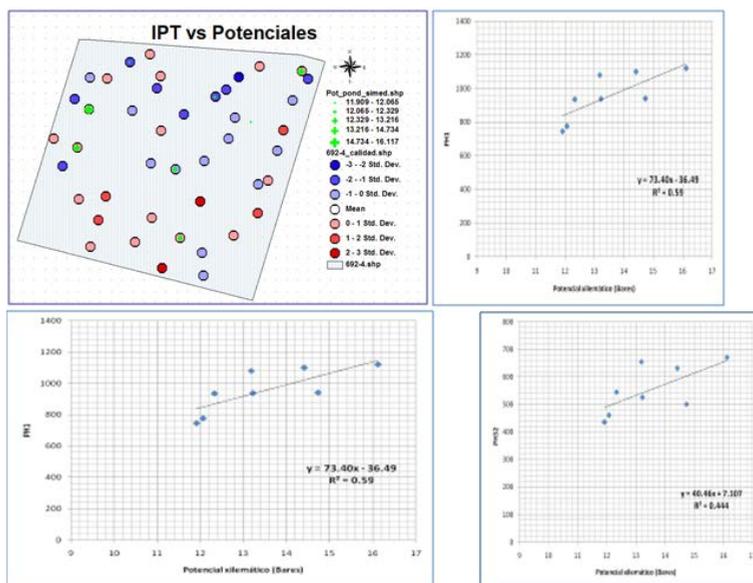


Figura 7. Relación entre características de calidad de uva y evolución temporal del estrés hídrico de los diferentes puntos de medición.

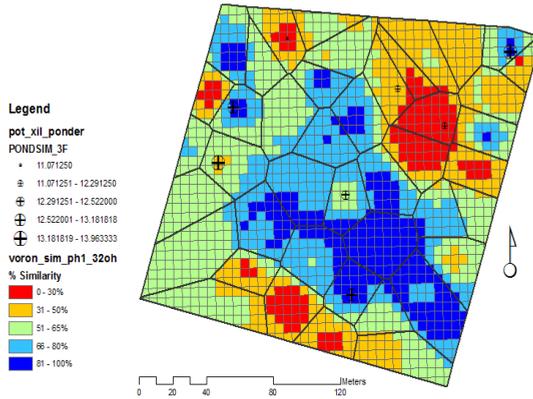


Figura 8. Cluster de calidad química en relación a potencial hídrico ponderado.

Así, es importante destacar la aceptable relación que se encontró entre los valores de estrés y las características de calidad de uva, valida la información de literatura y soporta la importancia de la obtención de un monitoreo espacial oportuno de los cuarteles para la toma de decisiones de riego y por otra parte, las decisiones de manejo asociadas a los potenciales de calidad para producir finalmente una cosecha diferencia cuando se tienen cuarteles des-uniformes, difíciles de regar con un sistema homogéneo de riego.

Formas de evaluación del déficit hídrico en viñedos

Monitoreo de suelos

Otra de las variables de gran importancia a ser monitoreadas, corresponde a las variables asociadas a suelo en sus características físicas, factor muy asociado a la parte hídrica. Para el desarrollo de este tipo de monitoreo de suelos, se utiliza la rastra de conductividad eléctrica EM38 (esta funciona bien en suelos con rocas en donde Veris no). A modo de ejemplo podemos ver la caracterización del predio de Valdivieso en estudio, lo que permitió la zonificación de suelos de estos (Figura 9).

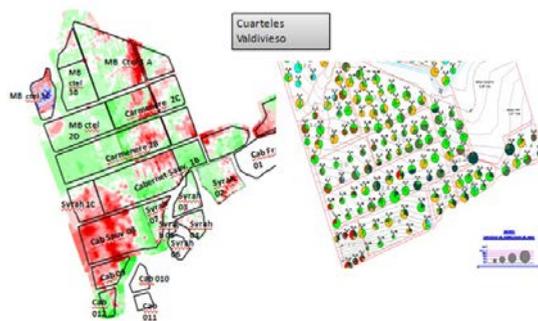


Figura 9. Plano de Variabilidad de CE, zonificación textural del área de estudio en la Viña Valdivieso.

Seguimiento y análisis de humedad de suelo

La forma actual más común de seguimiento de la humedad de suelo por ende del estatus hídrico asociado a las plantas, es el uso de sensores de capacitancia, llamados así porque utilizan esta propiedad para medir el coeficiente dieléctrico ( $\epsilon$ ) de la matriz del suelo. Determinando la capacitancia se obtiene la constante dieléctrica y en consecuencia, la estimación del contenido de agua del suelo. Los FDR, requieren transformar la señal medida a valores de humedad volumétrica mediante un calibrado, el cual se realiza internamente en el procesador de datos. En la mayoría de suelos es suficiente con la calibración estándar (precisión del 5%), aunque dicha ecuación de calibración necesite ajustes específicos para suelos de mucha materia orgánica, muy arcillosos o salinos, pudiéndose conseguir entonces precisión en torno al 1-2%. Casi todos los instrumentos mencionados se desarrollaron para riego tradicional donde la humectación del terreno suele ser uniforme, lo que permite una más fácil interpretación de las tendencias. En riego localizado no se moja todo el suelo, solo los bulbos y el patrón de distribución de la humedad varía mucho según el tipo de suelo. Por ello, es bastante difícil de terminar el volumen de suelo que realmente se moja. Además, dada la pequeña zona de influencia de todos estos sensores (a excepción de la sonda de neutrones), prácticamente miden la zona afectada por un solo gotero. Por ello, su instalación es muy crítica y son muy sensibles a posibles faltas de uniformidad del riego (goteros parcialmente obturados o con mayor caudal), así como a que el agua de riego les llegue adecuadamente.

A continuación se muestra la instalación de este tipo de sensores (Figura 10) en el perfil del suelo (a diferentes profundidades) en las distintas zonas del predio.



Figura 10. Secuencia de instalación de sensores FDR en terreno.

En la gestión del manejo del riego, la gran ventaja de los instrumentos multisensor es el proporcionar la posibilidad de un registro “continuo” de datos a distintas profundidades del suelo y en la mayoría de los casos, puede ser suficiente analizar la tendencia que sigue el contenido de agua.

Muchos de los equipos FDR comerciales llevan asociados programas gráficos para análisis de los datos mediante ordenador en los que la humedad se puede presentar sensor a sensor o de forma acumulada para distintos sensores, indicando así el agua almacenada en una cierta capa de suelo. Mediante estos gráficos se puede obtener una idea del consumo diario por parte de las raíces y los intervalos nocturnos, tramos horizontales, en los que apenas hay extracción de agua (Fig. 11a, b).

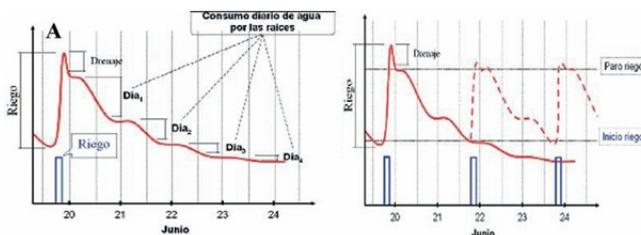


Figura 11. Esquema de visualización de información de humedad de suelo obtenidos por FDR. (A) Representación de la humedad volumétrica del suelo mediante sensor FDR y (B). Decisión de riego en función del nivel de estrés considerado.

Sin embargo, este tipo de sensores cuando se trabaja con mayores déficit, con humedades de suelo bajas, este tipo de sensores tiende a desconectarse de la fase de suelo y generan problemas de lecturas lo que se debe tener en cuenta en la orientación de su uso, en especial en este cultivo en el que en sectores de alta calidad este factor puede ocurrir. Así, otro factor que puede ser de gran utilidad es el monitoreo continuo del estatus hídrico de la planta.

#### Seguimiento y evaluación del estatus hídrico en la planta

Las plantas requieren un aporte continuado de agua que reemplace la que se evapora principalmente desde las hojas. Este requisito se debe a que las hojas están expuestas a una fuerte demanda evaporativa (flujos de radiación solar-térmica y déficit de vapor de humedad del ambiente) mientras que la superficie interna está saturada de vapor de agua. Para que el dióxido de carbono entre en las hojas los estomas deben de estar abiertos, lo cual permite que el vapor de agua escape libremente desde el interior de la hoja siguiendo el gradiente de presión de vapor. Para mantener el flujo del agua sin que se produzca la deshidratación del tejido, las plantas han elaborado sistemas de captación y transporte de agua. La Figura 12, muestra un esquema del sistema suelo-agua-planta y sus interacciones:

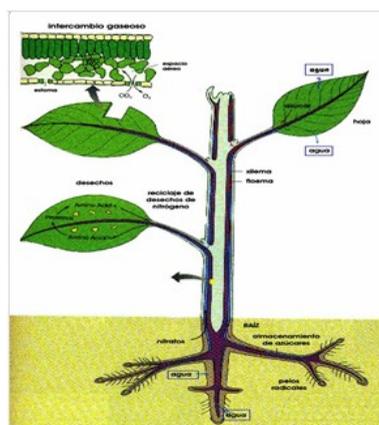


Figura 12. Esquema del sistema suelo-planta-aire.

Un pequeño desfase en el proceso de transporte en respuesta a las alteraciones en el abastecimiento de agua desde el suelo o en la demanda atmosférica provoca un déficit hídrico en la planta lo cual es dañino para la planta. Es posible caracterizar el estado del agua en la planta en términos energéticos, evaluando su potencial hídrico.

Por otra parte, los indicadores de estatus hídrico a través de mediciones en planta han sido principalmente usados en investigación en fisiología ambiental y riego, y su aplicación práctica para la programación del riego ha sido limitada, existiendo un creciente interés en métodos que dependen de respuestas de la planta al estrés hídrico.

Si bien es cierto que se debe plantear un diseño de riego optimizado, para gestionarla variabilidad, si no hay una gestión de la programación de riego (frecuencia y carga de agua), no se alcanzarán los objetivos de aumento en rentabilidad, factor importante a considerar, si se desea demostrar el efecto real de la heterogeneidad de suelo en los rendimientos del viñedo. Dentro de este punto, es fundamental el establecer una estimación de la condición de hídrica de las plantas. Por otra parte, ha sido difícil encontrar índices o pronosticadores prácticos del estatus hídrico de los cultivos que permitan direccionar una adecuada programación del riego.

Para elaborar un vino de alta calidad uno de las tecnologías de mayor importancia, es el manejo y uso eficiente del agua, por esto la determinación del estado hídrico de la vid ha sido estudiada por numerosos investigadores, que han encontrado correlaciones significativas con producción y calidad (Mathews et al., 1990; Bravdo y Naor, 1996; Tescic et al., 2001; Ferreyra et al., 2002; Ferreyra et al., 2003; Ferreyra et al., 2006, Ferreyra et al., 2007).

Una de las metodologías más usadas para evaluar el estado hídrico de una planta de vid, es el potencial hídrico xilemático ( $\Psi$ ), que puede ser determinado al alba y al mediodía (Acevedo-Opazo et al., 2010). Este parámetro biofísico es adecuado para establecer niveles de estrés hídrico y determinar necesidades de riego en frutales (Naor, 2001) y en vid 'Cabernet Sauvignon' (Ferreira et al., 2002). Además, presenta correlación positiva con la conductancia estomática (Naor, 2001; Ferreira et al., 2006).

El potencial hídrico xilemático ( $\Psi$ ) medido al mediodía ha sido propuesto como un indicador estándar para determinar el estado hídrico de la planta, dado que en este momento del día presenta un estrés severo, representativo del estado crítico del continuo suelo-planta atmósfera (Shackel et al., 1997; Naor, 2001; Ferreira et al., 2003; Ferreira et al., 2007; Best et al., 2009; Acevedo-Opazo et al., 2010). Así, se han empleado los potenciales de hoja y xilemático, los cuales han sido los parámetros de planta más extensamente utilizados para la programación del riego en frutales y existen variados estándares relacionado a esta variable fisiológica. Esta medición es posible de realizar a través del uso de una bomba de presión (Scholander, 1964). Particularmente en el caso de la medición del potencial hídrico xilemático, se presenta como un excelente indicador del status hídrico.

El potencial xilemático proporciona información básica para caracterizar la variabilidad dentro del huerto en cuanto a los suelos y la respuesta de la planta que permiten mejorar las segmentaciones acorde a esta variabilidad integrada de suelo-planta. Por otra parte, el crecimiento celulares uno de los procesos fisiológicos más sensibles al déficit hídrico, ya que la sequía severa reduce el área foliar y acelera la senescencia de las hojas maduras; además, la fotosíntesis y la transpiración se alteran debido a la reducción de la turgencia, el cierre estomático y el bloqueo de la difusión del CO<sub>2</sub> hacia el mesófilo. Por lo tanto, es conveniente caracterizar las especies cultivables en cuanto al grado de adaptación a la sequía y evaluar el comportamiento fenotípico y el fisiológico, el cual se puede caracterizar mediante el ajuste osmótico y en elasticidad de la pared celular, entre otros.

Sin embargo, la técnica de potencial xilemático mediante bomba Scholander es demasiado ardua, fundamentalmente en cuanto a tiempo y mano de obra para su implementación en condiciones de terreno, además de ser una metodología destructiva, pues se requiere la extracción de hojas para la determinación, factor que se ha podido comprobar por el equipo de trabajo en estudios realizados en viñedos y también en frutales de predios comerciales. La integración de este tipo de información con sistemas basados en sensoramiento remoto permite el uso de modelos, los cuales permiten tener una representación más exacta de las condiciones de variabilidad hídrica espacial del huerto. Teniendo en cuenta que la diferencia de temperatura de la vegetación ( $T_c$ ) y aire ( $T_a$ ) han sugerido una relación con déficit hídrico en plantas como por ejemplo  $T_c - T_a$  altos están presentes en plantas con mayor déficit hídrico, y los valores más bajos a plantas bien regadas, se puede pensar que este factor puede correlacionar con índices de estrés hídrico como los ya mencionados (potencial xilemático en planta).

En la última década se ha progresado en la tecnología de infrarrojos en el desarrollo de sensores más ligeros, con mejores ángulos de visión (FOV) y con mayor información espectral, teniendo los sensores térmicos de infrarrojos (IRT) (capturadores de imágenes térmicas) una alta potencialidad para la estimación de temperatura de superficie de la vegetación y finalmente, al calibrarse estos, eficaces para la detección de estrés hídrico en huerto.

Sin embargo, la utilización de la termografía infrarroja (IR), se ha convertido en una herramienta rápida y efectiva, para determinar temperaturas de objetos y seres vivos a distancia con una elevada precisión y exactitud. Su principio está basado en el concepto que todo objeto emite energía electromagnética (sobre el 0 absoluto) y la cantidad de energía emitida está directamente relacionada con la temperatura que tiene.

La temperatura de la canopia, y específicamente la temperatura de las hojas, ha sido acreditada como indicador de la respuesta de la planta a factores hídricos (Jackson et al., 1981; Idso et al., 1981; Pinter y Reginato, 1982; Diaz et al., 1983; Pinter, 1986; Srockle y Dugas, 1992; Irmak et al., 2000; Yuan et al., 2004; González-Dugo et al., 2006; Best et al., 2009). Al respecto, Yuan et al. (2004) determinaron que la temperatura obtenida en la canopia mediante termografía infrarroja es una importante herramienta para determinar estados hídricos de un cultivo.

Jackson et al. (1981) desarrollaron el Crop Water Stress Index (CWSI) índice de estrés hídrico del cultivo, que relaciona la temperatura de la planta con el estado hídrico y varía entre 0 y 1, asumiendo 0 para un cultivo en condiciones hídricas óptimas y 1 para estrés máximo. Este parámetro es función del déficit de presión de vapor, el cual es variable durante el día (Idso et al., 1981; Jackson et al., 1981; Sepaskhah y Kashefipour, 1994; Ferreyra et al., 2006)

La termografía es una metodología que utiliza menos tiempo que la determinación del potencial hídrico xilemático ( $\Psi$ ), siendo además aplicable a una mayor cantidad de repeticiones y de puntos de muestreo por unidad de tiempo (Pinter and Reginato, 1982, Srockle and Dugas, 1992, Alchanatis and Cohen, 2006, Jones 1999, Jones et. al., 2002. Por lo anterior, el objetivo general de esta investigación fue evaluar la relación entre CWSI y  $\Psi$ , que permita utilizar la termografía como indicador de estrés hídrico en viñedos 'Cabernet Sauvignon' (*Vitis vinifera* L.).

Indicadores de estrés hídrico: en planta (tiempo real) y termografía infrarroja. aspectos generales

Existe actualmente una necesidad de mejorar las técnicas de aplicación del agua de riego para minimizar los errores. Actualmente hay una carencia de sistemas de monitoreo rápidos, efectivos y prácticos que puedan entregarnos información del status hídrico real del viñedo. Para este caso de la optimización del manejo del riego Progap INIA ha planteado la posibilidad de incorporar la tecnología de análisis de imágenes termales en vides para determinar el grado de ajuste que este sistema permite en lo referente al estrés hídrico a que están sometidas las plantas (Best et al., 2009). Entre otras respuestas, se ha procurado evaluar el cambio espacio-temporal de esta variable, factor decisivo en la evaluación del resultado y asociación final con rendimiento y calidad.

Durante las 2 temporadas (sumadas a otras 3 de un proyecto anterior realizado, Best et al., 2009), el proyecto capturó imágenes térmicas en plantas representativas por cada zona de vigor en los diferentes cuarteles en estudio. Para lo que ha sido utilizada una cámara térmica portátil (marcaFlukemodeloTI-4). La medición de potencial hídrico y captura con la cámara térmica son mostradas en la figura 13.



Figura 13. (a) Determinación de potencial hídrico mediante sistema Scholander y (b) captura simultánea de termografía para determinación de índice CWSI.

Uno de los principales objetivos ha sido el establecer una relación matemática entre el coeficiente de estrés hídrico de la planta y el potencial xilemático asociado a ella. Al respecto, existen distintas ventajas asociadas al producto de esta calibración entre las cuales podemos mencionar:

- Obtención de un modelo de estimación del potencial xilemático, y por consiguiente un registro asociado, el cual servirá como un índice agronómico asociado a la producción de vinos tanto en calidad como en cantidad.
- Mayor exactitud en la medición, debido a que actualmente la toma de datos mediante el sistema Scholander es lenta (muy pocos puntos) y por lo tanto imprecisa a nivel de estimación de estatus de cuartel completo (siendo exacta en la medición punto a punto).
- Lo anterior permite actuar a tiempo, ante una baja en el potencial hídrico para la reposición a través de riego.
- Finalmente, lo anterior permite la comparación entre temporadas, en virtud de los modelos y curvas de ajuste.

La programación general de la presente investigación se desarrolló en tres etapas que correspondieron a: (a) Etapa I: Obtención de información empírica en terreno y análisis preliminares, (c) Etapa II: Desarrollo de plataforma digital automatizada. (d) Etapa III: Análisis definitivos. Correlación del índice termal evaluado y estatus hídrico real medido en terreno.

Etapa I.-Obtención de información empírica en terreno y análisis preliminares:

La localización de puntos en terreno fue desarrollada sobre la base de una distribución estadística de la variabilidad vegetativa existente en el terreno obtenida de las imágenes multiespectrales y el uso del software ICAS1.1, desarrollado por el PRO-GAP INIA. Dicho software se basa en el uso de imágenes multiespectrales para el desarrollo de la variabilidad del índice NDVI por copas del viñedo, variable sobre la cual mediante el uso de sistemas estadísticos segmenta y localiza puntos de monitoreo sobre los cuales se capturaron las imágenes antes mencionadas. El formato de trabajo de este sistema puede visualizarse en la Figura 14 y está ampliamente descrito en este libro en el “Capítulo Desarrollo de software INIDITES” (Desarrollo de software de integración INDITES o INIA DIGITAL TERROIR SYSTEM).

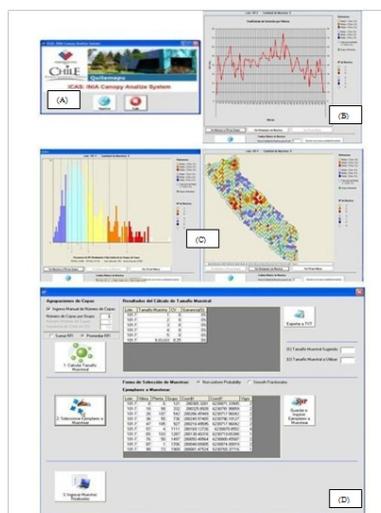


Figura 14. Imagen principal de icas1.1 (a), variabilidad por hilera existente en el cuartel (B), plano de variabilidad de NDVI y distribución poblacional existente de las variables con los puntos seleccionados de monitoreo(C) y finalmente localización espacial de los puntos de monitoreo

El sistema, mediante el módulo de gestión de puntos de monitoreo (Fig.15), permite importar la información de los puntos seleccionados a Excel para ser impresas y llevadas a terreno para la identificación de cada imagen térmica obtenida en terreno para su posterior análisis, el cual será explicado más adelante en este informe. Por otra parte, también permitirá la exportación de la información a las bases de datos espaciales y temporales de la plataforma de gestión productiva que será explicada en detalle más adelante.

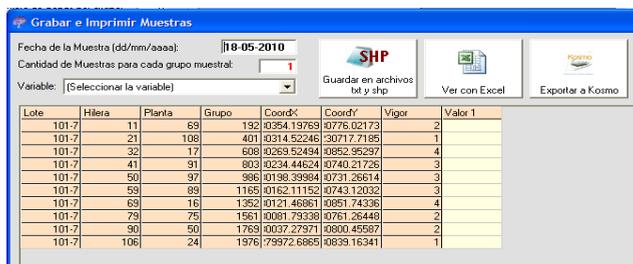


Figura 15. Imagen del módulo de gestión de puntos de monitoreo.

Para la captura de las termografía de las plantas, se utilizó una cámara termal FLUKE asociada al uso del software SmartView para el manejo de las imágenes obtenidas durante la adquisición de información en terreno (fig17), debido al formato de imágenes encriptado de este tipo de equipos, se deben traducir a formatos matriciales de texto para poder ser trabajadas, lo cual se realiza con este software, siendo este paso tan solo abrirla imagen FLUKE y exportarla a formato texto(\*.txt) lo cual es fácil y no complica el uso práctico de esta metodología.

Por otra parte, antes de la captura de cada termografía, se debió ajustar en el programa de manejo de la cámara termal la temperatura ambiente, humedad relativa del aire, y la distancia entre la cámara y la canopia, usualmente no más de 1.5m por el problema de resolución de pixeles de la imagen, factor de real importancia para el correcto análisis de las imágenes. La emisividad de la canopia se considera constante, con un valor de 0,98. La obtención de las imágenes térmicas en terreno, consistió en capturar termografía simultáneamente a la medición en los mismos puntos que con bomba Scholander. Las mediciones se efectuaron durante días totalmente despejados para evitar distorsiones ambientales, entre las 11:30 y 14:30hrs.

La obtención de estos datos se dirigió con una periodicidad de 1 muestreo de tres árboles (en potencial y termografía) para todos los puntos distribuidos en las fechas de muestreo (para ambas temporadas), las cuales han servido como base para establecer un índice de monitoreo de estrés hídrico en los viñedos.

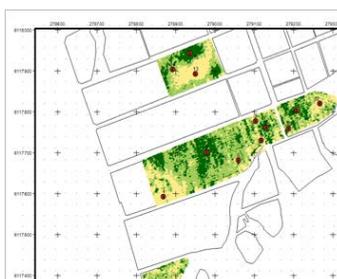


Figura 16. Puntos de muestreo Valdivieso. Temporada 2012. Módulo de termografía.

En dichos puntos de muestreo se efectuó simultáneamente la obtención de los potenciales hídricos de las plantas (potencial xilemático) mediante la utilización de una bomba Scholander (Scholander et al., 1964), con el fin de correlacionar el índice derivado de la termografía con el potencial xilemático de planta determinado con la bomba Scholander.

En la fig. 17 se muestra un punto de muestreo el procedimiento a seguir para la captura de potencial xilemático, cabe destacar que esta metodología toma entre 40 a 50 min por punto considerando el tiempo que se debe esperar para que la planta se equilibre posterior al tapado de hoja.



Figura 17. Etapas a seguir en la medición del potencial hídrico en las hojas con la Bomba Scholander. Selección de hojas (A), Cubrimiento de hojas con papel aluza (B, C y D), Hoja lista para ser evaluada (E), Lugar e instrumento de medición (F y G) y Lectura del potencial hídrico de la hoja (H).

Por otra parte, en los mismos puntos se tomaron también 3 imágenes térmicas por punto para luego evaluar la correlación de esta información con la bomba para encontrar la posibilidad de calibración de este equipo.

Etapa II: Desarrollo de plataforma digital automatizada.

Las imágenes térmicas tabulares (raw thermal images) fueron obtenidas en el formato del sistema Fluke y convertidas a imágenes térmicas, las que son exportadas en formato Texto. Para el análisis de los datos obtenidos, se tuvo que desarrollar un software sobre la base de C++, diseñado por nuestro equipo de trabajo.

Contando con el sistema de captura ya detallado, se pudo desarrollar exitosamente la captura de termografía en los puntos de muestreo asociados a la medición de bomba Scholander. En la fig.18, se presentan ejemplos de termografía capturadas en puntos de monitoreo capturadas.

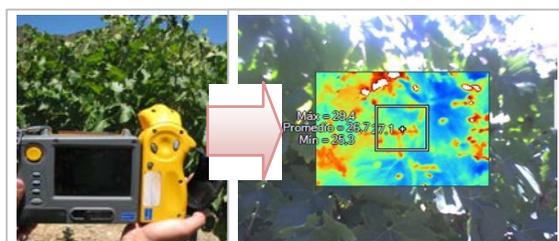


Figura 18. Obtención de termografía en el viñedo durante la temporada 2012. La escala de colores indica en las zonas rojas mayor temperatura en relación a las zonas azules.

Las termografía capturadas sirven como base para obtener el CWSI en cada punto de monitoreo y evaluar su relación al potencial xilemático de la planta, obtenidos con Bomba Scholander. El algoritmo de cálculo del índice es mostrado en la fig.19.

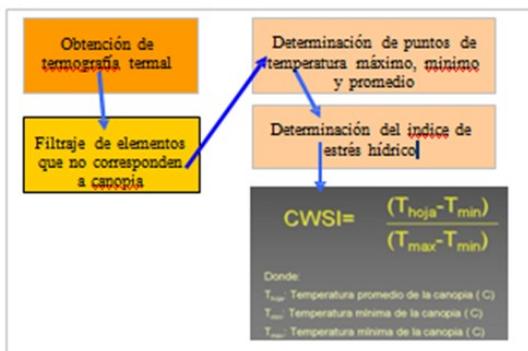


Figura 19. Algoritmo de cálculo del índice CWSI.

Teoría y ecuaciones

Como ya se ha mencionado, se usó como indicador del estatus hídrico derivado de las termografía obtenidas de las vides el “índice de estrés hídrico de cultivo” o CWSI, según la relación propuesta por Jones (1999), siendo expresado como:

$$CWSI = \frac{(T_{cr} - T_{cm})}{(T_{cx} - T_{cm})}$$

Donde, para una particular condición de déficit de presión de vapor,

Tcr=Temperatura foliar o de copa promedio.

Tcx=Temperatura mínima de copa para el cultivo (no estresado).

Tcm=Temperatura máxima de copa para el cultivo (estresado).

Un CWSI con un valor de 0 indica que el cultivo no presenta estrés hídrico, mientras que un CWSI de 1, significa un estrés hídrico máximo para este cultivo. Para la obtención de los valores de Tcm y Tcx en terreno se plantearon diferentes modalidades de obtención como trabajar sobre base teórica física de estos valores utilizando modelos empíricos existentes (Idso, 1982) o el modelo propuesto por Jones (1999) de balance de energía dejando ver ambas propuestas serían limitaciones del orden práctico de ser llevadas a cabo en un formato empresarial de terreno. Así, evaluando la teoría en la cual se basa el CWSI, se decidió desarrollar un modelo sobre el cual la hipótesis fue que las zonas de vigores más bajos se localizan plantas que están bajo estrés (Tcx) y las de vigores más altos las que están bien hidratadas (Tcm). El utilizar la unidad de cuartel (generalmente de superficies pequeñas menores a 5 has) como base de la obtención de Tcx y Tcm, se fundamentó en que las condiciones ambientales imperantes se mantienen relativamente estables en tan pequeña superficie.

Para evaluar el grado de ajuste del modelo se utilizó el índice estadístico de error típico del valor estimado de potencial xilemático para cada dato real obtenido en terreno. El error típico es una medida de la cuantía de error en el pronóstico del valor de y para un valor individual del x. La ecuación para el error típico del valor y pronosticado es:

$$\sqrt{\frac{1}{(n-2)} \left( \sum (\hat{y} - y)^2 - \frac{[\sum (\hat{x} - \bar{x})(y - \bar{y})]^2}{\sum (\hat{x} - \bar{x})^2} \right)}$$

Donde x e y son las medidas de muestra conocidos (x) y estimadas (y) y n es el tamaño de la muestra.

Descriptores estadísticos de estratos

Definiendo a la imagen térmica a  $n \times m$  como un arreglo matricial de orden definida previamente por la resolución del instrumento, entonces podemos definir a:

$$A_{n \times m} = f(T, d) = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & \dots & a_{n,m} \end{bmatrix}_{xm}$$

Sea la intensidad discreta del arreglo  $A_{n \times m}$  entonces definiendo convenientemente el momento éximo de z con respecto a la media m se tiene:

$$\mu_{..}(z) = \sum_{i=1}^L (z_i - m)^n \cdot p(z_i)$$

Donde  $p(z)$  corresponde al éximo histograma con  $i=1, L$ , tomando la media ponderada de cada histograma se obtiene la media discreta como:

$$m = \sum_{i=1}^L z_i \cdot p(z_i)$$

Una vez obtenidas las medidas texturizadas mediante histogramas, presentan la limitación de no contener información referente a la posición relativa de cada píxel con respecto a otros píxeles similares. Para solucionar este problema, es menester considerar la posición junto con sus valores relativos de intensidad media. Definiendo la matriz de co-ocurrencia como  $c = (c_{ij})$ , donde d representa el desplazamiento en las direcciones  $\Delta i$  y  $\Delta j$ . Para efectos prácticos es conveniente normalizar la matriz para obtener resultados homogéneos, donde Nd representa la matriz de co-ocurrencia normalizada, que queda definida por:

$$N_d = \frac{C_d[i, j]}{\sum_i \sum_j + j \cdot C_d[i, j]}$$

Al normalizar los datos térmicos, la matriz co-ocurrencia queda acotada entre .

Las matrices de co-ocurrencia capturan propiedades de texturas pero no pueden ser utilizadas directamente para comparar dos temperaturas. Utilizando la matriz de co-ocurrencia normalizada se pueden calcular ciertas características que describen las temperaturas de manera más compacta.

Haciendo una analogía entre texturas y temperaturas, podemos hallar el estrato o cluster deseado, donde las propiedades de energía, entropía, contraste, homogeneidad y correlación juegan un papel importante a la hora de encontrar una clara diferenciación de estratos térmicos.

Descriptores de Texturas

Un problema al derivar mediciones de texturas utilizando la matriz de co-ocurrencia es como elegir el tamaño del desplazamiento d. Una solución posible es utilizar la prueba estadística de para seleccionar el o los valores de d que sean más representativo de la estructura, es decir, maximizar su valor:

$$\chi (d) = \left( \sum_i \sum_j \frac{N_d^2[i, j]}{N_d[i] \cdot N_d[j]} - 1 \right)$$

Donde:

$$N_d[i] = \sum_i N_d[i, j] ; N_d[j] = \sum_j N_d[i, j]$$

Análisis de termografía en Vides

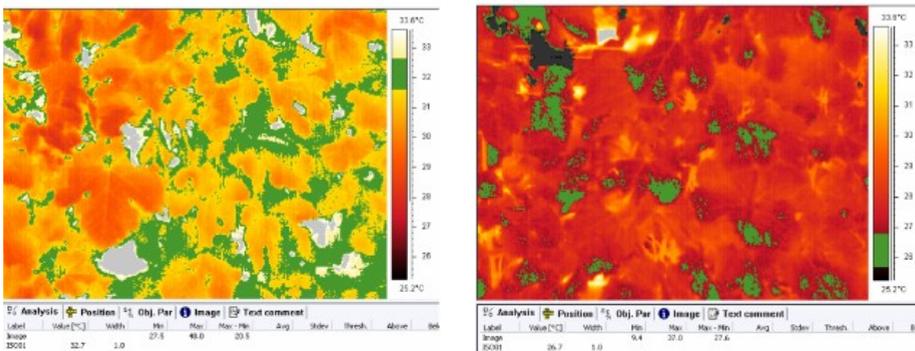


Figura 20. Imágenes filtradas del sector de temperaturas bajas (bajo vigor) y altas (vigor alto).

En la fig. 20, se presentan ejemplos de termografía capturadas en puntos de monitoreo extremos (vigor alto y bajo). La resolución obtenida en estas termografía, permitió una adecuada filtración toda información que no correspondía a hojas, la que producía distorsiones importantes en la obtención del CWSI, debido a la diferencias de emisividad de dichos elementos en relación al follaje. Para realizar este filtraje se realizó una rutina en MatLab (R2008a, Mathworks Inc.) basado en el uso de filtros matemáticos, ya explicados anteriormente, generando una segmentación de cluster poblacionales de temperatura. Este último paso es de alta importancia en la definición adecuada del área de captura y su población térmica real (solo hojas), permitiendo una adecuada obtención de la amplitud térmica existente y finalmente del valor térmico promedio del sector, dando paso al desarrollo correcto de los respectivos CWSI. Así, sobre la base de lo antes expuesto, se utilizó la aplicación desarrollada por el Equipo de trabajo, Thermol V 2.1 (figura 21), al cual se le realizaron diferentes adelantos en cuanto a falencias que tenía el sistema V 2.0 desarrollado en MatLab (R2008a, Mathworks Inc.).

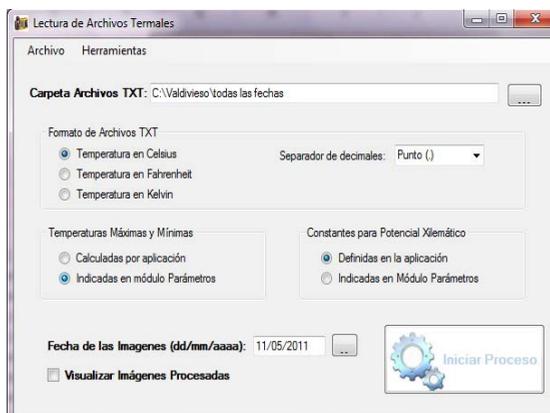


Figura 21. Pantalla Principal de la aplicación Thermol V 2.1.

En esta versión se mejoró por ejemplo la posibilidad de trabajar bajo diferentes temperaturas, direccionamiento de archivos de trabajo, ajuste de puntuación, utilizar diversos tipos de constantes las cuales son ingresadas en la sección herramientas/parámetros.



Figura 22. Pantalla Principal y ventana para ingreso de parámetros del sistema.

En la sección de parámetros es importante para la definición de uso de temperaturas máximas y mínimas de Canopia a ser utilizadas en el modelo, ingreso de índices de corte de análisis para eliminar imágenes mal tomadas o con distorsiones y finalmente ingresar ecuación de ajuste del modelo, el cual se dejó abierto para poder mejorar la calibración aún más o ingresar otras variedades al sistema. Terminado el ingreso de variables se ejecuta el programa (Figura 22), el cual va mostrando imagen por imagen el trabajo de segmentación y definición térmica lo que servirá para ver posibles errores que se escapen al sistema si es que existen, este a la vez genera un archivo Excel con los resultados de la ejecución del programa y estimaciones del potencial xilemático finales (Figura 23).

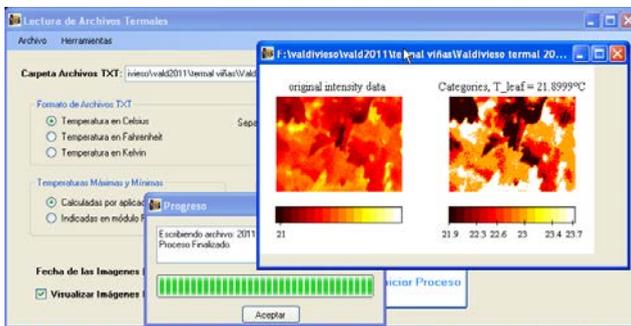


Figura 22. Pantalla de ejecución del programa.

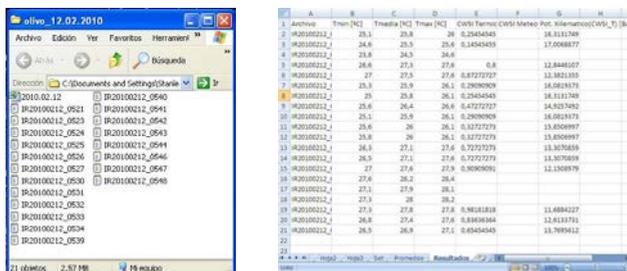


Figura 23. Directorio y archivo Excel de salida de la aplicación Thermol V 2.0 desarrollada.

La resolución obtenida en estas termografía, permitió una adecuada filtración toda información que no correspondía a hojas, la que producía distorsiones importantes en la obtención del CWSI, debido a la diferencias de emisividad de dichos elementos en relación al follaje. Basado en el uso de filtros matemáticos, ya explicados anteriormente, generando una segmentación de cluster poblacionales de temperatura. Este último paso es de alta importancia en la definición adecuada del área de captura y su población térmica real (solo hojas), permitiendo una adecuada obtención de la amplitud térmica existente y finalmente del valor térmico máximo, promedio y mínimo, del punto monitoreado, dando paso al desarrollo correcto de los respectivos CWSI.

Etapa III. Análisis de termografía de interpretación.

Esta plataforma digital nos permite analizar la información térmica capturada por cuartel generando reportes promedios del cuartel, pero, a la vez genera un reporte de información de temperaturas máximas, mínimas, CWSI y potencial xilemático para cada punto de monitoreo. Esta información es de alta validez e importancia para la generación de la información espacial de estos valores y finalmente del nivel de estrés hídrico del cuartel, necesario para la toma de decisiones de riego, es especialmente cuando se poseen cuarteles desuniformes que no poseen el mismo nivel de estrés en toda el área (suelos diferentes).

Al analizar la información termal en cuanto a promedios por cuartel (fig 24), el nivel de correlación en la estimación sube a un R2 de 0.8 y un MSE de 0.85 lo que es bastante alto y desde un punto de vista práctico bastante eficiente y a que cuando uno toma la decisión de riego lo realiza por cuartel es debido al sistema de riego que aplica el agua en el mismo formato (por cuarteles). Así, las capturas por cuartel mientras más información tenga mejor será su nivel de ajuste. Sin embargo, se debe trabajar más en el nivel de mayor estrés ya que en este sector (sobre 14 bares) el modelo no posee buen ajuste dado que el comportamiento térmico de la hoja y el de potencial xilemático cambia en cuanto a su ajuste y sensibilidad, de igual forma ocurre para valores bajos de potencial (menores a 7bares), factor que se debe tener en cuenta al usar esta tecnología. Sin embargo, en los rangos que actualmente trabaja el sistema son los rangos que habitualmente se trabaja a nivel de campo por lo que hace que este sistema sea de alta utilidad.

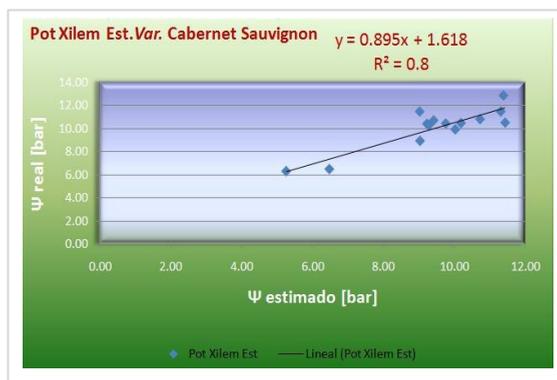


Figura 24. Estimación del potencial hídrico de la vid a partir del índice CWSI para dos temporadas (2010/11 y 2011/12). La estimación en este caso es para promedios por cuartel, en la Variedad cabernet sauvignon.

Finalmente La estimación durante la temporada ha mostrado ser bastante ajustada a los valores de potencial obtenidos con bomba, lo cual muestra que la estimación por el método termal genera una ajustada determinación muy similar al método convencional entre estados de desarrollo en la estación (fig.25).



Figura. 25. Evolución de potencial xilemático estimado (termografía) y real (Scholander) para las temporadas 2011 y 2012.

Uso de UAV (vehículo para la obtención de imágenes aéreas termales y multispectrales).

Se utiliza para este trabajo un UAV Modelo Stardust II de la empresa IDETEC, al cual se le asoció un sistema de módulos de cámara termal (Mikro SHOT Mikron) y multispectral (Tetracam ADC lite), ver Fig.26, necesaria para la adquisición de imágenes durante el vuelo del UAV, el cual es totalmente autónomo. Además, diseño del sistema de montaje en avión de ambas cámaras, donde, se capturan ambas en el vuelo (Fig.27).



Figura 26. Lugar de despegue y aterrizaje, equipos y UAV en zona de captura (Viña Valdivieso).

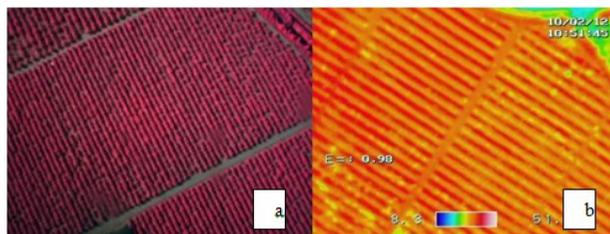


Figura 27. Imagen multispectral e imagen térmica, capturada con UAV.

El procesamiento de imágenes, tiene como primera instancia obtener el mapa de mosaico, de las imágenes capturadas por el UAV (Figura 28 y 29).

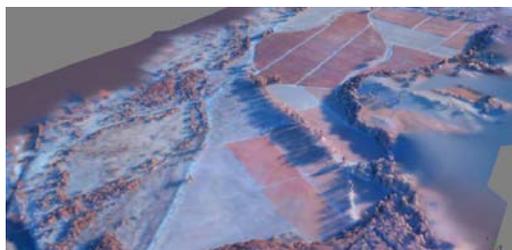


Figura.28: Mosaico realizado con las imágenes multispectrales.

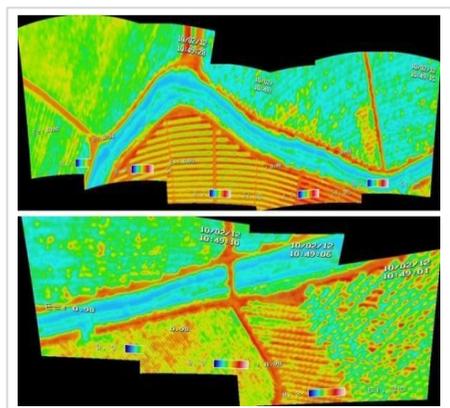


Figura 29. Fragmentos de mosaicos de termografía capturados a partir de plataforma aérea.

Posterior al desarrollo del mosaico se debe filtrar por cuartel toda área que genere ruido o no este dentro de los patrones termales vegetacionales existentes. Para tal efecto, se debe analizar las curvas poblacionales de pixeles termales (figura.30) y evaluar mediante filtros matemáticos que permitan generar una imagen filtrada (Figura.31).

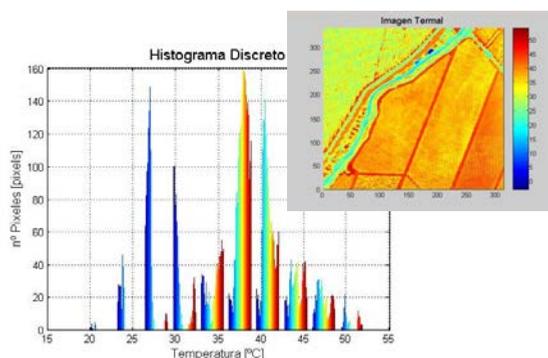


Figura 30. Curva poblacional de pixeles térmicos del área en estudio.

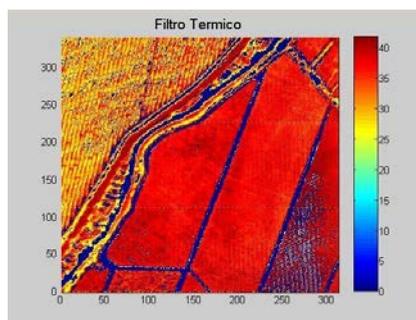


Figura 31. Imagen filtrada del área de estudio en el cual los sectores rojos son pixeles útiles y los azules son filtrados.

La aplicación de esta rutina o GIS termal, permitirá ampliar sustantivamente la exactitud del análisis de la termografía, reduciendo los tiempos necesarios para la obtención del CWSI (Figura 32). Además, particularmente en lo referido a la definición de puntos de anclaje termales, se utilizan las temperaturas extremas post filtradas. Sin embargo, en el proceso hay distintos pasos que se pueden optimizar para que el sistema se pueda automatizar aún más, factor a analizar en el futuro.

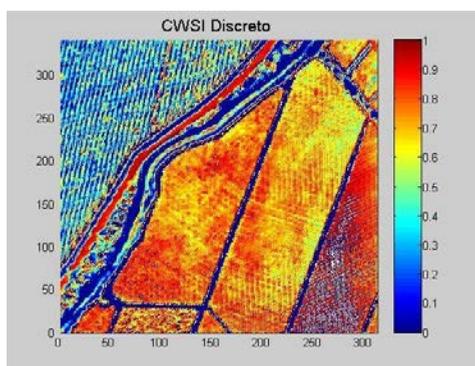


Figura 32. Plano de CWSI del área de estudio.

Luego de la determinación de índices (CWSI) y usando modelos de regresión que vinculan el CWSI y potencial xilemático, se puede desarrollar los planos de potencial xilemático de los cuarteles (Figura 33).

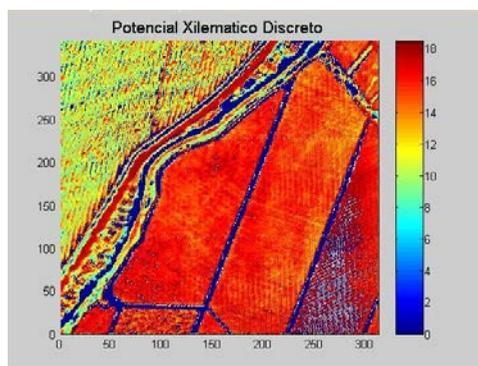


Figura 33. Plano de Potencial Xilemático del área de estudio.

Es importante rescatar que el costo de los vuelos aéreos será un punto importante en el avance de esta línea, factor que ya se está estudiando para el desarrollo de esta línea como línea de servicios a futuro cercano. Sin embargo, la alternativa de uso del monitoreo de humedad en terreno asociada al uso de esta tecnología termal, se ve muy atractiva ya que permitiría reducir el número de vuelos necesarios ya que podría levantar una alerta para cuando se debería hacer la adquisición aérea. Así, se plantea que la continuidad del trabajo aéreo requiere de avances en la línea de UAV que podrá mejorar la calidad de información y a la vez estos son de costos operacionales muy inferiores a los de un avión normal, factor que actualmente se está desarrollando por el Progap INIA y se espera tener a disposición del sector productivo en el corto plazo.

## Conclusiones

Hasta fecha, el proceso de las imágenes térmicas ha dado pie al entendimiento del comportamiento hídrico de las plantas en terreno, gracias al contraste de los potenciales xilemático obtenidos en terreno mediante bomba Scholander, ha sido posible analizar los errores y la curva de calibración ya más de dos temporadas de ajuste. Cabe destacar, que las relaciones encontradas si bien se ven bastante prometedoras, hay que seguir trabajando para validar los resultados, los cuales no solo se han ajustado en cuanto al planteamiento científico sino también en cuanto a la facilidad de operación generada por los desarrollos realizados. Es importante destacar que el sistema ha generado una coherencia bastante buena en cuanto a la estimación del nivel de estrés hídrico en las plantas en la mayor parte de las temporadas en que se ha llevado a cabo su desarrollo.

Por otra parte, ha sido posible avanzar en la obtención de termografía aéreas, las cuales servirán para un diagnóstico mucho más detallado del estado hídrico del viñedo y cuya operatoria estará centrada en la integración de monitoreos de campo y aéreos que permitan reducir el costo de operación de esta tecnología a valor accesibles para hacerla de formato masivo.

Finalmente, indiferentes del formato que se decida a utilizar en el monitoreo de la variable hídrica, es de vital importancia realizar este en integración con variables climáticas temporales que nos permitirán realizar un manejo informado y con bastante mayor posibilidad de éxito en su resultado que como actualmente se realiza que principalmente es de tipo intuitivo, que bajo las condiciones de clima fluctuante y mercados bastantes más exigentes, hacen que el manejo en el uso del agua sea una de las variables claves que debemos manejar en los viñedos.

## Referencias

- Acevedo-Opazo, C., S. Ortega-Farías, S. Fuentes..2010. Effects of grapevine *Vitis vinifera* L.)water status on water consumption, vegetative growth and grape Quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigationAgric. Water Manage.97, 956-964.
- Best, S., G. Gatica , L. León. 2009. Development of an assessment model of water stressof a Var. Merlot vineyard, based on the use of infrared thermography. In: Frutic Chile 2009: Proceedings of the 8th fruit, nut and vegetable production engineering symposium. January 5-9, 2009. Progap-INIA's National Precision Agriculture Program.Concepción, Chile
- Bravdo, B. ,A. Naor. 1996. Effect of water regime on productivity and quality of fruit and wine. *Acta Hort.* 427: 15-26.
- Ferreira, R., G. Sellés, J. Peralta, L. Burgos , J. Valenzuela. 2002. Effects of restricted irrigation at different stages of development of CabernetSauvignon grape on productionand wine quality. *Agric. Téc. (Chile)* 62 : 406-417.
- Ferreira, R., G. Sellés, R. Ruiz , I. Sellés. 2003. Effect of water stress applied at different development periods of grapevine cv. Chardonnay on production and winequality. *Agric. Téc. (Chile)* 63 : 277-286.
- Ferreira, R., G. Sellés, H. Silva, R. Ahumada, I. Muñoz , V. Muñoz. 2006. Effect of applied water on water relations and productivity of "Crimson Seedless" table grapes. *Pesqui. Agropec. Bras.* 41 : 1109-1118.
- Ferreira, R., G. Selles, P. Maldonado, J. Celedón ,P. Gil. 2007. Efecto del clima, de las características de la hoja y de la metodología de medición en el potencial hídrico xilemático en palto (*Persea americana* Mill.). *Agric. Téc. (Chile)* 67: 182-188.
- González-Dugo, M.P., M.S. Moran, L. Mateos , R. Bryant. 2006. Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity. *Irrig. Sci.* 24 : 233-240.
- Hall A., J. Louis , D. Lamb. 2003. Characterising and mapping vineyard canopy using high-resolution aerial multispectral images. *Comput.Geosci.* 29: 813-822.
- Idso, S.B., R.J. Reginato, R.D. Jackson , P.J. Pinter. 1981. Measuring yield-reducing plant water potential depressions in wheat by infrared thermometry. *Irrig. Sci.* 2 : 205-212.
- Irmak, S., D.Z. Hamman ,R. Bastug. 2000. Determination of crop water stress index for Irrigation timing and yield estimation of corn. *Agron. J.* 92: 1221-1227.
- Jackson, R.D., S.B. Idso, R.J. Reginato ,P.J. Pinter. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resour. Res.* 17 : 1133-1138.
- Johnson, L.F., D.F. Bosch, D.C.Williams ,B.M. Lobitz. 2001. Remote sensing of vineyard management zones: implications for wine quality. *Appl. Eng. Agric.* 17:557-560.
- Jones, H. G. 1999 b. Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. *Plant, Cell and Environ.* 22: 1043 – 1055.
- Jones, H. G., M. Stoll, T. Santos, C. Sousa, M Chavez, and O. Grant. 2002. Use of Infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. *J. Exp. Bot.* 53: 2249 – 2260.
- Matthews, M.A., R. Ishii, M.M. Anderson, M. O'Mahony. 1990. Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *J. Sci. Food Agric.* 51 : 231-335.
- Naor, A. 2001. Irrigation and crop load influence fruit size and water relations in field-grown "Spadona" pear.*J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 126: 252-255.
- Pinter, P.J., R.J. Reginato. 1982. A thermal infrared technique for monitoring cotton water stress and scheduling Irrigations. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)* 25: 1651-1655.
- Pinter, P.J. 1986. Effect of dew on canopy reflectance and temperature.*Remote Sens. Environ.* 19: 187-205.

- Scholander, P.F., H.T. Hammel., E.D. Brandstreet ,E.A. Hemmingsen. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-346.
- Sepaskhah A.R. ,S.M. Kashefipour. 1994. Relationships between leaf water potential, CWSI, yield and fruit quality of sweet lime under drip irrigation. *Agric. Water Manage.* 25: 13-21.
- Shackel, K.A., H. Ahmadi, W. Biasi, R. Buchner, D. Goldhamer, S. Gurusinghe, J. Hasey, D. Kester, B. Krueger, B. Lampinen, G. McGourty, W. Micke, E. Mitcham., Olson, K. Pelletrau, H. Philips, D. Ramos, L. Schwankl, S. Sibbett, R. Snyder, S.
- Southwick, M. Stevenson, M. Thorpe, S. Weinbaum ,J. Yeager. 1997. Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. *HortTechnology* 7 : 23-29.
- Srockle, C.O ,W.A. Dugas. 1992. Evaluating canopy temperature-based indices for irrigation scheduling. *Irrig. Sci.* 13: 31-37.
- Tesic, D., D.J. Wooley, E.W. Hewett ,D.J. Martin. 2001. Environmental effects on cv Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in Hawke's Bay, New Zealand.: 2.
- Development of a site index. *Aust. J. Grape Wine Res.* 8: 27-35.
- Yuan, G., Y. Luo, X. Sun , D. Tang. 2004. Evaluation of a crop water stress index for detecting water stress in winter wheat in the North China Plain. *Agric. WaterManage.* 64: 29-40.



MONITOREO DE VARIABLES QUÍMICAS DE LAS UVAS Y SU RELACIÓN CON VINO  
FINAL PRODUCIDO

Lorenzo León G.

## Introducción

Para la industria vitivinícola la determinación de los factores asociados a calidad de la fruta ha sido históricamente uno de los más importantes ítems a ser considerados para la generación de las distintas líneas de vinos que pueden ser llevadas a nivel comercial. Dichos atributos de calidad han dicho relación especialmente a los niveles de Antocianinas en piel, así como también nivel de azúcares, pH, acidez, fenoles totales a nivel de fruto, entre otros. La posibilidad de determinar dichos atributos de la fruta durante la temporada o a nivel de cosecha durante décadas ha permitido conectar la necesidad de alcanzar los volúmenes demandados de las líneas de vinos buscadas hacia la industria y tomar aquellas medidas necesarias de ser tomadas durante la temporada, así como también la selección de los sectores con mejor fruta durante la época de cosecha. Conforme se han estrechado los márgenes comerciales, y en virtud de la variabilidad encontrada en los viñedos, ha sido necesario tener una visión cada vez más detallada a nivel espacial (mapas) de todos aquellos sectores en donde haya un mayor potencial de producción de fruta o más precisamente dónde esta fruta se encuentra antes de la cosecha comercial.

Hasta bien avanzada la década de 2000, existían los medios para determinar un número muy limitado de muestras por cuartel para poder tomar decisiones de cosecha en función de índices objetivos, los cuales, a su vez se pudieran relacionar con otros factores agronómicos que presentaran alta variabilidad en campo. Es así como a partir de 2003 a 2005 comenzó el surgimiento de distintas tecnologías asociadas al espectroscopia y que bien podían ser utilizables en el ámbito vitícola para la determinación / localización espacial (mapas) de las mejores partidas de fruta antes de su cosecha, tendencia que se mantiene hasta hoy. De esta manera, en el presente proyecto se realizó una evaluación de al menos dos tecnologías de este tipo: NIR (o vis/NIR) y fluorescencia, las cuales ha sido posible de llevar a condiciones de campo y en virtud de las cuales ha sido posible la discriminación de fruta a nivel de cuartel y la asociación a otros factores productivos. En el presente capítulo se presentan los resultados alcanzados en esta área y una descripción de los métodos antes mencionados.

Finalmente se presenta una reseña de otras experiencias complementarias a las antes mencionadas para el vínculo de las variables asociadas a calidad con aquellas correspondiente al rendimiento de frutos (conteo mediante métodos de estereología), así como también los avances desarrollados en el estudio de factores críticos en afectan la calidad de frutos, en donde destaca la evaluación de dendrometría para la determinación en tiempo real de períodos críticos de estrés hídrico.

Herramientas empleadas para la medición de calidad y su variabilidad: Métodos no destructivos: métodos no destructivos

A continuación se realizará una revisión de las tecnologías de análisis de factores asociados a calidad mencionadas anteriormente y que han posibilitado la generación de mapas asociados a los atributos de fruta y que han permitido la discriminación de área, tema que será abordado en detalle en el capítulo (NNN), especial sobre segmentación a nivel de cuartel.

Antes de entrar en la descripción de estas herramientas, cabe mencionar que por tecnologías denominadas "no destructivas", entendemos principalmente aquellas que (1) es posible mediante su empleo realizar una medición sobre la fruta sin hacer un daño físico o químico a la misma; (2) con lo que regularmente la fruta escaneada una vez, puede ser seguida en fechas posteriores de medición al no tener que ser removida desde la planta; (3) dados sus principios de trabajo es posible con ellas también determinar las características de la fruta en condiciones "in situ" en campo y (4) dichas mediciones (una vez ya calibrados los sistemas) son muy poco exigentes en tiempo y complejidad técnica, con lo que es posible establecer un número de mediciones en varios puntos representativos del cuartel o en una grilla regular en poco tiempo, de tal manera que posteriormente se pueden confeccionar mapas asociados.

Estas metodologías corresponden a dos tipos principales:

Metodología basada en tecnología Vis/NIR

Metodología basada en fluorescencia

### Metodología basada en tecnología Vis/NIR

La analítica de espectroscopia de infrarrojo (NIR), que corresponde a una técnica rápida y no destructiva, que requiere un mínimo procesamiento de la muestra antes del análisis, y junto con los métodos de cálculo (en su conjunto denominados como quimiometría), ha sido una de las herramientas de análisis más conveniente y simple para estudiar los productos alimenticios y en viticultura en particular. Así, varios autores han reportado el uso de la espectroscopia NIR para medir la SST en la uva y mosto (Ghisen et al., 2000; Arana, Jaren y Azazuri, 2005). Algunos autores investigaron y desarrollaron métodos no destructivos, empleando VIS / NIR o sistemas NIR para valorar los parámetros tecnológicos para clasificar el producto (Damberg RG, 2006; Damberg B. et al., 2003; Herrera, et al., 2003; Cabassi G. et al., 2006, Casiraghi et al. 2006). En el ámbito de la viticultura y enología, la espectroscopia en el rango visible (VIS) y la espectroscopia NIR se ha utilizado para predecir los sólidos solubles totales (SST), pH y antocianinas totales en las uvas rojas desde 1999 en la industria del vino australiano (Cozzolino et al, 2004; Damberg et al. 2003).

Es necesario considerar que en varios de estos trabajos los sistemas NIR empleados corresponden a instrumentación de laboratorio con lo que, a pesar de posibilitar la inclusión de un mayor número de muestras solo trayéndolas de campo en relación a los métodos convencionales, siendo igualmente útiles para el propósito de la caracterización espacial de huerto. Los precios de este tipo de instrumentos NIR de laboratorio en muchos casos pueden resultar prohibitivos para una compañía de tamaño medio, por lo que en el presente proyecto también se buscó la posibilidad de la generación de un equipo de estas características para apoyar el escaneo en terreno.

La rápida evolución (en un lapso inferior a los 5 años) desde aparatos VIS/NIR antes mencionada se ha traducido en la migración de instrumental para uso en laboratorio hasta sistemas portátiles, que actualmente son comerciales. En lo anterior tubo gran influencia la miniaturización de los detectores mediante la denominada tecnología "AOTF" (Acoustic-Optic-Tunable-Filter). (Pasquini, 2003; Nazarov,2005).

Tal es el caso instrumentos como el equipo en el principio NIR "Phazir" (ThermoFisher) mod. 1018. En la figura 1, en donde, se puede observar un esquema del principio de funcionamiento del equipo y su empleo en condiciones de campo.

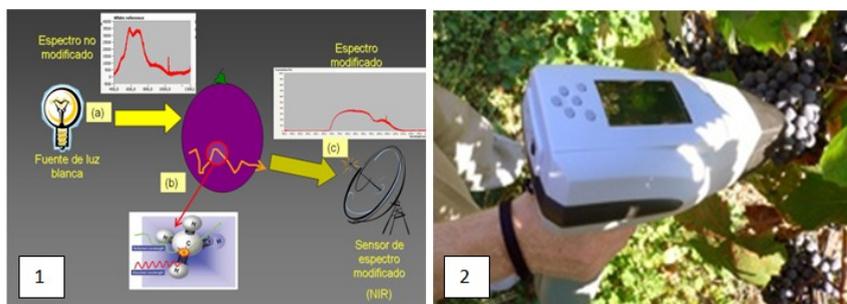


Figura 1. Esquema teórico de funcionamiento de equipamiento NIR, donde (a) existe una fuente de luz blanca con un espectro definido; (b) el haz de luz pasa por la uva y se modifica por su interacción con las moléculas; (c) sale de la uva un espectro modificado, el cual es captado por un instrumento NIR en el rango espectral entre 750 a 2500 nm (2) Instrumental NIR comercial ("Phazir", ThermoFisher, USA) a nivel de terreno, en donde se observa la captura de información en terreno mediante tecnología NIR para la determinación de variables asociadas a calidad.

Dado que tras una medición en particular dicha instrumentación otorga la “firma espectral” de la uva muestreada, para su interpretación en términos cuantitativos, la tecnología NIR requiere que el espectrómetro sea debidamente calibrado para su empleo en condiciones de terreno o laboratorio. Es así que para su empleo regular se debe trabajar en un modelo de ajuste para la determinación automática de las variables asociadas a calidad. Este procedimiento se puede dividir en los siguientes pasos:

- i. Muestreo de uvas
- ii. Escaneo de muestras utilizando NIR para la adquisición del espectro
- iii. Análisis de una parte de la muestra empleando métodos convencionales de laboratorio. Los análisis de laboratorio tomados para cada muestra correspondieron a Antocianinas fácilmente extraíbles, antocianinas (totales), fenoles totales, densidad, y alcohol probable.
- iv. Enfrentar los datos espectrales con datos referenciales de laboratorio. Desarrollo de transformaciones matemáticas y quimiométricas.
- v. Uso de análisis de regresión para construir modelos de calibración.
- vi. Validación de la calibración a través de las rutinas de predicción y testeo en relación a datos de referencia.

Los pasos antes mencionados se pueden observar esquemáticamente en la figura 2.

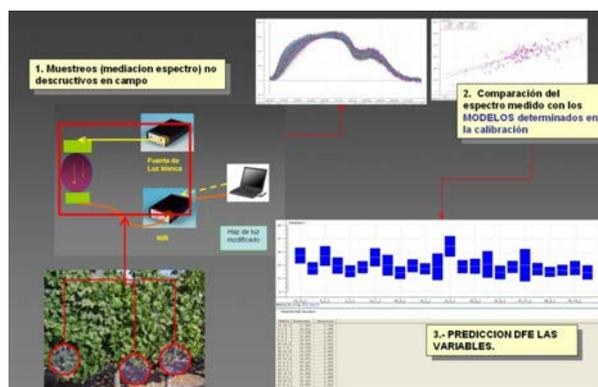


Figura 2. Esquema de pasos seguidos para la obtención de variables químicas asociadas a calidad en la uva muestreada.

Estos procedimientos fueron seguidos en el presente proyecto para la obtención de herramientas en base a la tecnología vis/NIR posibles de ser implementadas tanto en condiciones de terreno y laboratorio para la evaluación de atributos asociados a calidad en la uva.

#### Metodología basada en fluorescencia

De la misma forma que en el caso de la tecnología Vis/NIR ante descrita, actualmente se cuenta con una instrumentación en base al principio de fluorimetría, para la determinación de variables asociadas principalmente a polifenoles en la piel de la uva (figura 3), la que también ha sido empleada en el marco del proyecto.

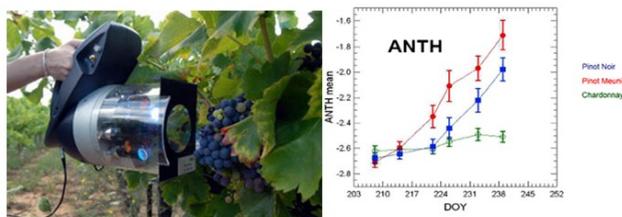


Figura 3. El sensor de Multiplex. A) Medición en el campo. B) Vista superior del sensor que muestra la interfaz de pantalla táctil y el botón de disparo. C) Vista frontal de la cabeza óptica con fuentes de LED (6 UV y 3 RGB) y tres detectores en el medio (YF, FRF, RF).

La fluorescencia es la más reciente técnica de detección óptica propuesta para evaluación de la calidad de la uva y obtención de índices de madurez y en el caso de la unidad presentada en la Figura 3, (Multiplex, Force-A, Francia), ha sido un instrumental desarrollado expresamente para su uso en la evaluación de atributos de calidad de uva en forma no destructiva. Su principal ventaja, además de que no entra en contacto en la fruta es su velocidad (milisegundos) y la posibilidad de analizar los racimos en su conjunto (Cerovic et al., 2008; Cerovic et al., 2007) o un conjunto de bayas (Ben Ghozlen et al., 2008) contando con índices que pueden ser relacionados a los contenidos de antocianinas y flavonoides así como también niveles de nitrógeno cuando el instrumento es empleado sobre hojas al contar con un índice asociado a contenido de clorofilas.

Su principio de trabajo corresponde al de fluorescencia, el que fue desarrollado en un principio para medición en hojas (Bilger et al., 2001; Bilger et al., 1997; Cerovic et al., 2007) y cuyo uso luego se amplió a uvas (Agati et al., 2007; Agati et al., 2005; Cerovic et al., 2009; Cerovic et al., 2007). La llegada de los sensores de fluorescencia portátiles (como Multiplex) es considerada como la apertura de la utilización de este tipo de instrumentos a nivel práctica en el sector vitivinícola (Ben Ghozlen, et al., 2008).

#### Resultados obtenidos en el proyecto en el monitoreo de variables químicas

##### Resultados Metodología basada en tecnología Vis/NIR

La experiencia del desarrollo de herramientas basadas en el uso de la tecnología VIS/NIR correspondió un trabajo conjunto entre Progap-INIA y la Universidad de Milán (Italia), en el marco de cooperación entre INIA-Universidad de Milán en el proyecto Terroir digital y proyecto SOQUIC de Italia. Los investigadores antes mencionados desarrollaron su fase práctica entre los meses de enero y abril de 2010/11 y 2011/2012 en Viña Valdivieso y Fundo Cucha - Cucha. Las distintas etapas se ha llevaron a cabo con éxito al recopilarse información concerniente a los metabolitos bajo estudio y la calibración de curvas de ajuste. En la figura 4 se presenta el equipamiento empleado para realizar las mediciones a nivel de terreno.



Figura 4. Adquisición de información espectral en bayas frescas con el sistema de Vis/NIR (JAZ) en condiciones de terreno.

Dicho instrumento corresponde a un sistema óptico portátil (JAZ Vis / NIR espectrofotómetro; OceanOptics, EE.UU.) capaz de actuar en el rango de longitud de onda de 445-970 nm. Durante ambas temporadas se empleó sobre material muestreado en puntos de monitoreo a partir de los cuales se escaneaba una porción de la fruta la cual luego fue analizada en laboratorio de análisis convencional para la obtención de atributos de calidad de la fruta. Ambos datos fueron empleados para construir y evaluar modelos de calibración para el instrumento.

Tal como se muestra en la figura 4, mediante el uso del sistema vis/NIR (JAZ) las muestras son golpeadas por la radiación producida por un sistema de iluminación incluido en una sonda de fibra óptica. La componente reflejada desde el interior de la baya entra nuevamente por la misma fibra por un canal especialy finalmente es medida con un espectrofotómetro interno del instrumento (tal como se muestra en el esquema de la figura 1-1) los que son registrados a través de un software dedicado en la tarjeta de memoria del equipo. Con esto, fue posible obtener las curvas espectrales para la uva muestreada en los puntos de monitoreo. En la figura 5a es posible observar las curvas espectrales ya procesadas de distintas muestras capturadas a partir de la uva que luego sería llevada a laboratorio para su análisis. Por otra parte en la figura 5b, es posible ver un análisis de conglomerados para dicha fruta, lo que evidencia la variación de las características de la uva entre fechas de muestreo, tomando en consideración la información espectral.

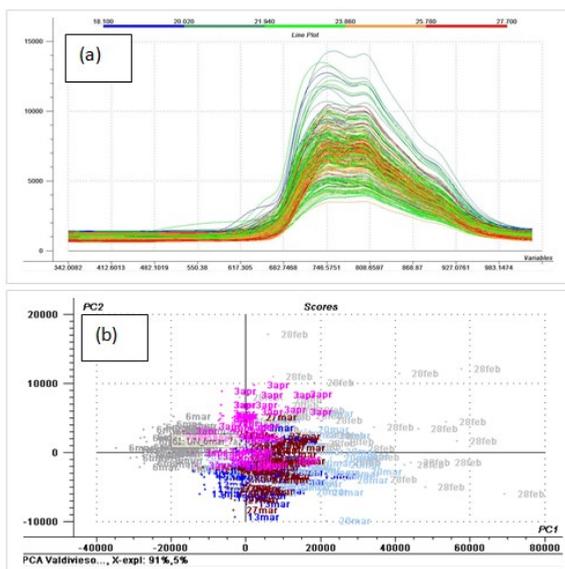


Figura 5. (a) Curvas espectrales para la uva muestreada y (b) análisis de componentes principales de las mismas para distintas fechas de medición con equipamiento NIR durante la temporada 2011/12.

Los resultados obtenidos y descritos por el grupo de investigación asociado de la Universidad de Milán e INIA indican un gran potencial del uso de este instrumental para la obtención de distintos atributos de calidad asociados a la fruta en forma no destructiva. En estos estudios desarrollados en el marco del proyecto, las estadísticas descriptivas asociada a los parámetros de madurez mostraron variabilidad en composición de la fruta obtenida a partir de los puntos de monitoreo, lo que asimismo se observó como resultado en diferentes momentos de muestreo antes de la cosecha.

Dentro del análisis desarrollado, los cambios observados en la región del espectro visible entre 500 y 700 nm se deben a los cambios en la cantidad de pigmento durante el período de maduración. En particular, alrededor de 675 nm es visible el máximo de absorción de la clorofila.

Como un ejemplo de resultado obtenido, los modelos de regresión para dos de los parámetros más significativos analizados (Sólidos solubles totales (TSS) como parámetro de madurez y antocianinas fácilmente extraíbles (EA) como parámetro de maduración fenólica. Así, por ejemplo se muestran en la figura 6, una buena capacidad de predicción se obtuvieron para TSS (figura 6a), con valores de  $r^2 = 0,74$  y un bajo de error asociado. En cuanto a los parámetros fenólicos, se lograron buenos resultados para antocianinas extraíble (EA), con un  $r^2 = 0,74$ ; (figura 6b).

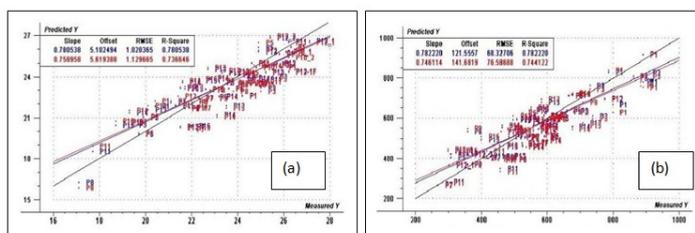


Figura 6. Modelo regresión multivariada PLS para el SST (° Brix) en (a) y para EA (mg dm-3) en (b) para los datos de uva roja (temporada 2010/11).

En este sentido, es necesario subrayar que la Predicción de la EA es muy importante al correlacionarse directamente con el contenido fenólico y el color del vino, siendo un buen indicador de la calidad global de la uva para su vinificación. Los modelos desarrollados para los otros parámetros resultaron ser en general muy aceptables, dependiendo de la temporada de muestreo, observándose en la segunda temporada un ajuste menor que en la primera (datos no mostrados) y en donde también podrían ser mejorados mediante el uso de un mayor número de muestras.

Finalmente se muestran algunas imágenes (figura 7) correspondientes al prototipo de instrumento NIR en desarrollo por el equipo de la Universidad de Milán, cuyo principio es el mismo del instrumento mostrado en la figura 4 y cuya finalidad es complementar a nivel de laboratorio la información obtenida en terreno mediante el equipamiento antes descrito, lo cual puede otorgar una alternativa más económica e igualmente confiable a los aparatos NIR de laboratorio que actualmente son comercializados.



Figura 7. Imágenes de prototipo de equipo VIS/NIR para uso en condiciones de laboratorio para análisis de calidad de fruta desarrollado por el equipo de la Universidad de Milán.

#### Resultados Metodología basada en fluorescencia

Como ya ha sido señalado anteriormente, dicha tecnología permite la estimación en términos espacio-temporales de variables asociadas a calidad nivel de terreno mediante el uso de un equipo que mide la fluorescencia de los racimos para distintas longitudes de onda de excitación (UV y visible), en donde el equipamiento específicamente empleado es el denominado "Multiplex" (Force – A, Francia). (Figuras 3 y 8).



Figura 8. Medición de nivel de antocianinas en uva durante la temporada 2011/12 mediante equipo multiplex. Foto Enero 2012.

La evaluación simultánea de este equipamiento y la tecnología NIR obedeció a la necesidad de obtener resultados comparables tanto en la precisión de medición como en la capacidad del equipamiento de desarrollar un número de mediciones fácilmente en condiciones de terreno, con las cuales fuera posible el establecer mapas de atributos asociados a características químicas de la fruta.

Cabe mencionar que el equipo Multiplex, a pesar de su corta existencia ha tenido al menos tres versiones, y para el presente proyecto se utilizó un equipamiento Multiplex en su última versión comercial, dispositivo que fue utilizado en virtud de un convenio de trabajo con la propia empresa Force-A, quienes además participaron en las labores de medición durante la temporada 2011/12 y 2012/13 en las dos viñas asociadas al presente proyecto.

Este instrumento, a diferencia del equipo VIS/NIR antes mencionado no requiere de calibraciones especiales para su funcionamiento, contando con índices específicos que se vinculan al nivel de antocianinas presentes en la fruta. Los resultados encontrados en el uso del equipo en la evaluación resultaron ser muy robustos, pudiendo diferenciar zonas de distinto potencial de calidad como será detallado en un capítulo más adelante. Además este equipamiento posee un diseño ergonómico y sistema GPS incorporado, con un tiempo de recolección total de aproximadamente 2 segundos por muestra en condiciones de terreno. Estas características hicieron que la evaluación a nivel de trabajo práctico en terreno fuera muy positiva para este instrumento y en virtud de lo cual se pudieron programar grillas intensas de muestreo para la confección de mapas representativos de variables asociadas a calidad de uva.

Dichas mediciones fueron de importancia para las empresas asociadas para todas las temporadas del proyecto. Y muy particularmente en la temporada 2011/12 en donde ocurrieron episodios de un shock térmico en la uva localizada en los cerros (típicamente de mayor calidad) haciendo esta vez depender el encontrar los volúmenes requeridos de fruta de alta calidad en sectores bajos de las viñas.

En todos los casos, fue posible desarrollar mediciones sobre una grilla intensa de muestreo (20m \* 20 m) sobre la superficie completa del viñedo bajo estudio considerando entre 3 y 9 determinaciones en cada punto de muestreo en el caso de la viña Valdivieso y viña fundo Cucha- Cucha. Un ejemplo de la red de puntos de muestreo para las superficies analizadas en ambos predios en estudio puede ser visualizada en la figura 9.

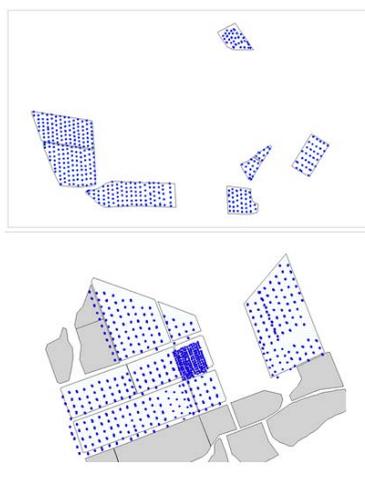


Figura 9. Red de puntos (grilla en promedio de 20\*20 m) utilizada en predio (a) Cucha- Cucha y (b) (parcial) en Valdivieso, para la temporada 2012, con el objeto de obtener los índices de antocianina asociados a la uva en dichas superficies mediante el equipamiento Multiplex (Force-A).

Una intensidad de muestreo como la mostrada en la figura 9 no ha sido posible de desarrollar en forma tan eficiente sobre una zona amplia del viñedo mediante la metodología NIR que ha sido descrita en el punto 3.1. Por lo que finalmente las segmentaciones desarrolladas para la planificación de cosecha en la empresa se basaron casi exclusivamente sobre las mediciones del equipo multiplex. Sin embargo lo anterior no implica la imposibilidad de aplicar la tecnología NIR sobre una condición de trabajo amplia y en donde la configuración física del sensor en terreno puede ser mejorada en trabajos a futuro. Es necesario destacar que la potencialidad de la tecnología NIR sobre Multiplex radica en la amplia gama de atributos posibles de ser medidos sobre distintas variedades, pudiendo ser, a su vez empleado con éxito en distintas especies frutales.

Algunas técnicas de medición de variable de cultivo asociadas

A continuación se hará una breve descripción de dos metodologías asociadas a factores de cultivo que es necesario considerar en conjunto a la evaluación de la calidad de frutos para su mejor control y manejo a nivel productivo:

Desarrollo de aplicación para estimación temprana de rendimiento.

La importancia de desarrollar trabajos de seguimientos fenológicos desde floración a cuaja de frutos, es entregar una herramienta preventiva que sirva para tomar decisiones acertadas del manejo requerido en un momento dado y que se integren a las mediciones de calidad que se han mencionado en los puntos anteriores. Así, según el estado de desarrollo de la planta se pueden identificar la evolución del desarrollo de los frutos (volumen y peso), la cual permitirá una estimación del peso a cosecha del fruto, el cual al ser integrado con los rendimientos promedios por árboles nos entregará el rendimiento potencial, y con ello tener una idea de las labores de descarga y el número de sectores necesarios de ser localizados con el sensoramiento de calidad antes descrito. Para ello el proyecto ha empleado el uso de las técnicas estadísticas de estereología, la cual es descrita brevemente a continuación.

Principios de la Estereología. En los últimos años ha habido un fuerte avance de los métodos de cuantificación estereológicos. Con ellos, lo que se persigue es la estimación cuantitativa de parámetros (volumen, área, longitud, número, etc.) a partir de secciones o proyecciones. Gracias a la aplicación de estos métodos, en el campo de los estudios, se han podido estudiar parámetros morfológicos con una gran precisión y fiabilidad. La estereología es definida como un conjunto de métodos útiles para obtener información cuantitativa de carácter geométrico-estadístico de un objeto de interés, a partir de secciones del objeto (Haug, 1986; Cruz-Orive, 1987). En general, los métodos estereológicos gozan de una serie de ventajas metodológicas y prácticas de indudable interés para el estudio agronómico de estimaciones de rendimientos. Como ventajas metodológicas se podrían destacar por un lado, que son métodos insesgados, carentes de error sistemático, y por otro que la estimación de los parámetros no está influida ni por la forma del objeto, ni por su distribución y/o tamaño. Además, una clara ventaja metodológica y práctica es que los métodos estereológicos son altamente eficientes. En otras palabras, no exigen un gran esfuerzo para la cuantificación ya que con una muestra muy pequeña y pocas secciones (alrededor de 6-7 secciones) se obtienen coeficientes de error y de variación aceptablemente bajos (Royet, 1991; West, 1993). Metodológicamente, la estimación del número de frutos por parra, se puede realizar por diversos métodos estereológicos. De ellos, el fraccionador es uno de los más recomendables. Este método se basa en la combinación de un muestreo sistemático seccionado (West et al., 1991; West, 1993).

Metodología de estimación de Numero y peso de racimos por punto de muestreo, utilizando el Método Fraccionador.

Previo a la aplicación del método fraccionador se ha de proceder a una segmentación sistemática de la estructura de los árboles por punto a cuantificar, el total de segmentos por árbol, donde cada uno de ellos se divide en tres partes similares, denominados segmentos. Esta seriación permite conocer la separación entre las secciones que después será recogida en el cálculo de los parámetros estereológicos. De entre todas las secciones obtenidas se seleccionarán algunas, sobre las que se realizaran las cuantificaciones. Un requisito importante para realizar las cuantificaciones estereológicas de número frutos/segmentos/árbol es el muestreo sistemático de la zona elegida y para ello la orientación de las secciones debe ser al azar (Royet, 1991). En el muestreo sistemático, la cuantificación no se realiza en todo el árbol sino que se cuentan el número de frutos contenidas en los segmentos seleccionados al azar (figura 10). Así, se evita el sesgo de que el experimentador seleccione los segmentos de densidad de frutos o aquellas que mejor se visualicen, ya que el conteo depende del lugar en el que se encuentren los disectores. Además el muestreo sistemático no provoca la sobreestimación numérica, pues se evita que un mismo campo sea cuantificado en repetidas ocasiones, como podría suceder con el muestreo al azar ( Royet, 1991).



Figura 10. Segmentos escogidos en una vid para realizar el método de estimación estereológico

#### Resultados

El diseño propuesto para la estimación de frutos promedios por árbol en cada una de las zonas, resultó ser eficiente a la luz de las observaciones desarrolladas en el proyecto. Lo anterior, en vista de los bajos valores del error estimado (menores al 5%), lo que nos conlleva a pensar que el método fraccionador es muy certero para dicha labor, siendo también efectivo, ya que dicha herramienta goza de las siguientes ventajas.

1. Es imparcial, esto quiere decir que es independiente de la forma y grado de variabilidad.
2. Es precisa para una carga de trabajo alta, donde se requiera alta eficiencia.
3. Nuestro diseño, por su eficacia y certeza no sólo se podría aplicar en estimaciones de conteo, sino que también para mediciones de largo de brotes, peso y tamaños de frutos, favoreciendo la optimización de tiempo, recursos en el trabajo en terreno.

Uso de dendrometría para la estimación del estatus de la planta y detección temprana de estrés hídrico durante la temporada.

En el marco de el presente proyecto, se ha continuado con el desarrollo de tencologías capaces de medir al igual que en el caso de la medición de calidad, en forma no destructiva y eficiente el estatus hídrico de las plantas (capítulo MMM) . Esta aproximación da como resultado un mapa con una buena resolución “espacial”, pero que sin embargo requiere de tener mediones de anclaje en puntos críticos entre dichas medidas, ya que un escaneo con cámara termal se puede desarrollar en términos prácticos con una frecuencia máxima de 1 semana. Los problemas hídricos pueden ocurrir en el intertanto, y, por esta razón es posible tener una herramienta complementaria que escanea el cultivo con una mayor frecuencia en el tiempo, lo que permitiría dirigir en mejor forma los muestreos y, eventualmente, desarrollar un sistema integrado de alarma y control automatizado en el futuro

En esta metodología, por lo general los índices de comportamiento hídrico de planta son posibles de ser derivados de las fluctuaciones diarias del diámetro de tronco y que describen el estado hídrico de las plantas para programar el riego. Dos índices comúnmente utilizados son la contracción máxima diaria (MDS) y la tasa de crecimiento del tallo (SGR). Otros factores menos importantes, son de crecimiento diario (DG) y la recuperación de todos los días (DR). MDS se calcula como la diferencia entre el máximo y el mínimo diámetro del tallo. Es la variación de diámetro del tallo más utilizado (SDV) derivado de índice hasta el momento. Sin embargo, durante la estación de crecimiento de las relaciones entre el MDS y el estado hídrico de las plantas cambian. En general, las mejores correlaciones se encuentran en diferentes etapas fenológicas se estudian por separado (Fernández y Cuevas, 2010).

Una experiencia piloto en esta área fue desarrollada durante 2011/12 y 2012/13 en el marco del proyecto, contando con la valiosa colaboración de la empresa Agrosuccess SA (<http://www.agrosuccess.cl/>) quienes proveyeron de los sensores y sistema de comunicación, todos diseñados por ellos en nuestro país. En la figura 11a y b se muestra el equipamiento montado en los troncos de las vides medidas en terreno (Viña Valdivieso SA) y distintas curvas capturadas durante la temporada a partir de las vides en conjunto a las mediciones de suelo.

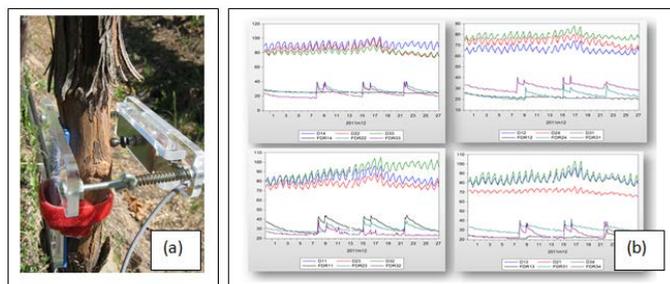


Figura 11. (a) dendrómetro instalado en planta de vid (viña Valdivieso, 2012) y (b) evoluciones de diámetro de tronco en 12 plantas de monitoreo para mes de diciembre de 2012.

Los resultados hasta el momento han mostrado una muy buena relación entre el estatus hídrico de la planta (medido en base a bomba sholander y termografía), y las oscilaciones diarias de tronco. Con esto se abren claras posibilidades de establecer un sistema de monitoreo en tiempo real basado en este sistema.

## Conclusiones

Las herramientas evaluadas para la determinación de atributos químicos de la fruta han mostrado ser confiables en relación a los datos que se obtienen de los parámetros requeridos.

El equipo multiplex actualmente muestra ventajas desde el punto de vista operativo en terreno, en función del cual se pudo trazar amplias grillas de muestreo antes de cosecha para la evaluación de fruta

El sistema NIR presenta aun amplias posibilidades de ser optimizado para su uso tanto en condiciones de campo como en laboratorio para una amplia gama de metabolitos y atributos de calidad asociados.

Los métodos de medición de variables de cultivo tanto en estimación de rendimiento como estimación hídrica en tiempo real han resultado ser promisorios, lo que implica una posibilidad de optimización de los niveles de calidad que son determinados por las herramientas no destructivas mencionadas anteriormente.

## Referencias

- Agati, G., Meyer, S., Matteini, P., Cerovic, Z.G., 2007. Assessment of anthocyanins in grape (*Vitisvinifera* L.) berries using a non-invasive chlorophyll fluorescence method. *J. Agric. Food Chem.* 55,1053-1061.
- Agati, G., Pinelli, P., Cortés Ebner, S., Romani, A., Cartela, A., Cerovic, Z.G., 2005. Non-destructive evaluation of anthocyanins in olive (*Olea europaea*) fruits by in situ chlorophyll fluorescence spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 53, 1354-1363.
- Arana I., Jaren C. & Arazuri S.A. (2005). Maturity, variety and origin determination in white grapes (*Vitis Vinifera* L.) using near infrared reflectance technology. *J. Near Infrared Spectrosc.* 13, 349-357.
- Ben Ghazlen, N., Moise, N., Latouche, G., Martinon, V., Mercier, L., Besançon, E., Cerovic, Z.G., 2008. Assessment of grapevine maturity using new portable sensor: Non-destructive quantification of anthocyanins. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, submitted.
- Bilger, W., Veit, M., Schreiber, L., Schreiber, U., 1997. Measurement of leaf epidermal transmittance of UV radiation by chlorophyll fluorescence. *Physiol. Plant.* 101, 754-763.
- Bilger, W., Johnsen, T., Schreiber, U., 2001. UV-excited chlorophyll fluorescence as a tool for the assessment of UV-protection by the epidermis of plants. *J. Exp. Bot.* 52, 2007-2017.
- Cabassi G., Beghi R., Sinelli N., Tonesi R., Guidetti R., Casiraghi E. 2006 "Valutazione rapida del grado di maturità tecnologica e fenolica del nebbiolo di Valtellina mediante spettroscopia FT-NIR e Spettroscopia Vis-NIR", NIR ITALIA "06, Ferrara 25-26 maggio
- Casiraghi E., Sinelli N., Cabassi G., Beghi R. 2006 "Valutazione rapida del grado di maturità tecnologica e fenolica del nebbiolo di Valtellina mediante spettroscopia FT-NIR", NIR ITALIA "06, Ferrara 25-26 maggio.
- Cerovic, Z.G, J.P. Goutouly2, G. Hilbert, A. Destrac-Irvine2, V.Martinon, N. Moise. 2009. Mapping winegrape quality attributes using portable fluorescence-based sensors. En proceedings of the 8th Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering Symposium. Frutic 09-Chile. P. 301-310.
- Cerovic, Z.G., Moise, N., Agati, G., Latouche, G., Ghazlen, N.B., Meyer, S., 2007. New portable optical sensors for the assessment of winegrape phenolic maturity based on berry fluorescence. In: Stafford, J.V. (Ed.) Precision Agriculture '07 Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp.poster 035, p. 1-6.
- Cozzolino, D., et al. (2004). Prediction of phenolic compounds in red wine fermentations by visible and near infrared spectroscopy. *Analytica Chimica ACTA* 513, 73-80.
- Cruz-Orive, L.M. (1987). Particle number can be estimated using a disector of unknown thickness: the selector. *Journal of Microscopy*, 145,121-142.
- Damberg et al. (2003). Strategies to minimise matrix-related error with near infrared analysis of wine grape quality parameters in Proceedings of 11th International conference on Near Infrared spectroscopy. Ed. by A.M.C. Davies and A. Garido-Varo. NIR publications, Chichester, UK, 183-186
- Damberg R.G., Cozzolino D., Cynkar W.U., Janik L., Gishen M. 2006. The determination of red grape quality parameters using LOCAL algorithm; *J.of Near Infrared Spect.*, 14 (2):71-79.
- Fernandez, J., Cuevas, M., (2010). Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. *Agricultural and forest meteorology* 150, 135-151.
- Ghisen M. et al. (2000). Application of near infrared spectroscopy for quality assessment of grapes, wine and spirits. in Proceedings of 9th International conference on Near Infrared spectroscopy. Ed. by A.M.C. Davies and R. Giangiaco. NIR publications, Chichester UK, 917-920.
- Haug, H. (1986). History of Neuromorphometry. *Journal of Neuroscience Methods*, 18,1-17.
- Herrera J., Guesalaga A., Agostin E. 2003. Shortwave-near infrared spectroscopy for non-destructive determination of maturity of wine grapes. *Measurement science and technology* 14, 689-697.

- Nazarov, I; R. Wample; O. Kaye; O. Santos, K and Goulart. 2005. Near Infrared Laboratory on shoulder Portable NIR Solutions. Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production . FRUTIC 05 proceedings
- Pasquini, C. 2003. Near Infrared Spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. J. Braz. Chem. Soc., Vol. 14, No. 2, 198-219.
- Royet, J.P. (1991). Stereology: a method for analyzing images. Progress in Neurobiology, 37, 433-474.
- West, M.J. (1993). New stereological methods for counting neurons. Neurobiology of Aging, 14, 275-285. West, M.J. (1993b). Regionally specific loss of Neurons in the aging human Hippocampus. Neurobiology of Aging, 14, 287-293



## ESTIMACIÓN DE VARIABLES FÍSICAS DEL RACIMO

Fabiola Flores P.  
Hernán Aguilera C.

Sistema de caracterización de racimos en relación al peso, color, tamaño promedio de bayas y obtención de la relación hoja/fruto.

La visión por computador es una rama de la inteligencia artificial que desarrolla tanto la teoría como la tecnología necesarias para emular la percepción visual humana. Su principal objetivo es construir sistemas artificiales capaces de interpretar escenas naturales o datos multidimensionales. Las etapas de un proceso de visión artificial son: adquisición de la imagen, preprocesamiento, segmentación, extracción de características e interpretación.

En las imágenes a procesar se debe tener en cuenta diversos aspectos para la captura de ellas, así se pueden controlar o normalizar las condiciones en las cuales se realiza la captura de las imágenes. Para esto es necesario especificar y conocer el sistema de captura y las condiciones de iluminación.

Una vez que las imágenes se han capturado en las condiciones adecuadas se realiza el procesamiento de ellas y la segmentación, de acuerdo a los objetos que se desean aislar, en este caso los racimos. Para realizar la segmentación se definieron estratos representativos de las imágenes, tales como: bayas, hojas, tallos y suelo (figura 1) y se realizaron histogramas en diferentes espacios de colores para encontrar la mejor alternativa de segmentación o separación de éstos estratos.



Figura 1. Objetos presentes en la imagen. Arriba izquierda: Bayas; arriba derecha: Hojas; abajo izquierda: Tallos y abajo derecha: Suelo.

Los espacios o modelos de color analizados fueron RGB (rojo, verde, azul), HSV (tonalidad, saturación, brillo), Cmyk (cian, magenta amarillo, negro) y CieLab (Componentes L: Luminosidad, a: posición entre los colores magenta y verde, b: posición entre los colores amarillo y azul). Los mejores resultados de segmentación o separación de estratos se obtuvieron para el espacio de color CieLab.

Se analizaron además otros métodos de segmentación tales como: K-means, y procesamiento compuesto de los anteriores, los que se encuentran descritos en el extenso de este handbook. Un ejemplo de segmentación de las imágenes se muestra en la figura 2.

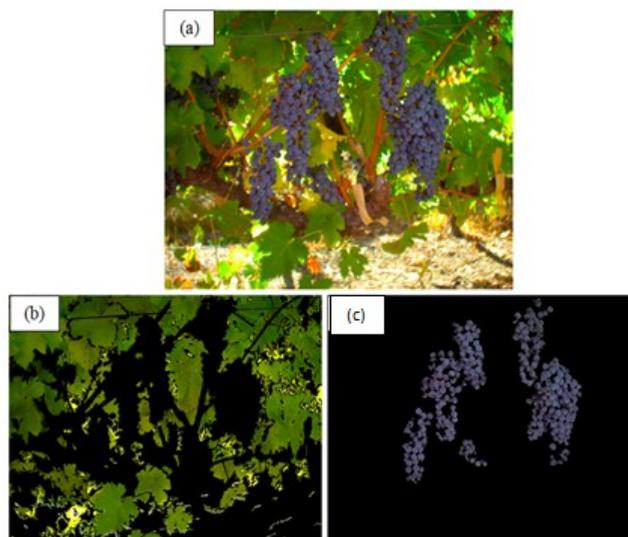


Figura 2. (a) Imagen original, (b) hojas segmentadas y (c) racimos segmentados.

APLICACIONES

El propósito de esta segmentación de imágenes era determinar la relación hoja/fruto, rendimiento por encuadre y características de las bayas, mediante un software que se generó, los cuales se muestran en la figura 3.

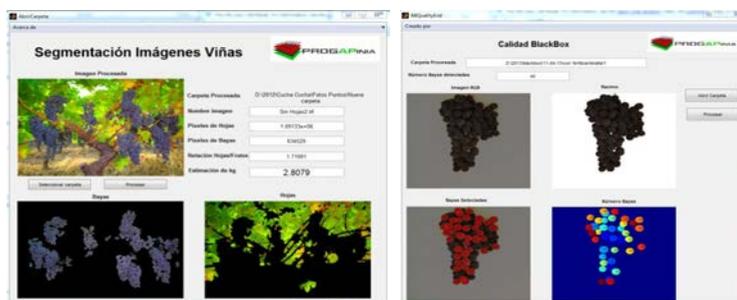


Figura 3. Software de estimación de relación Hoja/fruto, rendimiento y características de las bayas.

### Cámara Time Lapse para seguimiento del desarrollo frutal

Time Lapse, es una metodología de captura fotográfica digital con una particularidad de obtener imágenes cada cierto periodo, ampliamente utilizada en cinematografía para generar impactantes cambio en ciudades y ambientes naturales, además se ha implementado en investigación científica, principalmente para observar procesos biológicos que no se perciben fácilmente por el ojo humano (Bater et al., 2010). En la vida silvestre se han utilizado diversos tipos de cámaras, desde cámaras réflex con dispositivos de control de tiempo hasta cámaras auto-controladas para el lapso de tiempo, en el mercado existen alternativas para todas las necesidades. Desde 1968 se tiene registro de la utilización de estos sistemas, en especial para el registro de eventos climatológicos de gran magnitud (Rutter. 1968), así también como el registro de la cobertura de la nieve en bosques de las zonas polares donde se relacionan con datos de sensores remotos y permiten registrar la verdad de terreno en los lapsos vacíos que el satélite no lo cubre (Sugiura et al. 2013). En otros estudios anteriores se han utilizado cámaras bajo el agua, donde se registran los cambios de las poblaciones de plantas, que permiten visualizar la dinámica del complejo cambio temporal del ambiente natural (Fedra y Machan. 1979), también sobre esto, además, se ha utilizado para medir los cambios de verdor en trigo, donde visualizan los cambios de índices entre las bandas de la imagen (bandas: son las que conforman la imagen a color con: rojo, verde y azul; expresado en RGB), a través de la temporada, que permiten visualizar los puntos críticos en el comportamiento de las plantas de trigo (Adamsen et al. 1999). Entre los adelantos que se han implementado está la transmisión inalámbrica de los datos a plataformas, sobre todo web, donde se realiza el procesamiento de los datos (imagen) y posterior almacenamiento, el objetivo es recopilar información que, en conjunto con otros datos obtenidos del lugar realiza un análisis exhaustivo y preciso (Brown et al. 2012; Bradley et al. 2010).



Figura 4: Time Lapse cámara en punto de ensayo.



Figura 5: Imágenes capturadas con la cámara time lapse.



Figura 6: Dendrómetro instalado en la parra frente a la cámara.

#### Problemas detectados

Entre los diversos inconvenientes al instalar estas cámaras, están englobados en materia digital de captura, sobre todo para determinar a qué hora es mejor para obtener las fotografías, dado principalmente por la foto-sensibilidad del sensor de la cámara. Se sabe muy bien que las cámaras fotográficas están condicionadas para calibrar automáticamente su exposición en función de la luz que encuentra en su plano de visión (Sato. 1999; Ng et al., 2005), para adecuar este problema, se dispuso en la programación de la cámara obtener fotografías en la mañana antes de que el sol ilumine la canopia, así, solo se utiliza una luz difusa y homogénea. Pero a través de la temporada, la luz en la mañana va disminuyendo, producto del movimiento del sol entre el equinoccio y el solsticio, entonces se tuvo que aumentar la frecuencia de fotografías por un periodo más prolongado a ya establecido, dejándolo entre las 8:00 am y las 9:00 en intervalos de 15 min.

Otro de los problemas detectados, fue el de las neblinas matinales (Figura XX4 (b)), afectando la visión de las cámaras, capturando imágenes que afectan el procesamiento posterior. Al menos, los días que se ven afectados por este problema son unos pocos durante la temporada.



Figura 7: Imágenes con problemas detectados a través de la temporada. (a) fotografía al medio día, (b) fotografía con neblina y (c) fotografía en la tarde .

#### Resultados y Análisis

Según lo descrito por Lorenz et al., (1995), existen nueve estados principales de crecimiento y entre ellos existen 99 códigos de fenología del crecimiento de la vid, abarcando el registro de las cámaras time-lapse desde el código 71 hasta el 99 correspondiente a la cosecha. Además, es importante mencionar que el crecimiento de las bayas se caracteriza por una curva doble sigmoídea, donde existen dos períodos de rápido crecimiento separados por un período intermedio donde el volumen de la baya crece poco o no crece (Ferreira et al., 2002).

Tabla 1: Seguimiento fenológico de la vid, variedad Cabernet Sauvignon durante la temporada 2011 – 2012.

| Días (monitoreo TimeLapse) | Fecha             | Estado Fenológico |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
|                            | 28 octubre 2011   | Plena floración   |
| 1                          | 12 noviembre 2011 | Fruto cuajado     |
| 51                         | 2 enero 2012      | Cierre de racimos |
| 64                         | 14 enero 2012     | Inicio de envero  |
| 78                         | 28 enero 2012     | Envero            |
| 137                        | 27 marzo 2012     | Cosecha           |

En la tabla 1, se demuestra el estado fenológico por cada fecha, observada en las imágenes capturadas por las time lapse y categorizadas a partir de los estados principales categorizados por Lorenz et al., (1995), y a partir pocos días antes del comienzo de los tratamientos (16 diciembre), se comienza a contar los días de monitoreo, donde, coincide con el 50 % de los frutos cuajados; que también fueron observados en las imágenes capturadas. Además, en las Figura 11 y 12 podemos apreciar mas el efecto de los cambio de fenología, sumado a esto también podemos apreciar la evolución de los tamaños medidos digitalmente en cada una de la imágenes capturadas, donde, lo podemos observar en el la Figura 5.

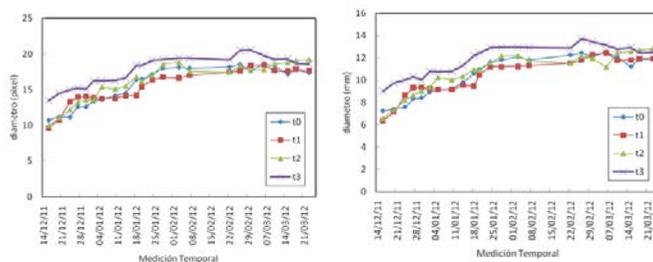


Figura 8: Evolución del tamaño de bayas de viña (Cabernet s.), en pixeles y milímetros en la imagen, en los diferentes tratamientos, medidos con SigmaScan Pro en las imágenes de cámaras Time Lapse.

Para medir los diámetros en necesario obtener datos de las imágenes, este proceso es realizado mediante un software de procesamiento de imagen, como lo es SigmaScan Pro. En él se obtuvieron los datos en términos de pixel, que permitieron prontamente generar un análisis de la desviación de cada tratamiento. Por lo siguiente, mediante calibraciones estandarizadas para cada tratamiento en terreno obtenemos la relación en el conteo de pixel contenidos en un centímetro. El grafico expresado en la Figura 8, demuestra la evolución de los tamaños en pixeles, permite una discriminación notoria con respecto a cada tratamiento, y además en cada foto, esto es, que podemos apreciar las diferencias en una fotografía entra la mayoría de los frutos visibles.

De lo anterior escrito, podemos deducir que la conversión realizada por la calibración en relacion de la cantidad de pixel contenidos en un centímetro para cada tratamiento, continua la tendencia de la evolución del tamaño del fruto, representado en la Figura 8, por lo tanto podemos describir y determinar el tamaño de la fruta en las imágenes.

Para diagramar un los tamaños detectados en las imágenes, en comparacion con la detección de los estados fenologicos, tambien detectados en las imagenes, la tabla 2 demuestra en analisis realizado en las tabla 1, pero con un concepto de tamaño asociado a cada estado fenológico.

La dinamica de la tabla, expresa por cada tratamiento y estado fenologico los tamaños promedios medidos, por lo que se observa pequeñas diferencias en cada tratamiento.

Tabla 2: Seguimiento fenológico de la vid, variedad Cabernet Sauvignon durante la temporada 2011 – 2012, en comparación con los diámetros estimados con la cámaras time-lapse en los diferentes tratamientos propuestos.

| Días<br>(monitoreo TimeLapse) | Fecha           | Estado Fenológico | Diámetro (mm) |       |       |       |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|---------------|-------|-------|-------|
|                               |                 |                   | T0            | T1    | T2    | T3    |
|                               | 28 octubre 2011 | Plena floración   | -             | -     | -     | -     |
| 1                             | 12 nov. 2011    | Fruto cuajado     | 7.22          | 6.35  | 6.55  | 8.98  |
| 51                            | 2 enero 2012    | Cierre de racimos | 8.92          | 9.23  | 9.34  | 10.77 |
| 64                            | 14 enero 2012   | Inicio de envero  | 9.78          | 9.53  | 10.34 | 11.29 |
| 78                            | 28 enero 2012   | Envero            | 11.82         | 11.21 | 12.17 | 12.92 |
| 137                           | 27 marzo 2012   | Cosecha           | 11.89         | 11.93 | 12.82 | 12.47 |

Se observa que en el comienzo del monitoreo el T0 o tratamiento de testigo, comenzo con un tamaño de 7.22 mm a diferencia de T3, que comenzó con un tamaño de 8.98 mm, donde con una diferencia de 1.76 mm en el comienzo, llegan a cosecha con una diferencia de 0.58 mm, esto por dos partes indica: (a) el metodo empleado es capaz de diferir entre los tamaños de diferentes sectores con riegos distintos, (b) por el lado fisiologico, puede contener un patron de tamaño que podria ser detectable por este tipo de tecnologia.

En estos pasos se avanza en utilizar tecnologias que permiten detectar, medir y controlar sistemas biologicos, con el grado de sistemas no destructivos. Pero, se debe avanzar en protocolos de capturas mas estrictos y con un control mas autonomo, es decir, utilizar la automatizacion del sistema mediante algoritmos de procesamiento; uno de los proposito de este proyecto, que permitiran obtener estos resultados, y otros mas a partir de las imágenes de las time lapse y que adopten una rapidez en la entrega de informacion al usuario final, para que pueda corregir oportunamente.

Para otra temporada se realizaron diversos experimentos, con el fin de detectar con mas precisión el tamaño de fruto, en ello se expuso la cámara mas cerca de los frutos, con la finalidad de obtener mayor definido el fruto. Para comprobar esto, se seleccionaron 20 frutos, de los cuales se midieron digitalmente.

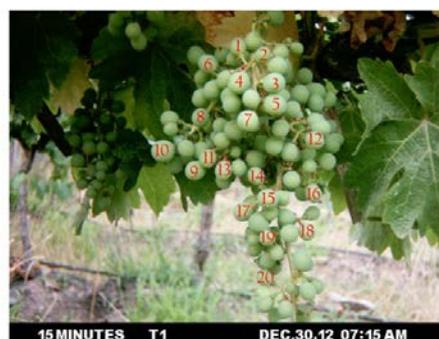


Figura 9: Frutos seleccionados para realizar el seguimiento en la temporada.

La precisión de este análisis, nos entrega el piso de cómo puede funcionar el sistema, dando una serie de datos temporales fidedignos con respecto al fruto. La representatividad del tamaño del fruto es clave para conocer nuestra producción, donde, tenemos la potencialidad de proyectar el tamaño que será a cosecha, si tenemos datos inter-anales.

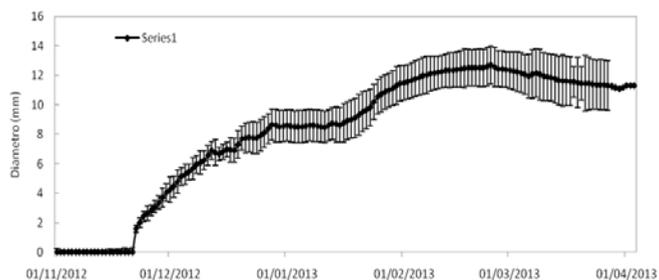


Figura 10: Evolución precisa del tamaño de fruto a través de la temporada, medido con sistema Time-lapse, desarrollado en ProgapINIA.

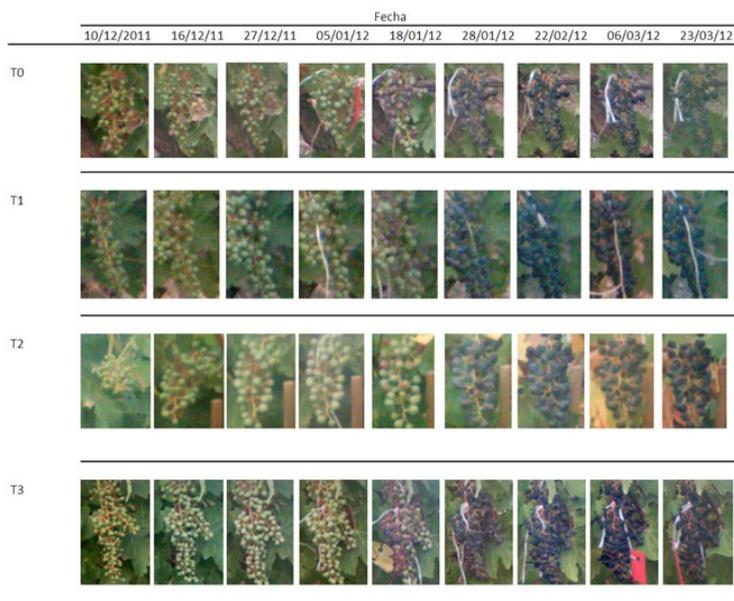


Figura 11: Evolución de la fruta (Cabernet s.), en los diferentes tratamientos, partir de las imágenes capturadas por el sistema time lapse.



Figura 12: Evolución de la fruta (Cabernet s.), en los diferentes tratamientos, partir de las imágenes capturadas por el sistema time lapse.



**Vid** Lorenz et al., 1994

**Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de la vid**  
(*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)

| Código  | Descripción  |
|---|--|
| <b>Estadio principal 0. Brotación</b>                   |  |
| 00  | Letargo: las yemas de invierno, de puntiagudas a redondeadas, marrón brillante u oscuro según la variedad; escamas de las yemas cerradas, de acuerdo con la variedad |
| 01  | Comienzo del hinchado de las yemas; los botones empiezan a hincharse dentro de las escamas   |
| 03  | Fin del hinchado de las yemas: yemas, hinchadas, pero no verdes  |
| 05  | "Estadio lanoso"; lana marrón, claramente visible  |
| 07  | Comienzo de la apertura de las yemas: ápices foliares verdes, apenas visibles  |
| 09  | Apertura de las yemas: ápices foliares claramente visibles   |
| <b>Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas</b>     |  |
| 11  | Primera hoja, desplegada y fuera del brote   |
| 12  | 2 hojas, desplegadas   |
| 13  | 3 hojas, desplegadas   |
| 1.  | Los estadios continúan hasta ...   |
| 19  | 9 o más hojas, desplegadas   |
| <b>Estadio principal 5. Aparición del órgano floral</b> |  |
| 53  | Inflorescencias, claramente visibles   |
| 55  | Inflorescencias hinchándose; las flores apretadas entre sí   |
| 57  | Inflorescencias, desarrolladas completamente; flores separándose   |
| <b>Estadio principal 6. Floración</b>                   |  |
| 60  | Los primeros capuchones florales, separados del receptáculo  |
| 61  | Comienzo de la floración: alrededor de 10 % de capuchones caídos   |
| 62  | Alrededor de 20 % de capuchones caídos   |
| 63  | Floración temprana: alrededor de 30 % de capuchones caídos   |
| 64  | Alrededor de 40 % de capuchones caídos   |
| 65  | Plena floración: alrededor de 50 % de capuchones caídos  |
| 66  | Alrededor de 60 % de capuchones caídos   |
| 67  | Alrededor de 70 % de capuchones caídos   |
| 68  | Alrededor de 80 % de capuchones caídos   |
| 69  | Fin de la floración  |

**Vid** Lorenz et al., 1994**Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de la vid**

| Código   | Descripción   |
|--|---|
| <b>Estadio principal 7. Formación del fruto</b>            |   |
| 71   | Cuajado de frutos; los frutos jóvenes comienzan a hincharse; los restos florales perdidos |
| 73   | Bayas del tamaño de un perdigón, los racimos comienzan a pender                           |
| 75   | Bayas de tamaño guisante (arvejas); los racimos, colgantes                                |
| 77   | Las bayas comienzan a tocarse   |
| 79   | Todas las bayas de un racimo se tocan   |
| <b>Estadio principal 8. Maduración de frutos</b>           |   |
| 81   | Comienzo de la maduración; las bayas comienzan a brillar                                  |
| 83   | Las bayas, brillantes   |
| 85   | Ablandamiento de las bayas  |
| 89   | Bayas, listas para recolectarse   |
| <b>Estadio principal 9. Comienzo del reposo vegetativo</b> |   |
| 91   | Después de la vendimia; fin de la maduración de la madera                                 |
| 92   | Comienzo de la decoloración foliar  |
| 93   | Comienzo de la caída de las hojas   |
| 95   | Alrededor de 50 % de las hojas caídas   |
| 97   | Fin de la caída de las hojas  |
| 99   | Partes cosechadas   |

## Referencias

- Sato, Ikeuchi. (1999). Illumination distribution from brightness in shadows: Adaptive estimation of illumination distribution with unknown reflectance properties in shadow regions. In ICCV.
- Ng, R.\*, Levoy, M. \*, Brédif, M. \*, Duval, G. \*\*, Horowitz, M. \*, Hanrahan, P. \* (2005). Light Field Photography with a Hand-held Plenoptic Camera. \*Stanford University, \*\*Duval Design. Stanford Tech Report CTSR 2005-02. USA.
- Lorenz, D H., Eichhorn, K W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., Weber, E. (1995). Growth stages of the grapevine: phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) - Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. BBCH. Ann. appl. biol. 140, 66-70.
- Ferreira R., Sellés, G., Ruiz, R., Sellés, I. (2002). Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos periodos de desarrollo de la vid cv. chardonnay en la producción y calidad del vino. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Casilla 439, Correo 3, Código postal 7083150, Santiago, Chile.
- Bater, C., Coops, N., Wulder, M., Hilker, T., Nielsen, S., McDermid, G., Stenhouse, G. (2010). Using digital time-lapse cameras to monitor species-specific understorey and overstorey phenology in support of wildlife hábitat assessment. Department of Forest Resources Management, University of British Columbia, 2424 Main Mall, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada.
- Brown, T., Zimmermann, C., Panneton, W., Noah, N., Borevitz, J. (2012). High-Resolution, Time-Lapse Imaging for Ecosystem-Scale Phenotyping in the Field. *Methods in Molecular Biology* Volume 918, 2012, pp 71-96. ISBN: 978-1-61779-995-2.
- N. Rutter. (1968). Instrumentation for a transect study of microclimate with special reference to the value of time-lapse photography in agricultural meteorology. *International Journal of Biometeorology*, Volume 12, Issue 1, pp 3-9.
- Fedra, K., Machan, R. (1979). A self-contained underwater time-lapse camera for in situ long-term observations. *Marine Biology*, Volume 55, Issue 3, pp 239-246
- Bradley, E., Roberts, D., Still, C. (2010). Design of an image analysis website for phenological and meteorological monitoring. *Volume 25, Issue 1, Pages 107–116.*
- Adamsen, F.J. , Pinter, P.J. Jr. , Barnes, E.M. , LaMorte, R.L. , Wall, G.W. , Leavitt, S.W. , Kimball, B.A.. (1999). Measuring wheat senescence with a digital camera. *Crop science*. v. 39 (3).
- Sugiuraa, K., Nagaic, S., Nakaib, T., Suzukic, R. (2013). Application of time-lapse digital imagery for ground-truth verification of satellite indices in the boreal forests of Alaska. *Volume 7, Issue 2, Pages 149–161.*



**CORRELACIÓN DE VARIABLES DESARROLLADAS E ÍNDICES AGRONÓMICOS PARA  
SEGMENTACIÓN A NIVEL DE CUARTEL**

Stanley Best S.  
Lorenzo León G.

## Introducción

La capacidad de discriminación de la mejor uva en un viñedo representa un factor clave a la hora de enfrentar el desafío de cumplir con los altos estándares de calidad que regularmente impone el mercado vitivinícola a los viñedos. Además, es necesario que dichos estándares sean alcanzados en forma consistente a través de las distintas temporadas y en volúmenes que permitan cumplir con los compromisos comerciales de uvas destinadas a distintas líneas de vinos demandados, especialmente aquellos de alta gama. Este ha sido uno de los problemas de base que se han abordado a través del presente proyecto, en donde se pretendió buscar áreas relacionadas a distintos factores agronómicos que influyen en la variabilidad de la producción de distinta calidad asociada a las uvas, teniendo especial énfasis en la evolución de las variables de calidad asociadas a la fruta.

La integración de distintos factores agronómicos que influyen sobre la variación de calidad de frutos su vinculación con los mapas de atributos de calidad obtenidos mediante los métodos no destructivos abrió la posibilidad de generar prescripciones cada año para la definición práctica de los sectores aptos para ser cosechados en forma diferenciada. Luego de ser cosechada, esta fruta resultaría en la obtención de vinos con atributos diferenciados tras de su vinificación en condiciones industriales.

En el presente capítulo se muestra un resumen de estas metodologías y resultados alcanzados a través del proyecto así como algunos desafíos que es necesario asumir desde el punto de vista de manejo para optimizar la prescripciones desarrolladas (modelamiento multivariado) así como también para responder en parte a la problemática de alcanzar mayores volúmenes de fruta con mejores estándares de calidad (fertilización diferenciada)

### Variabilidad de campo y su vinculación a la calidad de frutos

Tal como ha sido expuesto en el capítulo de macro-variabilidad, en los cuarteles de producción comercial es posible encontrar una amplia variación de los factores agronómicos asociados a la producción y que generalmente tiene una asociación espacial significativa, vale decir posee una "estructura espacial", lo cual permite discriminar tales atributos en zonas para cada cuartel. Esto en nuestro país en parte es debido a la naturaleza aluvial de la mayoría de los suelos y en donde en pocas hectáreas coexisten distintos niveles texturales y de profundidad asociados.

Es preciso resaltar que en las últimas décadas diversos autores han evaluado el impacto de distintos factores en la calidad resultante de la uva y que pueden ser incorporados como elementos en un esquema de definición de áreas. Así, se ha considerado el clima (Winkler et al. 1974, Huglin 1978); suelo (Seguin 1975, van Leeuwen y Seguin, 1994); cultivar (Riou, 1994, Huglin y Schneider, 1998); portainjerto (May, 1997). En tanto los efectos de agua de la vid y el estado de nitrógeno, asociados con el tipo de suelo, se han demostrado entre otros para Cabernet Sauvignon (Chone et al. 2001) y Merlot (Tregoat et al. 2002). Por su parte, otros estudios han investigado los efectos combinados de suelo del suelo cultivo (van Leeuwen, 1995). Por su parte, vanLeeuwen (2004) al estudiar tres variables (suelo, clima y cultivar) simultáneamente en la definición de sitio, encontró que los efectos del clima y el suelo sobre el desarrollo de vid y la composición de la uva pueden ser explicadas en gran parte por su influencia sobre el estatus hídrico del viñedo. Por otra parte, la estación influye sobre el estatus hídrico general a través de la precipitación (particularmente en primavera en el caso de Chile), mientras que el suelo influye a través de su capacidad de retención de agua y, posiblemente, por el acceso que posean las plantas a la napa freática. En términos generales, los mejores suelos resultan ser aquellos en los que el déficit hídrico genera en una desaceleración de la tasa de crecimiento de brotes, con una reducción en el tamaño de las bayas, y concentraciones altas de azúcar y antocianinas en la uva, lo que aumenta el potencial de calidad de la misma.

A pesar de la vasta evidencia de la existencia de los distintos diversos factores discutidos anteriormente sobre la el resultado en calidad de la uva obtenida en los cuarteles de producción, ha sido necesario la incorporación progresiva de innovadoras tecnologías para encontrar efectiva y prácticamente aquellas áreas que sean susceptibles de ser separadas a nivel de cosecha. Es necesario combinar digitalmente distintas capas de información relativas a estos factores.

Dicha incorporación tecnológica e información asociada en el presente proyecto fue obtenida en un formato digital a través de instrumentación especializada y de uso frecuente en el área de agricultura de precisión. Entre otras, se utilizaron principalmente las siguientes herramientas:

- Rastra electromagnética Em38: utilizada para la determinación de características texturales de los suelos
- Fotografía multispectral aérea: tecnología empleada para la obtención de índices vegetacionales, y especialmente NDVI.
- Instrumentación no destructiva para determinación de variables asociadas a calidad: en especial para la determinación de polifenoles en la piel de la uva, abiendo utilizado principalmente el sensor Multiplex (Force A, Francia)

En virtud de la instrumentación mencionada anteriormente fue posible el describir la variabilidad de zona asociada a las capas de suelo, expresión vegetativa de planta (cantidad de follaje y actividad fotosintética) y fruto respectivamente.

A su vez, en función de estas capas se desarrollaron en primera instancia análisis de clúster o conglomerados en virtud de los cuales se pudieron establecer puntos de monitoreo de las variables hídrica (termografía, capítulo CCC) y de calidad estándar para ser analizadas en laboratorio. De la misma forma, estos puntos sirvieron como zonas de anclaje para la degustación antes de cosecha de la uva por parte del personal especializado de la compañía para cotejar el resultado de la medición instrumental con el método tradicional de degustación de fruta. Todo lo anterior finalmente constituye un método iterativo en función del cual se pudo alcanzar en cada temporada las zonas que presentaron los mejores atributos de calidad y que en consecuencia fueron cosechados en forma diferencial.

#### Método desarrollado para la Segmentación durante proyecto

##### Grilla de muestreo e interpolación espacial

En virtud de la intensa grilla de muestreo (obtenida en una densidad de 25 puntos / ha en promedio (grilla de 20\*20 M) fue posible ser obtenida eficientemente mediante el uso del equipamiento Multiplex y que fue mostrada en la figura 9 (capítulo CCC), se obtuvo en cada temporada un conjunto de mediciones y los valores asociados las variables de antocianinas que este entrega. variables corresponden a los índices "anth" y "ferari". En el caso del presente proyecto se prefirió extensivamente el empleo del uso del índice "ferari" dado que sus valores son interpretables en forma más fácil y que se ve muy afectado en la medición si esta adolece de una mala posición del instrumento en el racimo (distancia-oclusión), con lo cual es posible descartar fácilmente valores anómalos. Dicho índice de ferari es adimensional, teniendo valores en el rango entre 0 y 2,1 pero normalmente después de pinta este rango parte en un valor mínimo de 1,3-1,4. Los valores encontrados son distintos también según la variedad, habiéndose encontrado que los valores óptimos corresponden a > 1.75 en cabernet sauvignon y > 1.9 en Carmenere y Merlot.

Una vez obtenidos los datos del instrumento e índices de antocianinas ("anth" y "ferari"), se realizó un análisis de interpolación independiente por variedad/cuartel para así posteriormente realizar la segmentación requerida por la empresa. Cabe resaltar que en este proyecto, tanto la captura como el análisis de la información fueron coordinados regularmente con el equipo de Force-A en Francia a fin de obtener en el más breve plazo los elementos para realizar las segmentaciones en los cuarteles y la planificación de las labores de cosecha. En la figura 1 puede ser observado un ejemplo de interpolación desarrollada para el índice de ferari para algunos de los cuarteles analizados en el proyecto.



Figura 1. Mapas interpolados para el índice Ferrari Temporada 2012. Es importante considerar que para la presente figura las diferencias de tonalidades intra-cuartel, por tratarse de distintas variedades en los viñedos.

Una vez desarrollados los mapas mostrados en la figura 1, la información fue llevada a un mapa de clusters o conglomerados, para los niveles bajos, medios y altos de contenido de antocianinas (figura 2).

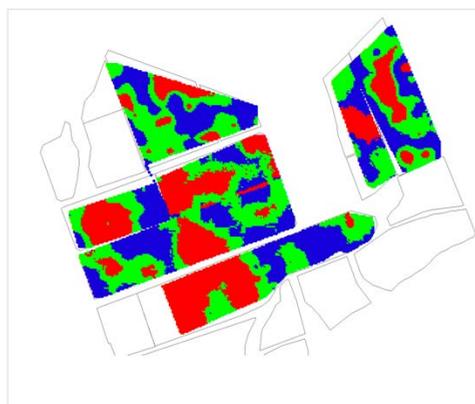


Figura 2. Mapa de conglomerados obtenido para distintas variedades, utilizado en conjunto a las variables de NDVI y suelo como base para la segmentación de cosecha.

Combinación de variables de cultivo para discriminación de zona

A su vez, dichos niveles de antocianinas fueron contrastados/combinados estadísticamente con mapas de otras variables de cultivo como lo representa el mapa de NDVI (como aquel mostrado del análisis de macro-variabilidad (capítulo Análisis de la macro y micro-variabilidad) y el mapa de suelos como el mostrado.

Tal como fue descrito anteriormente, los elementos de segmentación en base a la información de NDVI, suelo e índices de antocianinas fueron contrastados con visitas a terreno en conjunto a personal de la viña, una vez que ya se tenía una propuesta inicial de segmentación.

Los elementos de decisión para la segmentación mencionados anteriormente (suelo, índices vegetativo y antocianinas en fruta) fueron combinados en cada temporada tal como se muestra en la figura 3.

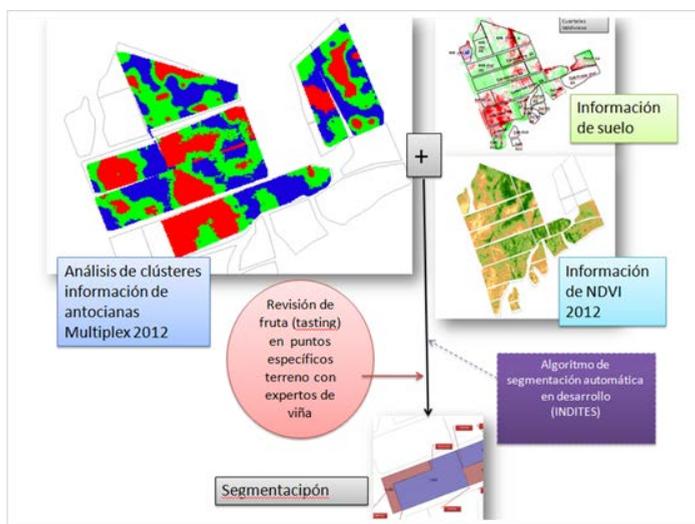


Figura 3. Elementos de toma de decisión para la segmentación considerados para la segmentación de los cuarteles antes de cosecha. Se muestra asimismo la revisión realizada con la visita a campo de personal especializado de la viña y la ubicación que tendrá finalmente el algoritmo de segmentación en el software INDITES.

Cada uno de estos planos es combinado asignándole un peso diferenciado (anth uva> NDVI>mapa de suelo) para finalmente dar un plano combinado el que es expresado en zonas de cosecha diferenciada. Finalmente esta propuesta es revisada en puntos específicos de control en campo en compañía de personal especializado en degustación de fruta en terreno. De esta manera los sectores finalmente fueron discutidos con dicho personal en sus aspectos logísticos para permitir el óptimo desempeño de las cuadrillas de trabajadores durante cosecha.

Planos de cosecha diferencial utilizados en vendimia

Los planos de cosecha que fueron utilizados durante la vendimia cuentan con la información de las hileras de inicio/termino y centrales de inicio/término para cada uno de los cuarteles donde ha sido desarrollado el análisis de segmentación; además se presentan la superficie de los segmentos propuestos y la calidad potencial de cada uno de ellos.

En la figura 4 son presentados un ejemplo de los mapas finalmente entregados hacia cosecha para su uso a nivel de campo.

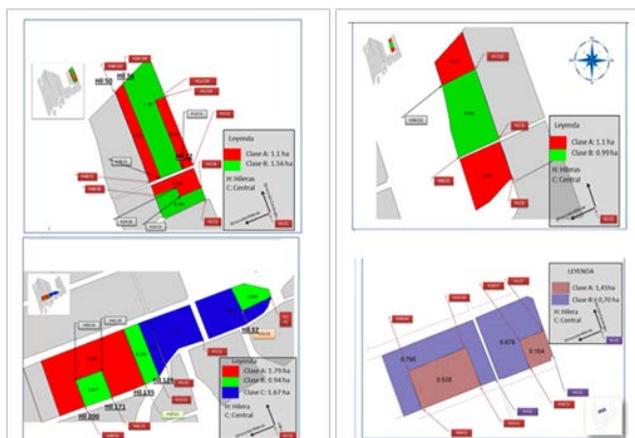


Figura 4. Ejemplo de Mapas de segmentación utilizados en la vendimia 2012 (viña Valdivieso, fundo la Primavera) para distintas variedades: Cabernet Franc, Cabernet sauvignon, Carmenere.

Esta labor de discriminación espacial en base a estos elementos fue desarrollada en función del análisis estadístico de la información en función del cual se generaron los mapas. Esta analítica será incorporada en forma automatizada a través del sistema INIDITES (capítulo BBB) .

Es notable la importancia de la disponibilidad de dichos mapas en un formato que permitiera su revisión en condiciones de terreno. Al respecto, importantes mejoras a esta presentación con fines prácticos son presentadas en las aplicaciones para sistemas móviles Android detalladas en el capítulo CCC.

#### Vinificación y degustación de mostos

Con los mapas mostrados en la figura 4, se desarrollaron las cosechas diferenciadas para su vinificación en condiciones industriales en cubas separadas. Así, por ejemplo para cuartel de 2 há de Cabernet sauvignon de la Viña Valdivieso discriminado bajo este método, las calidades de los vinos generados y percibidas en un panel de cata (figura 5) han arrojado resultados concluyentes en relación a que la segmentación en base al sistema propuesto, permitiendo una identificación de uva tanto con un alto potencial para la producción de vinos Premium como de aquella que destinada a una producción de carácter más masivo.



Figura 5. Cata de vinos desarrollada a partir de las segmentaciones presentadas en los mapas durante cosecha (Laboratorio de enología Planta Lontué, Valdivieso S.A.)

## Medidas de mejoramiento productivo y desafíos futuros

A través del presente punto se darán a conocer dos lineamientos de trabajos complementarios al análisis de segmentación que fue detallado anteriormente. En primera instancia, se abordará la importancia de la inclusión del manejo de fertilidad a nivel de viñedo, el cual, y tal como se verá, tiene una estrecha relación con los rendimientos alcanzados, sin un compromiso sobre la calidad del producto, lo que constituye una herramienta a ser usada para alcanzar los volúmenes de uva de mayor calidad que se demanden para las distintas temporadas. Posteriormente, se hará una breve mención de la importancia del análisis multivariado de la información en el tiempo para los viñedos como una herramienta que permita el pronosticar niveles de calidad por cuartel en función de la creciente cantidad de información que puede ser recogida de los viñedos en virtud del uso de sensores automatizados en la actualidad.

### Fertilidad

Para planificar una correcta fertilización que permita obtener tanto rendimiento como calidad, es necesario conocer el nivel ideal de cada nutriente en tejidos representativos del estado nutricional de la planta. Una vez establecido el óptimo, se podrá definir el exceso y la deficiencia de cada uno de ellos y, a partir de ahí, controlar la nutrición mediante diagnóstico de los tejidos elegidos. La relación entre el contenido del órgano analizado y el rendimiento y la calidad de la vendimia son indispensables para establecer el contenido óptimo (válidos para una variedad dada en un medio dado y un tejido concreto), y constituyen las bases sobre las cuales se podrá aplicar el diagnóstico nutricional (Champagnol, 1990). Sin embargo, numerosos autores han constatando las dificultades para establecer relaciones entre estos parámetros y el contenido en nutrientes del material foliar debido a que rendimiento y calidad dependen de muchas variables diferentes: material vegetal, prácticas culturales, variaciones climáticas, entre otras, en donde su vinculación no se ha establecido claramente (Delas, 1990; Champagnol, 1990; Failla et al., 1997). Así para evitar estos problemas al menos parcialmente, una aproximación práctica sería la utilización del método de encuesta o “carta nutricional”. De este modo se evita la limitación de los ensayos de campo, respecto a su representatividad, y se recoge un mayor rango de fuentes de variación proveniente de una base de datos amplia que, si se tratan correctamente mediante métodos estadísticos apropiados, proporcionará más información

(Failla et al., 1997).

Es necesario recordar que como premisa de toda buena recomendación está un buen diagnóstico nutricional, el cual se basa en la observación y el análisis de factores de suelo, planta, clima, agua, manejo y factores bióticos como plagas y enfermedades.

La composición de la planta es influenciada también por la composición del suelo, la correcta interpretación del análisis vegetal puede solamente dar requerimientos de la planta (lo cual no necesariamente significa deficiencia), no requerimientos de suelo, (Beaufils, 1958, 1973) vice-versa el análisis de los requerimientos del suelo. Ambos suelo y planta en requerimientos pueden ser idénticos bajo condiciones dadas (Sumner, 1976).

La recomendación o acción correctiva apropiada, se basa en la evaluación simultánea de todos los factores posibles de considerar, condiciones climáticas, prácticas de manejo, factores bióticos, fertilidad del suelo y estado nutricional de la planta, complementando estos factores con importantes cualidades subjetivas como conocimiento, experiencia y capacidad de observación de la persona que realiza el diagnóstico.

En la vid, el material vegetal a analizar no está totalmente unificado y no existe una regla aceptada como la mejor. Inicialmente se utilizó la hoja completa (limbo y pecíolo) para, posteriormente, analizar el limbo y el pecíolo de forma independiente. Más recientemente, se han complementado estos tejidos con análisis de savia obtenida a partir de los pecíolos. Por otra parte, cabe añadir la falta de acuerdo en el momento del ciclo más adecuado para el muestreo. En general, mientras algunos autores proponen dos estados fenológicos fundamentalmente, final de floración (cuajado) y envero. La bibliografía disponible no hace sino constatar esta falta de acuerdo: Failla et al. (1995) utilizan el limbo foliar en floración y envero; García et al. (2001) analiza limbo en envero; Gutiérrez y Darias (1998) y García-Escudero et al. (2001) analizan limbo y pecíolo por separado en los estados de floración y de envero; Christensen (1989) analiza pecíolos en floración; Dal Bó (1993) pecíolos en envero; Robinson (1990) analiza hoja completa en envero mientras que González-Andrés y Berberana (2002) analizan pecíolos en floración y hoja completa en envero.

Comparando el análisis de peciolo y limbo, Champagnol (1990) y Christensen(1984) indican que para nutrientes como P, K y Mg, los intervalos de variación en peciolo son mucho más elevados que en limbo. Sin embargo, la mayor variación en peciolo parece verse acompañada de una fluctuación más elevada, de forma que la significación de un resultado obtenido a partir de uno u otro de estos tejidos sería idéntica (Champagnol, 1990). Por otro lado, el nivel de nutrición en cada elemento puede variar ampliamente de una parcela a otra, especialmente en K y Mg (Loué, 1990; Champagnol, 1990).

#### Ensayo de Nutrición

Pensando en el objetivo de la viña que es aumentar los rendimientos sin deteriorar la calidad, se utilizaron distintas informaciones de los años anteriores para la ubicación del sitio de ensayo, para luego realizar análisis químicos de los peciolos para ajustar el plan de nutrición. A su vez, en el sector así escogido se ubicaron tres zona: Alta, Media y Baja (figura6) . Los objetivos de la experiencia llevada a cabo fueron:

- Aplicación de un plan de nutrición en todo el desarrollo de la planta.
- Potencia nutricionalmente la yema floral.
- Mejorar rendimiento y Calidad de fruto.
- Mejorar Vigor de las plantas.



Figura 6. Ubicación y detalle de los sectores de ensayos de fertilidad.

En la figura 7, se presenta el resultado correspondiente al análisis químico de peciolos del ensayo de fertilidad desarrollado.

| IDENTIFICACION MUESTRA | N    | P    | K    | Ca      | Mg   | Na  | Cu    | Fe | Mn  | Zn   | B    |
|------------------------|------|------|------|---------|------|-----|-------|----|-----|------|------|
|                        | %    |      |      | (mg/kg) |      |     |       |    |     |      |      |
| ZONA MEDIA             |      |      |      |         |      |     |       |    |     |      |      |
| P 9-10                 | 4.87 | 0.80 | 2.70 | 0.72    | 0.19 | 131 | 33.2  | 93 | 107 | 72.3 | 21.6 |
| ZONA ALTA              |      |      |      |         |      |     |       |    |     |      |      |
| P 3-4                  | 4.79 | 0.74 | 2.73 | 0.68    | 0.17 | 109 | 11.38 | 64 | 94  | 68.7 | 21.3 |
| ZONA BAJA              |      |      |      |         |      |     |       |    |     |      |      |
| P 18-19                | NAM  | 0.68 | 2.42 | 0.63    | 0.16 | 128 | 21.07 | 62 | 92  | 70.1 | 14.7 |

Figura 7. Resultado análisis químico de peciolo.

Para la comparación/interpretación de los resultados antes presentados, ello se utilizo estudios de B.H. Goldspink 1998. En virtud de esta comparación se pudo observar que los niveles de Boro y Mg son bajos, en cambio los de Zinc y Calcio, están en sus niveles adecuados, por lo cual se debió hacer correcciones considerando estos elementos. El plan de fertilización se realizo utilizando los sectores mostrados en la figura6 y en donde debía existir variabilidad de microambiente (suelo y vigor) para la evaluación de la corrección nutricional en distintas condiciones.

El las figuras 8 a 10 se muestra el plan de fertilización según estado fenológico:

*Aplicacion de fertilizante segun fenologia de la vid*



**Floración**  
Mediados a fin de noviembre

1. Nutrigrow® RSA 300 cc en Dosis cc/100 Litros agua
2. Power Grow 1 lt/ha
3. MultInutriente 1lt/ha
4. Nutrifert Zn 1 lts/ha
5. Boro Plus 1 lts/ha



**Suelo: 8 Lts Aplicacion NutrirootH-54 + 1 aplicacion 0,5 Lts Nutrifert Multinutriente**

Figura 8. Productos y dosis aplicadas durante floración.

**Cuaja**

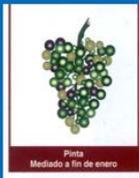


**Foliar:** en 150 lts de agua  
 300 cc Nutrigrow Balance  
 300 cc Power Grow  
 300 cc Nutrifert Zinc  
 300 cc Mg Quelat  
 300 cc Boro plus

**Suelo:** en 150 lts de agua  
 10 Lts Aplicacion Nutriroot  
 H-54 + 1 aplicación 0,5  
 Lts Nutrifert Multinutriente

Figura 9. Productos y dosis aplicadas en cuaja.

**Pinta**



**Foliar:** en 150 lts de agua  
 300 cc Nutrifert Zinc  
 300 cc Calcio Boro  
 300 cc Pinta Plus  
 200 cc Fosfiup

Figura 10. Productos y dosis aplicadas en pinta.

Resultados ensayo de fertilización

Resultados Rendimientos.

Los rendimientos por zonas, en la cual se obtuvieron rendimientos que superaron las expectativas que se habían planteado, estas superaron el 45%, en comparación con el manejo habitual de la Agrícola.

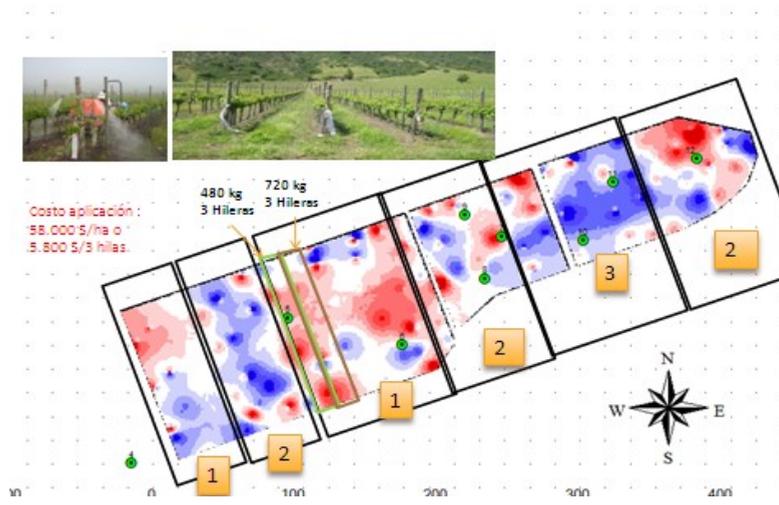


Figura 11. Rendimiento Espacial según Aplicación

**Rendimiento Total por zonas.**

| Lugar       | Rendimiento | Incremental |
|-------------|-------------|-------------|
| Testigo     | 4000 Kg/ha  |             |
| Plan con AP | 6000 Kg/ha  | 50%         |

Un resumen de los principales resultados encontrados en esta experiencia, s pueden resumir como sigue:

Rendimiento aumentó ostensiblemente (en el orden del 50%)

Aumento del nivel de taninos en fruta con tratamiento de fertilización, las demás variables asociadas no se vieron afectadas ostensiblemente.

Dados los resultados anteriores, se puede señalar que la aplicación de fertilización mostrada en el presente ensayo generó un impacto significativo sobre las plantas tratadas en términos productivos, lo cual muestra una evidencia de la importancia de un plan de fertilidad ajustado para alcanzar mayores retornos como consecuencia de un aumento productivos sin una disminución ostensible en los niveles de calidad de fruta.

Calidad de la Uva Vinífera Obtenida.

- Resultados Obtenidos del contenido químico de las vallas antes de cosecha, Testigo.

| Resultados Calidad Vigor Testigo |            |       |          |                |             |                |           |              |             |         |
|----------------------------------|------------|-------|----------|----------------|-------------|----------------|-----------|--------------|-------------|---------|
| 202-A                            | Vigor Alto |       |          |                |             |                |           |              |             |         |
| Testigo                          | Fecha      | *Brix | Ac Total | Azucar/ acidez | Ant Totales | Ant Extraíbles | % ant Ext | Riq Fenolica | % Tan pepas | Taninos |
|                                  | 20-feb     | 18,2  | 10,57    | 15,32          | 957,25      | 484,75         | 49,36     | 35,6         | 52,3        | 97      |
| 202-B                            | Vigor Bajo |       |          |                |             |                |           |              |             |         |
| Testigo                          | Fecha      | *Brix | Ac Total | Azucar/ acidez | Ant Totales | Ant Extraíbles | % ant Ext | Riq Fenolica | % Tan pepas | Taninos |
|                                  | 20-feb     | 21,6  | 7,95     | 25,03          | 777         | 441            | 43,24     | 38,2         | 59,6        | 157     |

- Resultados Obtenidos del contenido químico de las vallas antes de cosecha, Testigo.

| Resultados Calidad Vigor Nutrifert. |            |       |          |                |             |                |           |              |             |        |
|-------------------------------------|------------|-------|----------|----------------|-------------|----------------|-----------|--------------|-------------|--------|
| 206-A                               | Vigor Alto |       |          |                |             |                |           |              |             |        |
| Nutrifert                           | Fecha      | *Brix | Ac Total | Azucar/ acidez | Ant Totales | Ant Extraíbles | % ant Ext | Riq Fenolica | % Tan pepas | Tanino |
|                                     | 20-feb     | 21,2  | 9,15     | 21,2           | 565,25      | 322            | 43,03     | 31,8         | 64,6        | 196    |
| 206-B                               | Vigor Bajo |       |          |                |             |                |           |              |             |        |
| Nutrifert                           | Fecha      | *Brix | Ac Total | Azucar/ acidez | Ant Totales | Ant Extraíbles | % ant Ext | Riq Fenolica | % Tan pepas | Tanino |
|                                     | 20-feb     | 21,4  | 7,31     | 26,81          | 623         | 360,5          | 42,13     | 35,6         | 64,6        | 332    |

Los resultados que se aprecian en los análisis químicos, se observa que las aplicaciones realizadas, no tan solo aumenta el rendimiento, sino que también los % Taninos ° Brix, que son unas de las variables que mas consideran al momento de cosecha, por lo cual esta proyecto cumple el rol de dirigir el monitoreo para aumentar rendimiento y calidad de la uva que beneficia económicamente a la empresa.

### Pronósticos de calidad

En la actualidad mucha de la información que ha sido mostrada en el presente capítulo es de común uso por las empresas vitivinícolas. Así es el caso de los mapas de suelo y muy particularmente en el caso de los mapas asociados de NDVI, con los cuales se cuenta desde hace varios años en nuestro medio. Simultáneamente, la irrupción cada vez más frecuente de redes intraprediales de nodos de sensores con los cuales se puede llevar una información en tiempo real de suelo – planta y atmósfera, hace prever que ya estamos en vías de asociar en forma más fehaciente los resultados de calidad espacial mostrados en el presente capítulo con los factores que influyen sobre estas variables de fruta, especialmente los niveles de antocianinos. En este sentido, ya se han iniciado algunas experiencias tendientes al desarrollo de estas asociaciones, todo lo que será mostrado en el capítulo dedicado al software ICAS (capítulo KKK) .con lo anterior, se podría hacer un uso más eficiente del instrumental de calidad y simultáneamente ayudar a diagnósticos más representativos del tasting de los expertos para segmentación antes de cosecha.

### Conclusiones

- 1.- A través del uso de instrumentación especializada para la medición de variables de calidad, en combinación con mapas de variables de suelo y vegetacionales, ha sido posible establecer un método de segmentación confiable para la obtención de fruta según la calidad demandada por la empresa.
- 2.- La fruta con mejores atributos que fue segmentada en terreno y cosechada través de este método ha resultado tener mayor potencial para los vinos de mejor calidad obtenidos tras el proceso de vinificación industrial.
- 2.- El desarrollo de un mapa de cosecha puede ser complementado durante la temporada con medidas correctivas de fertilidad, desarrolladas en distintas etapas fenológicas.
- 3.-El análisis de las distintas variables disponibles actualmente en las viñas hace posible el desarrollo de modelos predictivos de calidad, con lo que se puede optimizar el uso del método de prescripción espacial de calidad detallado anteriormente.

## Referencias

- Choné, X., C. van Leeuwen, P. Chéry, and P. Ribéreau-Gayon. 2001. Terroir influence on water status and nitrogen status of non-irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*): Vegetative development, must and wine composition. *S. Af. J. Enol. Vitic.* 22(1):8-15.
- Champagnol, F., 1990. Rajeunir le diagnostic foliare. *Progrès Agric. Vit.* (107), 343-351.
- Huglin, P. 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *C.R. Acad. Agric. Fr.* 64:1117- 1126.
- Huglin, P., and C. Schneider. 1998. *Biologie et écologie de la vigne*. 370 pp. Lavoisier Tec & Doc, Paris.
- May, P. 1997. Using Grapevine Rootstocks. *The Australian Perspective*. 62 pp. Winetitles, Adelaide.
- Riou, C., P. Pieri, and B. Le Clech. 1994. Consommation d'eau de la vigne en conditions hydriques non limitantes. Formulation simplifiée de la transpiration. *Vitis* 33:109-115.
- Seguin, G. 1975. Alimentation en eau de la vigne et composition chimique des moûts dans les Grands Crus du Médoc. Phénomènes de régulation. *Conn. Vigne Vin* 9(1):23-34.
- Trégoat, O., J.P. Gaudillère, X. Choné, and C. van Leeuwen. 2002. The assessment of vine water and nitrogen uptake by means of physiological indicators. Influence on vine development and berry potential. (*Vitis vinifera* L. cv. Merlot, 2000, Bordeaux). *J. Int. Sci. Vigne Vin* 36(3):133-142.
- Van Leeuwen, C., and G. Seguin. 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* variété Cabernet franc, Saint-Emilion, 1990). *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 28(2):81-110.
- Van Leeuwen, C. 1995. Comportement de deux cépages (*Vitis vinifera* variété Merlot et variété Cabernet franc) dans trois sols de la région viticole de Saint-Emilion. In *OEnologie 1995: 5e Symposium International d'OEnologie*. A. Lonvaud-Funel (Ed.), pp. 3-8. Lavoisier Tec & Doc, Paris.
- Van Leeuwen C., P. Friant, X. Choné, O. Tregcoat, S. Koundouras, and D. Dubourdiou. 2004. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *Am. J. Enol. Vitic.* 55:3 (2004)
- Winkler, A., J. Cook, W. Kliewer, and L. Lider. 1974. *General Viticulture*. 710 pp. University of California Press, Berkeley.
- Delas, J., 1990. Analyse foliaire, un complément utile. *VITI de la vigne au vin*. (139), 59-60.
- Failla, O., Bogoni, M., Porro, D., Stringari, G., 1997. Soil and leaf analysis: Effect of pedo-climatic, cultural and genetic factors on their calibration and interpretation. *Acta Hort.* (448), 225-232.
- Sumner, M.E. 1981. Diagnosing the sulfur requirements of corn and wheat using foliar analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:87-90.
- Beaufils, E.R. 1973. The Diagnosis and Recommendation Integrated System. *Univ. of Natal Soil Sci. Bul.*
- Gutiérrez, V.L., Darías, F., 1998. Niveles foliares comparativos de tres variedades de uva blanca cultivadas en Tenerife (Islas Canarias). *Vitic. Enol. Prof.* (59), 7-10.
- Christensen, P., 1989. *Vineyard tissue sampling guide*. California University. US A.
- Dal Bó, M.A., 1993. Nutrición y abonado de la vid. *Vitic. Enol. Prof.* (24), 9-13.
- Robinson, J.B., 1990. Grapevine nutrition: An update. *Aust. Grapegrower and Winemaker*. (323), 9-12.
- González - Andrés, F., Berberana, J., 2002. Determinación de los estándares de referencia locales en el análisis foliar de viñedos Tempranillo en la D.O. Cigales (Valladolid; España). *Nutri-Fitos*. 29-41.
- Loué, A., 1990. Le Diagnostic Foliaire (ou Pétiolaire) dans les enquêtes de nutrition minérale des vignes. *Progrès Agricole et Viticole*. (107), 439-453.

Goldspink, J. 1998. Fertilizers for wine grapes. Agriculture Western.

DESARROLLO DE SOFTWARE DE INTEGRACIÓN INDITES: (INIA DIGITAL TERROIR SYSTEM)

Stanley Best S.



El terroir ha sido definido generalmente como el "ambiente de crecimiento", (Johnston y Robinson, 2001) o en relación con la viticultura, como el "total de los elementos del viñedo" (Wilson 1998). Esta definición ha sido ampliada por Martin (2000) para definir el terroir como la conjunción de todos los atributos, históricos, geográficos, humanos, biológicos o del medio ambiente, de una determinada región (delimitada) que contribuyen a la individualidad de los vinos allí producidos, es por esta inclusión de los atributos culturales y una reverencia implícita de la región de origen que hace del terroir algo tan difícil de cuantificar.

Muchos autores han evaluado el impacto de un parámetro único del terroir en la calidad de la uva: el clima (Winkler et al. 1974, Huglin 1978, Gladstone 1992), el suelo (Seguin 1975, van Leeuwen y Seguin, 1994), cultivar (Riou, 1994, Huglin y Schneider, 1998), o portainjerto (May, 1997). Los efectos de agua de la vid y el estado de nitrógeno, asociados con el tipo de suelo, se han demostrado para Cabernet Sauvignon (Chone et al. 2001) y Merlot (Tregoat et al. 2002). Por su parte, dos estudios han investigado los efectos combinados de dos parámetros terroir: del suelo y el clima (Deloire et al. 2003) y del suelo y de los cultivos (van Leeuwen, 1995). Por su parte, VanLeeuwen (2004) al estudiar tres variables (suelo, clima y cultivar) simultáneamente en la definición de terroir, encontró que los efectos del clima y el suelo sobre el desarrollo de vid y la composición de la uva pueden ser explicadas en gran parte por su influencia sobre el estatus hídrico del viñedo. Por otra parte, la estación influye el estatus hídrico general a través de la temperatura y precipitación en la misma, mientras que el suelo influye a través de su capacidad de retención de agua y, posiblemente, por el acceso que posean las plantas a la napa freática. Las mejores cosechas fueron aquellas en las que el hídrico desde la floración hasta la cosecha fue más restrictivo pero con temperaturas favorables. Por su parte, los mejores suelos resultaron ser aquellos en los que el déficit hídrico resultó en una desaceleración de la tasa de crecimiento de brotes, con una reducción en el tamaño de las bayas, y concentraciones altas de azúcar y antocianinas en la uva, lo que aumentó potencial de calidad de la misma.

Es por esto que actualmente varios autores coinciden en señalar la necesidad de efectuar una cuantificación de los factores que influyen en la definición de los terroir, incorporando índices en los que sea cuantificables las variables de suelo, planta y clima. En este sentido, De Loire et al., (2003), ya señalan que para "asegurar el concepto de terroir se base sobre realidades que no sean discutibles, debe ser considerado bajo el ángulo de investigaciones técnico – científicas, más allá de mensajes positivos que pueden vincular al consumidor con un producto". En Este mismo estudio se señalan lineamientos de base para el establecimiento cuantitativo de las variables que definen el terroir, sin embargo la aproximación resulta compleja al no presentarse alternativas para la captura de todas estas variables a nivel de terreno, en otras palabras, no se abordan soluciones de carácter digital para la optimización de la captura y la posible integración del conjunto de información.

La consideración de variables cuantitativas en conjunto al establecimiento a una optimización (digital) a nivel de captura, almacenaje y análisis de la información tiene como sus primeros referentes en Australia (Taylor, 2004), en donde se aborda esta problemática de la definición de terroir a nivel de cuartel y utilizando término de "Terroir Digital" (o Digital Terroirs) para las zonas identificadas. Este autor basa concepto en hacer hincapié en el ambiente de cultivo de la vid, en lugar de la "totalidad de la experiencia de elaboración del vino". Como el nombre sugiere, un terroir digital es un terroir "modelado". El modelo busca identificar las áreas de los diferentes entornos ambientales basándose tanto en el suelo como en información meso climática. Así, Teniendo en cuenta información sobre el suelo local, terreno y clima, un viñedo puede ser mapeado en términos de "terroir digital". La precisión de este modelo depende de la precisión y la validez de los datos de entrada. Así, de acuerdo a Taylor (2004), el Terroir digital es esencialmente un término alternativo para una Zona o clase de manejo diferenciado. En este sentido, la filosofía de gestión de estas zonas está estrechamente relacionado al manejo sitio específico (Cupitt y Whelan, 2001) y, por lo tanto a la vitivinicultura de precisión. Los terroir digitales pueden ser entonces abordados desde una perspectiva de rendimiento (cantidad), así como también de las calidades de las zonas diferenciadas.

Actualmente el enfoque de una captura e integración de información digital para la definición de zonas de distinto potencial al interior de un viñedo (incluyendo una escala intra-cuartel) está adquiriendo cada vez mayor auge tanto en países del "nuevo mundo" vitivinícola (como Australia y Sudáfrica) así como también en la profundización del conocimiento y manejo de viñedos que han sido identificados como terroir hace muchas décadas, como ocurre en el caso del Chateaux couhins de Francia, en donde el manejo sitio específico y la vitivinicultura de precisión representan elementos fundamentales dentro del esquema productivo de dichas viñas de gran renombre. (Cerovic, 2007; 2008; 2009; [http://chateau-couhins.fr/contents\\_UK-US/chateau\\_couhins-precision\\_viticulture.html](http://chateau-couhins.fr/contents_UK-US/chateau_couhins-precision_viticulture.html)).

Todo lo anterior ha venido de la mano del desarrollo y empleo bajo condiciones productivas de sensores de planta (vegetativos y de frutos), suelo, clima, los cuales han generado las condiciones para el cruce de información y la mejor segmentación de zonas. Se espera que dichas tecnologías bajen aun más sus costos de implementación en los próximos años, por lo que urge el poseer en la industria nacional de una plataforma que pueda realizar las integraciones tendientes a la zonificación, en orden a mantener la competitividad y cubrir los problemas en la industria que han sido señalados en las bases del presente concurso, con especial énfasis en los puntos de:

Viticultura, entendido como mejoramiento de la eficiencia técnica y productiva del sistema y, más específicamente, en lo que dice relación a: Validación y adecuación de las zonificaciones vitícolas; delimitación de áreas edafoclimáticas, que produzcan vinos con características distintivas. Estudios de los factores tales como suelo y clima, y las relaciones existentes con las características bioquímicas, responsables de la producción de polifenoles y aromas, entre otros, y el momento óptimo de cosecha. Innovación en el manejo vitícola; manejo balanceado del viñedo, carga versus calidad en las condiciones edafoclimáticas locales; manejo del riego y del follaje con este también el de fertilidad.

Enología, como apoyo la producción de vinos de calidad, desarrollo de nuevos productos y tecnologías, particularmente en lo referente a: Innovar en metodologías para precisar el momento óptimo de cosecha, por variedad y zona, en función de la calidad de los vinos que se desea obtener.

En el presente capítulo, se propone el resolver la implementación de tecnologías emergentes a través del desarrollo y gestión del "terroir digital", dado que los actuales procedimientos que son usados para el estudio y definición de los terroir adolecen de poseer protocolos replicables, en donde la información de entrada sea cuantitativa y centrada en las distintas variables que ocurren a nivel de viñedo. En específico, a nivel de cuartel, para las condiciones de producción de Chile, se producen considerables variaciones en términos de variables de base (topografía, suelo, microclima), lo que se traduce en variaciones de importancia tanto en la planta su uva producida y finalmente en los vinos para los bloques asociados a la producción del viñedo.

Evaluación de las características vegetativas mediante uso de información espectral y análisis automatizado de estas (Desarrollo INIA Canopy Analyze System, ICAS).

La teledetección es definida como la medición o adquisición de información de un objeto o fenómeno por medio de un equipo que no está en contacto con dicho objeto, siendo las imágenes multiespectrales tomadas por aviones y satélites las más utilizadas.

Con objeto de minimizar la variabilidad causada por los factores externos, la reflectancia espectral de la cubierta vegetal, viene siendo transformada y combinada en varios índices espectrales de vegetación (IV) (Turner et al., 1999). Estos índices son combinaciones de dos o más bandas que pueden calcularse a partir de la señal de reflectancia obtenida por el sensor (Jackson y Huete, 1991), en bandas espectrales específicas del rojo e infrarrojo cercano, ya que estas contienen más del 90 % de la información espectral de la vegetación, realizando fácilmente su comportamiento espectral (Huete y Jackson, 1988). En definitiva, se puede señalar que cuanto mayor sea el contraste entre la reflectancia de la banda infrarroja y roja, mayor vigor presentará la cubierta observada. Bajos valores de contraste indican una vegetación enferma o senescente, hasta llegar a las cubiertas sin vegetación que ofrecen un contraste menor (Chuvieco, E., 1996).

Por otra parte, la resolución espacial de un satélite es bastante baja para captar el Índices espectrales en un formato fino que permitan una buena estimación del crecimiento de los cultivos. Sin embargo, puede ser de bastante utilidad para un primer análisis de tendencias temporales de nivel macro del predio. Estos sensores recogen información reflejada por la superficie de la tierra que luego es enviada a la tierra y que procesada convenientemente entrega información sobre las características de la zona representada, en nuestro caso, de los viñedos bajo estudio. Sin embargo, estas imágenes han ido mejorando en calidad en el tiempo tendiendo cada vez más a ser de mayor utilidad pero su limitación sigue siendo el gran costo y problemas de captura en especial en zonas con alta nubosidad.

Como ya hemos mencionado, para la segmentación de áreas que puedan vincularse a una diferenciación de zonas, es necesario el contar con el máximo de información de tipo radiométrica de los viñedos, o sea una imagen de alta resolución y corregida radiométricamente para poder ser comparable con otras posteriormente. Además, uno de los problemas se enmarca en el análisis de este tipo de imágenes ya que al poseer bastante detalle, la información de entre hileras (suelo, rocas, malezas, etc.) distorsionan en gran medida el resultado final y por ende su posibilidad de una buena definición de zonas, por ende se deben eliminar del análisis. El eliminar del análisis las zonas de distorsión puede realizarse con un sinfín de softwaes (ENVÍ, ERSI, ERDAS, etc.) pero con un alto nivel de trabajo más aún se si requiere una definición a nivel de copa de cada planta. Así, se hace necesario el desarrollo de un software que permita hacer este trabajo rápido y eficiente que permita tener el resultado en un momento oportuno, en especial cuando se está trabajando con un gran número de hectáreas. Esta necesidad, llevo al PROGAP INIA a desarrollar el ICAS (INIA Canopy Analyzer system), el cual entre otras funciones (como selección de localización de muestras, generación de archivos para alimentación de la base de datos, entre otros) sirve para la segmentación de canopia y generación de índices vegetacionales, tales como el NDVI y RFI (Radiometric Foliar index), funciones que detallamos a continuación.

#### Metodología de trabajo en ICAS (INIA Canopy Analyzer system)

En la siguiente sección se hará una reseña del software ICAS, desarrollado por Progap INIA, en sus funcionalidades y potencialidades. La primera pantalla que aparece cuando se inicia el programa es la que muestra la Figura 2. Pantalla de inicio del programa ICAS.

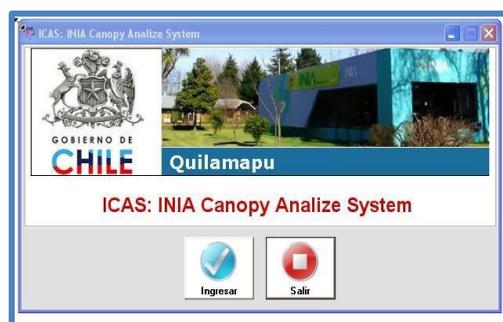


Figura 2. Pantalla de inicio de ICAS.

Una vez que aparece la pantalla de la Figura2, se carga el botón “Ingresar” ya parecerá la ventana correspondiente a la Figura 3. Al hacer click en el botón “Ingreso de Parámetros” se despliégala ventana correspondiente a la Figura 4.

En el ingreso de los parámetros consulta por los archivos RGB y CIR los cuales corresponden a las imágenes RGB y multiespectral respectivamente, bajo el formato tif. Además pide los archivos SIG de los cuarteles con los que se van a trabajar, el archivo “ubicaplan” (orientación de hileras por cuartel), el cual es una línea que se traza sobre una hilera en la imagen RGB o CIR, finalmente solicita una carpeta de salida.

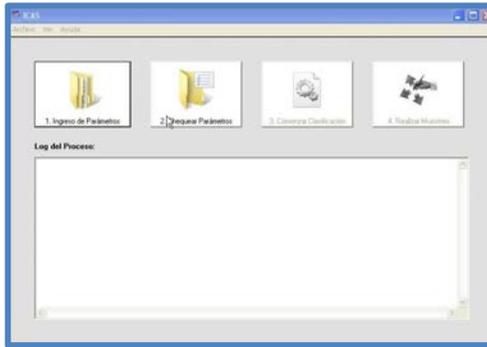


Figura 3. Pantalla de ingreso de parámetros de ICAS.

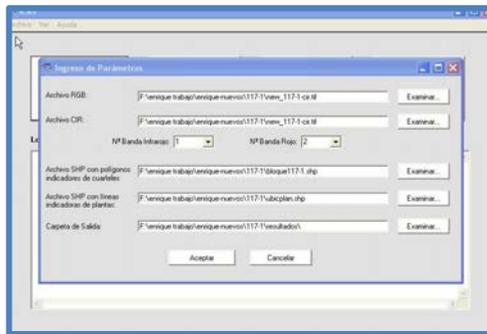


Figura 4. Pantalla de ingreso de parámetros de ICAS.

Una vez ingresados todos los parámetros, se procede con el paso 2 el cuales el chequeo de parámetros. Este paso es importante ya que resultado de este proceso se pueden obtener los errores en el ingreso de algunos datos. Los errores que se pueden cometeres que el direccionamiento de las carpetas donde se encuentran los archivos no es el correcto o el tipo de imagen no es el que corresponde. El cuadro que se despliega es el que aparece en la Figura 5.

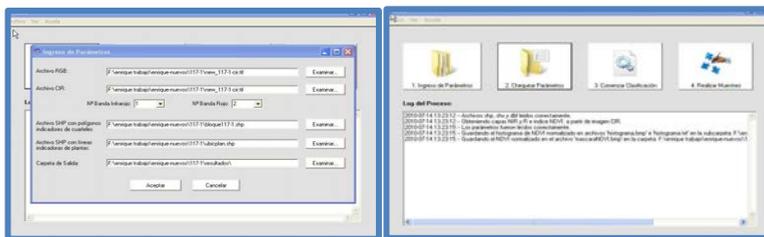


Figura 5. Cuadro de dialogo resultado del cheque o de los parámetros.

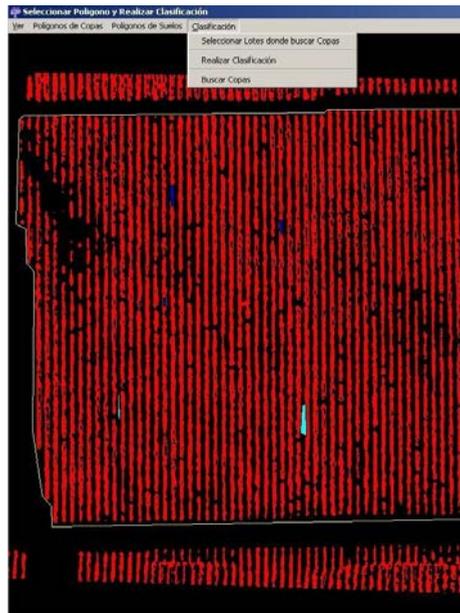


Figura 6. Elección de polígonos de copas y suelo y clasificación de copas.

El sistema, para generar los bordes bien definidos de las copas (como se puede ver en esta imagen NDVI con histograma ecualizado, figura 7), el sistema localiza la variación de píxeles de NDVI desde el centro del árbol (píxeles mayores de NDVI) ya medida que se va a los bordes esta disminuye, definiendo el perimetral del árbol. Por otra parte, la tendencia de cierre que existe entre arboles (para realizar una buena definición de cada árbol) se utilizó el cambio de patrón en los árbol es en gradiente del índice en el perimetral como entre un árbol con otro, estos son los patrones que utiliza ICAS en la definición del árbol y generación del polígono asignado a este, sobre el cual obtiene posteriormente el NDVI promedio del árbol y el área asociada a este, tal como se muestra en la siguiente Figura 7.

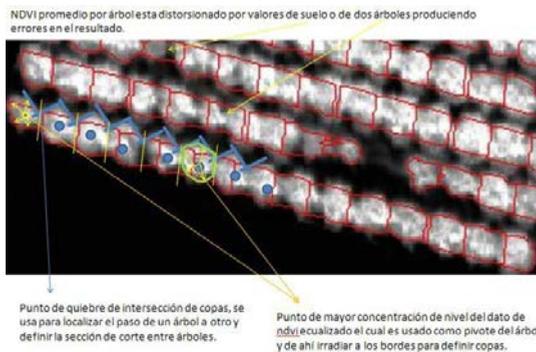


Figura 7. Desarrollo de selección de copas y asignación de NDVI por copas realizado por ICAS.

Los resultados de las copas encontradas se guardan en la carpeta de Salida en los archivos copas.shp, copas.shx y copas.dbf. Los campos que se guardan para cada copa en la tabla asociada al archivo\*. Shp son: Bloque, Nro. De Hilera, Nro. De Planta dentro de la hilera, Promedio NDVI de la copa, Desv. NDVI de la Copa, NDVIx Área de la copa (RFI), Coordenadas en X e Y del punto central de la copa.

#### Selección de los puntos de muestreo mediante ICAS

Una vez generadas las copas de los árboles, ICAS nos entrega la opción de generarlos puntos de muestreo. Para esto es necesario apretar el botón “4. Realizar Muestreo” de la barra de menú de ICAS (Figura 8). Cabe mencionar que si no se han realizado todos los pasos anterior es ICAS no dejará que se realicen los muestreos.

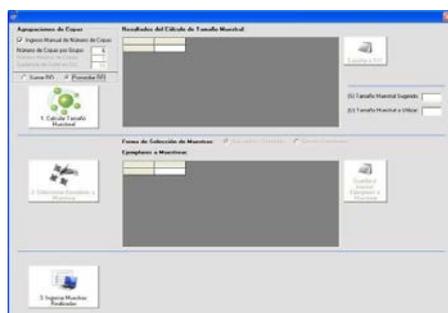


Figura 8. Ventana para la selección de los puntos de muestreo.

En esta sección se buscará para cada bloque, cuál es el nivel de agrupamiento óptimo de copas para el tamaño de la muestra. La forma en que se calcula, es a partir de la variación en el Coeficiente de Variación (CV, calculado como Desv. Estándar / Media) del bloque. Asociada a la distribución de variabilidad de copas el ICAS define según esta variabilidad los puntos óptimos de muestreo de tal forma que uno capture la variabilidad completa del bloque para el monitoreo a desarrollar (Figura 9).

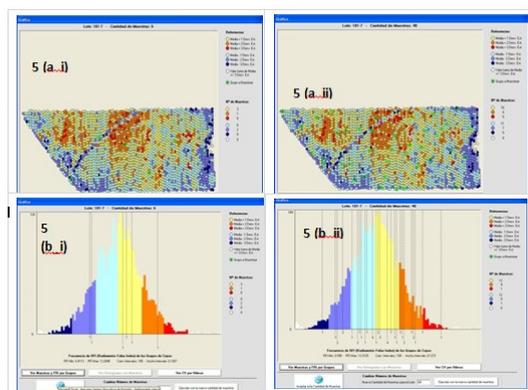


Figura 9. Ejemplos del funcionamiento del software ICAS para la selección de puntos de evaluación de variables asociadas a variación de vigor de planta. Se presenta un ejemplo de localización de puntos de evaluación, en donde se han escogido 5 o 40 puntos de muestreo (fig. a\_i; a\_ii), mostrándose además las ubicaciones de dichos puntos sobre el histograma poblacional del RFI determinado en el cuartel.

En la vista de pantalla anterior se muestra la iteración estadística de selección de muestras. Cada elemento del gráfico es un grupo, y se colorea de acuerdo a su RFI. Se marcan con un círculo verde los grupos que son seleccionados para muestrear según el sistema. En la pantalla que se muestra, se puede seleccionar cambiar la cantidad de muestras o continuar con la misma cantidad (propuesta por ICAS) y que el sistema vuelva a calcular los ejemplares a muestrear (como utiliza elementos al azar, los ejemplares seleccionados para muestrear de cada ejecución serán distintos a los anteriores).

Vista de otro gráfico de la pantalla de iteración de muestras. En este caso se muestra el histograma de variabilidad por hilera completa (Figura 10).

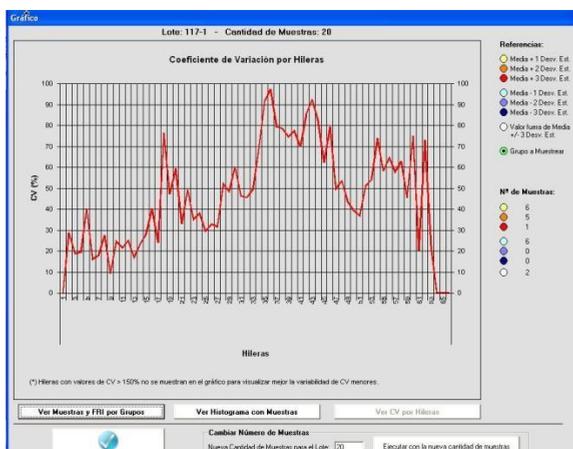


Figura 10. Gráfico de Coeficiente de variación por hilera.

La generación de los puntos muestrales, son definidos en función de su posición (Figura 11) tanto en coordenadas como en un sistema más práctico como la definición del cuartel, hilera y árbol, sistema más fácil de operar en campos que no poseen infraestructura de gps a operadores. Además, el sistema guarda los puntos en archivos espaciales (ESRI, Shapes), como en tabla Excel, de fácil despliegue y operación.

| Lote | Hilera | Planta | Grupo | Coord X    | Coord Y     | Vigor | Valor 1 |
|------|--------|--------|-------|------------|-------------|-------|---------|
| 1171 | 12     | 20     | 81    | 1247.48962 | 9718.396396 | 3     |         |
| 1171 | 30     | 11     | 268   | 1185.19596 | 9836.87275  | 3     |         |
| 1171 | 32     | 99     | 314   | 1177.52917 | 9712.92632  | 3     |         |
| 1171 | 36     | 12     | 293   | 1167.34968 | 9833.16488  | 4     |         |
| 1171 | 37     | 21     | 367   | 1161.91779 | 9846.05148  | 4     |         |
| 1171 | 39     | 67     | 432   | 1153.57045 | 9785.12192  | 2     |         |
| 1171 | 41     | 39     | 466   | 1146.54256 | 97827.13221 | 4     |         |
| 1171 | 42     | 79     | 493   | 1143.02851 | 9794.40362  | 3     |         |
| 1171 | 44     | 57     | 532   | 1136.00072 | 9826.33091  | 4     |         |
| 1171 | 46     | 19     | 571   | 1128.29220 | 9801.91514  | 3     |         |
| 1171 | 47     | 57     | 600   | 1126.49889 | 9824.09477  | 4     |         |
| 1171 | 48     | 119    | 632   | 1123.30024 | 9780.07563  | 3     |         |
| 1171 | 50     | 46     | 666   | 1114.53976 | 9830.15055  | 4     |         |
| 1171 | 52     | 34     | 709   | 1107.56871 | 9852.84523  | 3     |         |
| 1171 | 53     | 96     | 742   | 1104.05577 | 9759.24951  | 3     |         |
| 1171 | 55     | 11     | 773   | 1097.66679 | 9803.03104  | 3     |         |
| 1171 | 56     | 50     | 802   | 1093.83330 | 9823.77932  | 4     |         |
| 1171 | 57     | 126    | 837   | 1089.99999 | 9708.45403  | 4     |         |
| 1171 | 59     | 32     | 866   | 1082.37211 | 9847.09514  | 3     |         |
| 1171 | 61     | 20     | 890   | 1076.26366 | 9862.42871  | 3     |         |

Figura 11. Planilla de muestreo con los datos de cuartel, hilera, número de planta, coordenadas geográficas.

El adecuado desarrollo de mapas sin distorsiones, permite obtener una adecuada clasificación de zonas prediales, los cuales al tener un seguimiento temporal permite definir zonas estables en el desarrollo de biomasa en el tiempo. A continuación se muestra un ejemplo de uso de esta información en el caso de una viña ubicada en el Valle del Maipo, para imágenes procesadas de un viñedo (700 há) del valle del Maipo, en donde se aprecian distintas zonas homogéneas (clusters o agrupaciones) de distinto vigor vegetativo, que presentan asimismo diferencias en relación a las tasas de crecimiento. (Progap - INIA, 2009).

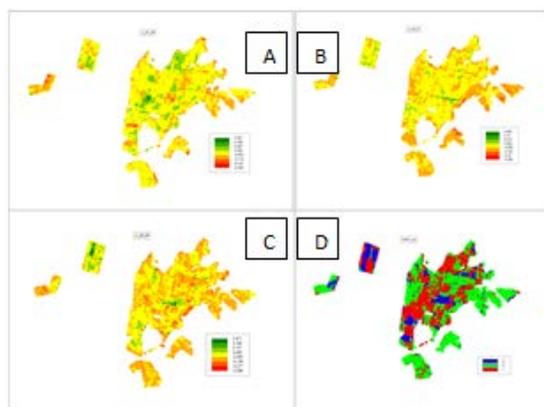


Figura 12. Mapas de diferencias de NDVI entre meses de noviembre y febrero, para tres temporadas de crecimiento (A, B, y C). Se puede observar comportamientos de los cuarteles son distintos en las tres temporadas (D) mapa de clúster de las variaciones para tres temporadas anteriores mostradas.

Es importante destacar, que la principal desventaja del NDVI es que se aproxima sintéticamente a la saturación para valores moderados a elevados del IAF (Baret y Guyot 1991; Buschmann y Nagel 1993, Gitelson et al., 1994), teniendo dichos efectos de saturación consecuencias en la detección de cambios si estas no son consideradas o evaluadas adecuadamente con variables de terreno, es por eso que para cultivos como mayor biomasa como parronales es mejor usar el WDRVI (Wide Dynamic Range Vegetation Index), que compensa el error del NDVI, índice que también está incluido en ICAS.

Así, el uso de los mapas de vigor ha sido utilizado a la fecha en Chile en la detección de anomalías dentro del huerto o viñedo (Best y Barrera, 2003; Best et al., 2005 y 2009), así como una herramienta de evaluación de variables que estarían afectando la producción. Sin embargo, a pesar de los avances en las definiciones de rendimiento y calidad asociada, todavía existe una brecha en la evaluación de las variables que los determinan. Esto porque la interacción con el rendimiento y calidad van más allá de solo la composición de follaje, hay una alta influencia de factores como el clima del año como factores de sitio asociado al suelo y su composición (variabilidad especial), topografía entre otros factores que hacen que este tipo de imágenes si bien son de utilidad en definición de cambios, no son suficiente para llevar a cabo una clara definición de terroir del viñedo.

Es especialmente notorio en el caso de nuestro país, en donde los suelos del valle central al ser de carácter aluvial, presentan una gran variabilidad espacial en términos principalmente de textura, profundidad, y topografía, variables que tienen gran incidencia en el desarrollo de los viñedos y finalmente al integrarse a las ya expuestas tienen influencia directa en el producto tanto en rendimiento como en calidad y finalmente en la rentabilidad en los viñedos.

En base a lo expuesto, en la Figura 13, se puede apreciar un ejemplo de las diferencias en productividad para un cultivo considerando una escala intrapredial de variación de características físico-hídricas de suelo, en donde se puede evaluar con claridad el efecto espacial del suelo y con esto el asociado a manejo homogéneo de viñedos (en especial el riego). En ella se aprecian agrupaciones por colores de las distintas características de suelo asociadas a textura (expresadas en términos de conductividad electromagnética ( $dS \cdot m^{-1}$ )), observándose que en el caso de los suelos con más contenido de arcilla (grupo 2, con mayor conductividad), se vieron afectados los rendimientos (índice normalizados), mientras que en un suelo con menor conductividad (suelo franco, grupo) el rendimiento normalizado se maximizó, estableciéndose pérdidas relativas en los grupos 2 y 3.

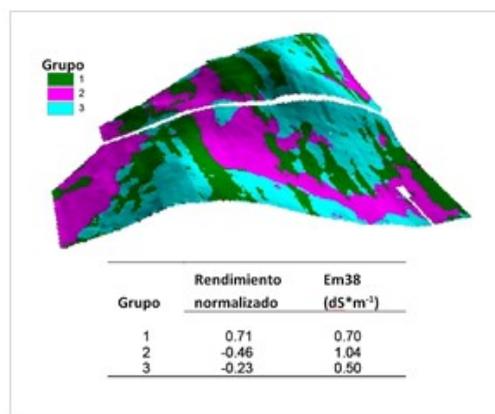


Figura 13. Evaluación de un cultivo, y su pérdida en productividad en relación a su topografía y a características físico-hídricas (evaluado a través de la conductividad electromagnética). Los distintos colores indican agrupaciones específicas de capacidad de retención de humedad y topografía. (Adaptado de Bramley, (2003a).

Por otra parte, si a esto sumamos el hecho que las programaciones de riego durante el ciclo del cultivo son realizadas sin considerar la variable climática como una primera aproximación para la programación del riego, el impacto puede ser mayor en cuanto existirán desbalances mucho más pronunciados entre las distintas áreas del cuartel, pudiendo encontrarse zonas tanto con exceso como con déficit en la aplicación de agua, respecto del óptimo requerido para el cultivo en las distintas etapas fenológicas del mismo y que repercutirá claramente en su rendimiento y calidad y finalmente sobre su rentabilidad.

Así, es claro sobre lo expuesto, que uno debe tener una clara definición de las condiciones de sitio existentes en el predio las cuales se deben definir sobre más una sola variable e integradas estadísticamente para lograr segmentaciones adecuadas en vías de una mejor definición de terroir del viñedo.

El concepto de terroir digital como ya se ha explicado, se define como las zonas similares dentro de un predio, en base a varias medidas cuantitativas (ej. topografía, suelo, desarrollo de biomasa, rendimiento, calidad de uva, etc.). La determinación de estas zonas de división es compleja debido a las diferentes combinaciones de suelo y factores climáticos, entre otros, los cuales afectan el rendimiento del cultivo.

Uno de los métodos utilizados para caracterizar los sitios específicos es el análisis de clústeres supervisado, lo que requiere una combinación de trabajos en terreno, mapas, imágenes aéreas, y la experiencia personal (Mausel et al., 1990), sin embargo, no siempre el usuario tiene conocimiento a priori de la información o áreas que deben ser utilizadas para el entrenamiento. Por ello se utilizan las técnicas de agrupamiento no supervisadas que realizan agrupaciones naturales de los datos a partir de los atributos que se incorporen (Jensen, 1996; Irvin et al., 1997). Dentro de las técnicas no supervisadas más utilizadas se encuentra la técnica iterativa de análisis de datos de auto agrupación (ISODATA) (Tou and Gonzalez, 1974), la cual requiere que cada variable en el conjunto de datos, muestren una distribución Gausiana y, además, para obtener mejores resultados es necesario que todas las varianzas muestren datos similares (Fraisie et al., 2001; Irvin et al., 1997). Estos dos requisitos pueden requerir preparación adicional de los datos antes de la clasificación.

A diferencia del algoritmo ISODATA, el c-means no requiere que las variables utilizadas en la clasificación tengan similares varianzas o sigan una distribución Gausiana (Irvin et al., 1997). El algoritmo c-means se basa en la minimización de una función objetivo definido como la suma de los cuadrados de las distancias desde todos los puntos de datos en el clúster de dominio al centro del clúster (es decir, el centroide). El algoritmo c-means utiliza un proceso iterativo para recalculando los clúster medios y le asigna el último valor a los clúster resultantes. El proceso de generación de clúster termina cuando el criterio de convergencia especificado (es decir, la cantidad de ciclos predefinidos) se cumple (Tou y Gonzalez, 1974).

Ruspini (1969) introduce el concepto de agrupación difusa (Fuzzy), que permite asignar a cada dato un valor de pertenencia dentro de cada clúster y por consiguiente un dato específico puede pertenecer parcialmente a más de un clúster. La aplicación de la teoría de conjuntos difusos a los algoritmos de agrupamiento ha permitido a los investigadores tener más en cuenta la continua variabilidad de los fenómenos naturales (Burrough, 1989).

Así, uno de los algoritmos de agrupación más ampliamente utilizado es el Fuzzy c-means, el cual utiliza un exponente de ponderación para controlar el grado de pertenencia que se produce entre las clases (Bezdek, 1981). El algoritmo de clasificación Fuzzy c-means se ha utilizado para clasificar datos de suelo y paisaje (Burrough et al., 1992; McBratney and DeGrujter, 1992; Odeh et al., 1992; Irvin et al., 1997), datos de rendimiento (Lark and Stafford, 1997; Lark, 1998; Stafford et al., 1998) y para imágenes de teledetección (Ahn et al., 1999; Boydell and McBratney, 1999). En la Figura 14 se presenta un ejemplo de clasificación Fuzzy c-means realizada por Fridge et al. (2004) sobre tres variables de suelo: conductividad eléctrica aparente, elevación y pendiente, donde entregan resultados para diferentes zonas de agrupación (dos, cuatro y seis zonas).

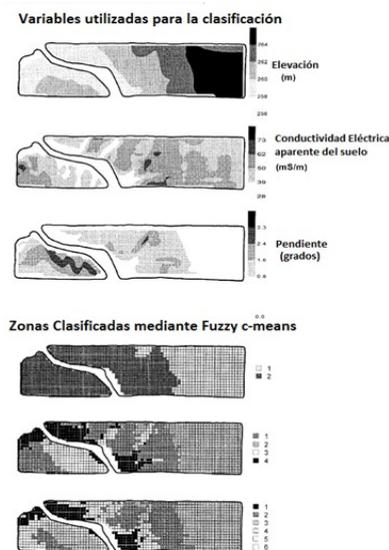


Figura 14. (Arriba) Variables a clasificar (Elevación, Conductividad eléctrica aparente del suelo y pendiente). (Abajo) Clasificación con 2, 4 y 6 zonas. (Fridgen et al., 2004)

Las agrupaciones generadas por el método de Fuzzy c-means (Figura 14), presentan zonas con formas irregulares, y no con formas geométricas simples (cuadrado, rectángulo o triángulo), necesarias para hacer prácticas las zonas en cuanto al manejo. Sin embargo, dejan zonas claramente definidas en donde se aplican criterios prácticos asociados a definición de zonas geométricas (cuadros, rectángulos, etc.) en donde cada zona definida abarque el mayor porcentaje de una sola zona, pudiendo quedar un porcentaje menor de otra que no corresponda, pero se potencia la mayor parte de la zona en una línea clara.

Sobre lo expuesto podemos mencionar que existen distintos algoritmos de segmentación tales como:

- Análisis multivariado de clusters.
- Lógica difusa
- Fuzzy cognitive maps
- Multivariate Factor analysis.
- Sistemas vectoriales de segmentación.

Un ejemplo de lo anterior lo representa la inclusión de la lógica difusa en la definición de segmentación de mapas de información de distinto índole. En el caso de lógica difusa antes mencionado, se puede encontrar en el software Mapwindows (software libre), uno de cuyos plugins (VnrPToolkit), también gratuito tiene los elementos principales de discriminación vía lógica difusa.

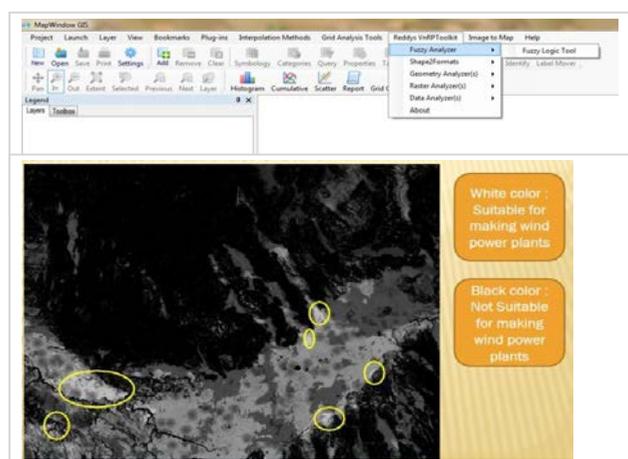


Figura 15. (a) Ventanas del plugin de fuzzy logic en mapwindow gis (b) resultado de un ejemplo de aplicación para la ubicación de plantas de generación de energía eólica, tomando en consideración distintas variables de interés.

Segmentación de calidad desarrollada y elementos considerados.

Como ya fue mencionado en detalle en el capítulo 3, se realizaron evaluaciones de calidad de uva (niveles de antocianos e índice de ferri) mediante equipo multiplex para la definición de dichas zonas. De esta manera los sectores finalmente son discutidos con el personal de la empresa en sus aspectos logísticos para permitir el óptimo desempeño de las cuadrillas de trabajadores durante cosecha. Así los planos de cosecha que han sido utilizados durante la vendimia cuentan con la información de las hileras de inicio/termino y centrales de inicio/término para cada uno de los cuarteles donde ha sido desarrollado el análisis de segmentación; además se presentan la superficie de los segmentos propuestos y la calidad potencial de cada uno de ellos.

En la Figura 16 son presentados un ejemplo de los mapas finalmente entregados hacia cosecha para su uso a nivel de campo para la viña Valdivieso SA.

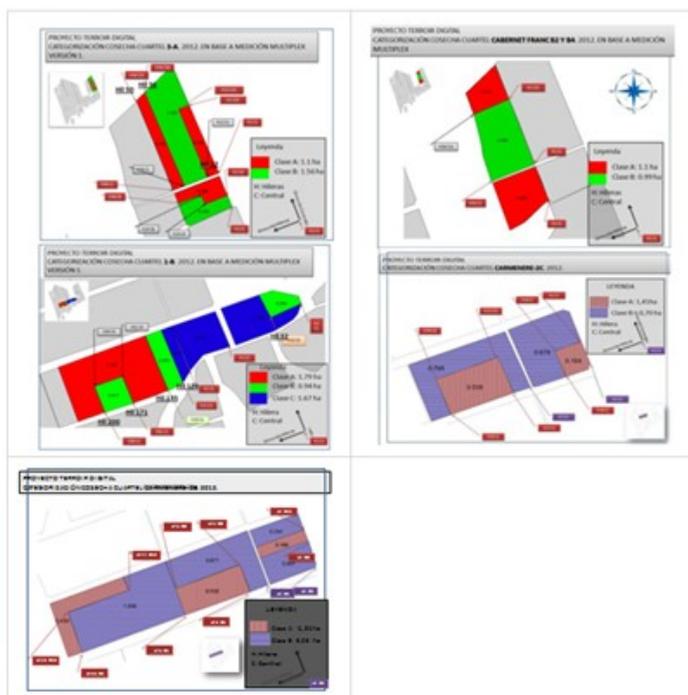


Figura 16. Ejemplo de Mapas de segmentación utilizados en la vendimia 2012 (viña Valdivieso, Predio la Primavera) para distintas variedades: Cabernet Franc, Cabernet sauvignon, Carmenere.

Con los mapas mostrados en la Figura 16, se han desarrollado en dos temporadas consecutivas vinos diferenciados con un buen resultado final de estos (ver capítulo 3). Así, una prospección inicial (cata desarrollada en bodega, figura 17) de las calidades de los vinos generados tras la segmentación de la temporada 2012, arroja resultados concluyentes en relación a que la segmentación en base al sistema propuesto da resultados que involucran una identificación de los vinos Premium en relación a partidas que tienen un menor potencial en precio de venta.



Figura 17. Cata de vinos desarrollada a partir de las segmentaciones presentadas en los mapas de la fig. E2. Mayo de 2012, Viña Valdivieso SA (Laboratorio de Planta Lontué)

Actualmente se continúa con evaluación enológica de los vinos (temporada 2013), dado que se requiere de una mayor maduración de los mismos para definir con mayor precisión la eficiencia de la categorización desarrollada. No obstante esto, ha sido notable la diferencia alcanzada desde un principio, habiendo sido a juicio del enólogo de la viña una mejor diferenciación.

De acuerdo al actual avance del programa, los elementos de decisión para la segmentación de los cuarteles han sido principalmente de 3 tipos: (1) información de la concentración de antocianinas e índice de ferrari que presenta la uva antes de cosecha durante la temporada y que es determinada mediante una grilla de muestreo en terreno y un posterior análisis de conglomerados; (2) mapa de suelos, representados por las diferencias en conductividad electromagnética que fueron determinado al inicio del proyecto y planos de topografía y derivados de este mapa (exposición, etc.) y (3) los planos de índice de Vigor vegetativo para las diferentes temporadas (figura 18).

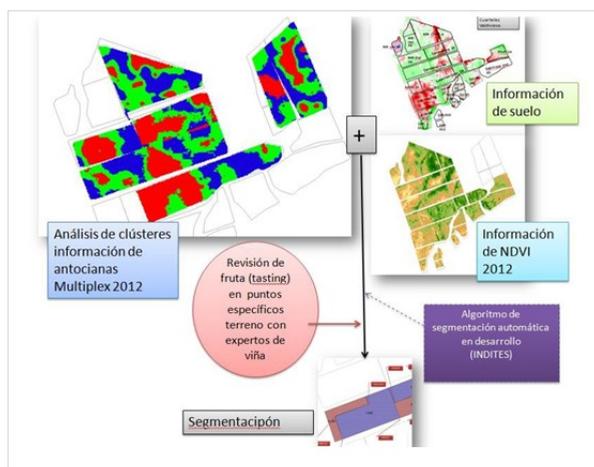


Figura 18. Elementos de toma de decisión para la segmentación considerados para la segmentación de los cuarteles antes de cosecha. Se muestra asimismo la revisión realizada con la visita a campo de personal especializado de la viña.

Sin embargo, si bien el equipo multiplex realiza una función de definición de zonas de calidad claras, este no es muy eficiente en cuanto al punto de captura en campo, siendo este bastante consumidor de tiempo. Así, se busca la generación de una definición de zonas de calidad más eficiente que permita luego el uso de multiplex en un formato más eficiente claro está, con test de campo incluido. Así se buscó el uso de los planos mencionados anteriormente, en una combinación y análisis estadístico, que permita finalmente dar un plano combinado el que es expresado en zonas de cosecha diferenciada, esto es debido a que la información de un mapa como el de NDVI, Conductividad eléctrica (EM38), topografía, etc. por si solos no son suficiente para definir zonas homogéneas, factor que ha sido uno de los problemas dentro del sector productivo ya que se esperaba esto cuando se introdujeron, pero en el tiempo se ha visto con claridad que esto no es así. Por lo tanto, se buscó la integración de los planos mediante el uso de análisis multivariado de información.

Una distribución multivariada puede ser expuesta en representaciones de 2 o más dimensiones; así, por ejemplo en la siguiente figura 19, la distancia entre los puntos en un gráfico de 3 dimensiones, determina la similitud relativa en los patrones de datos. En esta gráfica de ejemplo, cada eje representa la cantidad de nitrógeno, (N); fósforo (P) y Potasio (K), presentes en un cultivo bajo riego por pivote central (figura 19).

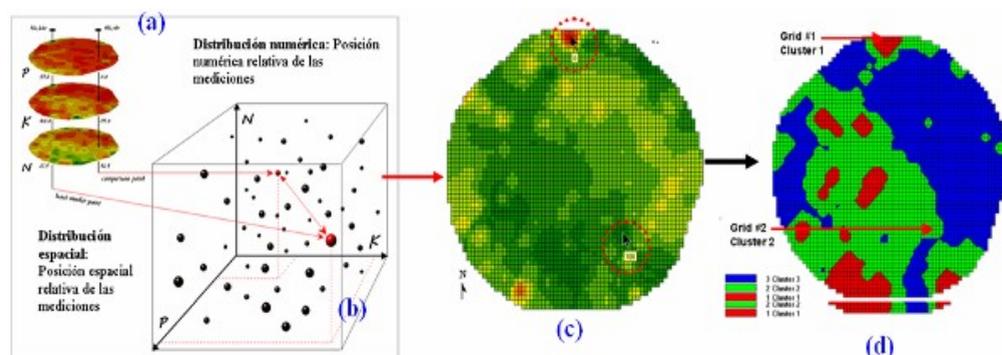


Figura. 19. Visualización de las variables espaciales para un suelo de cultivo en pivote central, en donde (a) distribución espacial concentraciones de N, P y K; donde se han elegido dos puntos de comparación (b) diagrama 3D, de distribución numérica; (c) mapa de similitud para los puntos en estudio; (d) mapa de agrupamiento o “clustering” de los valores.

En la figura 19 (b), se puede señalar que los valores puntuales en rojo son los poco parecidos, si se realiza una comparación numérica, ya que están muy alejados en la gráfica. La distancia relativa entre estos puntos de comparación (muy alejados) y todos los demás puntos, otorga un valor numérico de “índice de similitud” el cual es graficado en la Figura 19 (c), en donde los tonos verdes indican localizaciones con cantidades similares de N, P y K, y los tonos rojos indican áreas con concentraciones diferentes de estos nutrientes. Finalmente, en la Figura 19 (d), grupos de puntos “flotantes” adyacentes, sirven para la identificación en el campo de zonas con similares patrones, lo que permitirá segmentar los viñedos, en vías de la definición del Terroir digital postulado.

Basado en la definición de zonas, se ha trabajado en la clasificación de la información predial de sitio que generalmente es accesible, de tal forma que permita una evaluación de la caracterización que se puede llegar a validar esta con la información obtenida de multiplex y test de campo. Así, en la figura 20, podemos ver que sobre la base de mapas de vigor, Topografía, y Aspectos, se realizó el análisis de similitud antes expuesto, para evaluar este con respecto al plano de antocianos obtenidos con el equipo multiplex (Figura 20), el cual como se explicó en capítulo 3, genera valores asertivos en relación a la calidad de uva y finalmente del vino.

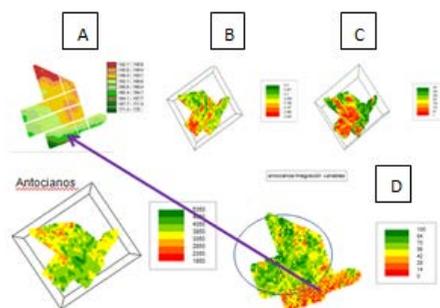


Figura 20. Planos espaciales de variables de sitio del predio La Primavera, Valdivieso (A- topografía, B- NDVI, y C-Aspecto), Plano de antocianas y Plano de similaridad integrado (D).

Como podemos ver en la figura 20 (A, B y C), la asociación entre variables únicas y plano de antocianas no existe un patrón claro. Por otra parte, desde la misma figura, podemos ver que el plano de similaridad (figura 20, D), existe mayor similitud entre los patrones de calidad y las variables de sitio integradas en las zonas planas (colores verdes con similitudes mayores a 60%), sin embargo, en las zonas con pendientes estas caen abruptamente. Esto se puede explicar ya que no existe una variable de sitio que asocie las variables de suelo (textura, profundidad, etc.). Así, al integrar al análisis el plano de conductividad eléctrica, el cual se asocia a las variables de suelo (Figura 21), se puede mejorar bastante el análisis de patrones.

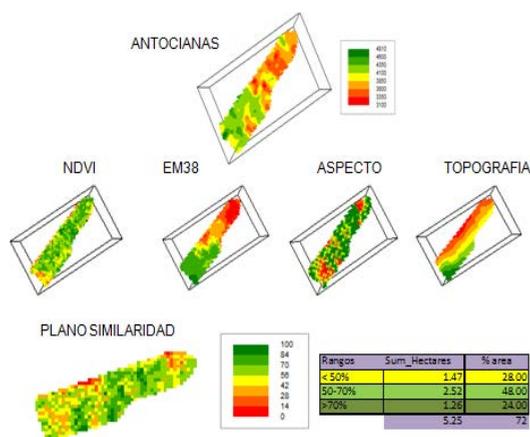


Figura 21. Planos espaciales de variables de sitio del predio La Primavera, Valdivieso, Plano de antocianas y Plano de similaridad integrado.

De la figura 20 y 21 podemos inferir que la inclusión del plano de conductividad eléctrica (EM38), incrementa sustancialmente la similitud entre las variables de sitio y la de antocianas encontradas, generando una conclusión sobre la necesidad de incorporar información, pero bien analizada, para poder tener un mejor acercamiento a lo que ocurre en cuanto a la calidad dentro de predio.

Sobre este análisis y el de antocianas, se procede a realizar la segmentación de cosecha las cuales serán llevadas a distintas cubas de la viña (Figura 22).

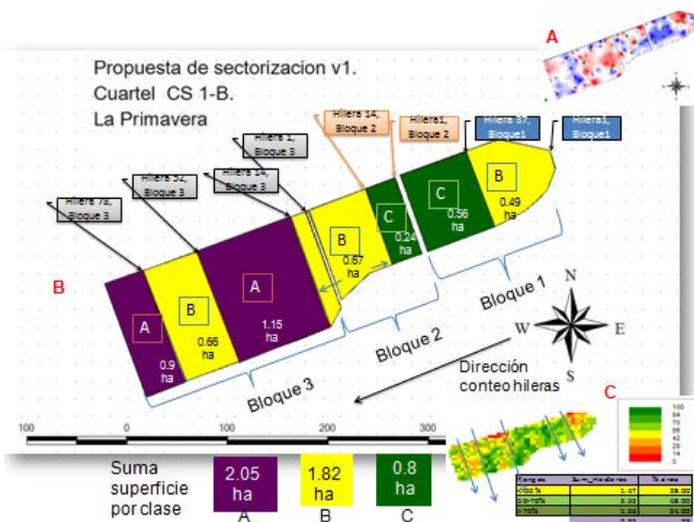


Figura 22. Propuesta de segmentación de cosecha (B), Plano de antocianos (A) y Plano de similaridad integrada (C) para este cuartel en particular de la viña.

Es claro que el análisis integrado de variables mejora sustancialmente el proceso de zonificación y posterior segmentación con una relación más clara con el producto final de calidad y también con el rendimiento, el problema es evaluar si estas relaciones son estables en el tiempo. Para lograr dicho efecto, debemos introducirnos en análisis más complejos de trabajo que integren la espacialidad en sus formas 3D que existen en los predios y a la vez en el tiempo. Como ha sido mencionado en las anteriores secciones del presente libro, actualmente se está trabajando sobre otros elementos de toma de decisión para las segmentaciones antes mostradas que han sido integrados en el software INDITES para su uso automatizado, y se presenta en la siguiente sección de este capítulo.

#### Desarrollo y contexto de la aplicación INDITES (INIA DIGITAL TERROIR SOFTWARE)

En esta sección de este capítulo veremos en detalle el desarrollo de análisis de variables de sitio y su integración con las variables de calidad (antocianos o ferrari index). Tal como fue explicado en el Capítulo 3, el uso del equipo multiplex permite la obtención de antocianos como índice de ferrari estimados, los cuales generan una adecuada estimación de la calidad del cuartel. Sin embargo, el índice de ferrari nos ha dado un resultado un poco más estable y robusto en esta cuantificación de zonas por lo que se decidió trabajar con este índice finalmente para el desarrollo de este análisis e integración en la aplicación Indites.

#### Análisis Espectral índice de Ferrari

Las siguientes 3 figuras (ver Figuras 22, 23 y 24), muestran las distribuciones de densidad de probabilidad de las temporadas 2012, 2013, e integración 2012-2013 en una sola (201X), para las variedades Cabernet Sauvignon, Malbec, y Carmenere, respectivamente.

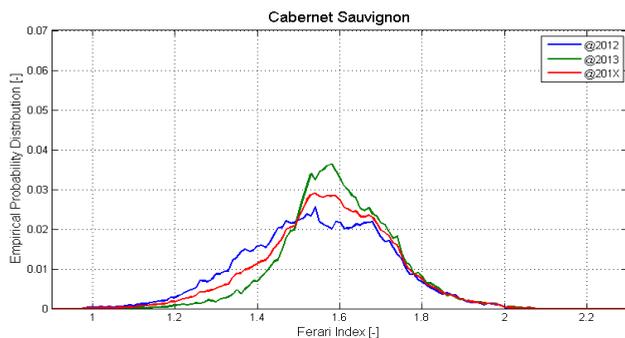


Figura 22. Distribución de densidad de probabilidad de la variedad Cabernet Sauvignon, temporada 2012, 2013 y 201x.

La figura 22, muestra una variación entre las distribuciones 2012 (verde) y 2013 (rojo), de las cuales se desprende que la media de la temporada 2013, se desplazó hacia la izquierda, mostrando una leve diferencia entre temporadas, esto se debe a que esta zona del predio es bastante estable en cuanto a su producción y características de calidad (zonas de calidad de la viña). Por otra parte, la figura 23 muestra una diferencia muy notoria entre las distribuciones 2012 y 2013; diferencia que denota un mayor nivel del índice de las muestras correspondientes al periodo 2013, para la variedad Malbec. Lo antes se explica debido que la temporada 2012 hubo bastante corrimiento en esta variedad, factor que se corrigió para la temporada 2013 resultando en una lectura mejor para esta temporada.

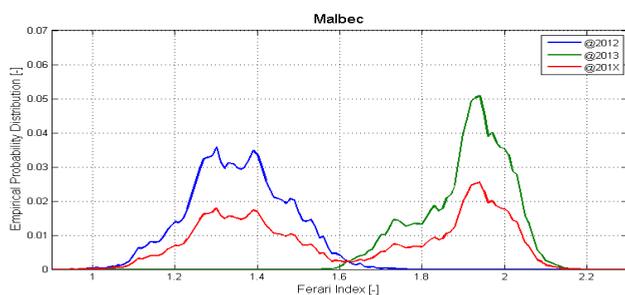


Figura 23. Distribución de densidad de probabilidad de la variedad Malbec, temporada 2012, 2013 y 201x.

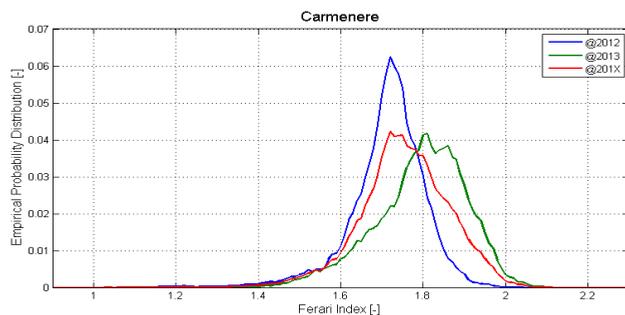


Figura 24. Distribución de densidad de probabilidad de la variedad Carmenere, temporada 2012, 2013 y 201x.

En la figura 24, se ve una clara estratificación de las temporadas, estratificación que se ve desplazada hacia la derecha transcurriendo desde la temporada 2012 a 2013. Del análisis de las curvas de distribución presentadas, se claramente el efecto temporal sobre la calidad de las uvas, factor muy importante de conocer para evaluar antes de cosecha debido a que permite optimizar la cosecha y finalmente los vinos que se producirán en esta. Además, para la bodega, permite evaluar si se requerirá comprar uvas si es que no se poseen las adecuadas para los compromisos de venta que se tienen.

#### Estratificación por Calidad

En base a la curvas de distribución se genera una clasificación de 7 estratos por cada variedad y año, sobre la cual se utiliza un clasificador de alta gama (Boosting), para su respectivo entrenamiento de clasificación asociadas a las variables de sitio.

Una vez escogidas la estratificación de la variable de calidad (Ferrari Index), se procede a integrar la información de sitio. La grilla de datos se puede apreciar en la figura 25, donde cada punto contiene la información correspondiente a EM38, topografía, aspecto, NDVI e Índice de Ferrari.

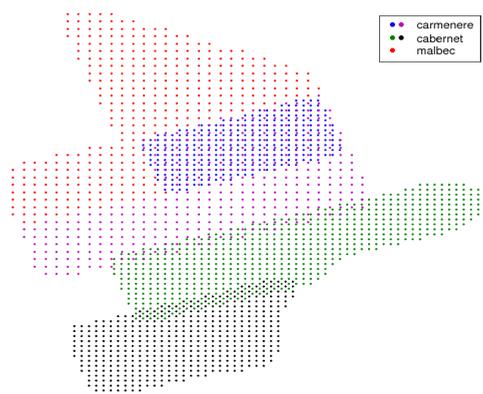


Figura 25. Grilla de datos para las variedades: carmenere {azul y violeta}, cabernet sauvignon {verde, negro} y malbec {rojo}.

La interpolación y mapeo de datos se realiza de manera espacial, con el fin de tener certeza de la conformidad del conjunto de datos. La figuras 26, muestran un ejemplo de la interpolación espacial de los patrones (Caso EM38) que se realizó para las variables EM38, topografía, aspecto, NDVI y Ferrari Index, para las variedades de Cabernet Sauvignon, Malbec y Carmenere, respectivamente.

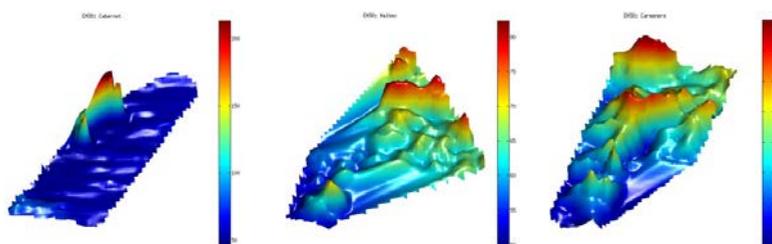


Figura 26. EM38 para las variedades: Cabernet, Malbec, Carmenere, de izquierda a derecha.

Para tener una perspectiva general, también se integran todos los gráficos interpolados, teniendo en cuenta la misma escala para no eliminar potenciales errores. La siguiente figura (ver Figura 27) muestra a medida de ejemplo el patrón Aspecto para los cuarteles analizados.

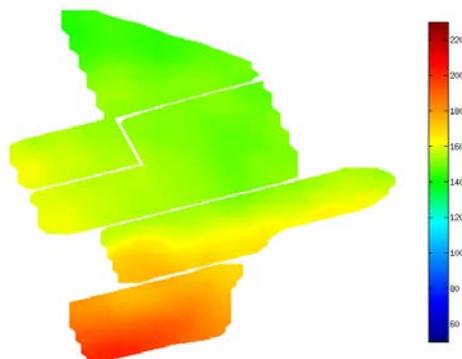


Figura 27. Aspecto para las variedades: Cabernet, Malbec, Carmenere.

### Entrenamiento

Ahora que se cuenta con una gran cantidad de información, dada la interpolación previamente realizada, es que se procede a entrenar 9 clasificadores de Ferrari Index a partir de la información de sitio obtenida, cada uno de ellos escogido en mediante la metodología Rapper, con el fin de escoger la estructura clasificatoria más adecuada. Donde los algoritmos clasificatorios fueron basaron en Boosting y Soportes de máquinas vectoriales SVM. Para el entrenamiento se tomó el 75% de los datos y se deja el 25% restante para verificar el cálculo del error (datos de control). Luego se generaron 3 clases de calidad de uva acorde a la experiencia obtenida en campo y vinos desarrollados definiendo Alta Calidad, Calidad Media y Calidad Baja los cuales abarcan los clasificadores desarrollados antes mencionados. Las siguientes 3 figuras (ver Figura 28, 29 y 30) muestran los errores de control en función de las iteraciones por cada clasificador. Los errores de control (identificación de falsos positivos) se describen a continuación:

Cuadro 1. Tabla de errores de control para cada variedad.

| Variety                   | High Quality | Medium Quality | LowQuality |
|---------------------------|--------------|----------------|------------|
| <i>Cabernet Sauvignon</i> | 7,01%        | 10,81%         | 2,21%      |
| <i>Malbec</i>             | 1,89%        | 5,63%          | 3,57%      |
| <i>Carmenere</i>          | 4,97%        | 6,38%          | 1,03%      |

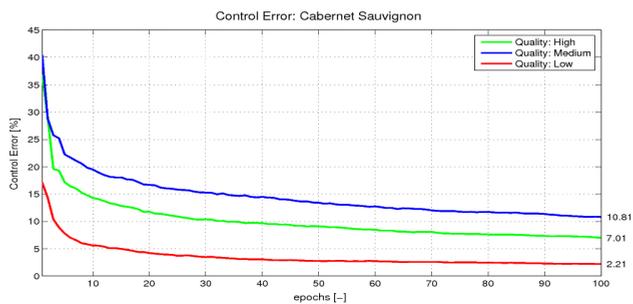


Figura 28. Error de control de los clasificadores de calidad correspondientes a la variedad Cabernet Sauvignon.

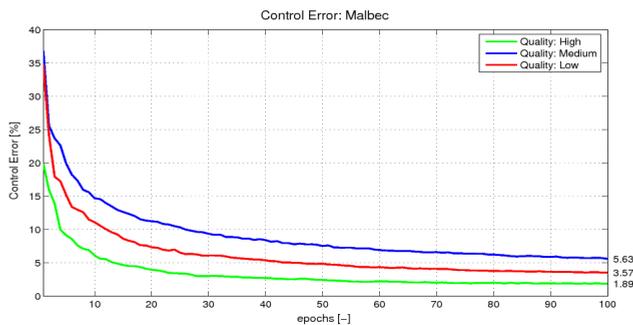


Figura 29. Error de control de los clasificadores de calidad correspondientes a la variedad Malbec.

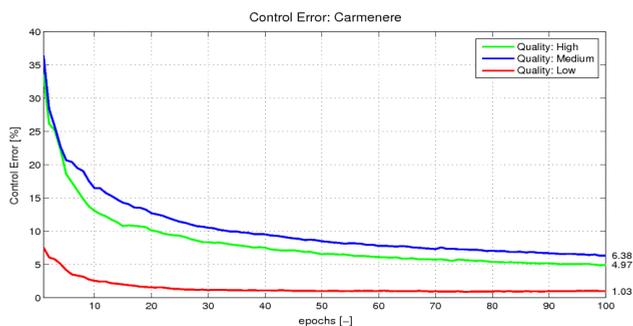


Figura 30. Error de control de los clasificadores de calidad correspondientes a la variedad Carmenere.

Calibración

Una vez listos los entrenamientos clasificatorios, se procede a implementar una red neuronal a la salida del clasificador. Las siguientes figuras (ver Figuras 31, 32 y 33 ) indican los resultados del índice de Ferari estimado en función del índice de Ferari medido.

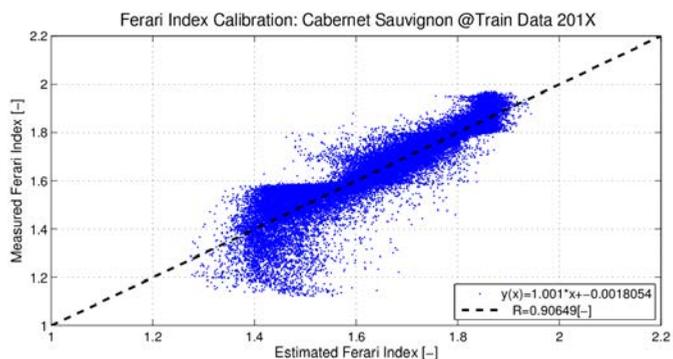


Figura 31. Calibración del índice de Ferari: Cabernet Sauvignon, datos de entrenamiento 201X.

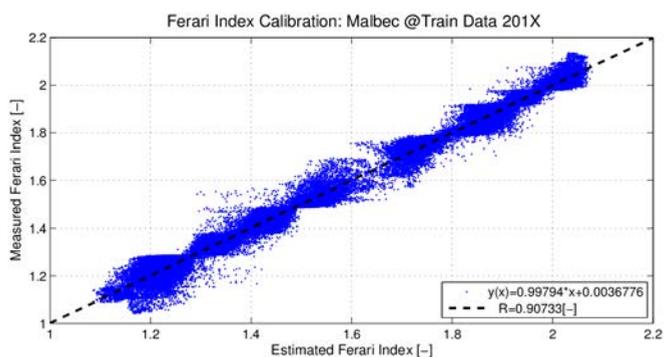


Figura 32. Calibración del índice de Ferari: Malbec, datos de entrenamiento 201x.

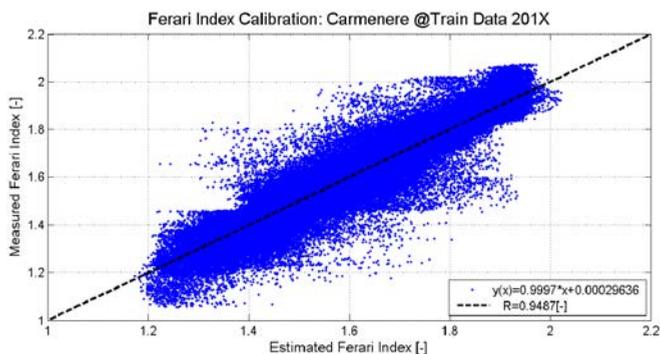


Figura 33. Calibración del índice de Ferari: Carmenere, datos de entrenamiento 201x.

Influencia de los patrones

A continuación se muestran los resultados obtenidos mediante el test de significancia propuesto por Weiss-Indurkha. Las siguientes 3 figuras (ver figura 34, 35 y 36) muestran las significancias de los patrones, por calidad, y variedad respectivamente.

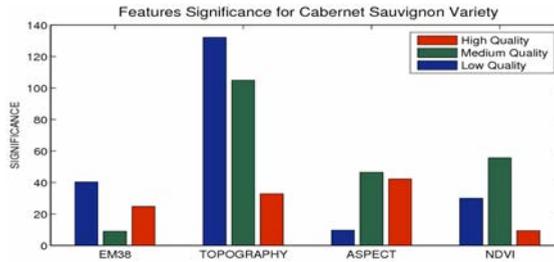


Figura 34. Significancia de los patrones para la variedad Cabernet Sauvignon.

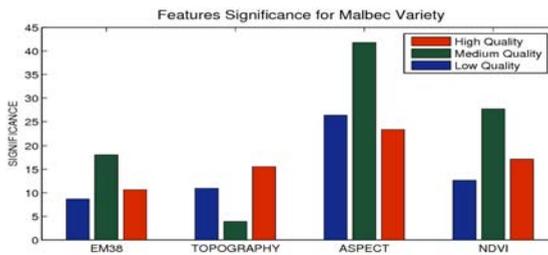


Figura 35. Significancia de los patrones para la variedad Malbec.

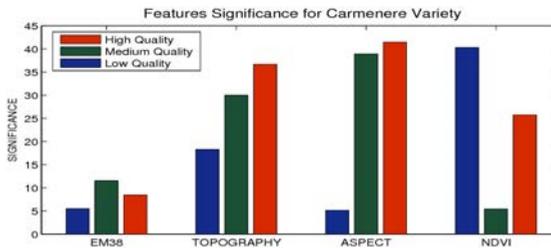


Figura 36. Significancia de los patrones para la variedad Carmenera.

De los gráficos anteriores se desprende que existe un peso diferencial en la expresión de calidad según la posición en el espacio de las plantas. Es claro que para el caso de cabernet el mayor peso lo lleva la topografía ya que esta variedad en análisis estaba principalmente en loma y media loma, no así las otras variedades que se encontraban en la parte plana donde otras variables toman incidencia en el análisis y aportan más en la estructuración de la calidad asociada. Sin desmedro de lo anterior, el modelo permite el ajuste para todas las variedades en estudio con bastante certeza para ambos años, destacando la gran diferencia que existió entre ambas temporadas y aun así genera un buen ajuste.

A modo de comparación, la figura 37 muestra el mapa de Ferrari Index, previamente interpolado, con mapas de color ajustados por cada variedad para poder compararlo con los resultados obtenidos.

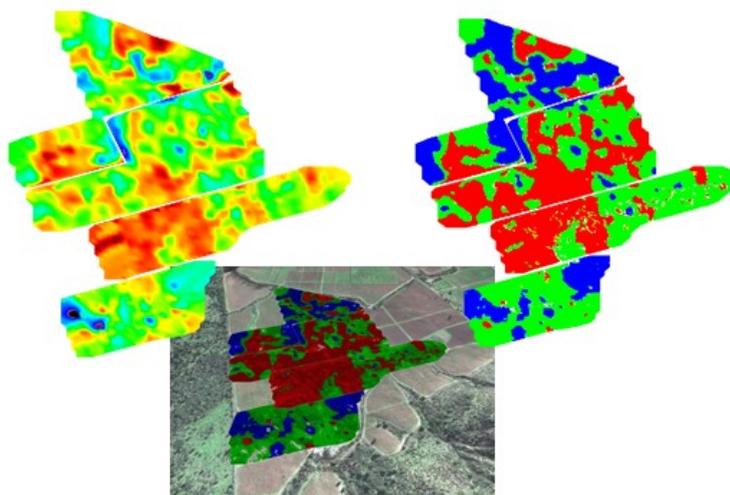


Figura 37. Comparación de los resultados obtenidos con el mapa de Ferrari Index. Gráfica izquierda: Mapa Ferrari Index; Gráfica derecha: clusters de calidad.

Evaluación de los resultados del modelo incorporado en el software INDITES

En los siguientes mapas (Figura 38) podremos evaluar la estimación que se hace con el modelo INDITES de las variables de calidad. Cabe destacar que esta estimación se hace con variables estáticas (topografía, aspecto y EM38) y variables dinámicas (NDVI), siendo esta última obtenida en Enero permitiendo proyectar el resultado de la calidad que fue obtenido con el equipo multiplex una semana antes de cosecha en Marzo.

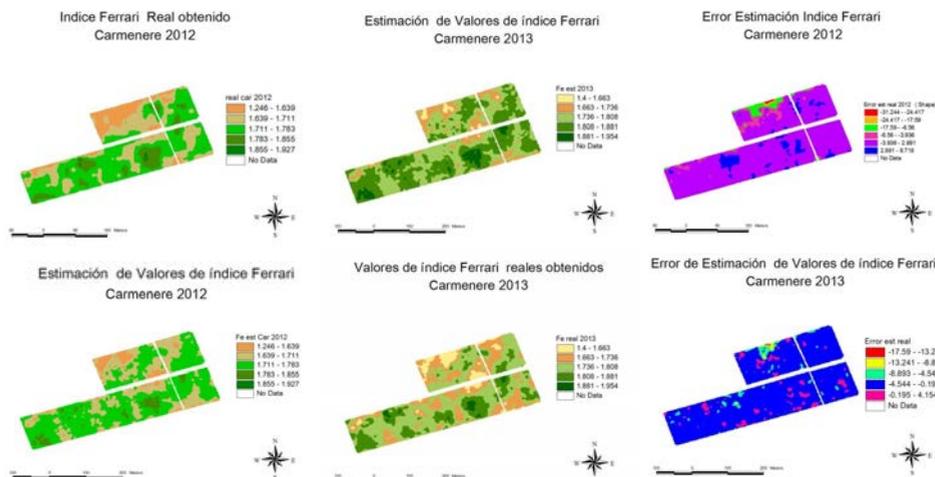


Figura 38. Comparación en la estimación del Modelo (Software INDITES) respecto al Índice de Ferrari obtenido en campo para dos temporadas de trabajo (zona inferior, mapas de error por año muestran un error del orden del 4 % en la mayor parte del cuartel).

Como ya ha sido señalado en el análisis anterior, se requiere de la generación de una arquitectura común para la integración de la información digital tanto espacial como temporal. Así, la plataforma INDITES persigue tanto la integración de información capturada entre temporadas para generación de los sectores cuyo comportamiento tenga un patrón común o similar (terroirs digitales) y dentro de cada una de las temporadas el permitir la segmentación automatizada de sectores para la cosecha diferenciada. Así, la estructura de trabajo de este modelo multifactorial espacio – temporal puede verse en la Figura 36, en la que se muestra la posición de la actividad del software INDITES en el contexto de la segmentación a ser desarrollada en cada temporada.



Figura 39. Desarrollo conceptual de la plataforma INDITES e integración de los distintos tipos de información presentada en el presente informe según sección.

Finalmente, cabe destacar que en la medida que se obtengan temprano en la temporada estas segmentaciones o tendencias espaciales productivas, darán pie a la aplicación de distintas medidas de manejo a estas distintas “zonas o terroir del cuarte”, lo que permitiría realizar cambios en las tendencias productivas. Lo anterior, a diferencia de la estadística tradicional, hace posible localizar los lugares en donde se optimicen dichos manejos y, con ello, la rentabilidad en busca de la calidad deseada, que es finalmente el objetivo principal de todo viñedo.

## Referencias

- Ahn, C.W., M.F. Baumgardner, and L.L. Biehl. 1999. Delineation of soil variability using geostatistics and fuzzy clustering analyses of hyperspectral data. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:142–150.
- Baret, F., Guyot, G. 1991. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and PAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35, 161–173.
- Best, S y J. Barrera. 2003. Buscando calidad en los viñedos de Chile. *Compendio Vitícola de Chile*. Editorial Nuevos Mundos. Santiago. Chile. 450p.
- Best; S., L. León and M. Claret. 2005. Use of Precision Viticulture Tools to Optimize the Harvest of High Quality Grapes. En proceedings of Frutic05 congress, 7th edition of Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering Symposium. Montpellier, France. P. 75.
- Best, S; Gatica G, and Leon L. 2009. Development of an assessment model of water stress of a Var. Merlot vineyard, based on the use of infrared thermography. Proceedings of the 8th edition of the Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering Symposium. 140-149p. January 5 to 9. Concepcion, Chile.
- Bezdek, J.C. 1981. *Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms*. Plenum Press, New York.
- Boydell, B., and A.B. McBratney. 1999. Identifying potential within field management zones from cotton yield estimates. p. 331–341. In J.V. Stafford (ed.) *Precision agriculture '99*. Proc. European Conf. on Precision Agric., 2nd, Odense Congress Cent., Denmark. 11–15 July 1999. SCI, London.
- Burrough, P.A. 1989. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *J. Soil Sci.* 40:477–492.
- Burrough, P.A., R.A. Macmillan, and W. VanDeursen. 1992. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observations and topography. *J. Soil Sci.* 43:193–210.
- Buschmann, C., Nagel, E., 1993. In vivo spectroscopy and internal optics of leaves as basis for remote sensing of vegetation. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 711–722.
- Cerovic, Z.G, J.P. Goutouly2, G. Hilbert, A. Destrac-Irvine2, V. Martinon, N. Moise. 2009. Mapping winegrape quality attributes using portable fluorescence-based sensors. En proceedings of the 8th Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering Symposium. Frutic 09-Chile. P. 301-310.
- Cerovic, Z.G., Moise, N., Agati, G., Latouche, G., Ben Ghazlen, N., Meyer, S., 2008. New portable optical sensors for the assessment of winegrape phenolic maturity based on berry fluorescence. *J. Food Comp. Anal.* 21, 650-654.
- Cerovic, Z.G., Moise, N., Agati, G., Latouche, G., Ghazlen, N.B., Meyer, S., 2007. New portable optical sensors for the assessment of winegrape phenolic maturity based on berry fluorescence. In: Stafford, J.V. (Ed.) *Precision Agriculture '07* Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. poster 035, p. 1-6.
- Chung, CH., Cheng SC., and Chang CC. 2010. Adaptive image segmentation for region-based object retrieval using generalized Hough transform. *J. Pattern recognition.* 43(10): 3219-3232.
- Chuvieco, E. 1996. *Fundamentos de la Teledetección espacial*. (3a ed.). Rialp. Madrid, España.
- Choné, X., C. van Leeuwen, P. Chéry, and P. Ribéreau-Gayon. 2001. Terroir influence on water status and nitrogen status of non-irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*): Vegetative development, must and wine composition. *S. Af. J. Enol. Vitic.* 22(1):8-15.
- Cupitt, J. and Whelan, B.M. (2001) Determining potential within-field crop management zones. In: G. Greiner and S. Blackmore (eds.). *Proceedings of the Third European Conference on Precision Agriculture*. June 18-20, 2001, Montpellier, France. pp7-12.

- Deloire, A., Ferrer, M., Carbonneau, A. 2003. Respuestas de la viña al terroir: elementos para un método de estudio. *Agrociencia*. Vol. VII, (1): 105-113.
- Falcetti, M. 1994. Le terroir. Qu'est-ce qu'un terroir? Pourquoi l'étudier? Pourquoi l'enseigner? *Bull. OIV* 67(2):246-275.
- Gladstones, J. 1992. *Viticulture and Environment*. 310 pp. Winetitles, Adelaide.
- Fridgen, J., N. Kitchen, K. Sudduth, S., Drummond, W. Wiebold, and C. Fraisse. SOFTWARE. Management Zone Analyst (MZA): Software for subfield management zone delineation. *Agron. J.* 96: 100-108.
- Fraisse, C.W., K.A. Sudduth, and N.R. Kitchen. 2001. Delineation of site-specific management zones by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity. *Trans. ASAE* 44(1):155-166.
- González R. y R. Woods. 1996. Tratamiento digital de imágenes.
- Gitelson, A. A., Merzlyak, M. 1994. Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of *Asculus hippocastanum* and *Acer platanoides* leaves. Spectral features and relation to chlorophyll estimation. *Journal of Plant Physiology*, 143, 286-292.
- Huglin, P. 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *C.R. Acad. Agric. Fr.* 64:1117- 1126.
- Huglin, P., and C. Schneider. 1998. *Biologie et écologie de la vigne*. 370 pp. Lavoisier Tec & Doc, Paris.
- Huete, A.R., Jackson, R.D., 1988. Soil and atmosphere influence on the spectra of partial canopies. *Remote Sensing of Environment*, 25(1), 89 – 105.
- Irvin, B.J., S.J. Ventura, and B.K. Slater. 1997. Fuzzy and isodata classification of landform elements from digital terrain data in Pleasant Valley, Wisconsin. *Geoderma* 77:137-154.
- Jackson, R.D., Huete, A.R., 1991. Interpreting vegetation indices. *Prev. Vet. Med.* 11, 185-200.
- Johnson, R. S., J. Ayers, T. Trout, R. Mead and C. Phene. 2000. Crop coefficients for mature peach trees are well correlated with midday canopy light interception. *Acta. Hort.* 537: 455 – 460
- Jensen, J.R. 1996. *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Johnston, H. and Robinson, J. (2001) *The World Atlas of Wine* (5th edition) Mitchell Beasley: London.
- Lark, R.M. 1998. Forming spatially coherent regions by classification of multivariate data: An example from the analysis of maps of crop apyieid. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 12:83-98.
- Lark, R.M., and J.V. Stafford. 1997. Classification as a first step in the interpretation of temporal and spatial variation of crop yield. *Ann. Appl. Biol.* 130:111-121.
- Mausel, P.W., W.J. Kamber, and J.K. Lee. 1990. Optimum band selection for supervised classification of multispectral data. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 56:55-60.
- Martin, D. (2000). The search for terroir - a question of management. In *Proceedings of the 5th International Symposium on Cool Climate Viticulture and Oenology*, January 16-20, 2000, Melbourne, Australia.
- McBratney, A.B., and J.J. DeGrujter. 1992. A continuum approach to soil classification by modified fuzzy k-means with extra-grades. *J. Soil Sci.* 43:159-175.
- Montenegro, J. 2006. Algoritmo basado en la transformación de Hough, para el reconocimiento invariante de chocolates rectangulares. *Detección de piezas falladas. Ind. Data.* 9(2): 47-52.
- Niezgoda, S. and S. Kalidindi. 2009. Applications of the Phase-Coded Generalized Hough Transform to Feature Detection, Analysis, and Segmentation of Digital Microstructures. *J. Computers, Materials & Continua.* 14: 79-97.

- Odeh, I.O.A., A.B. McBratney, and D.J. Chittleborough. 1992. Soil pattern recognition with fuzzy-c-means: Application to classification and soil-landform interrelationships. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 505–516.
- Riou, C., P. Pieri, and B. Le Clech. 1994. Consommation d'eau de la vigne en conditions hydriques non limitantes. Formulation simplifiée de la transpiration. *Vitis* 33:109-115.
- Rosin, P. 1997. Techniques for assessing polygonal approximations of curves. *IEEE Trans. Pattern analysis and machine intelligence.* 19(6)
- Ruspini, E.H. 1969. A new approach to clustering. *Inf. Control.* 15: 22-32.
- Seguin, G. 1988. Ecosystems of the great red wines produced in the maritime climate of Bordeaux. In *Proceedings of the Symposium on Maritime Climate Winegrowing*. L. Fuller-Perrine (Ed.), pp. 36-53. Department of Horticultural Sciences, Cornell University, Geneva, NY.
- Seguin, G. 1975. Alimentation en eau de la vigne et composition chimique des moûts dans les Grands Crus du Médoc. Phénomènes de régulation. *Conn. Vigne Vin* 9(1):23-34.
- Seguin, G. 1986. "Terroirs" and pedology of vine growing. *Experientia* 42:861-873.
- Stafford, J.V., R.M. Lark, and H.C. Bolam. 1998. Using yield maps to regionalize fields into potential management units. p. 225–237. In P.C. Robert et al. (ed.) *Precision agriculture. Proc. Int. Conf., 4th, St. Paul, MN. 19–22 July 1998.* ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Taylor, J.A. 2004. *Precision Viticulture and Digital Terroirs: Investigations into the application of information technology in Australian Vineyards.* Tesis PHD. The University of Sydney. 223 pp.
- Trégoat, O., J.P. Gaudillère, X. Choné, and C. van Leeuwen. 2002. The assessment of vine water and nitrogen uptake by means of physiological indicators. Influence on vine development and berry potential. (Vitis vinifera L. cv. Merlot, 2000, Bordeaux). *J. Int. Sci. Vigne Vin* 36(3):133-142.
- Tou, J.T., and R.C. Gonzalez. 1974. *Pattern recognition principles.* Addison-Wesley, Reading, MA.
- Turner, D. P., Cohen, W. B., Kennedy, R. E., Fassnacht, K. S., Briggs, J. M., 1999. Relationships between leaf area index and Landsat TM spectral vegetation indices across three temperate zone sites. *Remote Sensing of Environment*, 70, 52– 68.
- Van Leeuwen C., P. Friant, X.Choné, O. Tregcoat, S. Koundouras, and D. Dubourdiou. 2004. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *Am. J. Enol. Vitic.* 55:3 (2004)
- Van Leeuwen, C., and G. Seguin. 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (Vitis vinifera variété Cabernet franc, Saint-Emilion, 1990). *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 28(2):81-110.
- Van Leeuwen, C. 1995. Comportement de deux cépages (Vitis vinifera variété Merlot et variété Cabernet franc) dans trois sols de la région viticole de Saint-Emilion. In *OEnologie 1995: 5e Symposium International d'OEnologie.* A. Lonvaud-Funel (Ed.), pp. 3-8. Lavoisier Tec & Doc, Paris.
- Winkler, A., J. Cook, W. Kliewer, and L. Lider. 1974. *General Viticulture.* 710 pp. University of California Press, Berkeley.
- Wilson, J.E. (1998) *Terroir - The role of geology, climate and culture in the making of French wines.* Mitchell Beazley. London.



## IMPLANTACIÓN PLATAFORMA DE DIFUSIÓN (PAGINA WEB / APP ANDROID)

Valeska Concha C.

Transferencia Tecnológica y Difusión del proyecto.

Introducción

El desarrollo de un plataforma de información para el proyecto, es de vital apoyo para ámbitos como la difusión y transferencia de los diferentes contenidos del proceso y sistemas que se utilizan, para ello es necesario implementar un sistema web que cumpla con estándares de diseño, manejo web y que sea de vital información para quien desea conocer el trasfondo del proyecto.

Por otro lado, durante las últimas décadas, hemos sido testigos de los importantes avances logrados en el área de la tecnología celular. En la actualidad, no sólo los teléfonos móviles son usados para hacer llamadas o enviar mensaje de texto, sino que también integran diferentes funcionalidades, como el receptor GPS, navegación web, reproductor de música, fotografía digital, etc.

Enfocándonos puntualmente en el desarrollo de este proyecto, es de suma importancia incorporar ambas tecnología, ya que permitirá de mejor forma la gestión y control del trabajo productivo en el campo.

TRANSFERENCIA TRADICIONAL.

En la presente sección, se dan a conocer algunas de las actividades relacionadas a la trasferencia tradicional del proyecto y que posteriormente serán integradas en el sitio web del proyecto de Viticultura de Precisión.

i.1 Presentación en congreso científico.

En la Figura 1, se presenta el trabajo expuesto como paper en el último Congreso de Ingeniería agrícola (CIGR AgEng 2012) de Valencia.

Por otra parte, los resultados asociados a la tecnología Vis/NIR para la determinación no destructiva de factores asociados a calidad de fruto en el presente proyecto también fueron mostrados en una sesión de poster en el congreso antes mencionado (figura 2).

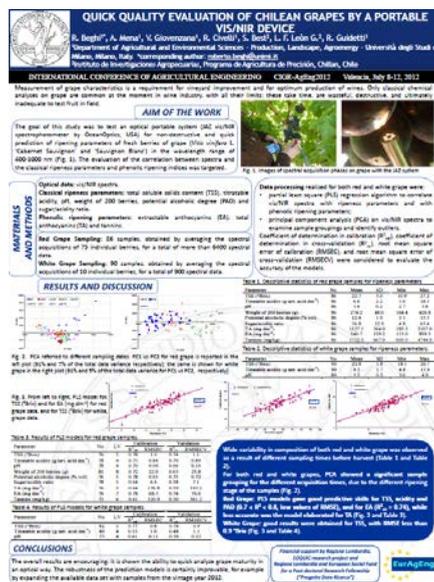


Figura 1. Paper presentado en congreso de Ingeniería agrícola (CIGR AgEng 2012) de Valencia.

Los trabajos antes mencionados tuvieron una muy buena recepción de la audiencia, tanto por los niveles de ajuste alcanzado, metodología empleada y el marco de la iniciativa en la que se desarrolla el trabajo.

Reuniones con personal de la empresa.

Durante la temporada se establecieron diversas reuniones técnicas en las viñas (terreno) (figura 3) asociadas al proyecto, tanto para dar a conocer los avances, para realizar planificación de actividades y para difusión de problemas en relación a la deshidratación de la fruta.



Figura 3. Visita a terreno Viña Valdivieso. Enero 2012 .

Visitas a terreno y ayuda de la tecnología asociada a Smartphones.

Durante la presente temporada, el uso de Smartphones ha sido muy importante, al poder ver simultáneamente la localización del punto donde se está tomando actualmente una muestra y la distribución de áreas de segmentación en el terreno. Lo anterior ha hecho evidente que para el presente proyecto tenga una salida con mayor potencia hacia el sector productivo, es importante finalmente tomar en consideración este aspecto, por lo que para la extensión de resultados de este proyecto se ha decidido el explorar en el desarrollo de una aplicación especialmente orientada a viticultura de precisión.

En la figura 4, se muestran un ejemplo de mapa de niveles de antocianinas para las Viña Valdivieso y Cucha Cucha, utilizando una aplicación gratuita capaz de leer archivos .KML.

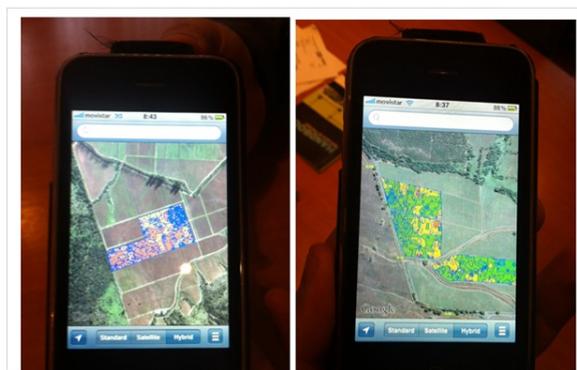


Figura 4. Mapas de la viña Valdivieso y Cucha Cucha desplegados en un Smartphone.

SITIO WEB

Desarrollo de sistema para información y transferencia vía formato web.

El desarrollo de un sistema de información para este proyecto, es de vital apoyo para ámbitos como la difusión y transferencia de los diferentes contenidos del proceso y sistemas que se utilizan, para ello es necesario implementar un sistema web que cumpla con estándares de diseño, manejo web y que sea de vital información para quien desea conocer el trasfondo del proyecto.

Ventanas principales del Sitio Web:

La web principal cuenta con cuatro menús de interacción, por donde se detallan cada una de las partes del proyecto y sus resultados.

A continuación destacaremos dos ventanas (layout) del sitio web.



Figura 5. Página de inicio sitio web.



Figura 6. Sección de contenidos sitio web.



Figura 7. Sección de contenidos sitio web.

**GESTOR DE MAPAS “MAPSERVER”:**

Entre los avances del proyecto, se implementó un gestor de mapas, el cual permitirá a los usuarios del sistema visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de internet de una manera fácil y rápida. Para tener acceso al gestor de mapas, los usuarios deberán acceder a través del sitio web vitivinicultura de precisión con “usuario” y “contraseña” los cuales serán asignados una vez que se complete ese módulo de programación.



Figura 8. Interacción sistema con el servidor de mapas.

LIBRO HANDBOOK Electrónico, CAP. VITIVINICULTURA DE PRECISIÓN. IMPACTO

El libro Handbook de AP, contiene material referido al presente proyecto, entre otras iniciativas llevadas a cabo por PROGAP INIA. Debido a la relevancia que ha tenido el desarrollo del libro de Agricultura de Precisión y el fuerte impacto que ha tenido el hecho de publicarlo (zona descarga gratis) a través de medios argentinos como lo es el portal del "Sitio Agrícola". Para este capítulo, destacamos el capítulo de Vitivinicultura de Precisión que el libro posee, en el cual se da a conocer sobre principios, tecnología y de los avances de la vitivinicultura de precisión en Chile.

Portal el Sitio Agrícola:

<http://www.elsitioagricola.com/CultivosExtensivos/LibroIniaAP/libro3.asp>



Figura 9. Portal de descargar libro Agricultura de Precisión.

Cantidad de descargas Handbook Agricultura de Precisión.

A continuación, se presenta un gráfico con la representación de los diferentes lugares que han bajado el libro.

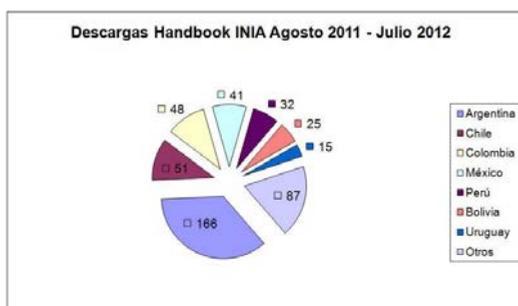


Figura 10. Gráfico, descargas Handbook Agricultura de Precisión.

En la siguiente Figura. Se muestra un detalle de la base de datos de usuarios generadas por la descarga del libro de agricultura de precisión.

| NOMBRE                   | CUIDAD                              | COMENTARIOS  | FECHA               | PAIS-CODIG PAIS |
|--------------------------|-------------------------------------|--|---------------------|-----------------|
| DANIEL EDUARDO PROMERO   | SAN JUAN                            |  | 2011-08-21 08:41:00 | AR Argentina    |
| César Padriani           | muchala                             | Estoy interesado en el libro porque me parece un tema de mucha       | 2011-08-26 15:05:00 | EC Ecuador      |
| david riaz               | sta cruz                            | bigelgithr   | 2011-08-27 21:44:22 | BO Bolivia      |
| ciencia de san antonio a | gralalvian                          |  | 2011-08-28 22:27:06 | AR Argentina    |
| Guillermo Rivas          | Sala                                |  | 2011-08-29 19:24:00 | AR Argentina    |
| Florencia mast           | benavogno                           |  | 2011-08-30 23:33:00 | AR Argentina    |
| Anahí Fátas              | San Francisco                       | Gracias  | 2011-08-31 00:43:27 | AR Argentina    |
| amelia                   | amencia                             |  | 2011-08-31 14:44:00 | AR Argentina    |
| maria ana bergesot       |                                     |  | 2011-09-01 12:05:43 | AR Argentina    |
| Eduardo Yalacillo        | maguaya                             |  | 2011-09-02 05:31:00 | AR Argentina    |
| Guillermo Benini         | Sala                                |  | 2011-09-29 18:24:47 | AR Argentina    |
| starkley bezi            | chilán                              | yo   | 2011-08-29 20:42:00 | CL Chile        |
| Alejandro Heberg         | Sala                                |  | 2011-09-03 19:52:00 | AR Argentina    |
| oscar piroli             | mercedes                            |  | 2011-09-05 22:09:51 | UY Uruguay      |
| zito                     | ort                                 |  | 2011-09-06 16:48:00 | AR Argentina    |
| Victor Molo              | La Paz                              |  | 2011-09-06 16:38:00 | BO Bolivia      |
| Marcos Roca              | Misamis                             | ¿Será posible obtener mayor información sobre una capacitación       | 2011-09-07 00:00:00 | AR Argentina    |
| Jorge Walter Escudero    | Sala (Capital)                      |  | 2011-09-07 02:05:00 | AR Argentina    |
| Hilberth ramirez         | urucubi                             | quisiera saber mucho mas sobre la cita de bufatti                    | 2011-09-07 17:42:25 | AR Argentina    |
| RESIS SOTO ROCINA        | SAN FRANCISCO DE CAMPECHE, CAMPECHE | TRABAJA EN RIFAP-SAGAPPA EN EL AREA DE AGRICULT                      | 2011-09-08 16:02:00 | MX Mexico       |
| ANTONIO SCLER            | ASUNCION                            | INTERESADO EN EL MATERIAL  | 2011-09-08 00:54:43 | PY Paraguay     |
| benedito vassallo        | la oja                              |  | 2011-09-08 08:36:30 | AR Argentina    |
| Monsaef Nal amara        | Trinidad                            | Me interesa este libro y tambien si hay algun post grado             | 2011-09-12 10:57:36 | BO Bolivia      |
| elen navari              | postmar                             |  | 2011-09-09 12:44:30 | AR Argentina    |
| Linda Gabriel            | san francisco                       |  | 2011-09-13 11:47:46 | AR Argentina    |
| Hepp Alencor             | Urubaman                            |  | 2011-09-05 23:55:30 | AR Argentina    |
| Elio Andres Guin         | Los Toldos                          |  | 2011-09-06 17:53:43 | AR Argentina    |
| Jorge Walter Escudero    | Sala (Capital)                      |  | 2011-09-07 02:05:00 | AR Argentina    |
| translacioneapaco        | hamburgo                            |  | 2011-09-08 16:46:30 | AR Argentina    |
| hector tabacchi          | oro verde                           | ...  | 2011-09-09 18:38:05 | AR Argentina    |
| manuel marino            | venecia                             |  | 2011-09-11 00:07:32 | ES España       |
| Alicia Leonardo Martin   | Fernambuco                          |  | 2011-09-13 20:18:52 | AR Argentina    |
| caufar valsequi          | Formosa                             |  | 2011-09-14 00:17:06 | AR Argentina    |
| nicolas romero           | buenos aires                        |  | 2011-09-15 13:41:00 | AR Argentina    |
| Rancho el Tacamo         | guzman                              | me interesa saber lo actual de la tecnologia de precision y su aplic | 2011-09-15 16:22:46 | AR Argentina    |
| enrique                  | votervo                             |  | 2011-09-16 02:55:00 | AR Argentina    |
| Silvana Peña             |                                     |  | 2011-09-16 15:55:00 | BO Bolivia      |
| Nela marini              |                                     |  | 2011-09-16 08:15:00 | CL Chile        |
| Antonio de la Paz        | Lihare                              |  | 2011-09-08 16:29:42 | AR Argentina    |
| Gerardo Soto Rodriguez   | Santa Barbara S.E.                  | Estoy interesado en el software para usarlo en cujar riales de ma    | 2011-09-21 03:00:00 | PE Peru         |
| Emilio Miguel Spinazzola | CABA                                |  | 2011-09-23 08:56:25 | AR Argentina    |
| Maria Ines               | San Francisco                       |  | 2011-09-23 10:00:00 | AR Argentina    |
| pedro                    | Buenos Aires                        | hola   | 2011-09-24 10:34:00 | AR Argentina    |
| Ronco de Lara            | Necochea                            |  | 2011-09-26 09:52:37 | AR Argentina    |
| Leandro Gandella         |                                     |  | 2011-09-26 10:07:00 | AR Argentina    |
| MADRID QUISPE FARRAZI    | ILO                                 |  | 2011-09-28 12:14:43 | PE Peru         |
| Silvana Peña             |                                     |  | 2011-09-18 14:52:00 | BO Bolivia      |
| Nela marini              |                                     |  | 2011-09-18 03:55:00 | PY Paraguay     |
| Sergio Inocencio         | Sarmiento del monte                 |  | 2011-09-21 19:16:00 | AR Argentina    |
| Maria Elena Saazar       | Pto varas                           | gracias por entrega informacion valiosa para los que amamos la       | 2011-09-22 19:45:00 | CL Chile        |
| pedro                    | Bil ear                             | hola queria descargar el libro                                       | 2011-09-23 22:52:00 | AR Argentina    |
| Moner Ricardo Gabriel    | Cordoba                             |  | 2011-09-26 21:28:00 | AR Argentina    |

Figura 11. Fragmento de base de datos de usuarios generada por la descarga del libro Handbook en AP.

### Implementación plataforma Android.

Durante las últimas décadas, hemos sido testigos de los importantes avances logrados en el campo de la tecnología celular. En la actualidad, no sólo los teléfonos móviles son usados para hacer llamadas o enviar mensaje de texto, sino que también integran diferentes funcionalidades, como el receptor GPS, navegación web, reproductor de música, fotografía digital, etc.

Este tipo de teléfonos son llamados smartphones (teléfonos inteligentes). Desde que estos dispositivos se hicieron asequibles para la mayoría de la gente, su uso se ha extendido mucho. No sólo los usuarios finales poseen este tipo de dispositivos, sino que también las empresas los están empezando a usar como herramientas de trabajo.

Enfocándonos puntualmente en el desarrollo de este proyecto, es de suma importancia incorporar esta tipo de tecnología, ya que si bien es cierto, toda la información de mapas esta almacenada en el mapserver y visitada a través de la web. Para casos más prácticos se implementará el desarrollo y uso de aplicaciones para plataforma Android, la cual permita al usuario de campo, conectarse a internet y visitar a través de su teléfono móvil los mapas de campo en tiempo real. Esta tecnología permitirá de mejor forma la gestión y control del trabajo productivo en el campo.



Beneficios para el proyecto:

- Conexión con base de datos para consultas y extracción de datos, además del levantamiento de mapas del campo, ya que permite la conexión a internet.
- Android proporciona una fácil integración con diferentes componentes.
- Dispositivos más potentes y funcionales con un tamaño cada vez más reducido (comodidad), más y mejor Usabilidad y portabilidad.
- Dispositivos: Pantalla táctil con teclado virtual. De esta forma, actividades como leer el correo o navegar por la web desde el terminal móvil resultan más cómodas y sencillas para el usuario.

Herramientas para desarrollo de aplicaciones Android.

Utilización Plataforma Eclipse

Eclipse es una plataforma de desarrollo open source basada en Java. Es un desarrollo de IBM cuyo código fuente fue puesto a disposición de los usuarios. En sí mismo Eclipse es un marco y un conjunto de servicios para construir un entorno de desarrollo a partir de componentes conectados (plug-in). Hay plug-ins para el desarrollo de Java (JDT Java Development Tools) así como para el desarrollo en C/C++, COBOL, etc. La versión instalada en el laboratorio incluye el plug-in JDT.

Esta herramienta permitirá el desarrollo de aplicaciones para la plataforma android.

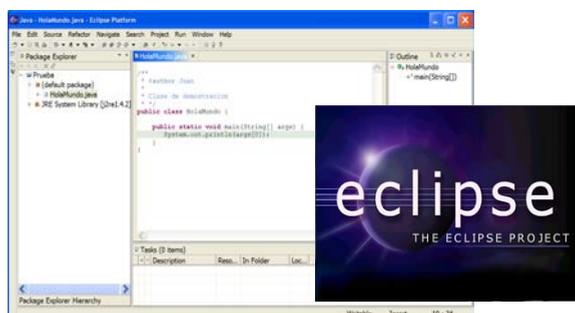


Figura 12. Entorno de trabajo plataforma Eclipse.

SDK de Android:

Se encuentra disponible en la página oficial de Android developers (<http://developer.android.com/sdk/index.html>). Este kit de desarrollo incluye un conjunto de herramientas tales como un debugger, librerías, un emulador, documentación, código de ejemplo y tutoriales.

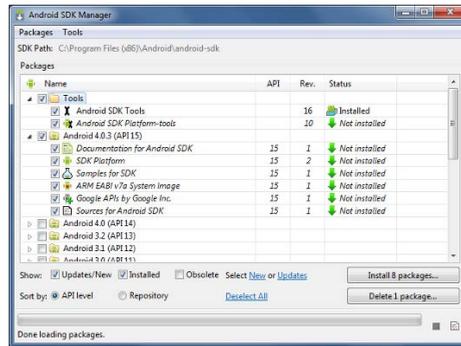


Figura 13. Entorno de trabajo SDK.

Plugin ADT para Eclipse.

ADT es el plugin que existe para desarrollar en Eclipse. Se Puede crear nuevos proyectos Android, nuevas aplicaciones, diseñar la interfaz de las mismas, debug de las aplicaciones y exportarlas cuando estén listas para instalar en el teléfono. Este plugin está diseñado especialmente para hacer de Eclipse un ambiente integrado y poderoso para desarrollar aplicaciones en Android.

Emulador de Android.

La ventana del emulador de Android nos permitirá ver la pantalla a la izquierda y los controles del dispositivo a la derecha. Se emula un teclado completo y los botones físicos normales de un dispositivo, y además podremos usar el cursor del ratón como si de nuestro dedo se tratase en la pantalla táctil, siempre que hayamos seleccionado un dispositivo con este hardware.



Figura 14. Ventana del Emulador de Android.

Visualizador de archivo kml con mapa offline para SO Android.

Aplicación de Mapas offline

A continuación, se describe la la instalación y uso de la app “Mapas Offline”

Descarga e instalación:

- Conectar el móvil al PC y abrir carpeta de archivos
- Copiar el archivo .apk al móvil
- Abrir desde el móvil la aplicación explorador de archivos
- Buscar la carpeta en sdcard donde se encuentra el apk y hacer clic
- Aceptar e instalar la aplicación.

Importante: Asegurarse que el móvil tenga conexión a internet preferentemente por wifi.

- Iniciar la aplicación y presionar el botón “Ver Mapa”. Comenzará la descarga del mapa o atlas de Chile, esto demora ya que el archivo es muy pesado (65Mb aprox). Esperar a que termine la descarga (IMPORTANTE: No cancelar la descarga hasta que termine).

Si por error cancela la descarga, ir con el navegador de android al directorio en sdcard: Android/data/com.inia.offlinemaps/files/mapas/ y borrar el archivo, luego iniciar la aplicación y volverá a descargar el mapa.



Figura 15. Pantalla principal de la aplicación.

Autenticación de Usuario

El programa posee un sistema de autenticación de cada usuario registrado en la base de datos, con la finalidad de controlar las secciones y los archivos KML de cada usuario.

Autenticar Usuario: Seleccionar con botón de menú (del móvil) Opciones -> Lista de servidores. Seleccionar el servidor que corresponda ej: "Servidor Test 1", ingresar Usuario "XXXXXX" y contraseña "XXXXXX".



Figura 16. Autenticación de usuarios.

Al ingresar usuario y clave válida (se corrobora vs base de datos de usuarios en el servidor), se despliega la carpeta de archivos correspondiente al usuario ingresado:

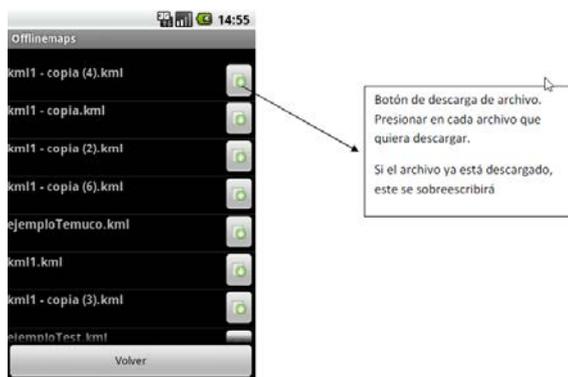


Figura 17. Zona de descarga de KML..

Visualización de mapas: En la pantalla de inicio presionar botón “Ver mapa”



Figura 18. Menú inicio de la aplicación.

Si no se encuentra o está mal guardado el mapa de Chile, comenzará automáticamente la descarga (desde el sitio del servidor).



Figura 19. Descarga del mapa de Chile.

Si el mapa se encuentra, se abre el visualizador indicando la dirección (vía GPS) del usuario.

Importante: Asegurarse que está activada la ubicación por GPS desde las opciones del móvil.



Figura 20. Visualización ubicación del usuario a través de GPS del móvil.

Cargar KML: Al presionar el botón, se muestra el listado de todos los kml descargados.



Figura 21. Listado de KML alojados en el servidor.

Seleccionar haciendo clic sobre uno y comienza la carga del kml en la ubicación gps del archivo. Se visualiza el kml sobre el mapa y queda disponible el botón para cargar otros kml relacionados.

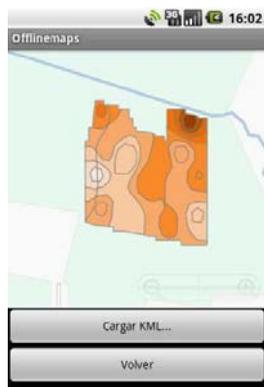


Figura 22. Visualización del kml.

Opciones:

Existe la opción de elegir entre múltiples servidores para realizar la autenticación y descarga de kml. De esta forma la aplicación se conecta al seleccionado y en esa dirección realiza la autenticación y despliegue de carpeta. Se accede a las opciones presionando el botón menú del móvil (botón del lado izquierdo).

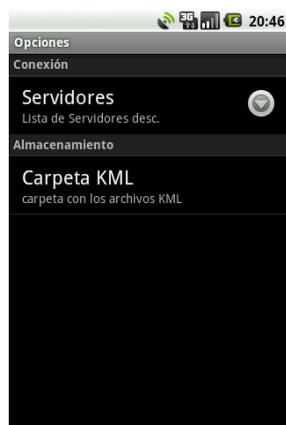


Figura 23. Setting servidor.

Al seleccionar la opción Servidores, se despliega una lista de posibles servidores contra los cuales se realizará la autenticación.

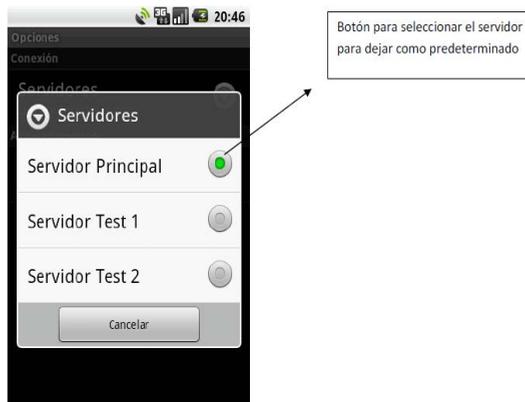


Figura 24. Setting servidores.

ADMINISTRACIÓN DE KML EN EL SISTEMA.

Sistema de administración de archivos KML.

En el proyecto se implementó un sistema de administración de archivos KML vía Web con la finalidad de que el usuario pudiera subirlos al sistema almacenarlos en un sólo lugar si extraviar y evitar duplicidad de información en el PC. Por otro lado, el sistema permite descargar directamente a través de la aplicación “Sistema de Mapas Offline INIA” los archivos KML, siempre y cuando éste tenga internet. Una vez descargados en el Smartphone, el usuario puede trabajar dichos archivos en el campo sin necesidad de tener internet móvil.

Para subir archivos KML al sistema debe realizar lo sgte:

Iniciar sesión en el sgte link:

<http://vitiviniculturadeprecision.cl/IOM/index.php?cancelar=Aceptar>

Usuario: xxxxxxx

password: xxxxxxx



Figura 25. Inicio de sesión.

Administración de archivos: Subida y bajada de archivos KML.

Una vez que ingrese al sistema, podrá subir y bajar archivos KML.

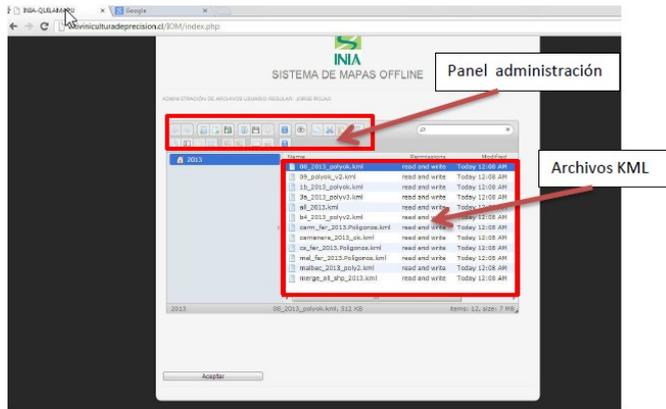


Figura 26. Sistema Administrador de Archivos KML.

Subir los KML:

Sistema de administracion de archivos KML.

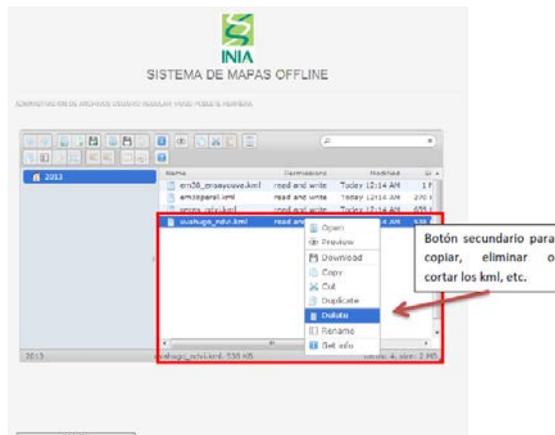


Figura 27. Forma de eliminar un kml del sistema.



