

Tecnologías Aplicables en Agricultura de Precisión

Uso de tecnología de precisión en evaluación,
diagnóstico y solución de problemas productivos



S E R I E F I A


IDI
PLATAFORMA
SILVOAGROPECUARIA
Servicio de Información para la Innovación



Tecnologías aplicables en Agricultura de Precisión

Uso de tecnología de precisión en evaluación,
diagnóstico y solución de problemas productivos

03

S E R I E F I A


**PLATAFORMA
SILVOAGROPECUARIA**
Servicio de Información para la Innovación

Tecnologías aplicables en Agricultura de Precisión

Uso de tecnología de precisión en evaluación,
diagnóstico y solución de problemas productivos

© Fundación para la Innovación Agraria
Santiago, Chile
Primera edición, diciembre de 2008

Registro de Propiedad Intelectual N° 176.826
SBN N° 978-956-7874-90-3

Autores

CONTENIDO:

- iQonsulting Ltda., con la colaboración de Stanley Best (Ing. Agr. M.Sc. Dr., ProgapINIA) e Inés Zamora (Ing. Agr. M.Sc.)

REVISIÓN DE CONTENIDOS:

- Stanley Best, Inés Zamora e Isabel Quiroz (Ing. Agr. M.Sc.)

COMPILACIÓN:

- María José García, Ing. Agr. Analista de iQonsulting

www.iQonsulting.com

Diseño Gráfico: Guillermo Feuerhake

Impresión: OGRAMA Impresores

Fundación para la Innovación Agraria

Loreley 1582, La Reina, Santiago
Fono (2) 431 30 00 - Fax (2) 431 30 64

Centro de Documentación en Santiago

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

Centro de Documentación en Talca

6 Norte 770, Talca - Fonofax (71) 218 408

Centro de Documentación en Temuco

Bilbao 931, Temuco - Fonofax (45) 743 348

E-mail: fia@fia.gob.cl

Internet: www.fia.gob.cl

Índice

Presentación FIA	5
Introducción	9
Cómo usar este libro	13
1. Problemas productivos por especie	15
● Cultivos commodities	16
● Uva de mesa/vino	18
● Fruta de carozo	20
● Cerezas	22
● Manzanas	24
● Peras	26
● Kiwi	28
● Arándanos	30
2. Tecnologías asociadas a problemas productivos	33
2.1 Ciclo y etapas de la agricultura de precisión	35
2.2 Tecnologías asociadas a producción de cultivos commodities	37
2.3 Tecnologías asociadas a producción de frutales	49
Bibliografía	73
3. Anexos	77
3.1 Glosario de siglas	79
3.2 Directorio de empresas	81

Presentación

La Fundación para la Innovación Agraria FIA es una institución de derecho privado, dependiente del Ministerio de Agricultura, que tiene por misión promover y desarrollar en el Sector Silvo-agropecuario una cultura de innovación que permita fortalecer las capacidades y el emprendimiento de las instituciones, personas y empresas, para contribuir al incremento sistemático de la competitividad sectorial y el resguardo del patrimonio natural del país.

FIA trabaja para modernizar, brindando equidad en recursos, información y apoyo a los habitantes del territorio rural. Acercar y masificar las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en el mundo rural ha sido un importante desafío. Para ello, ha implementado un Programa Integral de Desarrollo Rural con Aplicaciones TICs, planificando su trabajo de una manera integrada y articulada.

En el contexto internacional, la última versión del *Networked Readiness Index* –informe anual del Foro Económico Mundial que establece un ranking para medir el grado de preparación de los países para beneficiarse de las oportunidades que las TICs brindan al desarrollo y aumento de la competitividad– ubicó a Chile en el lugar más alto (31) entre los países latinoamericanos, superando incluso a naciones como España (32) e Italia (38).

Sin embargo, las TICs se han instalado en forma asimétrica en el territorio. Existen barreras de entrada que generan inequidad de información., marginando de manera drástica y sutil a quienes la sufren, especialmente a los habitantes del campo.

Superar esta pobreza digital de las zonas rurales constituye un desafío urgente. Las TICs pueden efectivamente contribuir al aumento de la competitividad en los procesos, agregando valor a los productos y potenciando una oferta exportable de calidad. La información mejora los sistemas de gestión, influye en la toma de decisiones de las empresas y repercute en los costos y manejo de los riesgos.

En esta línea, FIA está desarrollando y apoyando diversas iniciativas para fomentar el uso de aplicaciones TICs en el mundo rural, principalmente en la pequeña agricultura.

El primer gran desafío planteado por FIA en su Programa TIC fue incrementar la **conectividad** mediante acciones y estrategias que permitieran disminuir la brecha digital. El esfuerzo estuvo puesto en identificar las zonas rurales con mayores necesidades para impulsar proyectos de desarrollo en infraestructura digital, implementar conectividad inalámbrica y desarrollar estudios de factibilidad para nuevos desarrollos. Es así como la Mesa TIC Rural, integrada por representantes de las instituciones del Ministerio de Agricultura, desarrolló un levantamiento

para determinar comunas prioritarias acorde a la presencia de clusters productivos, población, y micro y pequeñas empresas rurales.

Otra línea que impulsó FIA fue el **desarrollo de contenidos**. En este nivel, FIA ha trabajado para generar contenidos, programas y aplicaciones que sean de utilidad, contribuyendo al manejo agronómico y a una acertada toma de decisiones. Se buscó implementar acciones y estrategias que aportaran información realmente requerida por los agricultores, una de las quejas más frecuentes del sector. La idea fue estructurar una plataforma de información donde los usuarios puedan encontrar exactamente lo que buscan en el área de la innovación. Ese es uno de los objetivos a largo plazo que tiene la Plataforma de Servicios de Información I+D+i de FIA para el sector silvoagropecuario.

Otra de las demandas de los agricultores es disponer de información agroclimática. Para ello, FIA ha desarrollado un convenio de colaboración para fortalecer la Red Agroclima. Gracias a este apoyo, se podrán adquirir nuevas estaciones meteorológicas para ampliar la cobertura de esta Red, se estandarizarán y calibrarán las estaciones existentes, se desarrollarán aplicaciones para entregar información y alertas a dispositivos móviles y, lo más importante, se articulará toda esta información en la Plataforma I+D+i de FIA.

Por otra parte, la Fundación promoverá durante 2009 la instalación de comunidades virtuales por rubro, orientadas a buscar soluciones que permitan mejorar el acceso y uso de información relevante para la toma de decisiones de los productores de regiones y cluster productivos específicos. Se desarrollarán productos y servicios de valor ligados a las TICs, como una plataforma de servicios en línea para el sector agrícola; capacitaciones y acciones de alfabetización digital rural, y puesta en marcha de comunidades virtuales de clusters del vino, berries, miel y maíz.

Otra área de trabajo de FIA ha sido la **formación digital**. Frente al alarmante dato de que sólo un tercio de los productores con computador saben usarlo, FIA implementó el proyecto de las Escuelas Piloto de Informática y Ciudadanía, para promover de manera sustentable la alfabetización y formación digital entre campesinos y campesinas.

Siguiendo una estrategia de largo plazo, FIA dio inicio al programa IMARK, que ha formado a bibliotecarios y encargados de bibliotecas de la RedAgroChile y Bibliotecas Públicas del país, con el fin de entrenar a estos profesionales en las futuras demandas de información del sector y como futuros proveedores de información de la Plataforma I+D+i.

Como integración de estas 3 áreas de trabajo, **Conectividad, Contenidos y Formación**, FIA está implementando un Sistema de Infocomunicaciones para promover el incremento de la competitividad en el sector frutícola exportador. A través de una experiencia piloto, un grupo de productores contará con una intranet local de uso agro-productivo, en base a una infraestructura de comunicación inalámbrica con acceso a Internet de banda ancha y telefonía IP,

así como un sembrado de nodos de sensores y microcontroladores en los campos, generando información microambiental seriada y continua.

Como consecuencia de todo lo anterior y debido al alto impacto de las aplicaciones TIC en el desarrollo rural, FIA decidió lanzar por primera vez una **Convocatoria Especial para Estudios y Proyectos de Innovación basados en el uso de Tecnologías de Información y Comunicación**, buscando responder a las necesidades de innovación, desarrollo y validación de iniciativas asociativas que utilicen TICs como medio de desarrollo. Las líneas de financiamiento se orientaron hacia propuestas de Sistemas de Información-Comunicación, Plataformas de Información y Agricultura de Precisión.

El desarrollo de este libro y todas las acciones que FIA desarrolla en el ámbito TIC son consistentes con la misión de promover y masificar la innovación con el uso de TICs en el mundo rural, recogiendo los requerimientos y diagnósticos de los habitantes rurales, y los compromisos que a nivel país se han establecido para promover estas tecnologías en el territorio rural. Para FIA es importante avanzar hacia una agricultura de precisión, apoyando el desarrollo de actividades de difusión, promoviendo el aumento en la competitividad e identificando los rubros con mayor potencialidad en la agricultura de precisión.

FIA tiene el convencimiento de estar contribuyendo de manera real con información y soluciones concretas para establecer las vigas maestras de una agricultura en red con el mundo, conectada con los desafíos y cambios del mercado, en sintonía con los consumidores, y con capacidades, habilidades y herramientas establecidas, de manera de contribuir en la misión de transformar a Chile en una potencia agroalimentaria y forestal.

Rodrigo Vega Alarcón

Director Ejecutivo
Fundación para la Innovación Agraria
Ministerio de Agricultura

Introducción

Hace apenas una década se empezó a hablar en Chile de la “agricultura de precisión”, también llamada “tecnología de dosis variable (TDV)” o “manejo sitio específico (MSE)”. Por entonces pocos sospechaban los espectaculares alcances que podría tener esta modalidad de producción agrícola.

El término **Agricultura de Precisión (AP)** significa optimizar la calidad y cantidad de un producto agrícola, minimizando el costo a través del uso de tecnologías más eficientes para reducir la variabilidad de un proceso específico, en forma ambientalmente limpia.

Tecnología de dosis variable y manejo sitio específico se utilizan genéricamente como sinónimos y consisten en la aplicación de dosis variables de insumos de acuerdo a las necesidades y/o potencial productivo de sectores homogéneos de la unidad de producción. Esto contrasta claramente con el manejo tradicional, en donde los insumos son aplicados uniformemente a toda la unidad productiva.

Las características del suelo y del cultivo varían en el espacio (distancia y profundidad) y en el tiempo. En definitiva, la agricultura de precisión es un conjunto de técnicas orientado a optimizar el uso de los insumos agrícolas (semillas, agroquímicos y correctivos) en función de la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola.

Esta optimización de los insumos se lleva a cabo a través de la TDV, herramienta que, dependiendo del potencial y necesidad de cada punto de área de manejo, distribuye la cantidad correcta de esos insumos. Esta tecnología es la que permite implementar en el campo el MSE, que faculta el poder manejar cada lote en forma independiente y de acuerdo a sus necesidades, ya que distingue e identifica variables dentro del lote principal.

A diferencia de la agricultura tradicional, esta modalidad de producción se aleja en lo posible de los manejos fijos o uniformes y tiende a la aplicación de prácticas agronómicas –siembra, fertilización, aplicación de agroquímicos, cosecha– de forma variable, en función del análisis de la información recolectada. La agricultura de precisión no consiste solamente en medir la variabilidad existente en el área, sino también en la adopción de prácticas administrativas que se realizan en función de esa variabilidad. De acuerdo con Robert (1999), la observación de la existencia de variabilidad en las propiedades o factores determinantes de la producción en los agroecosistemas no es una novedad; lo que es diferente, en realidad, es la posibilidad de identificar, cuantificar y mapear esa variabilidad. Más aún, es posible georeferenciar y aplicar los insumos con dosis variables en puntos o áreas de coordenadas geográficas conocidas.

Todo esto se basa en el estudio de variabilidad del suelo y de la planta, con el fin de establecer tendencias de rendimiento dentro de una misma área y también, a lo largo del tiempo, con las variaciones climáticas y modificaciones del suelo. Cuando el rendimiento y/o la fertilidad de un potrero no varían, es probable que el incentivo para adoptar las técnicas de agricultura de precisión sea muy escaso desde el punto de vista de la optimización de la producción, no así desde el punto de vista de la gestión de la empresa agropecuaria. Sin embargo, si se detecta una elevada variación de productividad, la adopción de esas técnicas puede ser beneficiosa, pues reduce las distorsiones comprobadas normalmente en el área de producción.

Por lo tanto, para entender y aplicar la agricultura de precisión, es necesario definir dos conceptos básicos:

- Variabilidad espacial: expresa las diferencias de producción en un mismo campo, en una misma campaña y cosecha.
- Variabilidad temporal: expresa los cambios de producción en un mismo campo, en distintas campañas de cosecha.

Así, la adopción de la agricultura de precisión posee el potencial para la racionalización del sistema de producción agrícola moderno, como consecuencia de:

- Optimización de la cantidad de agroquímicos aplicados en los suelos y cultivos;
- Consecuente reducción de los costos de producción y de la contaminación ambiental ;
y
- Mejora de la calidad de las cosechas.

Las nuevas tecnologías en la agricultura pueden ser analizadas como cualquier otra tecnología innovadora. La información es un insumo en el proceso productivo, tal como lo son el fertilizante, los agroquímicos o el combustible. La información tiene valor si conduce a tomar mejores decisiones. Si la información se usa por varios años, debe ser tratada como cualquier otro bien de capital.

Si bien la agricultura de precisión es un tema relativamente nuevo, se han logrado muchos avances, principalmente en el desarrollo de máquinas e implementos que permiten el manejo localizado en base a mapas. Los recursos más avanzados en tecnología de información hoy disponibles, como los sistemas de posicionamiento global (GPS), los sistemas de información geográfica (SIG), los sistemas de control y adquisición de datos, sensores y actuadores, entre otros, están cada vez más presentes en el campo. A pesar de ese avance tecnológico, hay áreas que necesitan desarrollarse aún más para que la agricultura de precisión pueda

consolidarse como una solución amplia y plenamente viable, para todos los segmentos de la agricultura. Así, es de vital importancia que exista una transferencia de estos conceptos tecnológicos, que permita generar una mayor demanda tecnológica y, a la vez, genere una respuesta tecnológica del medio a través de empresas de servicio y de investigación, principio base del por qué la realización de este libro.

Stanley Best

Ph.D. Agricultura de Precisión
Programa Agricultura de Precisión, INIA

Cómo usar este libro

El libro consta de 2 capítulos y un anexo, con un glosario de siglas y un directorio de empresas.

Los capítulos con la información propiamente tal son los capítulos 1, que corresponde a la identificación de los problemas a solucionar, y el 2 con la descripción de las tecnologías.

En el capítulo 1 se encuentra la información tabulada con el listado y definición escueta de los problemas que afectan el **Rendimiento**, la **Calidad** y la **Conservación** en cada especie. Cada especie corresponde a un subcapítulo, bien identificado con un color asociado a la especie para facilitar su búsqueda.

En la columna de la derecha, en cada tabla de problemas, se enuncia la tecnología asociada que apunta a solucionar y/o detectar el problema y la referencia a la página donde se encuentra descrita esa tecnología en el capítulo 2.

Adicionalmente se ha incluido un glosario, debido a que en agricultura de precisión han surgido muchas siglas que intentan denominar en forma reducidas procesos o paquetes tecnológicos para facilitar su identificación, sin embargo, para quien recién se acerca a esta tecnología puede resultar árida la lectura con muchas siglas, por ello se han agregado ellas y su significado, en orden alfabético.

Cabe destacar que los esquemas fueron creados por los autores, aún cuando es posible encontrar similares en otros libros, sin embargo, éstos fueron revisados y modificados por quienes usan la tecnología, incorporando su propia visión para un mejor entendimiento de los lectores.

Esperamos que este primer documento sobre tecnologías aplicables en agricultura de precisión sea de gran ayuda en el quehacer agrícola de productores y asesores, en el proceso de transformación del sector hacia una producción más tecnológica y eficiente.

1.

Problemas productivos por especie





Cultivos Commodities

PROBLEMAS ASOCIADOS A

Rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Variedades poco productivas Las variedades presentan diferencias en sus características agronómicas, y están afectadas por el potencial genético de la misma.	Ingeniería genética p. 70 Monitores de rendimiento p. 39
Incorrecta aplicación de insumos El rendimiento puede aumentar en proporción directa a la fertilización nitrogenada siempre y cuando sea aplicada oportunamente. Para que sea efectiva, debe fertilizarse antes de la espigadura.	Tecnología aplicación dosis variable de insumos (TDV). p. 46
Variabilidad espacial del suelo En una misma superficie se encuentran diferentes tipos de suelo y por ende crecimientos distintos de plantas, que determinan una producción también variable.	Monitoreo de suelo p. 42



Calidad

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Bajo contenido de proteína Corresponde a un bajo nivel (%)de gluten seco. En trigo se utiliza como indicador de la calidad industrial. El grano no logra el contenido de proteínas causado por fertilización nitrogenada. El contenido de proteínas es una forma de medir indirectamente el contenido de gluten en el grano, pero no su calidad.	Monitores de calidad p. 40
Humedad del grano Se refiere al contenido de agua en el grano, y corresponde a la relación existente entre la cantidad de agua y la materia seca del grano. Se expresa en porcentaje. El contenido de humedad del grano es importante porque no puede ser almacenado en forma segura con porcentajes superiores a 12-13%. La humedad disminuye el rendimiento de la molienda.	Monitores de calidad p. 40
Variabilidad genética La aptitud genética de la variedad marca el potencial alcanzable en relación a la calidad del grano.	Ingeniería genética p. 70
Dureza del grano Para el caso del trigo o fuerza del gluten. El grano no logra el contenido de proteínas causado por fertilización nitrogenada, la fuerza de gluten.	Monitores de calidad p. 40
Bajo nivel de almidón en maíz	Monitores de calidad p. 40
Peso hectolitro Corresponde al peso de una masa de granos que ocupa el volumen de 100 litros y se relaciona con el rendimiento de harina.	Monitores de calidad p. 40





Uva de mesa/vino

PROBLEMAS ASOCIADOS A

Calidad

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Bajo contenido de azúcar El problema se asocia a bayas con bajo contenido de azúcar (° Brix) al momento de cosecha, causado por una mala relación hojas/frutos en el que las hojas no son capaces de sustentar los requerimientos nutricionales de las bayas.	Medición de parámetros de calidad: NIRs p. 68
Color Las bayas no logran el color varietal por diversas razones como: una mala relación hojas/frutos, exceso de fertilización nitrogenada y escasa poda en verde, entre otras.	Medición de parámetros de calidad. Imágenes digitales p. 68
Firmeza en uva de mesa La falta de firmeza se asocia a bayas débiles, las que se caracterizan por tener poca firmeza, piel delgada, pérdida de turgencia, bajo contenido de sólidos solubles y alta acidez. La firmeza corresponde a la consistencia o crocancia de las bayas, que debido a manejos inadecuados, tanto culturales (desbrote y descarga), químicos como de fertilidad, favorecen el ablandamiento de las bayas.	Medición de parámetros de calidad: acústica y NIRs p. 68
Quemaduras por sol Es un cambio en la coloración de las bayas (p.e.de verde a amarillo) causado por una sobre exposición de los racimos a los rayos solares, por falta de follaje o escasa hidratación de la planta.	Imágenes digitales para manejo del vigor p. 56
Palo negro y deshidratación del escobajo El escobajo pierde agua, tornándose de color negro y las bayas acuosas. Este desorden se asocia a exceso de carga y desequilibrios nutricionales.	Eficiente manejo del frío p. 71
Racimo ralo (racimo corrido) El racimo se caracteriza por tener pocas bayas unidas al raquis. Este fenómeno es causado por factores climáticos tales como: bajas temperaturas y lluvias durante la germinación del polen, problemas bióticos como déficit nutricional o excesivo vigor y culturales..	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Pudrición ácida Los racimos se pudren, las bayas se descomponen y la piel toma un aspecto suelto. Esta enfermedad es causada por un complejo de hongos, levaduras y bacterias, que ven favorecido su desarrollo por exceso de humedad, alta temperatura al interior del parrón y racimos compactos.	Tecnología de detección plagas y enfermedades p. 67 Medición del nivel de inóculo previo al embalaje. Medidas curativas de post-cosecha y manejo eficiente del frío p. 71

Rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Mal raleo químico Problema expresado como racimos muy apretados o muy sueltos, ya sea por falta o exceso de raleo químico respectivamente. La falta de raleo incide en que los racimos contengan una mayor cantidad de bayas que se aprieten, y al no disponer de espacio para crecer, se pierden en el embalaje, ya sea por daño mecánico o por ataque de hongos.	Tecnología que apunta a tener huertos más uniformes lo que permite un raleo más eficiente
Daño por heladas primaverales Bajas temperaturas prolongadas en primavera dañan los brotes donde se ubican los racimos, causando pérdida de producción.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Deficiente vigor de plantas Plantas débiles no tienen la capacidad de sustentar de forma apropiada la producción.	Teledetección y uso de mapas de vigor p. 56
Bajo calibre en uva de mesa Las bayas no alcanzan el tamaño apropiado por una mala relación hojas/frutos, desequilibrios nutricionales, falta de agua y mal manejo de las hormonas de crecimiento.	Teledetección y uso de mapas de vigor p. 56
Variabilidad espacial del suelo En una misma superficie se encuentran diferentes tipos de suelo y por ende crecimientos distintos de plantas, que determinan una producción también variable.	Monitoreo de suelo p. 54

Conservación

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Pudrición gris Problema expresado como pudriciones y presencia de micelio en las bayas. El agente causal es el hongo <i>Botrytis cinerea</i> ; que ocasiona pudriciones que pueden desarrollarse en el huerto por heladas y lluvias en brotación, lo que aumenta el inóculo primario; primaverales frías que prolongan la floración, lluvias en flor; y en verano aumento de azúcar en la baya asociado a humedad relativa alta y temperatura sobre 20 °C. Después del embalaje por presencia del inóculo es capaz de desarrollarse aún en condiciones de refrigeración. La barrera más importante que interpone la baya a la <i>Botrytis cinerea</i> es el grosor de la cutícula, la que se forma en respuesta a la luz y el sol.	Tecnología de detección plagas y enfermedades p. 67 Medición del nivel de inóculo previo al embalaje. Medidas curativas de postcosecha y manejo eficiente del frío.
Blanqueamiento Es la pérdida de color de la piel de la fruta, ocasionado por contacto directo entre la baya y altas dosis de SO ₂ . El anhídrido sulfuroso se utiliza para prevenir la aparición de <i>Botrytis cinerea</i> .	Mejorar conformación del racimo para hacerlo más resistente
Desgrane Corresponde a la pérdida de bayas en el racimo a causa de una unión pedicelar débil, en que las bayas terminan desprendiéndose del pedicelo. Ocurre tanto por la manipulación durante el embalaje como dentro de la caja. Este desorden es favorecido por aplicaciones excesivas de AG3 (ácido giberélico).	Mejorar conformación del racimo para hacerlo más resistente
Hairline o partiduras finas Este desorden se manifiesta con partiduras finas en la piel de la uva, generadas por la excesiva turgencia del fruto al absorber agua condensada al interior de la bolsa plástica durante el almacenamiento. El agua se condensa cuando se interrumpe la cadena de frío.	Producción de uva más resistente. Eficiente manejo del frío p. 71



Frutas de carozo

PROBLEMAS ASOCIADOS A

Rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Mal raleo Problema expresado como fruta muy pequeña o muy grande, causado en ambos casos por un mal manejo del raleo, tanto en la oportunidad de la labor (prolongándose hasta después del endurecimiento del carozo) como en la cantidad de fruta a sacar. Raleos excesivos disminuyen la competencia entre frutos, por lo que los restantes son de excesivo tamaño; en cambio, raleos ineficientes que dejan mucha fruta en el árbol, aumenta la competencia entre frutos, evitando su crecimiento.	Tecnología que apunta a tener huertos más uniformes lo que permite un raleo más eficiente
Daño por heladas primaverales Bajas temperaturas prolongadas en primavera dañan al fruto recién cuajado, estado fenológico de mayor sensibilidad. Con temperaturas menores a -1° C se necrosan, caen y se pierden definitivamente.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Heterogeneidad de madurez en el huerto Problema en el que la fruta madura en forma dispareja en el árbol y entre árboles, por lo que debe realizarse varias pasadas para cosecharla, quedando fruta inmadura en el árbol, y otras que se pierden por exceso de madurez al no poder optimizar la cosecha. Esta heterogeneidad es ocasionada principalmente por una deficiente luminosidad en el interior del árbol.	Paquete tecnológico que apunta a tener árboles y huertos más uniformes
Tendencia al añerismo en damascos El árbol no es capaz de mantener la misma producción año a año. En años en que los árboles tienen exceso de carga frutal, sus semillas producen un exceso de giberelinas, que prolongan la juvenilidad de las yemas, inhibiendo la floración y fructificación al año siguiente.	Ingeniería genética Teledetección y uso de mapas de vigor p. 70
Bajo calibre Fruta de menor tamaño en relación al promedio varietal. Entre las causas se encuentran: exceso de carga, mala relación hojas/frutos y debilitamiento generalizado de la planta debido a deficiencias nutricionales o déficit de agua en períodos críticos del desarrollo de la fruta.	Teledetección y uso de mapas de vigor p. 56
Variabilidad espacial del suelo En una misma superficie se encuentran diferentes tipos de suelo y por ende crecimientos distintos de plantas, que determinan una producción también variable e inferior al potencial de la planta.	Monitoreo de suelo p. 54

Calidad

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Bajo contenido de azúcar Frutos con bajo contenido de azúcar (% Brix), que presenta dificultad en alcanzar el estándar de cosecha debido al exceso de sombreamiento o fertilización nitrogenada.	Medición de parámetros de calidad: NIRs p. 68
Color. La fruta no alcanza a desarrollar el color varietal de cubrimiento, por ejemplo, puede haber un menor desarrollo del color rojo, por falta de luz debido a un exceso de vegetación causado por una excesiva fertilización nitrogenada. Además puede que no se desarrolle el cambio de color de fondo de verde-amarillo claro a amarillo por cosechas inoportunas.	Medición de parámetros de calidad. Imágenes digitales p. 68
Firmeza Este problema se asocia a fruta blanda o poco firme. La firmeza es la dureza de la fruta medida como presión o fuerza ejercida por unidad de superficie. La mayor tasa de ablandamiento está relacionada con el exceso de fertilización nitrogenada.	Medición de parámetros de calidad: acústica y NIRs p. 68
Golpe de sol Daño asociado a un cambio en la coloración de la piel del fruto, causado por una sobre exposición de la fruta al sol, debido a una mala relación hoja/fruta en el árbol.	Imágenes digitales para manejo del vigor p. 56
Carozo partido (split pit) Daño al interior de la fruta en que el carozo se ha rajado o abierto. Ocurre principalmente en frutos grandes, de variedades tempranas, causado por exceso de nitrógeno y de agua.	Monitores de riego y nutrición de la planta p. 63
Inking Frutos dañados presentan manchas de color negro azulado en la piel, causadas por roces y machucones durante la cosecha y packing. Las manchas aparecen cuando se rompe la membrana celular, de la que sale el contenido de las vacuolas. Este reacciona con el hierro, cobre o aluminio que encuentre. Este daño representa una de las pérdidas más importantes en variedades tempranas y de pulpa de color blanco.	
Defectos en la piel, machucones Son manchas internas o superficiales de color pardo en la fruta. La causa principal de estos daños son los golpes y compresiones durante la cosecha y también en el embalaje.	Medición de parámetros de calidad: tecnología NIRs p. 68

Conservación

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Pudriciones. Se caracteriza por la presencia de micelio en la fruta, y también porque ésta toma un aspecto suelto y blando. Este daño es causado por hongos como <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> y <i>Penicillium</i> sp, los que ven favorecido su desarrollo en condiciones de alta humedad en almacenaje.	Tecnología de detección plagas y enfermedades p. 67 Medición del nivel de inóculo previo al embalaje. Medidas curativas de postcosecha y manejo eficiente del frío. p. 71
Daño por frío. Temperaturas de almacenaje bajo el umbral tolerado por la especie o variedad causan diversos desordenes internos como harinosidad, translucidez y pardeamiento interno. La incidencia de estos desórdenes aumenta en fruta inmadura y sobremadura.	Tecnología o monitoreo eficiente del frío p. 71
Deshidratación de la fruta. Es la pérdida de turgencia de la fruta, lo que causa una baja de peso por pérdida de agua. Este daño es ocasionado por una baja humedad relativa durante el almacenamiento.	Tecnología o monitoreo eficiente del frío p. 71



Cerezas

PROBLEMAS ASOCIADOS A

Rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Daño por partidura Lluvias posteriores a la pinta aumentan la humedad relativa ambiental, lo que produce ingreso de agua al interior del fruto, aumentando el turgor y colapsando el fruto; ocasionando partiduras a nivel pedicelar, distal o lateral, dejando la fruta imposibilitada de comercializarse.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Daño por heladas primaverales Bajas temperaturas prolongadas en primavera dañan al fruto recién cuajado, estado fenológico de mayor sensibilidad. Con temperaturas menores a -1° C se necrosan, caen y se pierden definitivamente.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Daño por lluvias en primavera Lluvias coincidentes con la floración, favorecen el desarrollo de hongos, quienes causan la muerte de las flores y por ende una menor cuaja y producción.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Bajo calibre Problema asociado a exceso de fruta de pequeño tamaño. Inviernos con alta acumulación de horas frío favorecen una mayor cuaja y fruta a cosecha, particularmente en variedades autofértiles, generando fruta de calibre pequeño que reduce la producción por hectárea. El bajo calibre también puede estar relacionado con una mala relación hojas/frutos.	Tecnología que apunta a tener huertos homogéneos. Teledetección y uso de mapas de vigor p. 56
Variabilidad espacial del suelo En una misma superficie se encuentran diferentes tipos de suelo y por ende crecimientos distintos de plantas, que determinan una producción también variable.	Monitoreo de suelo p. 54



Calidad

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Bajo contenido de azúcar Fruta con bajo contenido de azúcar (^a Brix), en general causado por sobre fertilización nitrogenada o desequilibrios nutricionales.	Medición de parámetros de calidad: NIRs p. 68
Color La fruta no alcanza a desarrollar el color varietal por un exceso de follaje causado por una sobre fertilización nitrogenada. La falta de luz no permite el desarrollo del color rojo.	Medición de parámetros de calidad. Imágenes digitales. p. 68
Firmeza Problema asociado a fruta blanda o poco firme. La firmeza es la dureza de la fruta. La mayor tasa de ablandamiento está relacionada con el exceso de fertilización nitrogenada, fruta sobremadura o inmadura.	Medición de parámetros de calidad: acústica y NIRs p. 68
Daño por pájaros La fruta se caracteriza por contener picaduras causadas por pájaros, quienes se ven atraídos por el color rojo del fruto. Este daño ocurre particularmente en huertos nuevos y aislados, donde predomina la fruta respecto del entorno.	Ahuyentador de pájaros
Machucos Son manchas internas o superficiales de color pardo en la fruta. La causa principal de estos daños son los golpes y compresiones durante la cosecha y también en el embalaje.	Medición de parámetros de calidad: tecnología NIRs p. 68
Pitting Daño asociado a depresiones de diversas formas en toda la superficie de la fruta, las que se manifiestan luego de un periodo de almacenaje. Su incidencia aumenta en fruta poco firme, y cosechada con poca madurez o sobremadurez.	Medición de parámetros de calidad: imágenes digitales y NIRs p. 68
Frutos dobles Son dos frutos unidos distalmente. Este daño corresponde a una malformación a nivel floral (pistilos dobles) causados por alta temperatura y alta radiación solar durante la inducción floral.	

Conservación

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Pudriciones Se caracteriza por la presencia de micelio en la fruta, y también porque ésta toma un aspecto suelto y blando. Son causadas por hongos como <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Rizopus stolonifer</i> y <i>Penicillium</i> sp; se asocian a pérdida en la cadena de frío y a aumento de la humedad al interior del embalaje, favoreciendo el desarrollo de los hongos cuyo inóculo está presente en la fruta proveniente del huerto.	Detección plagas y enfermedades p. 67 Medición del nivel de inóculo previo al embalaje. Medidas curativas de postcosecha y manejo eficiente del frío p. 71
Deshidratación La fruta pierde turgor y toma un aspecto de piel de lagarto, causada por un almacenaje inadecuado. Con humedad relativa inferior al 80% la fruta se deshidrata.	Tecnología o monitoreo eficiente del frío p. 71
Deshidratación del pedicelo Es la pérdida de hidratación del pedicelo, variando de color verde a pardo debido a un mal manejo de la temperatura y humedad en poscosecha, que facilitan la pérdida de agua desde el pedicelo, el que finalmente termina desprendiéndose del fruto.	Tecnología o monitoreo eficiente del frío p. 71



Manzanas

PROBLEMAS ASOCIADOS A

Rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Mal raleo químico Problema asociado a fruta de calibres extremos, pequeños o excesivamente grandes, ocasionado por un mal manejo del raleo. Raleos tempranos desde flor hasta frutos recién cuajados, aplicados a dosis inferiores a las requeridas, dejarán una mayor cantidad de frutos, generando una alta competencia por nutrientes y agua, donde no se logra el calibre deseado para la variedad. Por otra parte, raleos a dosis excesivas pueden ocasionar un exceso de caída de frutitos, determinando una menor carga frutal / ha.	Tecnología que apunta a tener huertos más uniformes lo que permite un raleo más eficiente
Deficiente vigor de plantas Plantas débiles no tienen la capacidad de sustentar de forma apropiada la producción. Esta debilidad puede ser ocasionada por problemas radicales como: presencia de hongos como <i>Phytophthora cactorum</i> o insectos como el pulgón lanígero, quienes reducen la capacidad de absorción de nutrientes y agua por parte de la planta.	Teledetección y uso de mapas de vigor p. 56
Bajo calibre La fruta no alcanza el tamaño varietal por una mala relación hoja/fruto o debido a un raleo deficiente.	Teledetección y uso de mapas de vigor p. 56
Variabilidad espacial del suelo En una misma superficie se encuentran diferentes tipos de suelo que determinan distintos crecimientos de los árboles y por tanto una producción también variable.	Monitoreo de suelo p. 54

Calidad

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Color La fruta no logra el color varietal por una mala relación hojas/frutos, fertilización nitrogenada tardía, y déficit de potasio.	Medición de parámetros de calidad. Imágenes digitales p. 68
Firmeza Problema asociado a fruta blanda o poco firme. La firmeza es la dureza de la fruta medida como presión o fuerza ejercida por unidad de superficie. La mayor tasa de ablandamiento está relacionada por el exceso de fertilización nitrogenada, fruta que proviene de plantas de menor vigor y sometidas a mayor stress.	Medición de parámetros de calidad: acústica y NIRs p. 68
Golpe de sol Daño a nivel de epidermis con cambio de color de la piel desde amarillo claro a pardo, pudiendo comprometer el tejido interno del fruto según la severidad del daño. Ocurre por una sobre exposición de los frutos al sol.	Imágenes digitales para el manejo del vigor p. 56
Sunscald Se reconoce como un cambio en el color de la piel de la fruta. En variedades rojas y verdes la piel toma un color rojizo. En los casos más severos compromete la pulpa en sabor y color siendo amargo y café respectivamente. Este desorden ocurre una vez que la fruta fue dañada por el sol en el campo, sin síntoma al momento de la cosecha, y al almacenarla a 0 °C toma un color bronceado a pardo.	Imágenes digitales y manejo del vigor p. 56

Conservación

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
<p>Pudriciones</p> <p>Fruta con presencia de micelio, y aspecto blando. Son causadas por varios hongos como: <i>Botrytis cinérea</i>, <i>Alternaria</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp. y <i>Penicillium</i> sp. Un ejemplo típico es el ojo de buey, causado por el hongo <i>Neofabraea alba</i> que se mantiene latente en la cavidad lenticular y prospera con temperaturas de 20 a 24°C y alta humedad por más de 8 horas. Es diseminado por las lluvias, y está presente en las principales variedades como Gala, Pink Lady y Fuji.</p>	<p>Detección de plagas y enfermedades p. 67</p> <p>Medición del nivel de inóculo previo al embalaje.</p> <p>Medidas curativas de postcosecha y manejo eficiente del frío. p. 71</p>
<p>Bitter pit (depresión amarga).</p> <p>La piel de la fruta presenta depresiones externas, y al remover la piel, se observa un tejido café corchoso de sabor amargo. Las depresiones pueden aparecer ya temprano sobre la fruta en el árbol pero de preferencia aparecen en poscosecha. La distribución de estas depresiones está principalmente entre el diámetro ecuatorial hacia la zona distal. Este desorden es causado por un déficit de calcio en las células, cuya permeabilidad se ve alterada ocasionando la muerte de ésta.</p>	<p>Monitoreo y análisis nutricional p. 71</p>
<p>Corazón acuoso</p> <p>Desorden caracterizado por un aspecto traslúcido de la pulpa entre los haces vasculares y el corazón del fruto. Se origina en huerto y su severidad quedará determinada en ese momento. Las causas son desconocidas, sin embargo, se observa una acumulación de azúcares del tipo sorbitol en los espacios intercelulares que atrae el agua hacia ese sector, se reduce el oxígeno y se produce fermentación, pudiendo alcanzar daños severos con sabor y aroma muy desagradables.</p>	
<p>Lenticilosis</p> <p>Desorden que se manifiesta como depresiones de color pardo alrededor de las lenticelas. Es una importante causa de descarte en manzanas bicolor, y se expresa después del almacenaje. Entre los factores predisponentes al problema destacan: temperaturas mínimas mayores a 10 °C durante el crecimiento del fruto, madurez avanzada y procesamiento, lavado y encerado en packing.</p>	<p>Ingeniería genética p. 70</p> <p>Monitoreo y análisis nutricional.</p>
<p>Pardeamiento interno de la pulpa</p> <p>Desorden que afecta la pulpa de la fruta, la que se torna de color pardo y húmedo, de aspecto normal salvo por el color. Condiciones de campo con temperaturas bajas y poco sol predisponen a la aparición de este desorden, fruta sobrecalibre, sobremadura y con corazón acuoso aumenta el problema que se manifiesta en almacenaje a baja temperatura y poca ventilación.</p>	<p>Imágenes digitales para manejo del vigor p. 56</p> <p>Monitoreo de madurez</p>
<p>Machucones</p> <p>Deterioro de la pulpa que le da un aspecto pardeado. Problema de alta incidencia que ocurre por golpes y compresión de la fruta. Debe evitarse tanto a nivel de cosecha, transporte y en la línea de embalaje de la fruta.</p>	<p>Medición de parámetros de calidad: NIRs p. 68</p>
<p>Escaldado</p> <p>Son manchas pardas a negruzcas que afectan solamente la epidermis de la fruta. Aparecen al exponer la fruta a temperatura ambiente después de un período de almacenamiento prolongado. Son más susceptibles los frutos cosechados inmaduros, en veranos seco y caluroso, frutos que provienen de las zonas más sombrías del árbol y predisposición varietal.</p>	<p>Ingeniería genética p. 70</p> <p>Monitoreo de madurez: cosecha en punto óptimo</p>



Peras

PROBLEMAS ASOCIADOS A

Rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Daño por heladas primaverales Bajas temperaturas prolongadas durante la primavera dañan al fruto recién cuajado, estado fenológico de mayor sensibilidad a las heladas. Con temperaturas menores a -1°C se necrosan y se pierden definitivamente, reduciendo la producción total por hectárea.	Teledetección y zonificación de variedades Manejo de heladas p. 53
Lluvias en primavera Lluvias coincidentes con la floración, favorecen la infección con <i>Botrytis cinerea</i> , hongo que es capaz de causar la muerte de flores, y por ende, se relaciona con una menor cuaja. El inóculo de este hongo permanece latente en el huerto y luego puede desarrollarse en poscosecha causando pudriciones a la fruta.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Bajo calibre Problema asociado a gran cantidad de fruta de tamaño menor al promedio varietal. Inviernos con alta acumulación de horas frío favorecen una mayor cuaja y una mayor competencia entre las hojas y el fruto, generando frutos de calibre pequeño que reducen la producción por hectárea. De igual manera un raleo manual inadecuado con carga superior a la que es capaz de soportar el árbol determinan un escaso crecimiento de la fruta al igual que déficit hídrico en la etapa de división y elongación celular del fruto.	Manejar el exceso de vigor Raleo insuficiente. p. 56
Variabilidad espacial del suelo En una misma superficie se encuentran diferentes tipos de suelo y por ende crecimientos distintos de plantas, que determinan una producción también variable.	Monitoreo de suelo p. 54



Calidad

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Color Variedades rojas que no alcanzan el color y cubrimiento deseado, por un exceso de fertilización nitrogenada y un mayor crecimiento vegetativo.	Medición de parámetros de calidad. Imágenes digitales p. 68
Firmeza Problema asociado con fruta blanda o poco firme. La firmeza es la dureza de la fruta medida como presión o fuerza ejercida por unidad de superficie. La mayor tasa de ablandamiento está relacionada con el exceso de fertilización nitrogenada, fruta que proviene de plantas de menor vigor y sometidas a mayor stress.	Medición de parámetros de calidad: acústica y NIRs p. 68
Golpe de sol Quemadura en la piel, que se observa como un cambio en la coloración de ésta, a causa de una sobreexposición al sol (y a altas temperaturas) ya sea por deficiente relación hoja/fruto o stress hídrico.	Imágenes digitales para manejo del vigor p. 56
Russet Es un cambio en la apariencia de la piel. El problema se asocia a fruta blanda o poco firme, tornándose de aspecto rugoso y corchoso. Las causas pueden ser variadas como el exceso de humedad en la etapa de caída de pétalos en variedades de piel lisa y verde (Packhams, Coccia), y exceso de viento que provoca roce entre ramas y frutos.	Medición de parámetros de calidad: imágenes digitales p. 68

Conservación

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Escaldado Desorden caracterizado por manchas pardas y negruzcas sólo en la piel de la fruta, causado por la oxidación de un compuesto natural de ésta. Su incidencia aumenta en fruta previamente expuesta a condiciones de frío y cosechada inmadura.	Ingeniería genética p. 70 Monitoreo de madurez: cosecha en punto óptimo
Pardeamiento abrasivo de la piel Fruta con manchas de color pardo en la piel, causadas por el continuo roce entre los frutos durante la cosecha, selección, embalaje y transporte. Este desorden puede evitarse al manipular cuidadosamente la fruta.	Medición de parámetros de calidad: imágenes digitales p. 68
Pardeamiento interno Fruta con manchas parduzcas que aparecen en la zona cercana al corazón, pero puede extenderse por toda la pulpa. Este síntoma no se manifiesta en la piel de los frutos. La incidencia de este desorden aumenta en fruta que proviene de árboles con poca carga y cosechados con excesiva madurez. Una de las probables causas sería la falta de oxígeno durante el almacenamiento.	Imágenes digitales para manejo del vigor. Monitoreo p. 56
Deshidratación Corresponde a la pérdida del contenido de agua de la fruta que se traduce en primera instancia en deshidratación del pedúnculo y en estado más avanzado se observa en la zona de inserción peduncular. Es causada por baja humedad relativa durante el almacenaje.	Tecnología o monitoreo eficiente del frío p. 71
Corazón acuoso Este desorden sólo se manifiesta en la pulpa de la fruta, que adquiere un tono traslúcido porque se acumula sorbitol en su interior. Este fenómeno es más frecuente en fruta grande, provenientes de árboles en condiciones de alta relación hoja/fruto, deficiencias de calcio y excesivas fertilizaciones con nitrógeno.	

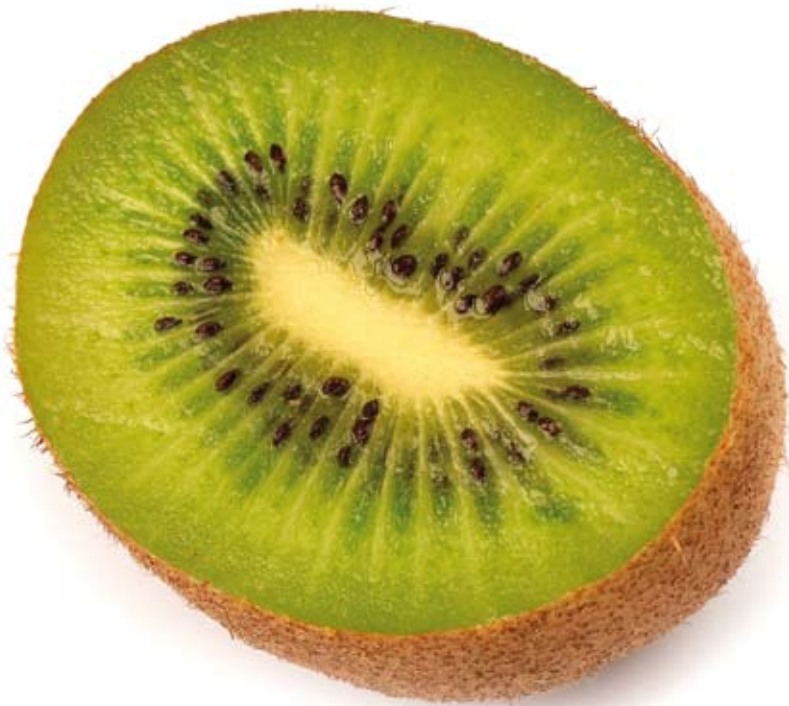


Kiwi

PROBLEMAS ASOCIADOS A

Rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Mala polinización Problema asociado a una deficiente polinización de las semillas del fruto. Para lograr un tamaño adecuado de fruta, se requiere de la polinización y fecundación de una gran cantidad de semillas, lo que exige especial manejo de los polinizadores en términos de número de colmenas, fecha de ingreso y ubicación en el huerto.	Uso de mayor carga de abejas, uso de abejorros. Aspersión con néctar p. 70
Daño por heladas en brotación Bajas temperaturas prolongadas en brotación dañan los brotes nuevos que portan las flores que darán origen a los frutos de la temporada.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Variabilidad espacial del suelo En una misma superficie se encuentran diferentes tipos de suelo y por ende crecimientos distintos de plantas, que determinan una producción también variable. La heterogeneidad del suelo dificulta el manejo del riego. El kiwi es el frutal más sensible (esto por su incapacidad parcial de cerrar los estomas durante la noche) a variaciones del contenido de agua en el suelo.	Monitoreo de suelo p. 54



Calidad

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Color La pulpa no desarrolla el color verde característico. Fruta de color verde claro se asocia a una excesiva fertilización nitrogenada.	Medición de parámetros de calidad. Imágenes digitales p. 68
Firmeza Se asocia a fruta blanda o poco firme. La firmeza es la dureza de la fruta medida como presión o fuerza ejercida por unidad de superficie, La mayor tasa de ablandamiento está relacionada con exceso de fertilización nitrogenada y falta de luz.	Medición de parámetros de calidad: acústica y NIRs p. 68
Contenido de materia seca Se ha establecido que los frutos con un contenido igual o superior a 16% de materia seca son capaces de desarrollar las características organolépticas deseadas del kiwi al momento del consumo.	Medición de parámetros de calidad: NIRs p. 68
Machucones Corresponde a un daño en la pulpa de la fruta, en que la zona lesionada se pardea por efecto de golpes y compresiones derivados desde la cosecha en adelante. Estos golpes aumentan la tasa de respiración del fruto, generando una mayor producción de etileno, el que disminuye la vida de postcosecha.	Medición de parámetros de calidad: NIRs p. 68
Pudriciones Fruta con presencia de micelio y aspecto blando, causado por <i>Botrytis cinerea</i> . Su incidencia aumenta por una sobre fertilización nitrogenada. Parte de la solución es el curado (mantener la fruta a temperatura ambiente por unos días) que permite la cicatrización de la herida peduncular de cosecha, evitando la entrada de patógenos.	Detección plagas y enfermedades p. 67 Medición del nivel de inóculo previo al embalaje Medidas curativas de postcosecha y manejo eficiente del frío p. 71

Conservación

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Pudriciones Fruta con presencia de micelio y aspecto blando ocasionado por condensación de agua durante el almacenaje debido a la pérdida de la cadena de frío, lo que favorece el desarrollo de hongos que se encuentran en estado latente, tales como <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Rizopus stolonifer</i> y <i>Penicillium</i> sp.	Tecnología de detección plagas y enfermedades Medición del nivel de inóculo previo al embalaje Medidas curativas de postcosecha y manejo eficiente del frío
Deshidratación de los frutos Fruta pierde turgor, y toma un aspecto arrugado y marchito. Es causado por condiciones de baja humedad relativa durante el almacenaje que provoca una descompensación entre el contenido de humedad interno y externo de la fruta, generándose la pérdida de agua desde el interior del fruto, perdiendo peso y cambiando de apariencia.	Eficiente manejo del frío p. 71
Ablandamiento Existe un ablandamiento normal del fruto en almacenaje, que se puede mejorar con frutos mejor estructurados y con más semillas. El ablandamiento acelerado corresponde a un aumento de la tasa respiratoria de la fruta debido a la mayor exposición a etileno exógeno o endógeno debido al mal manejo de las condiciones ambientales durante la guarda, por golpes o sobremadurez de la fruta.	Absorbedores de etileno



Arándanos

PROBLEMAS ASOCIADOS A

Rendimiento

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
Mala polinización Problema asociado a una deficiente polinización de las semillas del fruto. El calibre de la fruta se relaciona directamente con la cantidad de semillas. Si la polinización es mala, los frutos serán de bajo calibre, disminuyendo la producción por hectárea.	Uso de mayor carga de abejas, uso de abejorros. Aspersión con néctar p. 70
Daño por heladas primaverales Temperaturas bajas prolongadas durante la primavera dañan las flores, estado fenológico de mayor sensibilidad a las heladas, las que se necrosan y pierden definitivamente.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Lluvias en primavera Lluvias coincidentes con la floración favorecen el desarrollo de hongos como <i>Botrytis cinerea</i> , causante de la muerte de flores, y por ende, una menor cuaja.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Ph Plantaciones en suelos de pH básicos no desarrollan todo su potencial, siendo los árboles de menor vigor. Los arándanos logran su mayor expresión de crecimiento bajo condiciones de pH entre 4,5 y 5,5.	Teledetección y zonificación de variedades p. 53
Bajo calibre Fruta se caracteriza por tener un tamaño menor al promedio varietal. Inviernos con alta acumulación de horas frío favorecen una mayor cuaja y por tanto, una mayor competencia entre las hojas y el fruto, generando frutos de calibre pequeño que reducen la producción por hectárea. De igual manera podas débiles, con un gran número de yemas por planta, dejan una carga superior a la que es capaz de soportar el arbusto, lo que determina un escaso crecimiento de la fruta, igual que el efecto causado por déficit hídrico en la etapa de división y elongación celular del fruto.	Teledetección y uso de mapas de vigor p. 56
Variabilidad espacial del suelo En una misma superficie se encuentran diferentes tipos de suelo y por ende crecimientos distintos de plantas, que determinan una producción también variable.	Monitoreo de suelo p. 54



Calidad

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
<p>Bajo contenido de azúcar</p> <p>Frutos con bajo contenido de azúcar (% Brix) al momento de cosecha causado por mala relación hojas/frutos.</p>	<p>Seguimiento del fruto y monitores de calidad p. 68</p>
<p>Cera natural</p> <p>Problema asociado a falta de cera que recubre los frutos. Esta cera natural llamada pruina entrega la opacidad característica de la fruta, y se va perdiendo a causa de la manipulación de la fruta durante la cosecha y el embalaje.</p>	<p>Manipulación cuidadosa</p>

Conservación

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	TECNOLOGÍA ASOCIADA
<p>Pudriciones</p> <p>Presencia de micelio en los frutos. El desarrollo de los hongos se ve favorecido por la condensación de agua causada por pérdida de la cadena de frío durante el almacenaje.</p>	<p>Detección plagas y enfermedades durante desarrollo del fruto p. 67</p> <p>Medición del nivel de inóculo previo al embalaje. Medidas curativas de postcosecha y manejo eficiente del frío p. 71</p>
<p>Deshidratación de la fruta</p> <p>La fruta pierde turgor y toma un aspecto arrugado al perder agua a causa de una baja humedad relativa durante la conservación.</p>	<p>Eficiente manejo del frío p. 71</p>
<p>Ablandamiento</p> <p>Es la pérdida de firmeza prematura de los frutos, causada por exceso de etileno durante el almacenaje.</p>	<p>Absorbedores de etileno en la cámara</p>



2.

Tecnologías asociadas a problemas productivos



2.1 Ciclo y etapas de la Agricultura de Precisión

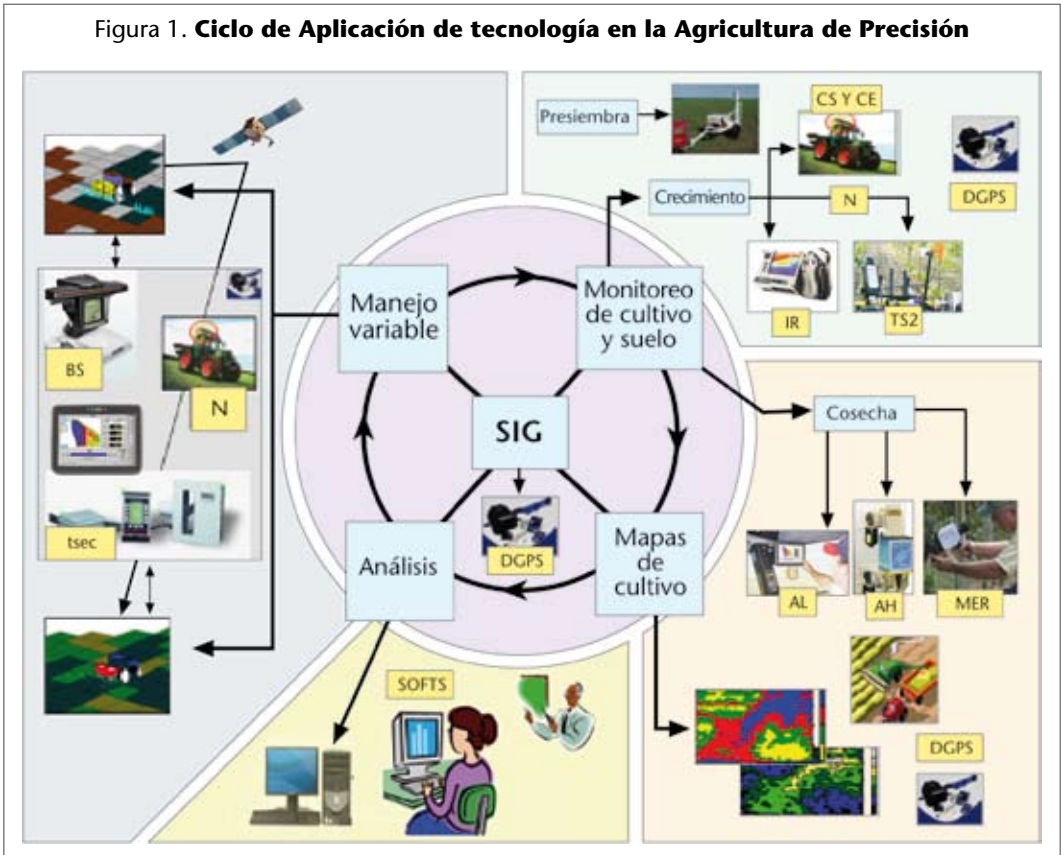
Descripción

Los agentes involucrados en el desarrollo y adopción de las prácticas de agricultura de precisión suelen dividir este conjunto de tecnologías en tres etapas diferentes:

- Recolección de datos (monitoreo de cultivo y suelo, mapas de producción);
- Procesamiento e interpretación de la información (análisis), y
- Aplicación de insumos (manejo variable).

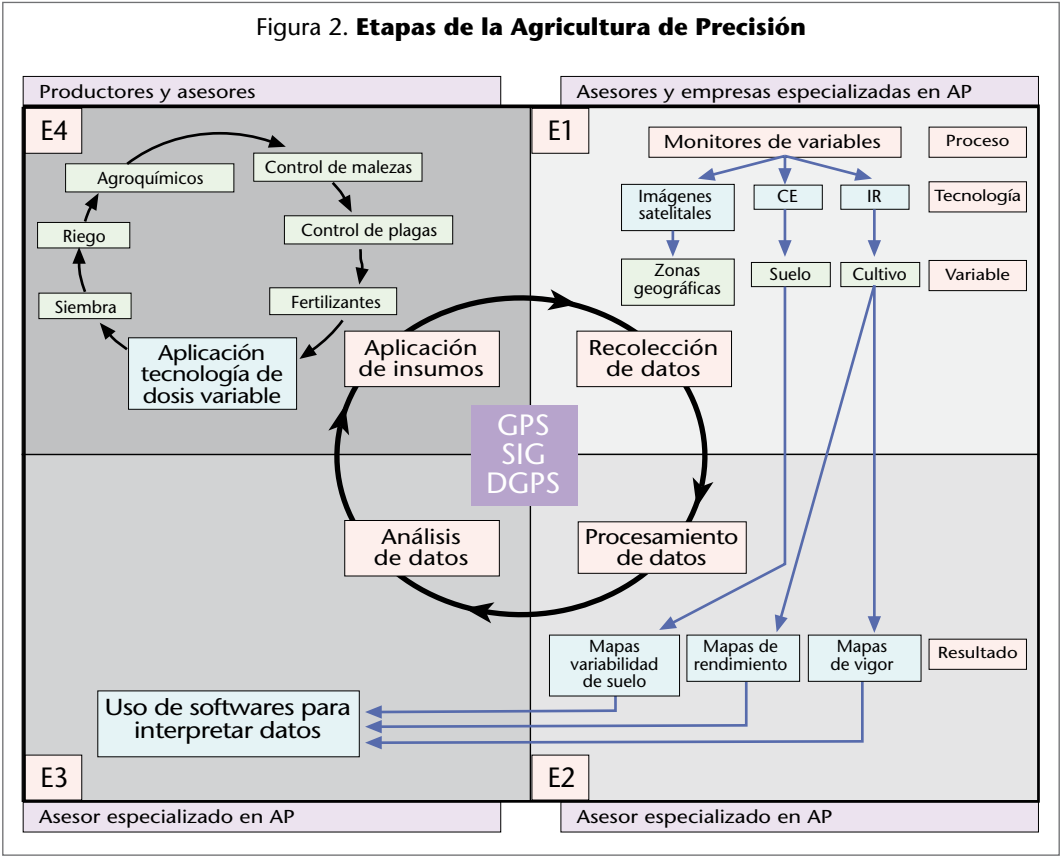
En base a ello, se define un ciclo de prácticas agrícolas orientado a sustituir la recomendación habitual de insumos en base a valores promedio, como ocurre en la agricultura tradicional, por una más precisa, con manejo localizado, considerando las variaciones del rendimiento en toda el área. Es una optimización del uso de los insumos porque deposita en el suelo la cantidad de semilla que cada punto soporta, la cantidad de nutrientes y agua requerida, y además el control de malezas, plagas y enfermedades se hace solamente en los puntos que demanden tal control.

Figura 1. **Ciclo de Aplicación de tecnología en la Agricultura de Precisión**



La Figura 2 ayudará al lector a entender las etapas de la agricultura de precisión. Durante la primera etapa (E1 en la figura) se deben recolectar la mayor cantidad de datos, lo que deben ser georeferenciados, para conocer en profundidad lo que ocurre a micro escala. Para llevarla a cabo, se monitorean las principales variables como el suelo, el que, por ejemplo, se puede analizar a través de una rastra de conductividad eléctrica. Esta etapa es llevada a cabo por empresas especializadas en el tema junto a los mismos asesores. Con las variables ya designadas y con los datos recolectados, comienza la segunda etapa, de procesamiento de datos. Todos los datos se procesan y se asocian en conjunto elaborando mapas digitales. Estos mapas muestran la variabilidad de los factores antes mencionados. Por ejemplo, se pueden elaborar

mapas de variabilidad de suelo, de humedad, de vigor de las plantas y muchos otros. Esta etapa es llevada a cabo por asesores especializados en agricultura de precisión. La tercera etapa corresponde al análisis de los datos mediante software especiales los que permitirán y ayudarán al asesor especializado en AP a tomar decisiones de manejo en el campo. Por último, la cuarta etapa, la lleva a cabo el asesor del campo junto al productor y consiste en llevar a cabo las decisiones de manejo establecidas en la etapa anterior. Así, el predio podrá ser dividido realmente en zonas de manejo similares, las que permitirán la aplicación de dosis variable de insumos, ya sea, de semillas para siembra, aplicación de agroquímicos, fertilizantes y control de riego entre muchas otras.



2.2 Tecnologías asociadas a producción de cultivos commodities

Stanley Best

Programa de Agricultura de Precisión, Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional VIII Región, Vicente Méndez, Quilamapu, Chile.

E-mail: sbest@inia.cl

Los cultivos commodities presentan en la actualidad un problema de múltiples aristas difíciles de abordar desde la perspectiva tradicional de su producción. Así, los cultivos commodities necesitan de una renovación tecnológica, utilizando nuevas herramientas en su manejo, que permitan mejorar algunos de los problemas actuales del cultivo, tales como: rendimiento y calidad heterogénea, ausencia de trazabilidad e impacto sobre el ambiente, por uso ineficiente de fertilizantes. La respuesta a estas necesidades la puede entregar la Agricultura de Precisión, tecnología aplicada con éxito a la agricultura por varios países del mundo como EE.UU., Canadá, Argentina, Australia, Brasil y México entre muchos otros.

En Estados Unidos y Canadá se está utilizando la tecnología de dosis variable aplicada a siembra de densidad variable y a la aplicación de agroquímicos, lo que permite, mejorar la utilización de insumos. En países desarrollados es más factible la adopción de esta tecnología dadas las proporciones de las explotaciones.

En países en vías de desarrollo, en el que el tamaño promedio de las explotaciones agrícolas es menor, se hace más difícil la adopción de estas tecnologías por el alto costo de inversión que éstas involucran.

La captura de datos en terreno para aplicar correctamente esta tecnología depende en forma crítica del componente espacial, y por ende de coordenadas GPS que por la precisión y exactitud requeridas deben ser obtenidas mediante señales corregidas en forma diferencial. Entonces toda la información que se genera en terreno está siempre georeferenciada para su correcta ubicación dentro del potrero.

La aplicación del concepto de agricultura de precisión puede comenzar, por ejemplo, a partir de la cosecha –con el mapa de rendimiento– o a partir del conocimiento de la variabilidad del suelo representada en los mapas de rendimiento-calidad y/o de condiciones físico-químicas del suelo, respectivamente.

2.2.1 Implementación de SIG

La tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG), constituye en este sentido una de las herramientas adecuadas de manejo de información, ya que al usar el modelo de base de datos georrelacional se asocia un conjunto de información gráfica en forma de planos o mapas a bases de datos digitales.

Esto quiere decir, que los SIG tienen como característica principal que el manejo de la información gráfica y alfanumérica se realiza de forma integrada, pudiendo abordar, de este modo, aspectos de alta complejidad relacional en el tema planteado.

Disponer de esa capacidad de comprensión y manejo de la complejidad, incluye el entendimiento de que también se ha modificado la dimensión del tiempo. La posibilidad de afrontar en forma dinámica y acelerada los fenómenos se presenta como otro de los importantes desafíos conceptuales y prácticos. En agricultura de precisión, la idea de contar con la información pertinente en el momento y lugar oportunos constituye otra fuerza vital a la hora de tomar decisiones de manejo predial, ya sea para reaccionar adecuadamente ante una situación emergente, como para generar un aumento en la productividad y

el rendimiento del predio. Un SIG se transforma en una herramienta indispensable a la hora de administrar y hacer gestión, permitiendo monitorear diversas variables del entorno.

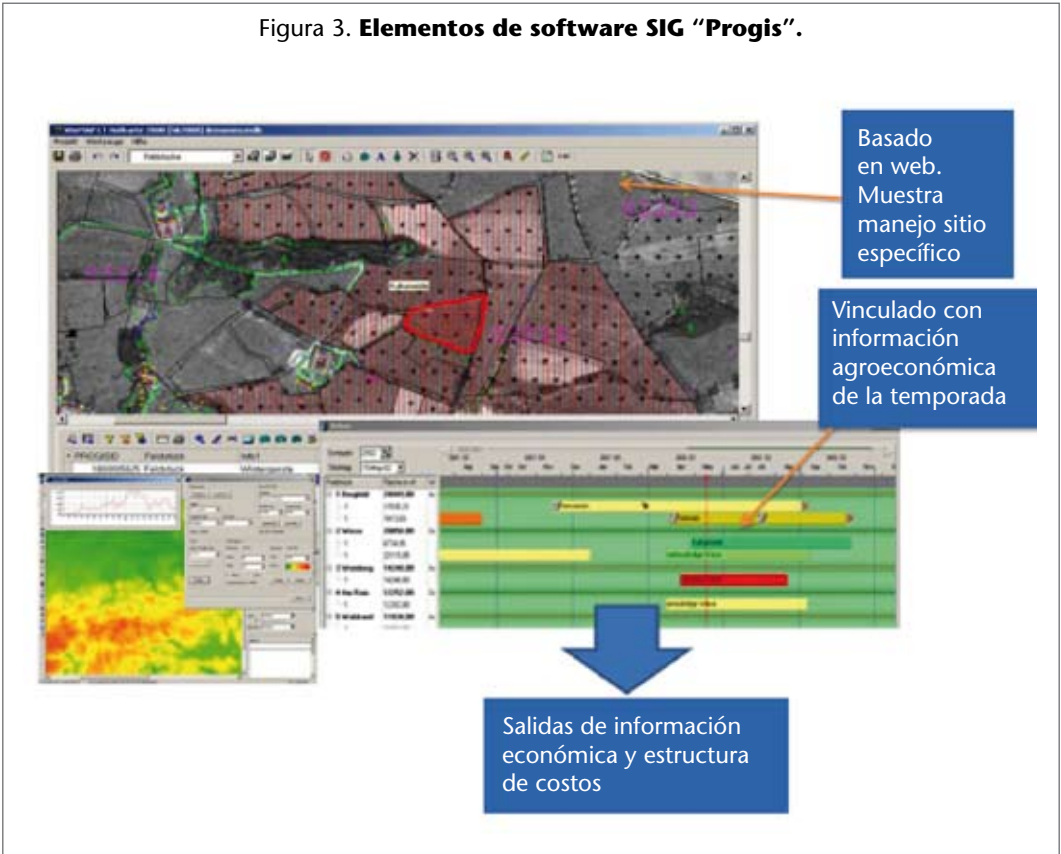
Más aún, no sólo es importante disponer de la estructura necesaria para la construcción, actualización y operación integral de bases de datos y viabilidad de la información -tendiendo a su manejo en tiempo real- sino que además, se requiere incorporar el concepto de información en proceso, haciendo referencia a la idea de información activa. Es decir, tender a la construcción automática y veloz de información para optimizar los modelos, haciéndolos también automáticos. Por estos motivos, relacionar los datos alfanuméricos con los gráficos es uno de los principales desafíos técnicos. Antes, se elaboraban modelos con programas informáticos simples que permitían arribar a resultados importantes, pero que perdían su capacidad automática y relacional cuando había que modificar la mínima información de algún plano o mapa, precisamente por la ausencia de una base de datos que articulara los datos gráficos y alfanuméricos. Esto ha llevado, por ejemplo,

al Programa de Agricultura de Precisión de INIA (Chile) a desarrollar herramientas que permiten la articulación de la información predial, administrativa y económica para generar elementos concretos que facilitan la labor administrativa y de gerencia. La construcción de modelos y programas informáticos con alta capacidad en el manejo de los datos pueden constituirse en vehículos de socialización, no sólo de la propia información generada, sino de las herramientas adecuadas que faciliten que la toma de decisiones se realice en el momento adecuado con los actores pertinentes.

Así, la adopción de la agricultura de precisión posee el potencial para la racionalización del sistema de producción agrícola moderno como consecuencia de:

- Optimización de la cantidad de agroquímicos aplicados en los suelos y cultivos;
- Consecuente reducción de los costos de producción y de la contaminación ambiental, y
- Mejora de la calidad de las cosechas.

Figura 3. Elementos de software SIG “Progis”.



2.2.2 Monitor y mapas de rendimientos

Variación espacial de rendimiento

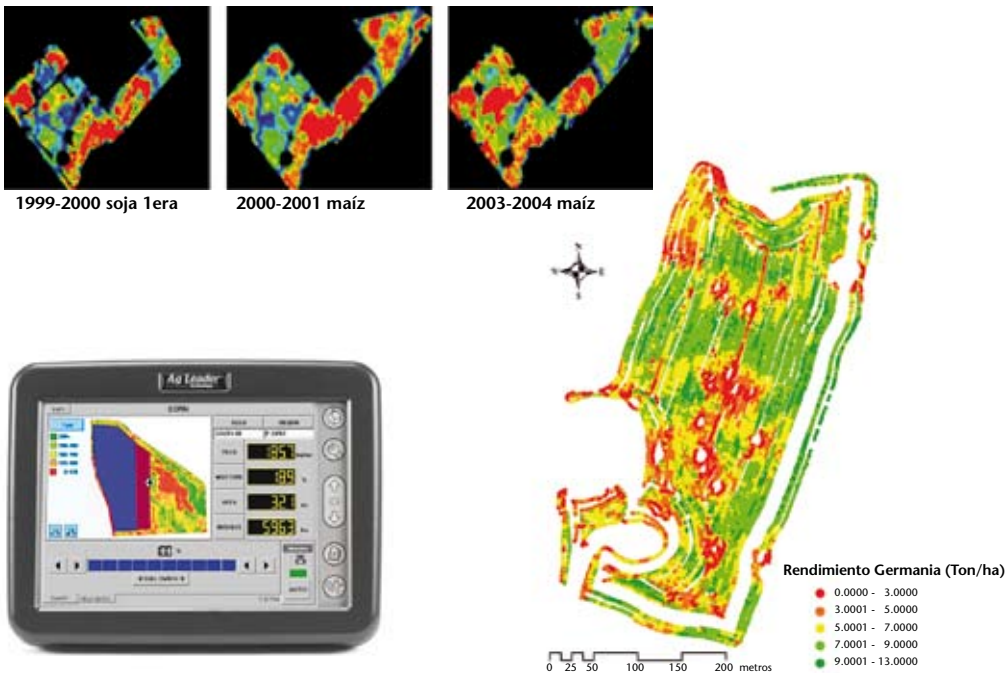
Productores y asesores del sector agrícola han estado siempre interesados en las variaciones productivas de cada potrero y han tratado de explicarse éstas desde tiempos inmemoriales.

Actualmente existen en el mercado un sinnúmero de equipos diseñados para registrar los resultados de cosecha obtenidos con un cultivo en distintos sectores, es decir, un registro de la variabilidad espacial de los rendimientos, los cuales son des-

plegados en forma de mapas georeferenciados mediante DGPS en tiempo real. Esto permite una rápida interpretación de los resultados de cosecha y también la integración de distintos años, facilitando los análisis temporales útiles para la gestión y toma de decisiones (Figura 4).

Los tipos de variabilidad que pueden presentarse son: variabilidad natural e inducida. Es natural cuando depende del clima, el suelo (génesis del suelo y propiedades físicas y químicas), o del relieve, etc., mientras que la variabilidad inducida se refiere al manejo (historia del potrero, insumos agregados, prácticas culturales, etc.)

Figura 4. **Equipo y Mapa de rendimiento zona Temuco, Cosecha 2007/08, proyecto AP - INIA. Planos de rendimientos de 3 temporadas**

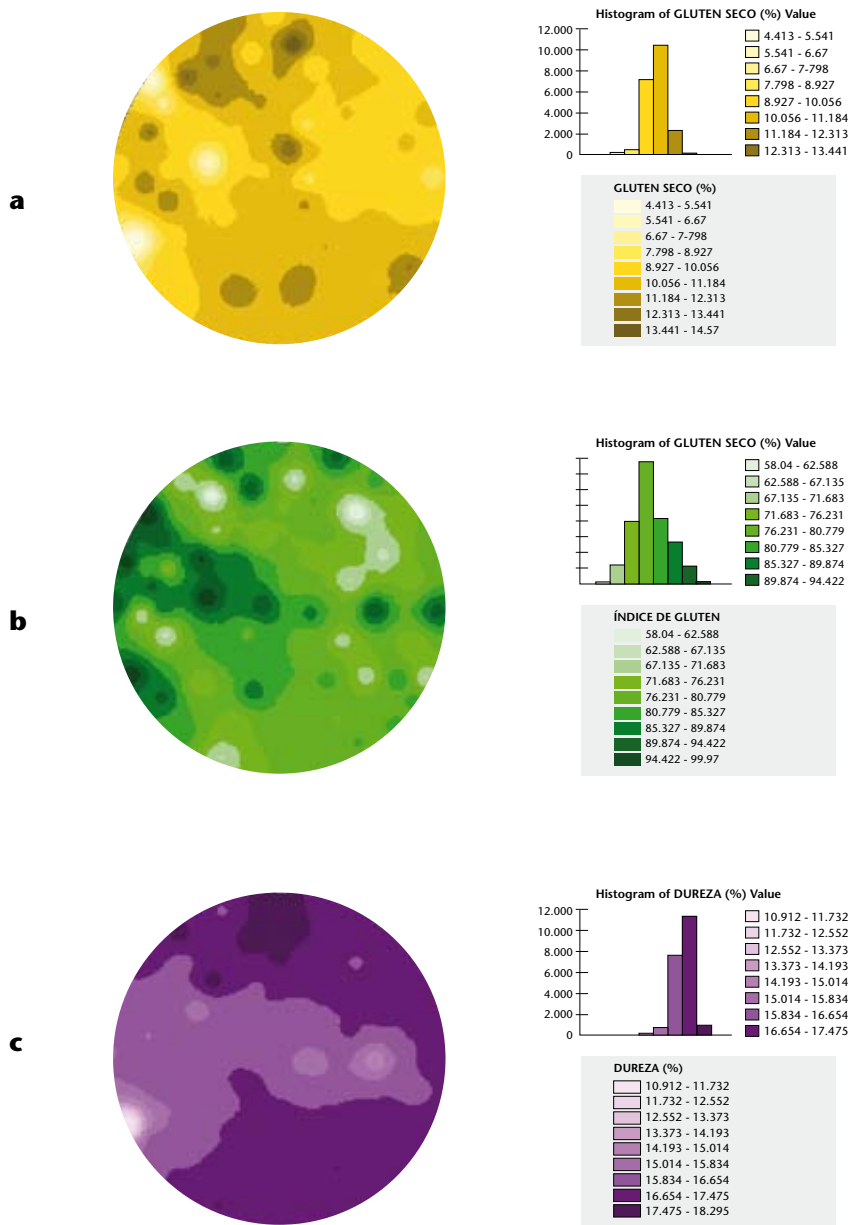


Fuente: Programa de AP, INTA Argentina

2.2.3 Monitor de calidad de granos

En la figura 5 se aprecia la distribución espacial de tres variables asociadas a calidad de grano, que son susceptibles de ser optimizadas mediante manejo sitio específico.

Figura 5. **Distribución de variables asociadas a calidad de grano**
(a) gluten seco (%); (b) índice de gluten y (c) dureza para trigo
de lugar de ensayo Yungay, Proyecto AP-INIA. Temporada 2007/08

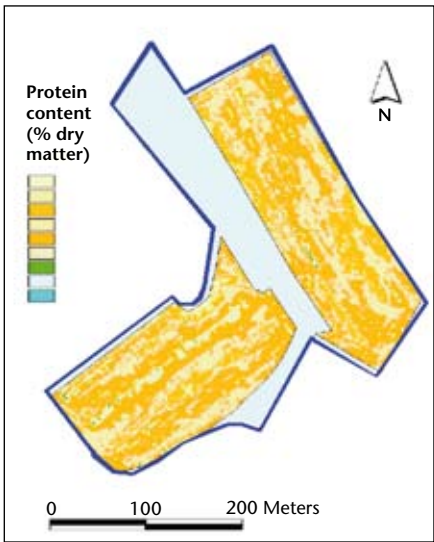


Este tipo de mediciones pueden ser realizadas por un sensor instalado sobre una cosechadora, la cual es capaz de medir el contenido de proteínas y la humedad del grano. Conectado a un DGPS, puede entonces construir mapas de distribución espacial del porcentaje de proteínas en el cultivo (Figura 6). Este sensor permite las mediciones gracias a la utilización de la tecnología NIRs, Este tipo de sensores entregan información sobre: con-

tenido de humedad, nivel de aceite y contenido de proteína entre otros.

La humedad del grano también puede ser medida a través de un sensor de humedad, los que utilizan la tecnología NIRs. Esta medición tiene la ventaja que se realiza directamente en el campo, y entrega rápidamente los resultados. Estas mediciones tienen la ventaja de que no destruyen la muestra.

Figura 6. **Monitor de Calidad de Granos (Zeltex C.O.)**
utilizada en cosechadoras y plano de proteínas obtenido (Trigo)



2.2.4 Evaluación de variabilidad de suelo

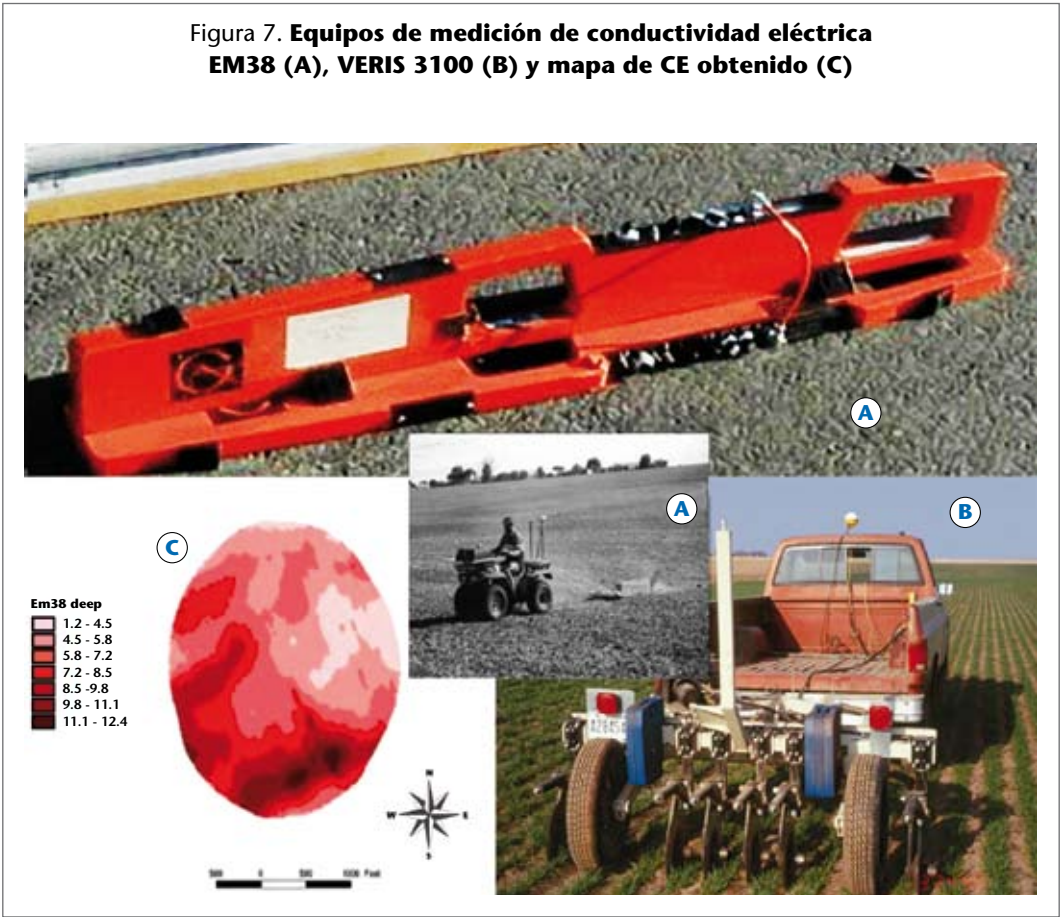
Medición de la conductividad eléctrica

Para evaluar la variabilidad de las características edáficas (principalmente físicas) actualmente se utiliza la medición de Conductividad Eléctrica (en adelante CE) del suelo, mediante el uso de diferentes equipos existentes en el mercado (sobre base Eléctrica y Electromagnética). Estos equipos que miden esta CE a través del contacto directo con el suelo, como VERIS 3100 (Figura 7B), o indirecto como el EM38 (Figura 7A). Estos equipos son herramienta que actualmente se utilizan para la subdivisión de suelos en áreas de propiedades semejantes.

La CE de los suelos puede definirse como la aptitud de éstos para transmitir la corriente eléctrica.

Múltiples factores contribuyen a la variabilidad de la CE, tales como los que afectan la conectividad de agua en el suelo, agregación del suelo (agentes cementantes tales como la arcillas, materia orgánica, y estructura del suelo), electrolitos en la solución del agua (salinidad, iones, contenido de humedad del suelo, y temperatura del suelo), y la conductividad de la fase mineral (tipo y cantidad de minerales). A pesar de las múltiples causas que producen la variabilidad de la CE, mediciones de CE han podido ser relacionadas a factores individuales que limitan el uso y productividad de los suelos tales como salinidad, contenido de arcilla, profundidad de suelos, humedad del suelo, entre otras. Estos equipos entregan información georeferenciada que nos posibilita la construcción de planos (Figura 7C), de los cuales se puede zonificar áreas homogéneas dentro del potrero, que permitirán focalizar los muestreos físicos y químicos propios de la metodología de AP.

Figura 7. Equipos de medición de conductividad eléctrica EM38 (A), VERIS 3100 (B) y mapa de CE obtenido (C)



Además, estas zonificaciones nos permiten visualizar las condiciones físicas y de almacenamiento de humedad, las cuales se pueden monitorear con diferentes equipos (FDR, TRD, etc; Figura 8), algunos de muy bajo costo, para el seguimiento de condiciones de estrés hídrico y necesidades de riego.

Desarrollo vegetativo diferencial del cultivo

Otros dos métodos para zonificar, cuando ya está presente el cultivo, son:

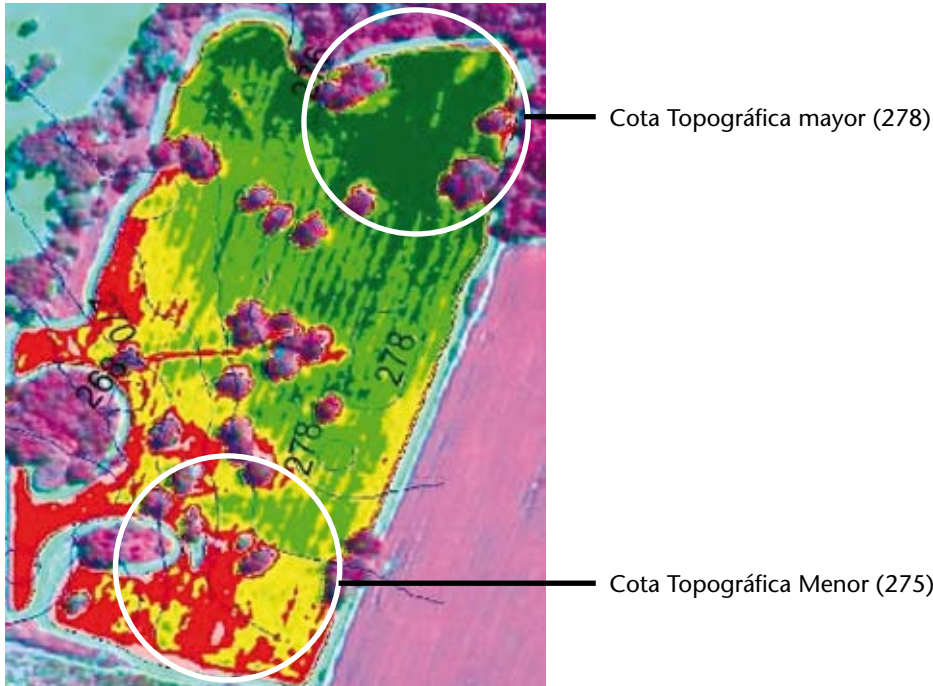
- Imágenes multiespectrales
- sensores activos como el Crop Circle o el Green Seker

Basta son las publicaciones que definen la alta correlación que presenta la actividad foliar de las plantas con la refracción espectral de la vegetación en el rojo e infrarrojo cercano (obtenidos por imágenes multiespectrales y sensores activos como el Crop Circle o el Green Seker), expresándose en índices vegetacionales, siendo el más utilizado el NDVI. En el caso de la cámara, las imágenes multiespectrales, son corregidas radio-



métricamente, georeferenciadas y mosaiqueadas, mediante software especializados de percepción remota. Luego son procesadas mediante software de análisis espacial, donde son clasificadas en distintos niveles de vigor, mapas que representan el estado de desarrollo y estrés de tipo nutricional, hídrico, plagas o enfermedades, pudiendo ser una o todas las que inciden en las diferentes zonas generadas (Figura 9).

Figura 9. **Condición de desarrollo vegetacional en relación a la cota de terreno. Trigo – Temuco - Temporada 2007/08; Proyecto AP INIA.**

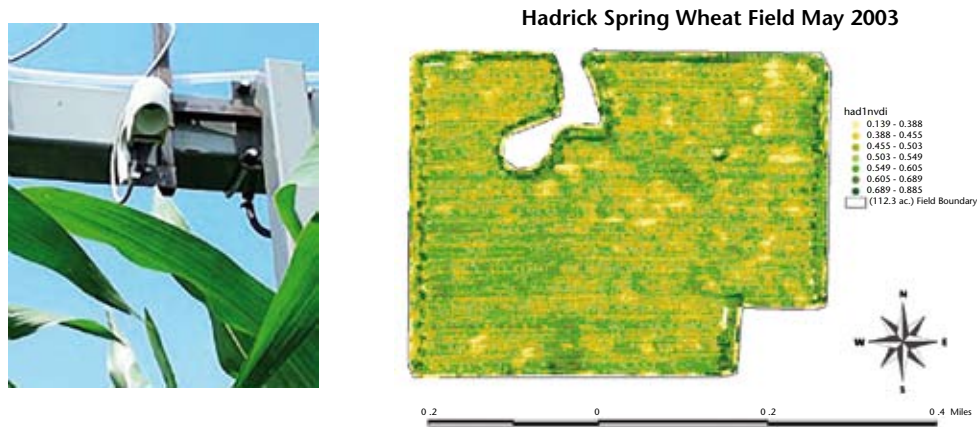


En el caso de los sensores activos, lo que se obtiene después de pasar el instrumento sobre el cultivo son un gran número de puntos con datos de la refracción de esas plantas. Esta información es incorporada a software de análisis espacial donde son filtradas e interpoladas y clasificadas en distintas clases de vigor, las cuales son finalmente mapeadas para el análisis (Figura 10).

Ambas metodologías presentan ventajas y desventajas según las condiciones geográfico-

climáticas existentes. Las imágenes cubren mayor superficie, pero están sujetas a que el avión pueda volar en días sin lluvia y libres de nubes durante el desarrollo del cultivo. Por otra parte, el sensor activo se puede utilizar en condiciones climáticas más adversas, porque no necesita del avión, sin embargo, se puede cubrir bastante menos superficie en una misma unidad de tiempo..

Figura 10. **Mapa de Niveles de Vigor (NDVI) obtenido con Green Seeker, en un cultivo de trigo en USA**
(<http://www.greenseeker.com/mapping-samples.html>).



2.2.5 Evaluaciones de plantas: uso del Spad Meter

Se utiliza el instrumento Spad Chlorophyll meter, para evaluar deficiencias de nitrógeno en los cultivos de grano. Con las lecturas de valores de contenido de clorofila en las hojas de este equipo, calibrado con un estándar, se puede calcular un índice denominado “Índice de Suficiencia de Nitrógeno” (acrónimo ISN o NSI en inglés), cuya fórmula es la siguiente:

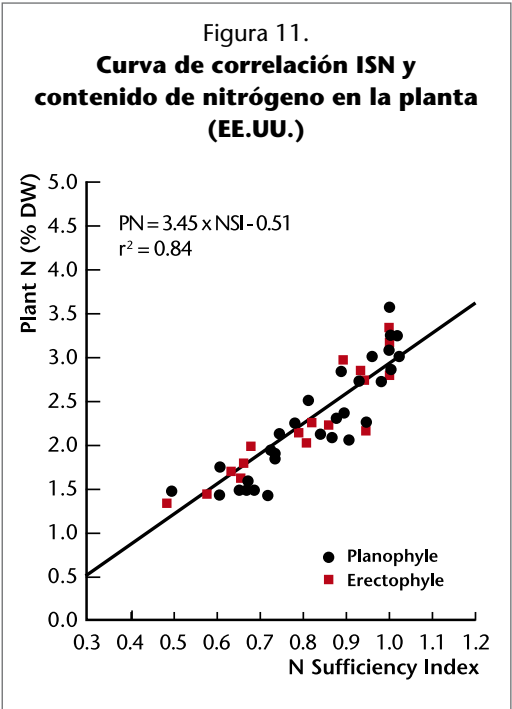
$$\text{NSI} = \frac{\text{SPAD target}}{\text{SPAD reference}}$$

La referencia se logra con una pequeña parcela de 10x10 m, a la cual se le aplica una gran cantidad de fertilizante, que asegure, que esa sección de cultivo no tendrá deficiencias durante todo su desarrollo), su lectura será el “Spad reference” o referencia de la fórmula. Los puntos evaluados en distintos sitios del cultivo constituyen las lecturas “Spad target” u objetivo.

Esta metodología ha sido utilizada con éxito en EE.UU. y países europeos. En trabajos realizados por el Programa de AP de INIA se encontró una buena correlación ($r^2=0.84$) entre los valores de ISN y el contenido porcentual de nitrógeno en las hojas de un cultivo de maíz. En trigo se ha encontrado buena correlación entre el ISN y el contenido de nitrógeno en la planta como puede visualizarse en la Figura 11.

2.2.6 Información meteorológica

La información meteorológica, necesaria para una buena evaluación del cultivo es obtenida actualmente desde estaciones meteorológica automáticas, información altamente importante para determinar alertas tempranas de apariciones de enfermedades y muchas veces condiciones para aparición de plagas. Esta información asociada a la información espacial vegetativa podrán dar una segmentación sobre cuáles son las zonas más propensas para el desarrollos de estos problemas y serán la base para la construcción de un buen monitoreo.



2.2.7 Tecnología de aplicación variable de insumos: equipos

Monitor y controlador de siembra

Este sensor monitorea en tiempo real las dosis de semillas utilizadas en cada sector. Conectado a DGPS puede generar mapas de la distribución espacial de las distintas dosis de semillas aplicadas.

Aplicador variable de agroquímicos

Los sensores de aplicación variable de agroquímicos permiten dosificar en forma eficiente la cantidad de pesticidas según el área foliar de los cultivos. Conectados a DGPS permiten obtener mapas precisos de la distribución espacial del producto aplicado.

Algunos ejemplos de tecnologías en Argentina:¹

El campo argentino dispone actualmente de todas las herramientas y adelantos en materia de agricultura y ganadería de precisión que ya están en los principales mercados del mundo. Ello en base a desarrollos nacionales, importación y adaptación de tecnologías internacionales. A continuación, se presentan algunos ejemplos:

La empresa Abelardo Cuffia desarrolló un sistema de inyección de pulverización que permite trabajar sin mezcla previa de caldo. La misma empresa comercializa la línea de monitores RDS, marca inglesa de reconocida trayectoria en el rubro. El modelo Pro-Series 8000, permite visualizar en tiempo real el rendimiento seco/húmedo, área cosechada y contenido de humedad del grano.

Figura 12. **Monitor RDS**



¹ Especial "Agricultura de Precisión 2007". Revista Agropropuesta. Argentina, Julio 2007.

Controladora "Raven Viper": puede aplicar hasta 5 productos con dosificación variable. El sistema permite reducir los desperdicios de agroquímicos, al tiempo que brinda mayor seguridad al operario y protege el medio ambiente.

Figura 13. **Controladora Raven Viper**



Monitor de Rendimiento "AG Leader PF Advantaje": proporciona la información de cosecha en tiempo real y tiene capacidad para desarrollar mapas de rendimiento con GPS a tiempo real, y permite realizar aplicaciones variables.

Figura 14. **Monitor de rendimiento "AG Leader PF Advantaje"**



"Dyson Electrónica" comercializa el Banderillero Satelital "Compass v6.0", un sistema de guía por barras de led de alta intensidad. Genera alerta temprana del desvío por flechas luminosas y hace detección automática de la dirección del giro y número de pasadas. Tiene un sistema Look ahead, a través del cual el banderillero indica la posición en la que se encontrará la máquina con anticipación, permitiendo orientarla antes de que se produzca el error.

Figura 15. **Banderillero Satelital
"Compass v6.0"**



La empresa Plantium ha desarrollado un sistema de control y monitoreo de siembra, el cual permite evaluar sistemáticamente como está cayendo la semilla y fertilizante en el potrero de tal forma de evitar problemas posteriores que incidirán en la cosecha.

Figura 16. **Control y monitor de siembra
Plantium**



Sistemas integrados como los desarrollados por Verion y Plantium permiten en un equipo contar con el banderillero y pulverización diferencial y algunos, como Plantium System, con monitor de cosecha.

Figura 17. **Sistemas integrados
de Verion y Plantium**



El Caso argentino²

Un caso exitoso que sirve de ejemplo a la forma en cómo se difunden nuevas tecnologías agropecuarias, con una rápida adopción, es el caso de Argentina. La Agricultura de Precisión lleva 12 años de desarrollo en la Argentina. El impulso inicial lo dio el INTA Manfredi en el año 1995.

En algo más de una década, la aplicación concreta de la tecnología se puede apreciar con sólo dar una recogida por los campos del país. Sobre un parque de cosechadoras estimado en 20.000 unidades, alrededor de 3.600 ya poseen monitor de rendimiento. Y de esta última cifra, 3300 cuentan con asistencia de GPS. Lo anterior significa que sobre una superficie cosechable de 28 millones de hectáreas, se podrían mapear dos millones, es decir 7,1% del total.

El mercado de máquinas precisas y agrocomponentes de alta complejidad para agricultura de precisión fue de US\$ 31 millones durante 2007 en la Argentina, según estimaciones del INTA Manfredi. Para este año 2008 se calcula que las ventas pueden crecer otro 30 ó 40%. Según la misma fuente de información, el segmento específico aumentó en 464% entre 2003 y 2007, y así se convirtió en uno de los rubros de mayor crecimiento a lo largo de los últimos tres años.

A la hora de explicar las razones del crecimiento de la Agricultura de Precisión en la Argentina, se puede realizar sobre la base de los siguientes puntos:

- El sistema productivo argentino creció en competitividad, requiriendo mayor productividad, con calidad de productos y procesos. En ese escenario las herramientas tecnológicas que engloban la agricultura de precisión resultan sumamente necesarias y rápidamente amortizables.
- Las herramientas son más seguras en su funcionamiento, mas amigables con el operario y los costos relativos de los equipos se van reduciendo.
- El crecimiento de empresas de servicios y asesoramiento mecánico, electrónico y agro-nómico es uno de los factores más relevantes

² Especial "Agricultura de Precisión 2007". Revista Agropro-puesta. Argentina, Julio 2007.

al momento de decidir la compra de estas herramientas por parte del productor.

- La existencia de fábricas argentinas de agro componentes de alta complejidad permitió sustituir importaciones de alto costo.

Durante los últimos 4 años comprendió que esta tecnología de alta complejidad industrial es cada día más amigable con el operario, que se dispone de mayores servicios postventa y resultados más fácilmente amortizable.

Ejemplo exitoso

La compañía Liag Argentina recibió el año 2006 el premio a la excelencia agropecuaria que otorga el Banco Galicia, por su trabajo de agricultura de precisión en 24.000 hectáreas. En los ambientes de peor calidad, Liag logró un margen positivo de entre 40 US\$ a 60 US\$ por hectárea mediante la producción diferenciada respecto al manejo tradicional. La ganancia se fundamentó en el ahorro de insumos.

2.3 Tecnologías asociadas a producción de frutales

Stanley Best / F. Salazar

Programa de Agricultura de Precisión, Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional VIII Región, Vicente Méndez, Quilamapu, Chile.

Chile como uno de los líderes en la producción de alimentos del Hemisferio Sur se ha propuesto como una de sus estrategias de desarrollo llegar a ser una potencia agroalimentaria a nivel mundial. Muchos son los productos que nuestro país puede ofrecer al mundo, sin embargo Chile ha desarrollado su agricultura de exportación basada en la producción de vinos y frutas frescas. En consideración a lo anterior la computación y la electrónica son consideradas por muchos países desarrollados como herramientas claves en el desarrollo competitivo y eficiente de la industria alimenticia. De esta forma los avances tecnológicos en la electrónica y el desarrollo de sensores han creado hoy en día la posibilidad de sistemas productivos que consideren la variabilidad natural de la producción en los huertos, aumentando de esta forma la producción y reduciendo costos. Algunos ejemplos de lo anterior son las potenciales aplicaciones de la tecnología en la Agricultura de Precisión (AP) definida esta última como la aplicación de una estrategia de manejo holístico que usa tecnologías de la información para obtener datos desde múltiples fuentes que sustentan decisiones asociadas con la producción agrícola, marketing, finanzas y personal (Olson, 1998).

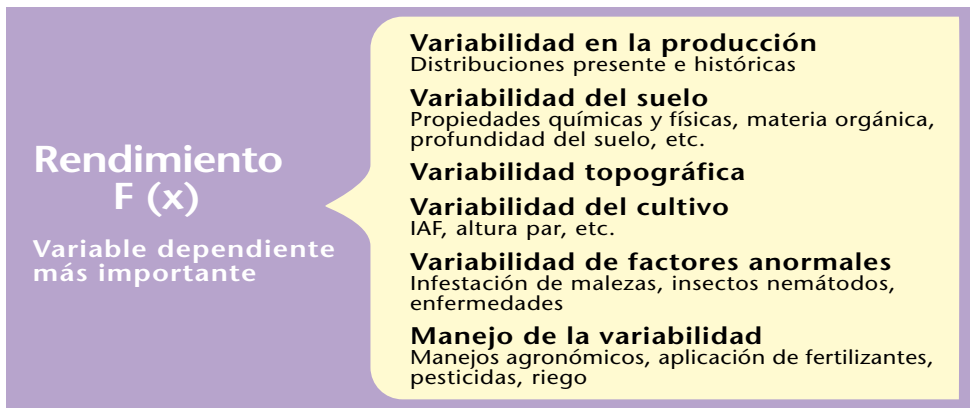
Uso de la tecnología en la producción frutícola

El fin de toda producción agrícola es la obtención de mayores rendimientos al menor costo posible sin desmedro de la calidad, es decir aumentar la utilidad por hectárea. Las tecnologías aplicadas en agricultura de precisión apuntan en su totalidad a lograr huertos homogéneos y uniformes.

Para esto entonces debemos conocer los factores que afectan el rendimiento en un Sistema Productivo Agrícola.

El uso de sensores ha llegado a ser muy importante en la detección de parámetros de calidad durante el crecimiento de cultivos y frutales, tanto en la cosecha, postcosecha y para la diferenciación de productos según las exigencias de distribuidores y consumidores (De Baerdemaeker, 2001). Además la tecnología y uso de sensores es cada vez más necesaria para apoyar y reforzar el uso de los detallados mapas de rendimiento utilizados en la agricultura de precisión (Chesmore, 2001).

Figura 17. **Variables principales que afectan la producción de un cultivo o frutal.**



2.3.1 Sistemas de Posicionamiento Global

El Sistema de Posicionamiento Global, conocido por sus siglas en inglés GPS (Global Positioning System), es un sistema de radionavegación satelital operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América. Este sistema está diseñado para que un observador pueda determinar cuál es su posición en la Tierra, con una cobertura sobre todo el planeta, en todo momento y bajo cualquier condición climática.

Si bien el sistema GPS fue diseñado esencialmente con fines militares, el uso civil se ha difundido debido a su utilidad en las más variadas disciplinas, que van desde las netamente científicas, como la geodesia y tectónica, hasta fines comerciales como el geomarketing, pasando por fines puramente recreacionales.

Otro factor importante en su difusión ha sido el bajo costo, ya que el uso del sistema es gratuito. Sólo es necesario contar con un receptor GPS, cuyo precio variará según el nivel de precisión que permita obtener.

¿Cómo funciona el Sistema GPS?

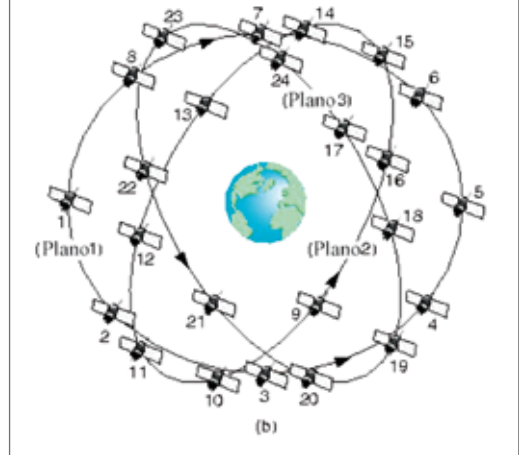
El sistema GPS se basa en la constelación de satélites NAVSTAR (Navegación por Satélite en Tiempo y Distancia) que comenzó su operación entre los meses de febrero y diciembre de 1978, con el lanzamiento de los primeros cuatro satélites.

Luego se llegó a un total de 24 satélites ubicados en seis planos orbitales, que tienen una inclinación de 55° con respecto al Ecuador. Los satélites se encuentran a una distancia aproximada de 20.200 km de la Tierra y describen una órbita elíptica, casi circular, de doce horas de duración (Figura 18).

Con esta configuración se garantiza que en cualquier lugar de la Tierra habrá al menos cuatro satélites sobre el horizonte en todo momento, número mínimo requerido para obtener una posición mediante un receptor GPS.

Un buen ejemplo de las capacidades del sistema GPS es su uso en Agricultura de Precisión, ésta,

Figura 18. **Configuración de los 24 satélites ubicados en seis planos orbitales**



se basa en el principio que aún en áreas pequeñas dentro de las fincas, como por ejemplo cuarteles de frutales, se manifiesta una variabilidad intrínseca que depende básicamente de las condiciones naturales de suelo condicionadas por el clima y una variabilidad que es inducida por el manejo de los cultivos.

La captura de datos en terreno para aplicar correctamente esta tecnología, depende en forma crítica de la componente espacial y por ende de coordenadas GPS que por la precisión y exactitud requeridas deben ser obtenidas mediante señales corregidas en forma diferencial, entonces toda la información que se genera en terreno está siempre georeferenciada para su correcta ubicación dentro de la finca. Algunos ejemplos de datos obtenidos son; el lugar donde se toman las muestras de suelo (humedad, fertilidad, CE etc.) el monitoreo del rendimiento de los cultivos, área foliar o la presencia de plagas y enfermedades. Sobre la base de esta información, posteriormente se tomarán las decisiones de aplicación de tasas variables de semillas, fertilizantes o pesticidas, que determinarán mejoras importantes en los rendimientos y calidad de los productos asociados a un menor impacto sobre el medio ambiente.

Figura 19. **Toma de muestras de suelo, georeferenciadas con GPS Diferencial**



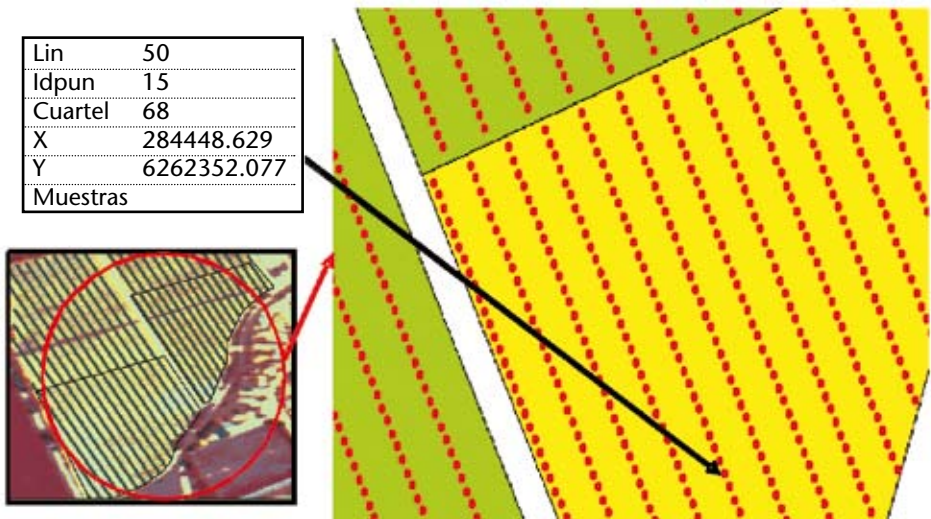
Incorporación de un huerto al sistema de agricultura de precisión

El incorporar el esquema de agricultura de precisión a un viñedo o huerto frutal específico y utilizarlo dentro del sistema de manejo del mismo, significa seguir varios pasos en los que se permite incorporar cada uno de los elementos tecnológicos que permiten realizar

una adecuada captura de información o monitoreo del viñedo o huerto. Estos corresponden a: obtención de un SIG del área del viñedo; y ubicación geográfica de los centrales u árboles. Este método ha sido incorporado al ser los centrales puntos de referencia bien establecidos y que pueden ser ubicados fácilmente por el personal en terreno, lo que facilita ostensiblemente las labores (Fig. 20). Esto no ocurre así con el uso de puntos de referencia derivados a partir del empleo de GPS, ya que en muchos casos se puede caer en ineficiencias operativas, y poca seguridad en la identificación de los puntos de interés.

Una vez incorporado un huerto a un sistema de agricultura de precisión, se van generando capas de información, como por ejemplo una capa con la información de vigor, otra con información sobre la distribución de rendimientos y calidades de años anteriores, información sobre la distribución de CE en el suelo, puntos de monitoreo de control de enfermedades, información sobre la distribución, por ejemplo, de los sólidos solubles en viñas, etc. Más adelante veremos que toda esta información es fácil de manipular en un Sistema de información geográfico (SIG) para poder tomar mejores decisiones.

Figura 20. **Sistema de localización geográfica desarrollado e integración al SIG**



2.3.2 Sistema de Información Geográfica del predio

Un sistema de información geográfico (SIG), es un término que describe un sistema basado en computador que tiene la capacidad para ingresar, almacenar, manipular y presentar datos que están geográficamente referenciados (datos espaciales) (Earl *et al.*, 2000). Un SIG en términos simples es una base de datos espacial, es decir, un sistema que integra información cartográfica en la forma de coberturas (como las capas de una torta) con información en tablas de atributo asociadas a cada una y que además está ligada a un sistema de coordenadas terrestres.

Existe una variada gama de trabajos de gestión y planificación predial que se pueden hacer con los SIG. Entre ellos cabe destacar:

- Confección de cartas temáticas prediales como:
- Capacidad de uso de suelo.
- Profundidad del suelo.
- Problemas de drenaje.
- Red de canales y caminos.
- Infraestructura predial (casas, galpones, construcciones, tranques, etc.).
- Asociaciones vegetales.
- Zonas frágiles.
- Mapeo de rendimiento por cultivo y por potrero.
- Lectura de superficies y distancias.

- Mapas de vigor u otro índice vegetacional.
- Planificación de nuevas obras de infraestructura al interior del predio.
- Construcción de bases de datos asociadas a labores prediales.
- Planificar y cuantificar la aplicación de fertilizantes, pesticidas y agroquímicos en general, de una manera racional y económica, evitando pérdidas de dinero y reduciendo los niveles de contaminación, entre otros.

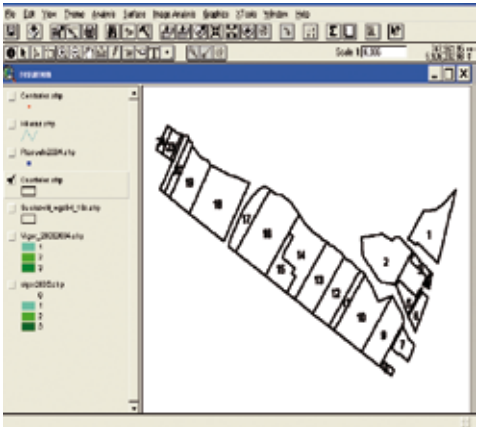
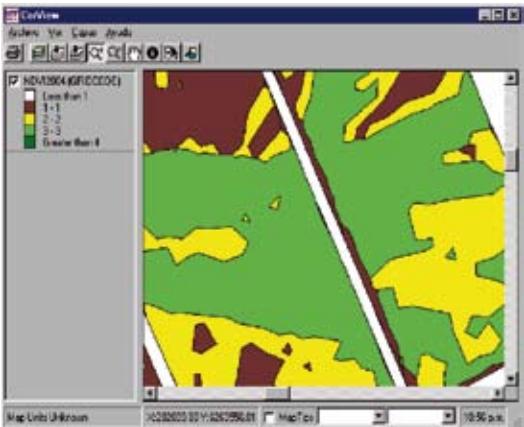
Cada una de estas capas de información se denomina mapa temático. El análisis por superposición de éstas, así como los algoritmos matemáticos desplegados por software especializados, nos permite resolver diversos problemas en forma ágil y eficiente.

Las bases de datos SIG permiten visualizar espacialmente una zona geográfica en coberturas, imágenes y fotos aéreas, analizar la información, graficar, responder a preguntas complejas, en definitiva permiten gestionar la información del mundo real en forma eficiente. En concordancia con lo expuesto por Neményi *et al.*, (2003), el uso de estas tecnologías puede facilitar la toma de decisiones agrotecnológicas válidas.

Por lo demás, en países más desarrollados el uso de los SIG ya ha generado expectativas en los productores debido al desarrollo de mapas de bajo costo que pueden ser de gran ayuda en el manejo de los huertos (Hall *et al.*, 2003; Da Costa *et al.*, 2007) y en la generación de inven-

Figura 21. **Aplicación del SIG.**

A) SIG (CorView, desarrollado por el programa de agricultura de precisión INIA) visualizando un mapa de NDVI. B) Trazado de límites físicos y contornos de cuarteles de un predio



tarios útiles para el gobierno en la estimación de las producciones (Viau *et al.*, 2005).

2.3.3 Teledetección y zonificación de especies

Las condiciones climáticas para muchas especies frutales es uno de los principales factores limitantes de la producción. Por ejemplo, los frutales de hoja caduca necesitan un período de dormancia o descanso en cada estación, es decir, los árboles sólo comienzan su crecimiento cada temporada cuando sus necesidades de frío invernal son satisfechas. Una mala elección del sitio de plantación se traduce en una vida del huerto más corta, reducción de la productividad y aumento de los costos de mantenimiento, por lo cual dónde plantar y qué especie plantar es una de las decisiones agronómicas más importantes que determinan el éxito de la producción frutícola.

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 multispectrales tomadas por aviones y las imágenes

tomadas por los satélites las más utilizadas. Con el uso de la teledetección termal de origen satelital, actualmente es posible delimitar de mejor manera los límites termales, es decir se pueden obtener isotermas, facilitando la generación de modelos espaciales (Barrera, 2006).

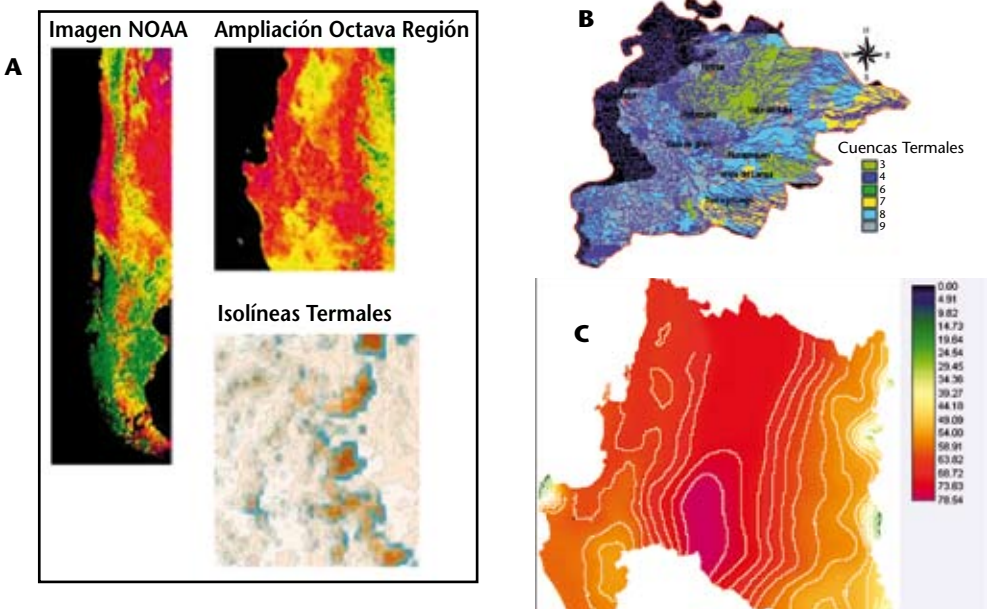
Entre los satélites que proporcionan estas imágenes se tienen el NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer).

Con esta información, se pueden clasificar las zonas geográficas en diferentes cuencas termales, información que puede ser cruzada con información de la evapotranspiración regional y otras capas de información (topografía, características de suelo, etc.) que, en conjunto con la de los grados día acumulados obtenida de estaciones meteorológicas, permite generar información de la adaptabilidad de distintas especies y variedades frutales en una zona geográfica, permitiendo zonificar aquellas zonas donde la variedad pueda expresar su máximo potencial.

Una vez seleccionado el sitio y especie de plantación el próximo objetivo deseado por todo productor es la optimización de la producción agrícola.

Figura 22. **Imágenes termales para zonificación.**

A) Imagen termal tomada por satélite NOAA, B) Zonificación Termal del Valle del Itata
C) Carta de Evapotranspiración Potencial ETP VIII Region



2.3.4 Monitoreo de suelo mediante conductividad eléctrica

Las condiciones edáficas de los suelos determinan; i) el volumen de suelo disponible para el crecimiento de las raíces, ii) la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento del frutal y iii) las necesidades de riego y drenaje. Una herramienta que actualmente es utilizada para comprender la variabilidad de los suelos y cómo afecta ésta los rendimientos, es la conductividad eléctrica de los suelos (CE).

La CE de los suelos puede definirse como la aptitud de éstos para transmitir la corriente eléctrica. Esta propiedad de los suelos ha sido determinada a través de mediciones estandarizadas de la conductancia de los suelos (resistencia -1) para una distancia y área transversal conocida a través de la cual una corriente viaja. El movimiento de electrones a través de un suelo es complejo. Los electrones pueden viajar a través del agua de los macroporos del suelo, por la superficie de los minerales del suelo (iones intercambiables), y a

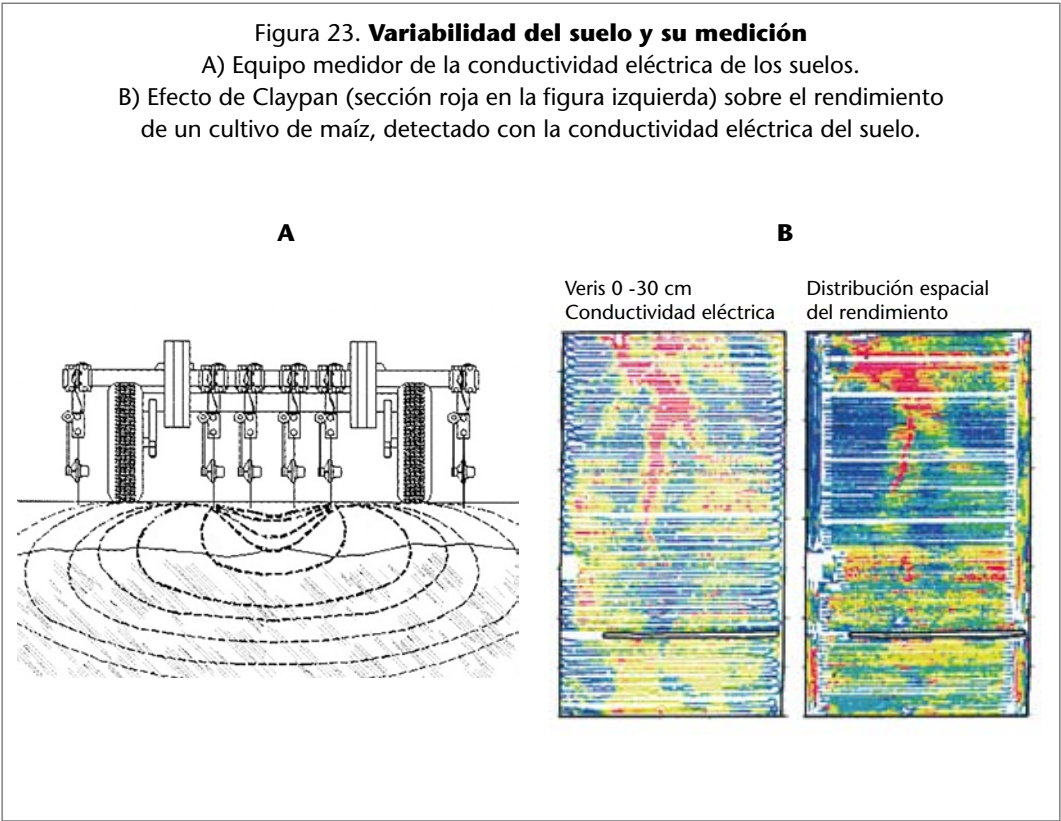
través de capas alternadas de partículas y soluciones (Rhoades *et al.*, 1989).

La obtención de mapas espacio-temporales de CE para determinar la relación que existe de la CE con las propiedades del suelo y su productividad son muy promisorias, debido principalmente a que las mediciones de CE han sido relacionadas a factores individuales que limitan el uso y productividad de los suelos, tales como salinidad (De Jong *et al.*, 1979; Rhoades and Corwin, 1981), contenido de arcilla (William and Hoey, 1987), profundidad de suelos (Doolittle *et al.*, 1994), humedad del suelo (Kachanoski *et al.*, 1988), entre otras. Es decir, los mapas espacio temporales de CE pueden ayudarnos a determinar los mejores lugares para realizar calicatas y observar la profundidad del suelo, además pueden ser muy útiles para el diseño de riego, etc.

La introducción en el mercado de equipos como Veris (Veris Technologies, Salinas, Kansas) y EM38 (Geonics, Canadá), hacen posible la obtención de dichos mapas de CE en forma fácil y económica, los cuales facilitan en gran medida la realización de estudios espacio-temporales.

Figura 23. Variabilidad del suelo y su medición

- A) Equipo medidor de la conductividad eléctrica de los suelos.
- B) Efecto de Claypan (sección roja en la figura izquierda) sobre el rendimiento de un cultivo de maíz, detectado con la conductividad eléctrica del suelo.

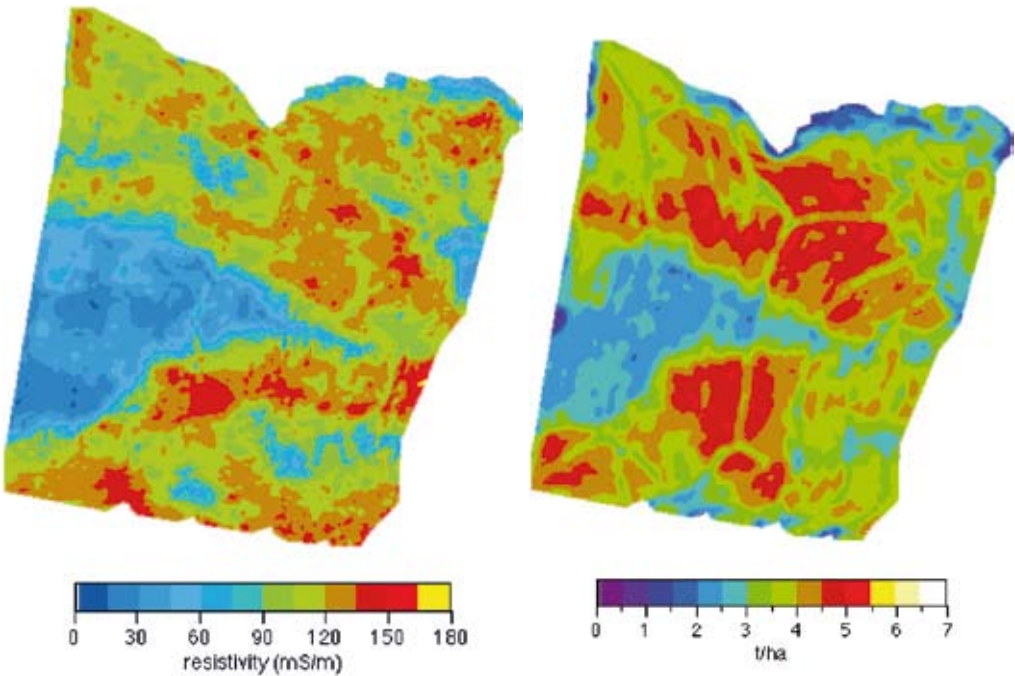


Como ejemplo, el Veris hace uso de 4 discos espaciados, dos de los cuales (exteriores) introducen un potencial eléctrico (flujo de corriente) en el suelo, que es recibido en los dos interiores, midiendo así la caída de voltaje existente entre ambos en conjunto con las características estructurales del equipo son traducidas a valores CE.

Los discos interiores y exteriores pueden ser espaciados en dos posiciones para medir la CE sobre una profundidad aproximada de 0-61 cm (primera posición) y 0-91 cm (segunda posición) permitiendo múltiples profundidades con una segunda pasada del instrumento. Cuando son usados con un receptor DGPS (Sistema de Posicionamiento Geográfico Diferencial), los datos de CE pueden ser georeferenciados para crear los mapas deseados con alta precisión del potrero, que permitirán focalizar los muestreos físicos y químicos propios de la metodología de AP, formato básico para definir en forma correcta el diseño de riego, marco de plantación, etc.

Esta caracterización edáfica asociada a la información climática es de alta importancia para el futuro productivo del frutal, el cual va a expresar nuestros errores de manejo y toma de malas decisiones en los bajos rendimiento y calidad deficiente, teniendo directa incidencia en la rentabilidad del cultivo. Si no ha utilizado la información de mapas de conductividad eléctrica en pre-plantación, también es útil y posible obtenerlos en huertos ya implantados; sin embargo, bajo estas condiciones son más útiles en definir la variabilidad del huerto con los mapas de vigor.

Figura 24. **Mapa de CE (ms/m) y Rendimiento (T/ha) en un cuartel de viñas en Australia, mostrando alta correlación entre ambas variables**
ACPA, 2001.



2.3.5 Teledetección y usos de mapas de vigor

En la producción frutícola existe una amplia fluctuación de aspectos físico-ambientales que inducen variabilidad en el huerto, lo que ha sido ampliamente demostrado en especies frutales como cítricos (Schueller *et al.*, 1999), manzanos (Quintana, 2006, Salazar, 2008), viñas, etc. La agricultura de precisión permite identificar y manejar variaciones temporales (por ejemplo entre años) y espaciales (entre distintas zonas de un huerto) (Seelan *et al.*, 2003), por lo cual la identificación de zonas de vigor puede ayudar a realizar mejores manejos, como por ejemplo:

- Optimizar los manejos de carga frutal: un aumento de la carga frutal (N° frutos cm² ASTT, N° frutos/Volumen de canopia) en vigores altos mejora el equilibrio fisiológico-reproductivo permitiendo optimizar la producción de fruta, además de disminuir el vigor.
- Optimización de la aplicación de fitoquímicos: las aplicaciones variables de raleadores químicos (u otros agroquímicos) y manejos agronómicos bajo sitio específico por zonas de vigor en huertos frutales disminuiría la contaminación y bajaría los costos de producción.

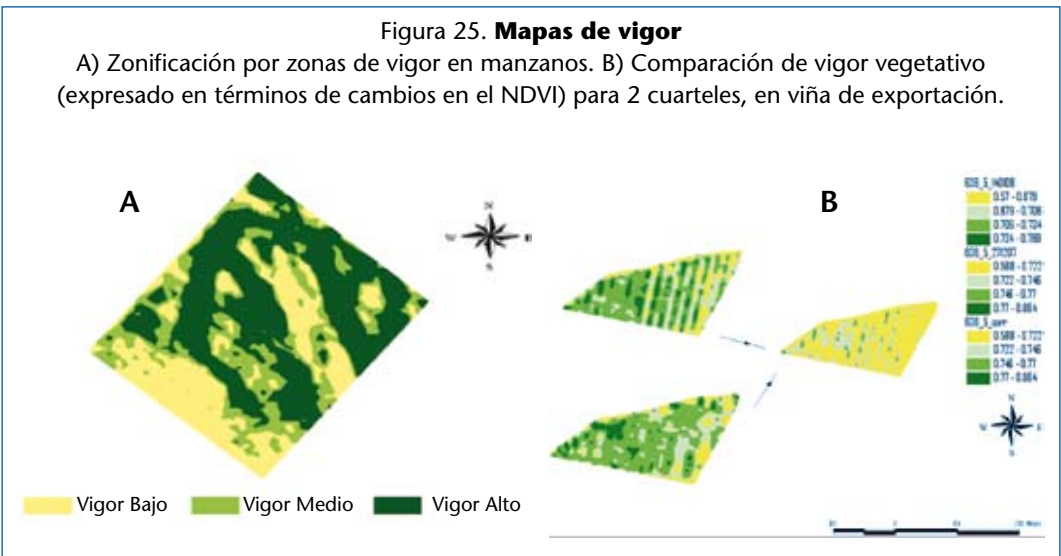
Obtención de mapas de vigor

Con los vuelos de aviones montados con cámaras multispectrales, es posible la obtención de imágenes digitales similares a las fotos digitales caseras obtenidas con cámaras convencionales baratas, solo que la cámara multispectral, además de las bandas R,G,B, también proporciona la banda del Infrarrojo cercano (Ic), con lo cual se logra obtener el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NVDI), concepto que integra el contraste de la alta absorbancia (baja reflectancia) de la banda roja (R) del espectro visible con la alta reflectancia del infrarrojo cercano (IFc) mediante la fórmula $NVDI = (IFc - R) / (IFc + R)$ (Chuvieco, 1996; Lamb, 2000; y Best *et al.*, 2005). Los valores del NVDI van desde el 0 al 1 y un valor cercano al 1 es interpretado como una especie vegetal de vigor alto (Hall *et al.*, 2003). El término vigor es utilizado para definir la tasa de crecimiento de una planta, pudiendo ser cuantificado por la medición del aumento total en tamaño en un periodo determinado de tiempo en relación al tamaño de partida (Forshey y Elfving, 1989; Faust, 1989). Por lo demás el vigor del árbol puede ser afectado por prácticas de manejo en el huerto (Nesme *et al.*, 2005).

El uso de los mapas de vigor sirve para detectar anomalías dentro del huerto, así, es una herramienta que nos ayuda a decidir en qué parte del huerto debo monitorear o evaluar qué factores están afectando la producción.

Figura 25. **Mapas de vigor**

A) Zonificación por zonas de vigor en manzanos. B) Comparación de vigor vegetativo (expresado en términos de cambios en el NDVI) para 2 cuarteles, en viña de exportación.



2.3.6 Medición de la variabilidad en rendimiento

La calidad de la cosecha proveniente de arboles con un equilibrio fisiológico-reproductivo adecuado, es decir un vigor normal, es superior a la calidad de fruta proveniente por ejemplo de arboles de excesivo vigor (Salazar, 2008, Razeto, 1992); además un excesivo vigor produce demasiado sombreamiento que afectará el color en la fruta. Entre algunos manejos para controlar el vigor se tienen la restricción de agua, poda severa de verano, y aumento de la carga frutal, entre otros. Es decir, con la implementación de tecnologías de agricultura de precisión se puede identificar aquellos sectores que producirán la mejor fruta, o aquellos cuarteles que producen el mejor vino, pero, lo que es aún mejor, con el uso de estas tecnologías ahora puedo identificar los sectores ineficientes y con problemas, siendo capaz de realizar manejos y cosechas diferenciadas para homogeneizar la calidad de fruta cosechada (Fig. 26).

Rendimiento y rentabilidad: resultados en huerto comercial de 17 ha.

En los cuadros inferiores podemos ver un ejemplo claro de segmentación e identificación de madurez y rendimiento de un huerto de manzanos, utilizando los planos de vigor.

En este caso el vigor bajo muestra la presencia de los menores rendimientos, por otra parte, los de mayor vigor poseen casi 4 veces mayores

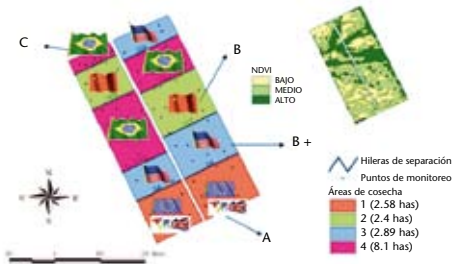
Figura 26. **Variabilidad de rendimientos**

A) La integración de capas de información permite poseer un mayor control de los distintos procesos del huerto a postcosecha.

B) La identificación de las zonas productivas que producirán la mejor o peor fruta permite la toma de decisiones sobre mejores manejos productivos y sobre el destino de exportación de la fruta.



Sectores de cosecha diferencial



rendimientos, sin embargo, el uso de insumos productivos en este cuartel fue parejo. De esta forma, es claro que se requieren manejos diferenciados de poda, fertilización, etc. que permitan mejorar la relación vegetativo-reproductiva.

Figura 27. **Segmentación en términos de madurez y rendimiento de un huerto de manzanos**

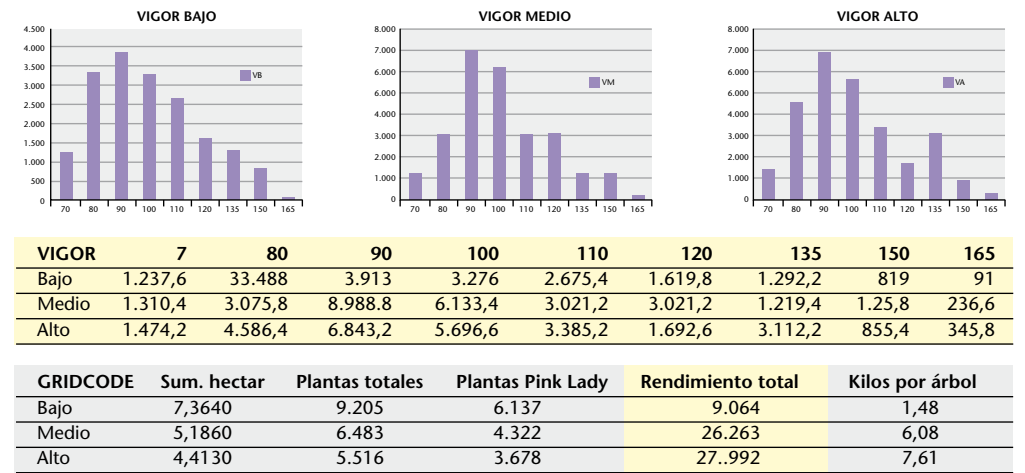
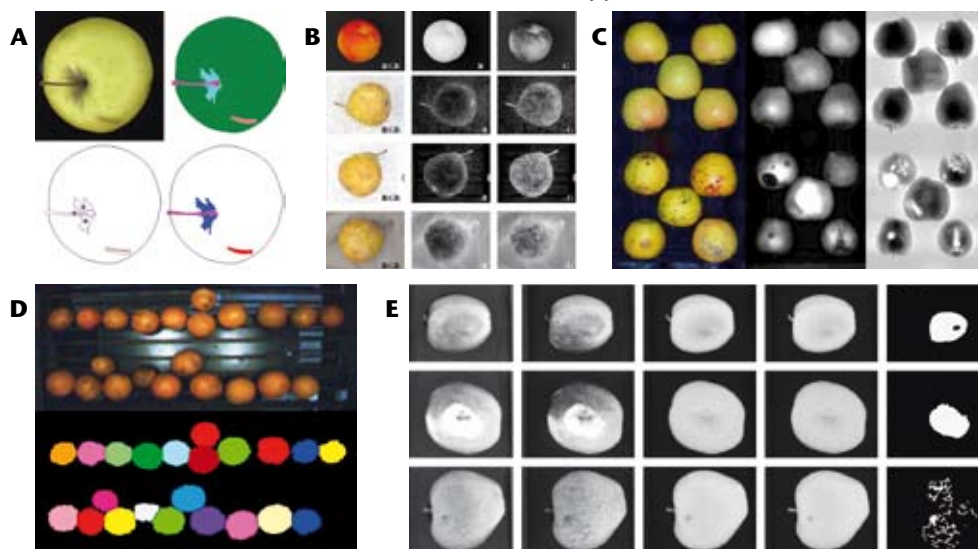


Figura 28. **Aplicaciones de la visión por computador para predecir calidad en frutos.**

Fuente: (A) Blasco *et al.*, 2003; (B) Mery y Pedreschi, 2003; (C) Yud-Ren Chen *et al.*, 2002; (D) Chinchuluun *et al.*, 2007 (E) Unay y Gosselin, 2006.



Nuevas tecnologías de evaluación: uso de la visión por computador

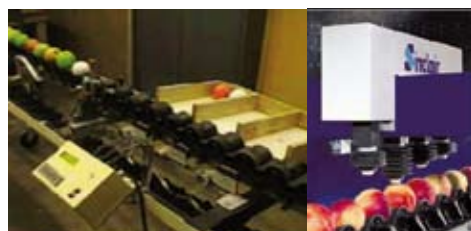
La visión por computador consiste en el procesamiento de imágenes digitales, la generación de gráficos por computador y en el reconocimiento de patrones. Muchas aplicaciones de la visión por computador han sido desarrolladas para la agricultura de precisión y tecnologías de cosecha y postcosecha, se pueden mencionar por ejemplo: el desarrollo de algoritmos para el reconocimiento de manzanas en el árbol (Parrish y Goksel, 1977; Slaughter y Harrel, 1989; Jiménez *et al.*, 2000; Bulanon *et al.*, 2002), la estimación de rendimiento en cítricos (Chinchuluun y Lee, 2006), la clasificación del color en frutas (Xiaobo *et al.*, 2007; Nakano, 1997; Madieta, 2003), en la segmentación automática de defectos en frutos, (Unay y Gosselin, 2006; Lemans *et al.*, 2000), en el uso de fotografía digital para comparar la percepción del color (Paulus *et al.*, 1997) y la clasificación de frutos en línea (Lemans *et al.*, 2002; Blasco *et al.*, 2003). Entre las ventajas del uso de la visión por computador se puede mencionar la exactitud, el ser un método no destructivo y cuyos resultados son más consistentes (Chen *et al.*, 2002).

Una imagen digital está conformada por una matriz de números reales $M \times N$, donde M re-

presenta las hileras y N a las columnas, Así se dice que la imagen digital es una matriz de tamaño $M \times N$, donde cada elemento de la matriz es llamado *pixel* o *picture element*, definido como el valor de color o intensidad asociado a cada elemento de la matriz (Gonzalez y Woods 1982). Como se dijo anteriormente una imagen RGB consta de tres matrices de información (Red, Green, Blue). La combinación algebraica (suma, resta, multiplicación, división) de estas matrices genera nuevas matrices (nuevas fotografías) a las cuales se les continúan aplicando funciones para llegar a obtener la matriz final de información de 0 y 1 (imagen binaria), a la cual se le hace el reconocimiento de patrones deseados.

Figura 29. Visión por computador

El uso de la visión por computador tanto con cámaras digitales RGB y otros sensores como NIRs está siendo ampliamente utilizado en las líneas de proceso y packing para clasificar frutos.



2.3.7 Estimación de carga frutal y aspectos fisiológicos

La carga frutal como una medida de la productividad del huerto se define como la cantidad (número o peso) de fruta producida por árbol o unidad de rama (Wünsche y Ferguson, 2005). En la mayoría de las especies frutales, la carga frutal requiere ser regulada mediante prácticas como el raleo de yemas, flores y/o frutos, cuyo propósito es mejorar aspectos de la calidad, como el calibre, desarrollo de color, sólidos solubles y firmeza, entre otros, así como también estimular la iniciación floral que producirá la cosecha el año siguiente (Westwood, 1982).

La carga frutal y su regulación a través de prácticas de raleo es un aspecto tecnológico clave, tanto desde un punto de vista económico como en su efecto sobre la calidad de fruta, lo que determina el éxito de la comercialización de los huertos de manzanos. Del total de los costos directos en la producción del manzano, la mano de obra representa sobre un 50% y dentro del costo total de mano de obra el raleo representa un 28%, que junto a la cosecha (26%) son los principales gastos en la producción de manzanas en Chile (Wallace, 2006).

Nuevas metodologías de estimación de carga frutal y rendimientos: imágenes digitales

Actualmente las nuevas técnicas se han focalizado en nuevas técnicas estadísticas y uso de la visión por computador, lo que está todavía a nivel de investigación. El uso de imágenes digitales para el conteo de frutos ha sido ampliamente desarrollado por muchos investigadores, sin embargo todavía quedan algunos aspectos por mejorar en cuanto a las técnicas de procesamiento de las imágenes.

Aplicación diferenciada de tratamientos de carga frutal en “Cuartel Royal Gala”

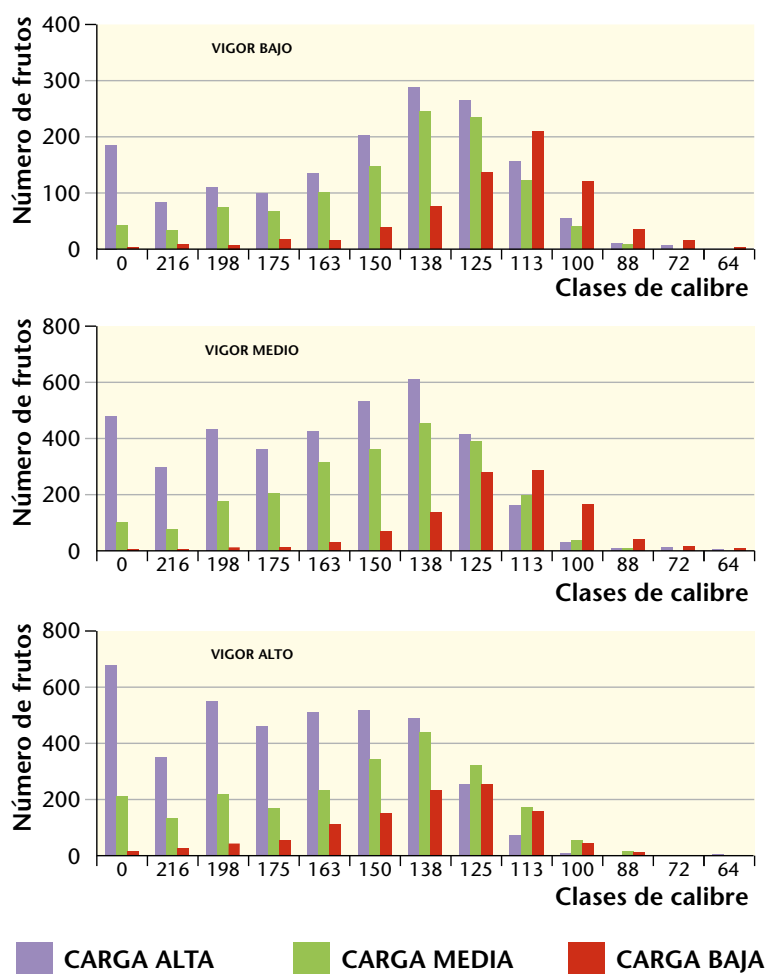
La respuesta fisiológica de árboles de manzanos, a los cuales se les aplicó tratamientos de carga frutal similares (N° de frutos / cm^2 ASTT) fue distinta según la condición de vigor de los árboles. En vigores bajos las cargas frutales bajas produjeron los mejores calibres (pero con menor producción), sin embargo para el vigor alto un tratamiento de carga frutal media fue superior en obtener mejores calibres y mayor cantidad de frutos que la carga baja, lo que está en concordancia con lo expuesto por Razeto (1999), el cual plantea que en árboles con demasiado vigor un aumento de la carga frutal sería una herramienta útil para disminuir el vigor del árbol y de esta forma equilibrarlo fisiológicamente, lo cual se traduce en fruta de buena calidad.

Figura 30. **Cargas frutales.**

A) Carga Frutal Baja (1-4 Frutos/ cm^2 ASTT), B) Carga Frutal Media (4-7 frutos / cm^2 ASTT), C) Carga Frutal Alta (7-10 Frutos/ cm^2 ASTT)



Figura 31. **Número de frutos por clases de calibre para los sitios de vigor: VB, VM, VA producidos por los tratamientos de carga fruta (Salazar, 2008).**



Detección de biomasa

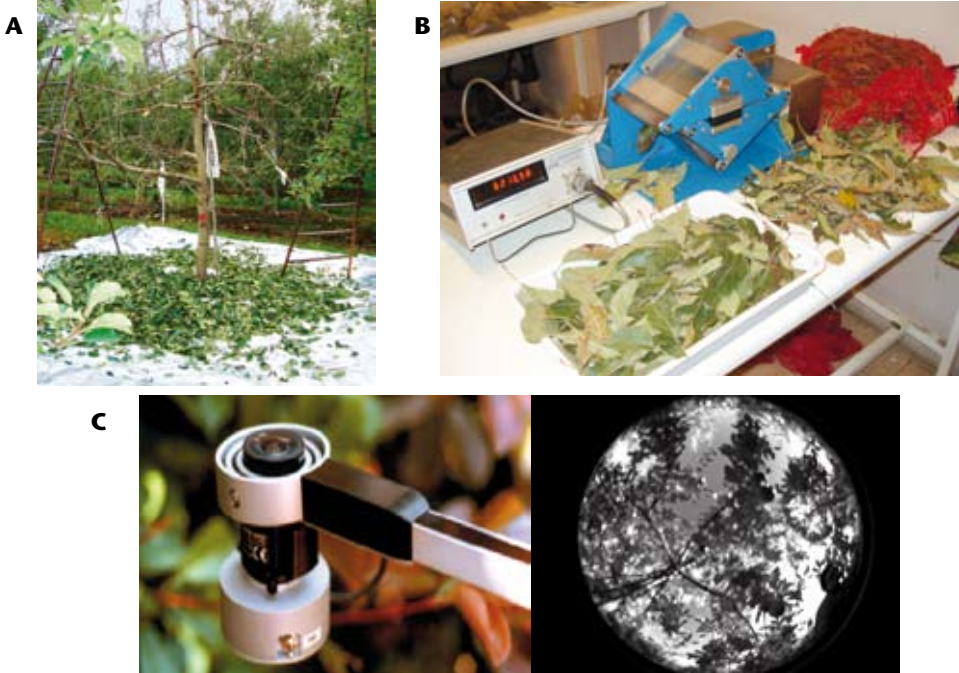
El índice de área foliar (IAF) es ampliamente utilizado para describir superficies fotosintéticas y de transpiración de doseles vegetales. Puede ser definido como la cantidad de superficie de hojas (considerando una cara), por unidad de suelo. De acuerdo a esta definición, el IAF es una cantidad adimensional, característica de un ecosistema y que presenta importantes aplicaciones en ecofisiología, modelos de balance hídrico y caracterización de interacciones vegetación-atmósfera. El IAF produce variaciones a nivel microclimático, las que controlan una serie de aspectos tales como la intercepción de luz, extinción luminosa e intercambio de

agua y CO_2 . Por tal motivo es un componente importante de los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas. Cualquier cambio en el IAF, ya sea debido a heladas, sequías o prácticas de manejo, es acompañado por modificaciones en la productividad.

Por otra parte, el índice de área foliar puede tener una aplicación nutricional, ya que una gran cantidad de reservas están presentes en el follaje, destacándose nitrógeno, calcio y azúcares, además una excesiva superposición de hojas dentro de una planta producirá un efecto de sombreamiento, el cual rápidamente altera el funcionamiento óptimo de las hojas y limita el desarrollo de color en la fruta.

Figura 32. **Índice área foliar.**

A) Deshoje manual de árboles para obtención del IAF. B) Obtención del área de hojas con equipo automático. C) Uso del Fisheye para obtención del IAF.



Metodologías para la obtención del IAF

Actualmente se utilizan deshojes de árboles en forma manual y se utilizan equipos que miden directamente el área de hojas defoliadas. Sin embargo estas metodologías son destructivas y consumen mucho tiempo, por lo cual no son prácticas habituales en la industria frutícola. Sin embargo el uso de sensores como el *fish-eye* de fotografía hemisférica puede ser de gran ayuda, con el cual además se puede determinar la cantidad de luz que está llegando a nivel de racimos en el caso de las viñas. Las determinaciones de IAF y cantidad de luz al interior de la canopia, determinadas mediante este instrumento, se relacionan a los distintos niveles de IAF. Así, a fines de temporada, se realiza una recolección del área total de hojas presentes en distintos puntos de monitoreo para poder calibrar el instrumento y de esa forma lograr una retrospectiva con las mediciones antes mencionadas. La literatura ha reportado buenas relaciones para predecir el IAF en vides. Sin embargo estas relaciones no han sido buenas para el caso de manzanos y cerezos.

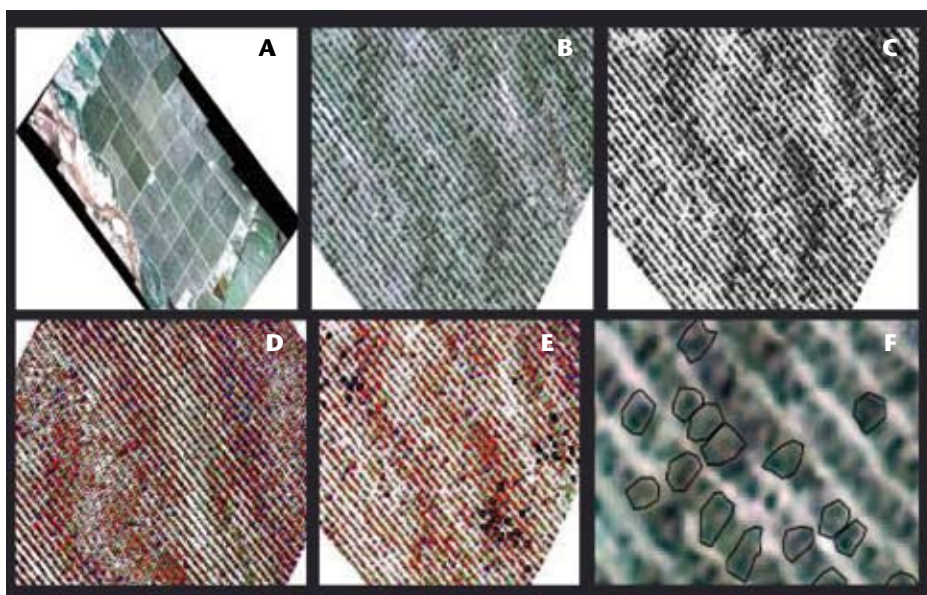
Nuevas técnicas de detección de biomasa

Tanto la obtención del IAF y del volumen de canopia son bastantes difíciles de realizar, por ser consumidoras de tiempo, y los sensores como los fish-eye no han correlacionado bien con distintas especies frutales para la medición del IAF. Una metodología alternativa desarrollada por Best et al. (2008), consiste en la obtención de imágenes multiespectrales y RGB del huerto en estudio. Mediante la generación de un Sistema de información Geográfica (SIG) y un sistema de grillas cartesiana (X,Y) georeferenciado con la ubicación espacial de los árboles en el huerto, es posible segmentar el área de las canopias con lo que, normalizado por el NVDI, se obtiene el Índice Foliar Radiométrico (IFR). Este índice correlaciona muy bien con el IAF y con el volumen de canopia, debido principalmente al efecto NVDI, relacionado con densidad de vegetación o de canopia, que ha sido explicado en otros estudios.

El uso potencial de esta herramienta se sustenta en que la normalización del N° de frutos / IFR

Figura 33. **Método para detectar biomasa.**

A) Imagen Aérea RGB del huerto (200 ha); B) Cuartel Royal Gala en estudio;
C) Segmentación de las copias de los árboles; D) Grilla de puntos para identificar los árboles E)
Perímetros de canopia de 54 árboles en estudio; F) Obtención del Área de canopia.



da origen a un Índice foliar productivo IFP, que ha mostrado tener un gran potencial en estimaciones de rendimientos; sin embargo, se debe seguir trabajando sobre este tema en especial.

Aplicaciones de pesticidas

Es altamente importante para las aplicaciones de pesticidas el contar con mapas de desarrollo de biomasa, ya que nos permitirán sectorizar las dosificaciones según la necesidad de cada frutal, ya que ésta depende del tamaño del árbol, más específicamente de la biomasa de la canopia (asociada al vigor de cada árbol). Estas aplicaciones se pueden realizar mediante planos de prescripción asociados a aplicadores variables. Las ventajas del uso de estas tecnologías son la reducción de la contaminación y menores costos, al optimizar los fitoquímicos acorde a las necesidades específicas de cada frutal.

Figura 34. **Prototipo de equipo de aplicación variable (AV), con sensores ultrasónicos de lectura de biomasa**



2.3.8 Monitoreo de riego

Uno de los factores más importantes que afectan la productividad de los árboles frutales es el agua, factor manipulado agronómicamente mediante el riego. El agua en el árbol frutal es un continuo desde el agua en el suelo hasta el agua en la atmósfera, pasando por el árbol. El stress por falta de agua ocurre cuando la transpiración desde las hojas excede la absorción de agua por las raíces por un tiempo suficiente en que ocurre disminución del ensanchamiento celular y disturbios en los procesos fisiológicos fundamentales. Los efectos del stress hídrico pueden observarse en una disminución del crecimiento, cierre estomático y, por ende, disminución fotosintética, senescencia de hojas y abscisión, que repercuten en una disminución de la calidad de frutos. En consideración a lo anterior, el monitoreo de la condición hídrica en el continuo suelo-planta-atmósfera es muy importante.

Dentro de los sistemas con que actualmente se cuenta para el monitoreo de déficit hídrico podemos mencionar los basados en información meteorológica, información de humedad de suelo y los basados en medir déficit en la planta (figura 35).

Estación meteorológica

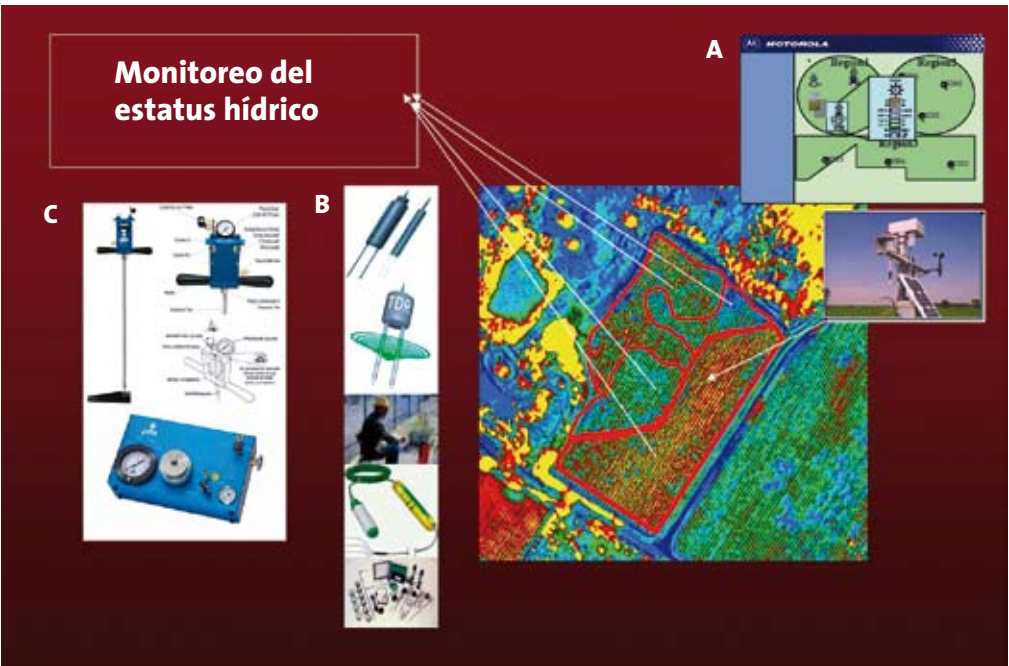
Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan para la elaboración de predicciones meteorológicas de evapotranspiración de cultivos a partir de modelos numéricos (Penman - Penman-Monteith - Thornthwaite - Priestley-Taylor, etc).

Medición de humedad de suelo

La utilización de sensores de humedad es una gran herramienta, que aporta la correcta información sobre el contenido de humedad en el perfil del suelo. Este conocimiento nos acerca con gran precisión a buenos resultados a la hora de manejar un sistema de riego.

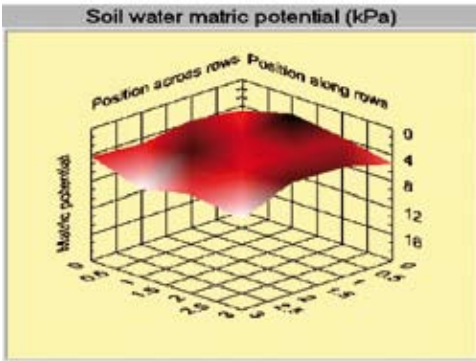
Figura 35. **Diferentes sistemas de monitoreo del estatus hídrico de cultivos**

Se usan para tomar decisiones de riego. A) Estaciones meteorológicas, B) Medición de humedad del suelo y C) Mediciones de plantas.



Los equipos que generalmente se encuentran en el mercado pueden agruparse de acuerdo a las dos técnicas básicas de medición: de tensión hídrica y volumen de agua. Los medidores que trabajan con la tensión están generalmente contruidos de un medio poroso, por ejemplo cerámica, que entra en contacto con el suelo y permite realizar una medida física o eléctrica (fig. 36). Por otra parte, los medidores de tipo volumétrico generalmente utilizan algún tipo de medición eléctrica relacionada con las propiedades eléctricas asociadas a la existencia de agua en el suelo. Dichas propiedades eléctricas son, por ejemplo, la conductividad y resistencia.

Figura 36. **Mapa de medición de humedad.** Forma de potencial mátrico del suelo (fuerza de retención del agua en el suelo).



Mediciones de la planta

El potencial de agua del tallo y de la hoja, medido con cámaras Scholander en conjunto con el cierre estomático, medido con porómetros, son considerados las herramientas tradicionales para detectar el estrés hídrico en muchas especies frutales, información que es cruzada con las decisiones en la programación del riego en muchos huertos de nuestro país. Sin embargo, estos métodos tradicionales son muy consumidores de tiempo, utilizan alta mano de obra, y sólo dan puntos de mediciones que muchas veces no poseen un adecuado soporte estadístico, lo que se traduce en información que no permite tomar decisiones.

Uso de dendrómetros para monitorear el diámetro de troncos y frutos.

Es necesaria la medición del diámetro del tronco y del fruto para entender cómo las plantas responden a variaciones diurnas en el contenido de agua. El diámetro del tronco disminuye durante el día porque las plantas pierden más agua por la transpiración que la que ellas pueden absorber. En la noche, cuando hay poca pérdida de agua, los troncos aumentan en diámetro debido a la absorción y al almacenamiento del agua.

Figura 37. **Dendrómetros automatizados** Uso para medición de crecimiento del tronco y de frutos.



Alternativas futuras

Como una tecnología alternativa actualmente en desarrollo, el uso de la temperatura foliar en la canopia como un índice del estatus hídrico de la planta se ha empleado desde principios de la década de los 80 (Idso *et al.*, 1981; Jackson *et al.*, 1981). Sin embargo, los avances de la electrónica han posibilitado el desarrollo de instrumentos de mejor precisión y muy por debajo en costos de lo que fueron antaño, dejando la posibilidad de introducción de este tema con mayor posibilidad de aplicabilidad. El Programa de AP del INIA está actualmente trabajando en este desarrollo en vides, el cual espera tenerse en el corto plazo a disposición de los productores (figura 39).

La fundamentación fisiológica de esta metodología se encuentra en el hecho de que una importante consecuencia del cierre estomático ocurrido en plantas sometidas a un estrés hídrico es que la disipación de energía por

transpiración se reduce sustancialmente, de tal manera que la temperatura de la hoja tiende a aumentar (Jackson *et al.*, 1981, Jones, *et al.*, 2002).

Sistema de Aplicación Variable de Riego para frutales y viñas

Se ha encontrado que la variabilidad espacial de estatus hídrico (EH) en frutales y viñedos (Best *et. al*, 2005) está en concordancia con la gran variabilidad de la producción y calidad de la fruta (figura 39). En este sentido, la evolución de las determinaciones del EH en estos cultivos ha pasado desde las determinaciones basadas en suelo y micrometeorológicas hasta aquellas basadas en micrometeorología y plantas, como la determinación del potencial hídrico xilemático, dada su significancia fisiológica directa con el EH y su consistencia.

Figura 38. **Imagen termal de dos condiciones extremas de un cuartel** (bajo y alto vigor)

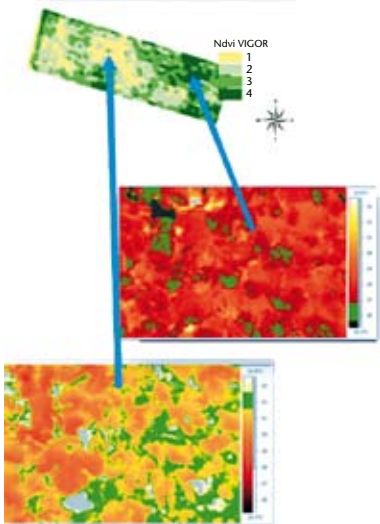
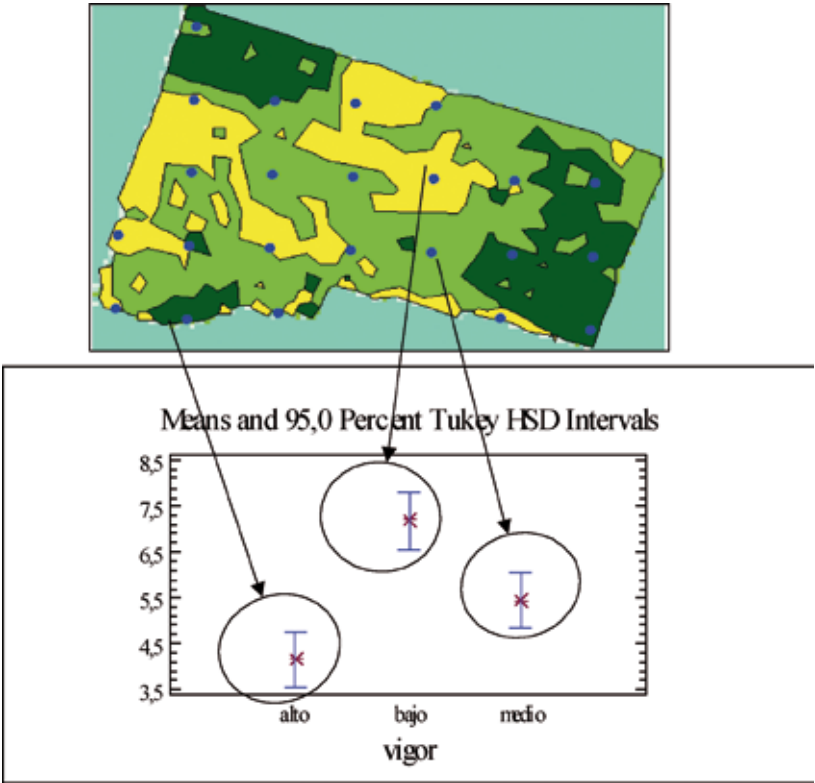


Figura 39. **Evaluación de variabilidad de estrés hídrico de un viñedo** (basado en la variabilidad del potencial hídrico xilemático), según zonas de vigor obtenidas de información de sensoramiento remoto (planos de NDVI).



Fuente: Programa AP, INIA Quilamapu, 2005.

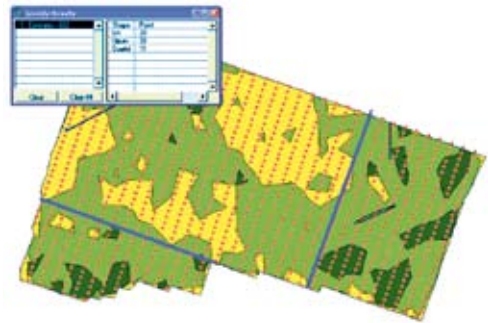
Así, se debe considerar la variabilidad espacial de los suelos para el diseño de cualquier nueva plantación, y en las ya plantadas se debe considerar el rediseño, siempre y cuando la rentabilidad de realizar esto sea positiva, es decir en cuarteles de alta calidad. Por otra parte, para mejorar la eficiencia en los viñedos y frutales cuando son regados homogéneamente, es necesario utilizar un monitoreo dirigido, el cual debe focalizarse en el área más importante en superficie del cuartel, de tal forma que se potencie la mayor cantidad de plantas con un manejo adecuado del riego.

Sectorizaciones

El uso de información de sensoramiento remoto ha demostrado altas potencialidades sobre la base del uso de planos de vigor (NDVI), no solo para el tema del manejo sino también en decisiones de cosecha. En la figura 40 se muestra un criterio simple de sectorización, en base a la elección de lotes que presenten vigor medio-bajo y medio-alto según el índice de NDVI. Como se aprecia en la figura 40, el cuartel queda dividido en tres sub-áreas de manejo y cosecha diferenciada.

Figura 40. **Sectorización potencial en base a criterio de producción en el cuartel**

Se muestran sectores (a) y (c) con vigor medio – alto y (b) con vigor medio-bajo.



Fuente: Programa AP, INIA Quilamapu, 2005.

Automatización de sistema de riego

Actualmente, los sistemas de riego presurizados han estado integrando sistemas de automatización de decisiones de riego sobre la base del monitoreo localizado de condiciones hídricas de suelo y sistemas de comunicación remota.

Figura 41. **Esquema de sistema automatizado de monitoreo y aplicación de riego**



Fuente: Universidad Florida, EE.UU..

2.3.9 Tecnologías en detección de plagas y enfermedades

Muchas de las tecnologías explicadas hasta ahora han estado en investigación, con bastante éxito, en la detección de plagas y enfermedades en los cultivos, utilizando tecnologías tales como cámaras RGB, NIRs, termales, de fluorescencia, etc.

Las plagas se desarrollan y se ven afectadas principalmente por efecto de la temperatura, la que controla en parte el desarrollo de su ciclo de vida. Se utilizan estaciones meteorológicas para determinar la cantidad de días-grado, con el fin de predecir el desarrollo de los insectos, y así elaborar una tasa de desarrollo.

Figura 42. **Detección de *Venturia Inaequalis* en manzano. Uso de tecnología de cámaras termales**



2.3.10 Medición de parámetros de calidad: predicción de calidad de cosecha y postcosecha

El termino *calidad de fruta* compromete muchas características o propiedades que se relacionan con la apariencia, textura, sabor y nutrición (Abbott *et al.*, 1997). Durante el transcurso de la maduración existen una serie de fenómenos en los frutos, como respiración, transpiración, emisión de sustancias volátiles, cambio de color y disminución de la acidez y firmeza (Urzúa 2001). Estos cambios pueden ser positivos o negativos dependiendo de las preferencias del consumidor (Maib *et al.*, 1996), por lo cual el objetivo de la industria frutícola es cosechar la fruta en la madurez adecuada y aplicar las tecnologías postcosecha para controlar estas tasas de cambio y así proveer al consumidor un producto aceptable.

Tanto la firmeza de pulpa como la concentración de sólidos solubles se consideran los parámetros de calidad interna más importantes (Lu y Ariana, 2002), debido a que son afectados por factores de precosecha, como estación, localización del huerto y exposición a la luz, aportando importante información del comportamiento postcosecha (Feree y Warrington, 2003). La textura, expresada como firmeza, es a menudo utilizada como un indicador de madurez fisiológica, organoléptica y de calidad en frutos (Abbot 1994), siendo un factor clave que determina la aceptabilidad de la fruta por el consumidor. Conceptos como duro, blando, jugoso, crujiente, harinoso, son términos que describen textura, existiendo una relación muy estrecha entre textura y firmeza (Harker *et al.*, 1997).

Medición de firmeza

Por muchos años la medición de estos parámetros se ha hecho con instrumentos como el penetrómetro, para firmeza, y el refractómetro para la concentración de sólidos solubles. Comercialmente, estas mediciones son hechas sobre pequeñas muestras (debido a la naturaleza destructiva de los instrumentos) tomadas desde lotes grandes, para obtener un indicador estadístico de toda la calidad del lote; sin embargo, frutas y vegetales son notoriamente variables y la calidad de piezas individuales puede diferir enormemente del promedio (Abbott *et al.*, 1997). Además, para el caso de la firmeza, el penetrómetro no es capaz de detectar cambios muy pequeños (1-2%) causados, por ejemplo, por diferentes tipos de carga (apretones, caídas, daño por productos) (Felfolfi y Fekete, 2003.). Incluso la precisión es afectada por la velocidad de aplicación y del sesgo del usuario (Abbot, 1996); a lo anterior se suma que el penetrómetro no puede detectar desórdenes internos en frutos (De Baerdemaeker *et al.*, 2006).

Por lo cual se han desarrollado instrumentos no destructivos, como la técnica de la medición acústica y la utilización del NIRS (Spectroscopy Near-Infrared), que son metodologías no destructivas que permiten el monitoreo de parámetros de calidad a través del tiempo, evitando los prejuicios causados por las variaciones en las mediciones fruta a fruta con métodos destructivos (De Baerdemaeker *et al.*, 2006; Duprat *et al.*, 1997).

En la técnica de la medición acústica para medir firmeza, la fruta es impactada con un pequeño martillo y el resultado mecánico de la vibración

Figura 43. **Equipo NIRs y medición acústica.**

A) Equipo NIRs para predicción de calidad en terreno. B) Equipo NIRs para predicción de calidad en laboratorio. C) Equipo de medición acústica para predicción de calidad en laboratorio.



A



B



C

es luego medido directamente, usando acelerómetros o vibrómetros laser, o indirectamente, usando un micrófono para capturar la onda de sonido correspondiente.

La técnica de la medición acústica está relacionada con las propiedades elásticas de la fruta (textura) y la medición no depende del operador ni del actual sistema de transducción (micrófono, acelerómetro o vibrómetro laser) (Nicolai *et al*, 2005).

En la técnica del NIRS la fruta es irradiada con luz del infrarrojo cercano, midiéndose la radiación reflejada, transmitida o absorbida. Mientras la radiación penetra la fruta, cambios en las características espectrales a través de las longitudes de onda dependen de los procesos de reflexión, dispersión y absorción (Nicolai *et al*, 2005). Estos cambios dependen de la composición química de la fruta, como el contenido

de azúcar o de ácido, o bien de las propiedades de dispersión de la luz relacionadas con la microestructura y textura. En distintas especies frutales la técnica se ha utilizado para predecir firmeza, sólidos solubles y anomalías de los frutos (Zanella *et al*, 2005).

Análisis sensorial

Existe una necesidad creciente por la predicción de la calidad sensorial en frutos; factor muy importante en la aceptación final por parte de los consumidores, por lo cual numerosos estudios han sido desarrollados para encontrar correlaciones significativas entre esos atributos sensoriales y medidas instrumentales específicas. Actualmente las nuevas tecnologías de predicción del comportamiento del consumidor apuntan al desarrollo de narices electrónicas, que detectan distintos compuestos químicos.

Figura 44. **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 fruta y se modifica por su interacción con las moléculas; (c) sale de la fruta un espectro modificado, el cual es captado por un NIR.

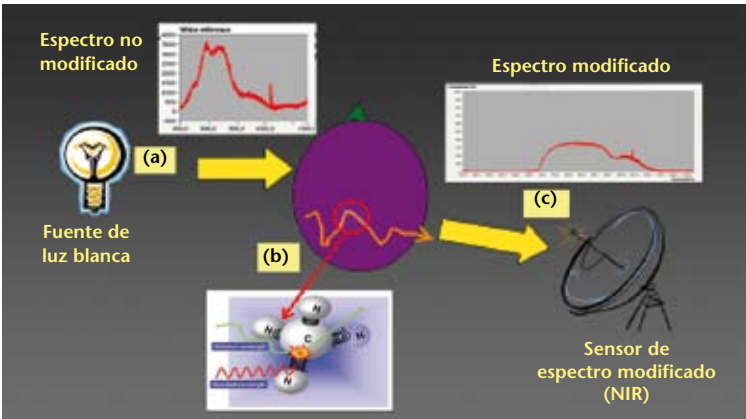


Figura 45. **Evaluación sensorial**

A) Panelista en evaluación sensorial. B) Presentación de una muestra sensorial de tres tratamientos de carga frutal en manzanos.

A



B



2.3.11 Aplicación de la ingeniería genética

La ingeniería genética corresponde a una tecnología que, a nivel molecular, permite la identificación de genes específicos con el fin de realizar selección asistida.

El método se puede utilizar tanto para identificar genes de variedades provenientes de cruzamientos normales, como en la producción de variedades transgénicas. En el caso de la identificación de genes de variedades provenientes de cruzamientos, se reduce en forma importante el período de obtención de la variedad deseada. En el desarrollo de variedades transgénicas, la ingeniería genética juega un rol más activo, no sólo en la identificación de los genes, sino en el trasferecia e incorporación de los genes deseados a la nueva variedad.

2.3.12 Manejo de abejas

La polinización tiene gran importancia económica, ya que corresponde a la primera instancia de la producción de frutos. Además, en gran medida, de su eficiencia depende la rentabilidad del negocio. En muchas especies la polinización determina la cantidad y calidad del fruto, que a su vez depende de la cantidad de semillas, lo que favorecerá el tamaño, consistencia y estructura del fruto. En kiwi, un fruto

con mayor número de semillas tendrá mejor calidad interna y mejor condición.

El manejo de los polinizadores comienza con la oportunidad en que se colocan las colmenas en el campo, éstas no debieran colocarse antes de haber un 10 - 15% de floración. Frutos de flores que se polinizan temprano tienen mayor peso (grs) que los de flores más tardías. Además, una polinización deficiente afecta la forma de los frutos.

Las abejas corresponden a los polinizadores más utilizados e importantes, aún cuando su actividad varía de acuerdo al clima y localidad. A continuación se recomiendan ciertas prácticas a la hora de utilizar estos agentes:

- evitar presencia de flores nativas cercanas al cultivo
- las colmenas deben ser numerosas y fuertes
- la floración debe coincidir con la actividad de las abejas (idealmente que requieran de polen)
- las colmenas deben colocarse en grupos

Para lograr manejar la polinización deben realizarse monitoreos y evaluaciones de la misma:

- monitorear actividad de las abejas: estimar número de visitas por flor y analizar el polen
- evaluar la cuaja: contando número de botones de flor
- conteo de número de semillas por fruto.



2.3.13 Monitoreo y análisis nutricional

Los cambios de estado fenológico en los frutales llevan muchas veces a cambios en el status nutricional de las plantas. Estas variaciones pueden afectar el rendimiento y calidad de la fruta, por lo que es indispensable realizar seguimientos nutricionales.

El tejido foliar es uno de los mejores indicadores del estado nutricional, ya que en este tejido se producen los mayores cambios en las concentraciones de nutrientes.

La fecha en que se realiza el análisis nutricional debe coincidir con la época en que los nutrientes están más estables en la planta, por lo que la fecha depende de la especie frutal.

Las muestras deben llevarse a un laboratorio especializado y los resultados deben compararse con estándares, los que darán al productor u asesor una idea de lo que ocurre en la planta.

2.3.14 Manejo de la cadena de frío

A causa de la lejanía de los más importantes mercados importadores de fruta chilena, el transporte de ésta es un factor muy relevante, por lo que es indiscutido la necesidad imperante de manejar la cadena de frío durante el transporte.

Si incurren desajustes de las condiciones de almacenaje durante este tiempo, se afecta seriamente la condición de la fruta. Bajas temperaturas de almacenaje causan daño por frío, generando e incidiendo en variados desordenes fisiológicos; en cambio, altas temperaturas pueden acelerar el proceso de maduración y ablandamiento.

Es de vital importancia contar con herramientas que permitan el monitoreo y control de estas condiciones de almacenaje. Para este fin, existen monitores precisos que miden, entre otras, temperatura y humedad, y entregan información exacta sobre estas variables en el tiempo. Los datos que entrega el monitor del sensor pueden descargarse a un computador, a través de un software especial, para analizar los datos y tomar importantes y rápidas decisiones. Además, algunos cuentan con un sistema de alerta, en que una alarma se activa si la temperatura excede el límite de temperatura.

Bibliografía

- Abbot, J. 1994. Firmness measurement of freshly harvested "Delicious" apples by sensory methods, sonic transmission, magness-taylor, and compression. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 119, (3):510- 515.
- Abbot, J., Lu, R., Upchurch, B., y Stroshine, R. 1997. Technologies for non-destructive quality evaluation of fruits and vegetables. *Hort Review* 20: 1-120
- Barrera, J. 2006. Análisis macrozonal de cuencas climáticas como base del desarrollo vitícola sustentable. Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción.
- 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., F. Salazar, R. Bastías and L. Leon. 2008. Crop load estimation model to optimize yield- quality ratio in apple orchards, *Malus Domestica* Borkh, Var. Royal Gala. Paper aceptado para ser publicado en la revista *Journal of Information Technology in Agriculture* (www.jitag.org).
- Blasco, J., N. Aleixos and E. Moltó. 2003. Machine vision system for automatic quality grading of fruit. *Biosystems Engineering* 85 (4): 415-423.
- Bulanon, d.m., t. Kataoka, y. Ota and t. Hiroma. 2002. A segmentation algorithm for the automatic recognition of fuji apples at Harvest. *Biosystems engineering* 83 (4): 405-412.
- Chen, Y-R., K. Chao and M.S. Kim. 2002. Machine vision technology for agricultural applications. *Comput. Electron. Agric.* 36: 173-191.
- Chesmore, E. D. 2001. Advances in Electronic Technology for Sensing and Monitoring in Agriculture and Horticulture. *Acta Hort.* 562; 141-146.
- Chinchuluun, R. and W. Lee. 2006. Citrus yield mapping system in natural outdoor scenes using the watershed transform. [en línea].]. ASABE. American Society of Agriculture and Biological Engineers. http://www.agen.ufl.edu/~wlee/Publications/ASAE_Paper_031002.pdf > [Consulta: 8 Octubre 2007].
- Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de la Teledetección espacial. (3a ed.). Rialp. Madrid, España.
- Da Costa, J.P., F. Michelet, C. Germain, O. Lavalie and G. Grenier. 2007. Delineation of vine parcels by segmentation of high resolution remote sensed images. *Precision Agric.* 8: 95-110.
- De Baerdemaeker, J. 2001. Sensors and Precision Farming in Horticulture. *Acta Hort.* 562; 19-27.
- De Baerdemaeker, J. Hertog, M. Nicolai, B y De Ketelaere, B. 2006. Innovative measurements and models for predicting shelf life of fresh foods during postharvest. *Int. J. Postharvest Technology and innovation.* 1(1): 32-47
- De Jong, E., A.K. Ballantyne, D.R. Cameron, and D.L.W. Read. 1994. Measurement of apparent electrical conductivity of soils by an electromagnetic induction probe to aid in salinity surveys. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:810-812.
- Doolittle, J.A., K.A. Suddeth, N.R. Kitchen, and S.J. Indorante. 1994. Estimating depths to claypans using electromagnetic induction methods. *J. Soil Water Cons.* 49(6):572-575.
- Duprat, F., Grotte, M., Pietri, E., Loonis, D. 1997. The Acoustic Impulse Response Method For Measuring the Overall Firmness of Fruit. *J. Agric Engng Res* 66; 251-259.

- Earl, R., G. Thomas and B. Blackmore. 2000. The potential role of GIS in autonomous field operations. *Comput. Electron. Agric.* 25: 107–120.
- Escalera, H. de la. 2001. *Visión por Computador, Fundamentos y Métodos*. Pearson Educación. Madrid, España.
- Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*. John Wiley & Sons. New York, U.S.A.
- Felföldi, J y Fekete, A. 2003. Detection of small scale mechanical changes by acoustic measuring system. ASAE paper number 036097 Las Vegas Nevada.
- Feree, D, y Warrington, I. 2003. *Apples, Botany, production and uses*. CABI Publishing.
- Forshey, C.G. and D.C. Elfving. 1977. Fruit numbers, fruit size, and yield relationship in "Mcintosh" apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102 (4): 399-402.
- González, R. and R. Woods, 1982. *Tratamiento digital de imágenes*. Addison-Wesley / Diaz de Santos. Wilmington, U.S.A.
- Hall, A., J. Louis and D. Lamb. 2003. Characterising and mapping vineyard canopy using high spatial resolution aerial multispectral images. *Computers and Geosciences*. 29: 813–822.
- Harker, F., Redgwell, R., Hallett, I., Murray, S y Carter, G 1997. Texture of fresh fruit. *Hort. Reviews* 20: 121-224
- Idso, S. B., Jackson, R. D., Pinter, R. J. Reginato, and J.L. Hatfield. 1981. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agric. Meteorol.* 27: 59 – 70.
- Jackson, R. D., S. B. Idso., R. J. Reginato, P. J. Pinter Jr. 1981. Canopy temperature as a drought stress indicator. *Water Resources Res.* 17: 1133 – 1138.
- Jimenez, A.R., R. Ceres and J.L. Pons. 2000. A survey of computer methods for locating fruit on trees. *Trans. Asae*. 43 (6):1911-1920.
- 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.
- Kachanoski, R. G., Gregorich, E. G., and Van-Wesenbeeck, I. J. 1988. Estimating spatial variations of soil water content using noncontacting electromagnetic inductive methods. *Can. J. Soil Sci.* 68:715-722.
- Lamb, D.W. 2000. The use of qualitative airborne multispectral imaging for managing agricultural crops- a case study in South-Eastern Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 40: 725 - 738.
- Leemans, V., H. Magein and M.-F. Destain. 2002. On-line fruit grading according to their external quality using machine vision. *Biosystems Engineering*. 83 (4): 397 – 404.
- Lu, R. y Ariana, D. 2002. A near- infrared sensing technique for measuring internal quality of apple fruit. *Applied engineering in agriculture*. 18(5): 585-590.
- Madieta, E. 2003. Apple colour measurements. some metrological approaches. *Acta Hortic.* (599): 337-342.
- Maib, k., Andrews, P., Lang, G., Mullinix, K. 1996. *Tree Fruit Physiology: Grow and Development: a comprehensive manual for regulating deciduos tree fruit growth and development* Good fruit grower Yakima, Washington.
- Mery, D. and F. Pedreschi. 2005. Segmentation of colour food images using a robust algorithm. *J. Food Eng.* 66: 353–360.
- Nakano, k. 1997. Application of neural networks to the color grading of apples. *Comput. Electron. Agric.* 18: 105-116.
- Neményi, M., P.Á. Mesterházi, Z. Pecze and Z. Stépán. 2003. The role of GIS and GPS in precision farming. *Comput. Electron. Agric.* 40: 45-/55.

- Nesme, T., D. Plenet, B. Hucbourg, G. Fandos and P.-E. Lauri. 2005. A set of vegetative morphological variables to objectively estimate apple (*Malus x domestica*) tree orchard vigour. *Sci. Hortic.* 106: 76–90.
- Nicolai, B., Lammertyn, J., Veraverbeke, E. y Jancsó, P. 2005. Non destructive techniques for measuring quality of fruit and vegetables. *Acta Hort* 682:1333-1339.
- Paulus, I., R. de Busscher and E. Schrevers. 1997. Use of image analysis to investigate human quality classification of apples. *J. Agric. Eng. Res.* 68: 341-353.
- Parrish, E.A. and A.K. Goksel. 1977. Pictorial Pattern recognition applied to fruit harvesting. *Trans. Asae.* 20: 822-827.
- Quintana, R. 2006. Análisis de la variabilidad espacial de rendimiento y calidad de frutos utilizando el índice de vegetación diferencial normalizado (NVDI) en huerto de manzano variedad Royal Gala. Memoria de título, Ing. Agron. Universidad de Concepción, Fac. Agron. Chillán, Chile.
- Razeto, B. 1999. Para entender la fruticultura. (3a.ed) Diagramación e impresión por Vértigo. Santiago, Chile.
- Rhoades, J.D. and D.L. Corwin. 1981. Determining soil electrical conductivity depth relations using an inductive electromagnetic soil conductivity meter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:255-260.
- Rhoades, J.D., N.A. Manteghi, P.J. Shouse, and W.J. Alves. 1989. Soil electrical conductivity and soil salinity: new formulations and calibration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 433-439.
- Salazar, S. 2008. Aplicación y desarrollo de tecnologías de precisión para el diagnóstico de la carga frutal en manzano (*Malus Domestica*, Borkh) 'Royal Gala'. Memoria de título, Ing. Agrónomo. Universidad de Concepción, Fac. Agron. Chillan, Chile.
- Schueller, J.K., J.D. Whitney, T.A. Wheaton, W.M. Miller and A.E. Turner. 1999. Low-cost automatic yield mapping in hand-harvested citrus. *Comput. Electron. Agric.* 23:145–153
- Seelan, S.K., S. Laguet, G.M. Casady, and G.A. Seielstad. 2003. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sens. Environ.* 88: 157- 169.
- Slaughter, D.C. and R.C. Harrell. 1989. Discriminating fruit for robotic harvest using color in natural outdoor scenes. *Trans. Asae.* 32 (2): 757-763.
- Unay, D. and B. Gosselin. 2006. Automatic defect segmentation of 'Jonagold' apples on multi-spectral images: a comparative study. *Postharvest Biology and Technology.* 42: 271–279.
- Úrzu, F. 2001. Evolución del ablandamiento durante el almacenaje y su relación con enzimas de pared celular en manzanas Royal Gala y peras Packham 'S Triumph y Beurre Bosc. Tesis Universidad de Talca
- Úrzu, F. 2001. Evolución del ablandamiento durante el almacenaje y su relación con enzimas de pared celular en manzanas Royal Gala y peras Packham 'S Triumph y Beurre Bosc. Tesis Universidad de Talca.
- Viau, A., J.-D. Jang, V. Payan and A. Devost. 2005. The Use of Airborne LIDAR and Multispectral Sensors for Orchard Trees Inventory and Characterization. *Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production FRUTIC 05*, 12. 16 September 2005, Montpellier France
- Wallace, a. 2006. Situación comercial de la industria chilena exportadora de manzanas y peras. En: asoex (ed). *li ciclo de seminarios frutícolas de Actualización técnico comercial: pomáceas. Seminario asoex de pomáceas.* 11-12 octubre, 2006. Club manquehue, santiago, chile.
- Westwood, M. 1982. *Fruticultura de zonas templadas.* Ediciones Mundi- Prensa. Madrid, España.

- Williams, B.G. And D. Hoey. 1987. The Use Of Electromagnetic Induction To Detect The Spatial Variability Of The Salt And Clay Contents Of Soil. *J. Soil Sci.* 25:21-27.
- Wünsche, J.N. and I.B. Ferguson. 2005. Crop load interactions in apple. *Hortic. Rev.* 31: 231- 290.
- Xiaobo, Z., Z. Jiewen and L. Yanxiao. 2007. Apple color grading based on organization feature parameters. *Pattern. Recogn. Letters.* 28: 2046–2053.
- Zanella, A., Rossi, O., Cechinel, M., Panarese, M., Coser, M., y Cazanelli, P.,.2005. Non-destructive NIRS-assesment of apple quality parameters, compared to conventional analysis by an appropriate statistical procedure. *Acta Hort* 682: 1505-1512.

3.

Anexos



3.1 Glosario de siglas

AP:	Agricultura de Precisión.	NAVSTAR:	Navegación por Satélite en Tiempo y Distancia
CE:	Conductividad eléctrica	NIRS:	Spectroscopy Near-Infrared
DGPS:	Sistema de posicionamiento global diferencial	NOAA:	National Oceanic and Atmospheric Administration
FDR:	Frequency Domain Reflectometry	NVDI:	Índice de Vegetación en Diferencias Normalizadas
GPS:	Sistemas de posicionamiento global	SIG:	Sistemas de Información Geográfica
IAF:	Índice de área foliar	TDR:	Time Domain Reflectometry
ISN:	Índice de suficiencia de nitrógeno	TDV:	Tecnología de Dosis Variable
MODIS:	Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer		
MSE:	Manejo sitio específico		

3.2 Directorio de empresas proveedoras

ESPECIALIDAD:

GPS y GIS

AARGENTINA

Relevar

Pellegrini 306, Junin, Buenos Aires
Fono 54-2362-434435
info@relevargis.com.ar
<http://www.relevargis.com.ar>

AUSTRALIA

Beeline Technologies

305 Montague Road
West end QLD 4101, South Brisbane
Fono 61-7-30046700 Fax 61-7-30046799
InfoAU@beeline.ag
<http://www.beeline.ag>

BRASIL

Geo Studio tecnologia Ltda.

Rua Corcovado 432, Jardim América
Belo Horizonte
Fono 55-31-33730878 Fax 55-31-33739001
<http://www.geostudio.com.br>

CANADA

Site Winder (GPS)

Edmonton, Alberta
sales@sitewindergps.com
<http://www.sitewindergps.com>

CHILE

Cartografía Geosistemas Digitales

Avenida 11 de Septiembre N° 2155,
torre B, oficina 1107 – Santiago
Fono 2-2444023 Fax 2-2444023
cgd@geosistemas.com
<http://www.geosistemas.com>

CHILE

CRT Ltda.

Bustamante N° 32 Oficina 41 – Santiago
Fono 2-2239921 Fax 2-2741771
info@crt.cl
<http://www.gpsenchile.cl>

CHILE

Esri Chile S.A.

Marchant Pereira N° 201, piso 9 – Santiago
Fono 2-4819000 Fax 2-4819099
info@esri-chile.com
<http://www.esri-chile.com>

CHILE

Geocom S.A.

Avenida Salvador N° 1105 – Santiago
Fono 2-4803600 Fax 2-2049535
restit@geocom.cl
<http://www.geocom.cl>

CHILE

Geoequipos S.A.

Miguel Claro N° 786 – Santiago
Fono 2-2355248 Fax 2-2360956
info@geoequipos.cl
<http://www.geoequipos.cl>

CHILE

GeoSoluciones E.I.R.L.

Avda. Pedro de Valdivia N° 1783 Oficina 188
Santiago
Fono 2-2091431 Fax 2-2091431
info@geosoluciones.cl
<http://www.geosoluciones.cl>

CHILE

GPS Aventura

El Trovador N° 4280, N° oficina 711 – Santiago
Fono 2-3425288 Fax 2-2079215
info@gpsaventura.cl
<http://www.gpsaventura.cl>

CHILE

GPS Chile S.A.

San Sebastián N° 2839 oficina 703 – Santiago
Fono 2-9404900 Fax 2-9404999
servicioalcliente@gpschile.com
<http://www.gpschile.com>

CHILE**Mapsat Ltda.**

San Antonio N° 427, oficina 1021 – Santiago
Fono 2-6330425 Fax 2-6393392
ppaolini@mapsat.cl
<http://www.mapsat.cl>

CHILE

Mercator Instrumentos Científicos

Fono 2-6389223
<http://www.mercatoric.cl>

CHILE

Oriondata Ltda.

Avenida Providencia N° 2133 oficina 703
Santiago
Fono 2-3358304 Fax 2-3337240
soluciones@oriondata.cl
<http://www.oriondata.cl>

CHILE

**Soluciones Tecnológicas
Sygnnus Ltda.**

Avenida Chile España N° 717 – Santiago
Fono 2-4189987 Fax 2-2231886
info@gpsxtreme.cl
<http://www.gpsxtreme.cl>

CHILE

Terrasat S.A.

Avda. Eliodoro Yáñez 2050 Dep. 11 Santiago
Fono 2-2252889 Fax 2-2252890
asesoria@terrasat.cl
<http://www.terrasat.cl>

EE.UU.

Ag Leader Technology, Inc.

2202 South Riverside Drive
Ames, Iowa 50010
Fono 1-515-2325363
info@agleader.com
<http://agleader.com>

EE.UU.

AutoFarm

45700 Northport Loop East
Fremont, California 94538
Fono 1-510-9334800
Fax 1-510-9334801
<http://www.gpsfarm.com/>

EE.UU.

DeLorme

Yarmouth, Maine 04096
Fono 1-800-5615105
Fax 1-800-5752244; 1-207-8467051
<http://www.delorme.com>

EE.UU.

GIS Solutions, Inc.

2612 Farragut Drive 2nd Floor
Springfield, Illinois 62704
Fono 1-217-5463635
Fax 1-217-5463839
info@gis-solutions.com
<http://www.gis-solutions.com>

EE.UU.

Magellan Professional

471 El Camino Real
Santa Clara, California 95050
Fono 1-800-9222401
Fax 1-408-6155200
professionalsupport@magellangps.com
<https://pro.magellangps.com>

EE.UU.

MapShots, Inc.

4610 Ansley Lane
Cumming, Georgia 30040
Fono 1-678-5136093
Fax 1-770-8867620
info@mapshots.com
<http://www.mapshots.com>

EE.UU.

Northstar

Fono 1-800-6284487

Fax 1-978-8977241

ns-support@navico.com

<http://www.northstarnav.com>

EE.UU.

OmniSTAR, Inc.

8200 Westglen Drive

Houston, Texas 77063

Fono 1-800-3389178

dgps2@omnistar.com

<http://www.omnistar.com>

EE.UU.

Raven

14000 Summit Drive, Suite 700

Austin, Texas 78728-7109

Fono 1-512-6707369

Fax 1-512-2381135

info@ravengps.com

<http://www.ravenprecision.com>

TAIWAN

Globalsat Technology

16F., No. 186, Jian-Yi Road

Hsien 235, Chung-Ho City, Taipei

Fono 886-2-8226-3799

Fax 886-2-8226-3899

service@globalsat.com.tw

<http://www.globalsat.com.tw>

CHILE

Agrosoft

Barros Errazuroz N° 1954 oficina 207
Santiago
Fono 2-2692275; 2-2258934
Fax 2-2696242
contacto@agrosoft.cl
<http://www.agrosoft.cl>

CHILE

Cleversoft

Condominio Los Nogales. Los Olivos N°7
Rancagua
Fono 72-280154; 72-256165
Fax 72-280154
aclery@cleversoft.cl
<http://www.cleversoft.cl>

CHILE

Computación Agrícola Ltda.

Benjamín N° 2965
Santiago
Fono 2-6585015 2-2328961
ventas@compuagro.cl
<http://www.compuagro.cl>

CHILE

Servicio Aerofotométrico FACH

Encomenderos N° 270
Santiago
Fono 2-3272085
Fax 2-3272096
ventas@saf.cl
<http://www.saf.cl>

ALEMANIA

Agrocom GmbH & Co. Agrarsystem KG

Potsdamer Straße 211
33719 Bielefeld
Fono 49-521-20790
Fax 49-521-2079500
info@agrocom.com
<http://www.agrocom.com>

ALEMANIA

Inpho a Trimbke Company

Smaragdweg 1
70174 Stuttgart
Fono 49-711-228810
Fax 49-711-2288111
sales@inpho.de
<http://www.inpho.de>

ALEMANIA

Montivision - Imaging Technologies

Hauptstrasse 143
D-24797 Breiholz
Fono 49-4332-991425
Fax 49-4332-991426
info@montivision.com
<http://www.montivision.com>

ARGENTINA

Positive S.A.

Blas Parera 476
Fono 54-11-47632389
carina@positivesystems.com
<http://www.positivesystems.com>

AUSTRALIA

Fairport

17 Charles Street
South Perth
Fono 61-8-93675814
Fax 61-8-93675823; 61-8-93675823
mail@fairport.com.au
<http://www.fairport.com.au>

AUSTRALIA

AquaSpy Group Pty Ltd.

16 Phillips Street
Thebarton SA 5031
Fono 61-8-84169900
Fax 61-8-84169901
sales@aquaspy.com
<http://www.aquaspy.com>

AUSTRALIA**CSIRO**

Clayton South – Victoria 3169
Fono 61-3-95452176 Fax 61-3-95452175
Enquiries@csiro.au
<http://www.csiro.au>

CANADA

C - Comsat Satellite Systems Inc.

Fono 1-613-7454110; 1-877-4638886
Fax 1-613-7457144
info@c-comsat.com
<http://www.c-comsat.com>

CANADA

Cengea Solutions Inc.

Suite 700, 259 Portage Avenue
Winnipeg, MB R3B 2A9
Fono 1-604-6976400
<http://www.cengea.com>

CANADA

FieldWorker

Fono 1-888-8831902 Fax 1-416-4837069
sales@fieldworker.com
<http://www.fieldworker.com>

CANADA

Geonics Limited

1745 Meyerside Drive, Unit 8
Mississauga, Ontario
Fono 1-905-6709580 Fax 1-905-6709204
geonics@geonics.com
<http://www.geonics.com>

CANADA

Hemisphere GPS

4110 9th Street S.E.
Calgary, Alberta
Fono 1-403-259331 Fax 1-403-2598866
info@hemispheregps.com
<http://www.hemispheregps.com>

CANADA

PCI Geomatics

50 West Wilmot Street
Richmond Hill, Ontario
Fono 1-905-7640614 Fax 1-905-7649604
info@pcigeomatics.com
<http://www.pcigeomatics.com>

EE.UU.

AgCode Inc.

Glenwood, Minnesota 56334
Fono 1-877-2508435
contact@agcode.com
<http://www.agcode.com>

EE.UU.

AgRenaissance

Raleigh, North Carolina 27675
Fono 1-919-5188030
info@fieldrecon.com
<http://www.fieldrecon.com>

EE.UU.

Agristar Global Networks

70 West Madison Avenue Suite 5770
Chicago, Illinois 60602
Fono 1-312-5951200 Fax 1-312-5951204
support@agristar.com
<http://www.agristar.com>

EE.UU.

Bluetooth SIG. Inc.

Fono 1-425-6913535
member.relations@bluetooth.com
<http://www.bluetooth.com>

EE.UU.

Crossbow Technology, Inc.

4145 N. First Street
San Jose, California 95134
Fono 1-408-9653300 Fax 1-408-3244840
info@xbow.com <http://www.xbow.com>

EE.UU.

DigitalGlobe Corporate

1601 Dry Creek Drive Suite 260
Longmont, Colorado 80503
Fono 1-303-6844000 Fax 1-303-6844562
info@digitalglobe.com
<http://www.digitalglobe.com>

EE.UU.

Farm Works

6795 South SR1
Hamilton, Indiana 46742
Fono 1-800-2252848 Fax 1-260-4883737
farmwork@farmworks.com
<http://www.farmsoft.com>

EE.UU.

Global Mapper Software, LLC.

Olathe, Kansas 66063
Fono 1-816-8170822
support@globalmapper.com
<http://www.globalmapper.com>

EE.UU.

ITT Visual Information Solutions

Fono 1-303-7869900 Fax 1-303-7869909
info@ittvis.com <http://www.ittvis.com>

EE.UU.

Juniper Systems, Inc.

1132 West 1700 North
Logan, Utah 84321
Fono 1-435-7531881 Fax 1-435-7531896
sales@junipersys.com
<http://www.junipersys.com>

EE.UU.

Pitney Bowes MapInfo

One Global View. Troy, New York 12180
Fono 1-800-5516277
sales@mapinfo.com
<http://www.mapinfo.com>

EE.UU.

Polychromix

30 Upton Drive
Wilmington, Massachusetts 01887
Fono 1-978-2846000
Fax 1-978-2846060
info@polychromix.com
<http://www.polychromix.com>

EE.UU.

Prairie iNet

11305 Aurora Avenue
Des Moines, Iowa 50322
Fono 1-515-4400848
Fax 1-515-4400849
info@prairieinet.net
<http://www.prairieinet.net>

EE.UU.

Red Hen Systems Inc.

2850 McClelland Drive Suite 3900
Fort Collins, Colorado
Fono 1-800-2374182
Fax 1-970-4933938
info@redhensystems.com
<http://www.redhensystems.com>

EE.UU.

Red Wing Software, Inc.

491 Highway 19
Red Wing, Minnesota 55066
Fono 1-651-3881106
Fax 1-651-388950
info@redwingsoftware.com
<http://www.redwingsoftware.com>

EE.UU.

Socket Mobile Inc.

Newark, California 94560-4808
Fono 1-510-9333000
Fax 1-510-9333030
<http://www.socketmobile.com>

EE.UU.

SSI - Software Solutions Integrated

140 E. South First Street
Shelbyville, Illinois 62565
Fono 1-800-7527912
Fax 1-217-7742204
sales@agvance.net
<http://www.ssinews.com>

EE.UU.

SST Development Group, Inc.

824 N. Country Club Road
Stillwater, Oklahoma 74075
Fono 1-405-3775334
Fax 1-405-3775746
ltracy@sstsoftware.com
<http://www.sstsoftware.com>

FRANCIA

Spot Image

Fono 33-5-62194040
Fax 33-5-62194011
<http://www.spotimage.fr>

HOLANDA

Topcon

Essebaan 11, 2908 LJ
Capelle a/d IJssel
Fono 31-10-4585077
Fax 31-10-4585045
<http://www.topcon.eu>

PANAMA

ProducePak Solutions

IPASA Building, 3rd Floor 41st Street
Panama City
Fono 507-6526698
info@producepak.com
<http://www.producepak.com>

POLONIA

TatukGIS

Plac Kaszubski 8/105
81-350 Gdynia
Fono 48-58-6209262
Fax 48-58-6210962
sales@tatukgis.com
<http://www.tatukgis.com>

EE.UU.

Brimrose Corporation

19 Loveton Circle, Hunt Valley Loveton Center
Sparks, Maryland 21152-9201
Fono 1-410-4727070 Fax 1-410-4727960
office@brimrose.com
<http://www.brimrose.com>

EE.UU.

Flir Systems

Fono 1-555-4109333
<http://www2.flirthermography.com>

EE.UU.

Fluke Corporation

6920 Seaway Boulevard
Everett, Washington
Fono 1-800-4435853 Fax 1-425-4465116
fluke-info@fluke.com
<http://us.fluke.com>

EE.UU.

Holland Scientific, Inc.

5011 South 73rd Street
Lincoln, Nebraska 68516-4236
Fono 1-402-4881226 Fax 2-402-488-1226
sales@hollandscientific.com
<http://www.hollandscientific.com>

EE.UU.

Spectrum Technologies, Inc.

12360 South Industrial Drive East
Plainfield, Illinois 60585
Fono 1-815-4364440 Fax 1-815-4364460
<http://www.specmeters.com>

EE.UU.

Zeltex Inc.

130 Western Maryland Parkway
Hagerstown, Maryland 21740
Fono 1-301-7917080 Fax 1-301-7339398
canders@zeltex.com
<http://www.zeltex.com>

CHILE

Adelantos Tecnológicos S.A.

Estado N° 213, oficina 305 – Curicó
Fono 75-543212 Fax 75-543215
atecsa@adelantostecnologicos.cl
<http://www.adelantostecnologicos.cl/>

CHILE

Agroprecision

Jose Manuel Infante N° 1183 – Santiago
Fono 2-2746658 Fax 2-2746658
servicios@agroprecision.cl
<http://www.agroprecision.cl/>

CHILE

Ambimet Ltda.

Garibaldi N° 1620 – Santiago
Fono 2-2744798; 2-3416980
Fax 2-3416980
ambimet@ambimet.cl
<http://www.ambimet.cl>

CHILE

Appareil Ltda.

Los Gomeritos N° 1721 – Santiago
Fonos 2-2184434; 2-2186131
Fax 2-2185956
ventas@appareil.net
<http://www.appareil.cl>

CHILE

CD-TEC Ltda.

Americo Vespucio Sur N° 298 – Santiago
Fono 2-2084459 Fax 2-2067149
info@cdtec.cl <http://www.cdtec.cl>

CHILE

Cientec instrumentos Científicos S.A.

Avenida Miguel Claro N° 815 – Santiago
Fono 2-2350085 2-2350085
cicsa@cientecinstrumentos.cl
<http://www.cientecinstrumentos.cl/>

CHILE**Cima Control Ltda.**

Panamericana 5 Sur Km. 34 – Buin
Fono 2-5177071 Fax 2-5177054
info@cimacontrol.cl
<http://www.cimacontrol.cl>

CHILE

HANNA Instruments Equipos Ltda.

Dr. Manuel Barros Borgoño N° 246 – Santiago
Fono 2-2361400 Fax 2-2364009
ventas@hannachile.com
<http://www.hannachile.com>

CHILE

Ivens S.A.

Avenida Los Leones 3028
Santiago
Fono 2-3608000 Fax 2-3608102
ivens@ivens.cl
<http://www.ivens.cl>

CHILE**Projet Ltda.**

Avenida Miguel Claro N° 1492 – Santiago
Fono 2-2046093 Fax 2-2231449
projet@projet.cl
<http://www.projet.cl>

CHILE

Veto y Cia. Ltda.

San Eugenio N° 567 – Santiago
Fono 2-3554400 Fax 2-3554473
ventas@veto.cl, veto@veto.cl
<http://www.veto.cl>

CHILE

Zimex Ltda.

Francisco Javier N° 75 – Santiago
Fono 2-7764039 Fax 2-7764045
info@zimex.cl
<http://www.zimex.cl>

ARGENTINA

Agrojet S.A.

Avenida Pellegrini 6530
Rosario, Santa Fe
Fono 54-0341-4583838
Fax 54-0341-4580070
info@agrojet.com.ar
<http://www.agrojet.com.ar>

ARGENTINA

Agrometal

Misiones 1974
Monte Maíz, Córdoba
Fonos 34-68-471311; 34-68-471321;
34-68471331
Fax 34-68-471804
<http://www.agrometal.com>

ARGENTINA

Cerutti

Las Varillas, Córdoba
Fono 54-3533-420275
Fax 54-3533-420341
hcerutti@lasvarinet.com.ar
<http://www.hcerutti.com.ar>

ARGENTINA

JPC Agropartes

Berutti 115
Oncativo, Córdoba
Fono 54-3572-466314
info@jpc-agropartes.com.ar
<http://www.jpc-agropartes.com.ar>

ARGENTINA

Sensor Automatización Agrícola S.A.

Ruta Nac. N° 34 Km. 54.8
Totoras, Santa Fe
Fono 54-3476-461416
info@sensoragri.com
<http://www.sensoragri.com>

ARGENTINA

Sylcomp S.A.

Avenida García Salinas 1281
Trenque Lauquen
Fono 54-2392-425977
Fax 54-2392-425978
info@sylcomp.com.ar
<http://www.sylcomp.com.ar>

ARGENTINA

Verion

Calle 89 Int. A. Campos 1617/23
San Martín, Buenos Aires
Fono 54-11-47540044
Fax 800-888-6996
ventas@verion.com.ar
<http://www.verion.com.ar>

ARGENTINA

Vesta S.A.

Callao 1552
Rosario
Fono 54-341-4263970
Fax 54-341-4263971
ventas@vesta.com.ar
<http://www.vesta.com.ar>

CHILE

Andersen S.A.

Nueva Apoquindo N° 7393
Santiago
Fono 2-2294331; 2-2295033
Fax 2-2294619
info@andersen.cl
<http://www.andersen.cl>

CHILE

Dercomaq Ltda.

Avda. Américo Vespucio N° 1836
Quilicura, Santiago
Fono 2-5602227
gerencia@dercomaq.cl
<http://www.dercomaq.cl>

CHILE**Imaqs Ingenieria y Maquinarias S.A.**

Rosario Sur N° 91 oficina 203 – Santiago

Fono 2-2245550

Fax 2-2012836

imaqs@imaqs.cl

<http://www.imaqs.cl>

CHILE

SigdoTek S.A.Avenida Pdte. Eduardo Frei Montalva N° 4230
Santiago

Fono 2-5913700

Fax 2-7343272

<http://www.sigdotek.cl/>

EE.UU.

Ag-Chem Equipment Co, Inc.

Fono 1-612-9339006

ag.chem@agcocorp.com

<http://www.agchem.com>

EE.UU.

AGCO Corporation

4205 River Green Parkway

Duluth, Georgia 30096

Fono 1-770-8139200

sales@agcofinance.com

<http://www.agcocorp.com>

EE.UU.

Case IH

700 State Street

Racine, Wisconsin 53404

Fono 1-877-4227344

MaxService.NA@cnh.com

<http://www.caseih.com>

EE.UU.

Lor*Al Products Inc.

202 Industrial Park

Jackson, Minnesota 56143

Fono 1-800-3200609

<http://www.lor-al.com>

EE.UU.

Outback® Guidance

2005 West Oregon Street

Hiawatha, Kansas 66434

Fono 1-800-2473808

Fax 1-785-7424584

outbacksales@outbackguidance.com

<http://www.outbackguidance.com>

EE.UU.

Rawson Control Systems

116 2nd Street S.E

Oelwein, Iowa 50662

Fono 1-888-7297667

Fax 1-319-2831360

rawson@rawsoncontrol.com

<http://www.rawsoncontrol.com>

EE.UU.

TeeJet Technologies

Wheaton, Illinois 60187

Fono 1-630-6655000

Fax 1-630-6655292

info@teejet.com.

<http://www.teejet.com>

CHILE

Agrícola Gildemeister S.A

Avenida Longitudinal Sur Km. 24

Santiago

Fono 2-6002006060

Fax 56-2-8414120

<http://www.agricolagildemeister.cl>

ARGENTINA**Abelardo Cuffia S.A.**

Ruta Nacional N°9 Km.443 y Hnas.Vicentinas
Marcos Juárez, Córdoba
Fonos 54-3472-424282; 54-3472-424696
Fax 54-3472-424282
info@cuffiasa.com.ar
<http://www.cuffiasa.com.ar>

ARGENTINA**Landtech**

Sobremonte 1266. 5800
Río Cuarto
Fonos 54-358-4654700; 54-358-4623776
Fax 54-358-4626232
info@landtech.com.ar
<http://www.landtech.com.ar>

ARGENTINA**SIID**

Calle 101 N° 109 - 3561
Avellaneda, Santa Fe
Fono 54-3482-481024
info@siid.com.ar
<http://www.siid.com.ar>

EE.UU.**DICKEY-john Corporation**

5200 Dickey-john Road
Auburn, Illinois 62615
Fonos 1-217-4383371 Fax 1-217-4386012
agsales@dickey-john.com
<http://www.dickey-john.com>

REINO UNIDO**Soilessentials Ltd.**

Angus DD9 6SB
Hilton of Fern
Fono 44-1356-630244
Fax 44-1356-650307
enquires@soilessentials.com
<http://www.soilessentials.com>

AUSTRALIA

Farmscan

6 Sarich Way, Technology Park
Bentley, WA 6102
Fono 61-8-94701177
Fax 61-8-94702855
<http://www.farmscan.net.au>

AUSTRALIA

Sentek Sensor Technologies

77 Magill Road
Stepney SA 5069, Adelaide
Fono 61-8-83661900
Fax 61-8-83628400
marketing@sentek.com.au
<http://www.sentek.com.au>

CHILE

Agroriego

Ruta G-40 N°1446, esquina Autopista del Sol
Talagante
Fono 2-6613700
Fax 2-8380869
agroriego@agroriego.cl
<http://www.agroriego.cl/>

CHILE

Agrosystems S.A.

Carretera General San Martín N° 16500,
Loteo Industrial Los Libertadores, sitio 31
Santiago
Fono 2-4895000 Fax 2-4895016
ventas@agrosystems.cl
<http://www.agrosystems.cl>

CHILE

Amanco Chile

San Eugenio N° 12212,
Loteo Industrial Estrella del Sur, Santiago
Fono 2-4479414
Fax 2-4479417
info.chile@amanco.com
<http://www.amanco.cl>

CHILE

Civil Agro S.A.

Avenida Las Torres N° 1304
Santiago
Fono 2-7400727
Fax 2-7400728
<http://www.civilagro.cl>

CHILE

Duratec - Vinilit S.A.

Avenida J. Alessandri N° 10900
Santiago
Fono 2-5924000
Fax 2-5924040
servicioalcliente@vinilit.cl
<http://www.vinilit.cl>

CHILE

Ecol S.A.

Cañaveral N° 051-B
Quilicura
Fono 2-7385280
Fax 2-7385723
pferrer@ecol.cl
<http://www.ecol.cl>

CHILE

Gestión y Control de Riego S.A.

Carmencita N° 25 oficina 61
Santiago
Fono 2-6562892
Fax 32-2973848
info@gesconriego.cl
<http://www.gesconriego.cl>

CHILE

HydroSCADA Ltda.

Fernando de Argüello N° 7233
Santiago
Fono 02-2119633
Fax 2-2246689
avaldes@hydroscada.cl
<http://www.hydroscada.cl>

CHILE

Industria Mecánica VOGT S.A.

Álvarez de Toledo N° 669

Santiago

Fono 2-5841200

2-5841230

vogt@vogt.cl

<http://www.vogt.cl>

CHILE

KSB Chile S.A.

Avenida Las Esteras Sur N° 2851

Quilicura

Fono 2-6778300

Fax 2-6778301

agricola@ksb.cl

<http://www.ksb.cl>

CHILE

RiegoSistemas

Avenida Cerro Santa Lucía N° 9873

Quilicura

Fono 2-4464900

2-4464885

inforiegosistemas@riegosistemas.cl

<http://www.riegosistemas.cl>

CHILE

Sir Riego Ltda.

Avenida Suecia N° 2761

Santiago

Fonos 2-2239029; 2-2259133

2-2237257

sirriego@sirriego.cl

<http://www.sirriego.cl/>

CHILE

Tecnoagro S.A.

El Rosal N° 5005

Santiago

Fono 2-7409198

2-7409199; 2-7409199

Ventas@tecnoagro.cl

<http://www.tecnoagro.cl>

EE.UU.

Agri-Inject, Inc.

5500 East Highway 34

Yuma, Colorado

Fono 1-970-8485336

Fax 1-970-8485338

inject@agri-inject.com

<http://www.agri-inject.com>

EE.UU.

AgriLogic Inc.

1024 East Broad Street, Suite 207

Mansfield, Texas 76063-7702

Fono 1-817-4738771

Fax 1-817-4530784

info@agrilogic.com

<http://www.agrilogic.com>

EE.UU.

Hobbs & Holder, LLC

1939 Peacock Road

Ashburn, Georgia 31714

Fono 1-229-5679403

hobbs@betterpivots.com

<http://betterpivots.com>

EE.UU.

Terra Industries Inc.

600 Fourth Street

Sioux City, Iowa 51101

Fono 1-712-2771340

webmanager@terraindustries.com

<http://www.terraindustries.com>

NORUEGA

Yara

Bygdøy allé 2

Solli, N-0202 Oslo

Fono 47-24-157000

Fax 47-24-157001

Yara@yara.com

<http://www.yara.com>

ARGENTINA**Compac**

Los Pioneros 1151 Ruta Nacional 22
Rio Negro
Fonos 54-299-4774906; 54-299-4776344
info@compacsort.com
<http://es.compacsort.com>

AUSTRALIA

Colour Vision Systems Pty Ltd.

11 Park Street, Bacchus Marsh
Victoria, 3340
Fono 61-3-53673155
Fax 61-3-53674480
cvs@cvs.com.au
<http://www.cvs.com.au>

EE.UU.

Sinclair Systems International, LLC

3115 S. Willow Ave
Fresno, California 93725
Fono 1-559-2334500
Fax 1-559-2334501
usinfo@sinclair-intl.com
<http://www.sinclair-intl.com>

EE.UU.

Taste Mark

Fonos 1-649-6340088
Fax 1-649-6344491
info@tastemark.com
<http://www.tastemark.com>

HOLANDA

Aweta

Burgemeester Winkellaan 3
2631 HG Nootdorp
Fono 31-15-3109961
Fax 31-15-3107321
aweta@aweta.nl
<http://www.aweta.nl>

HOLANDA

Greefa

Langstraat 12
4196 JB Tricht
Fono 31-345-578100
Fax 31-345-578200
info@greefa.nl
<http://www.greefa.nl>

AUSTRIA**Adcon Telemetry GmbH**

Inkustrasse 24
A-3400 Klosterneuburg
Fono 43-2243-382800
Fax 43-2243-382806
info@adcon.at
<http://www.adcon.at>

AUSTRIA

Pessl Instruments GmbH

Werksweg 107
A-8160 Weiz
Fono 43-3172
Fax 43-3172; 43-552123
office@metos.at
<http://www.metos.at>

CANADA

Dualem

540 Churchill Ave
Milton, Ontario
Fono 1-905-8760201
Fax 1-905-8762753
inbox@dualem.com
<http://www.dualem.com>

CHILE

Tsensor Chile S.A.

Fono 2-5944231
Fax 2-5944201
info@tsensor.cl
<http://www.tsensor.cl/quienes.html>

EE.UU.

Freshloc Technologies

15443 Knoll Trail Suite 100
Dallas, Texas 75248
Fono 1-972-7590111
Fax 1-972-7590090
<http://www.freshloc.com>

EE.UU.

Micro-Trak Systems, Inc.

111 E. LeRay Avenue
Eagle Lake, Minnesota 56024
Fono 800-328-9613 Fax 1-507-2573001
trakmail@micro-trak.com
<http://www.micro-trak.com>

EE.UU.

Polytech AB

Falls Church, Virginia
Fono 1-703-5330577 Fax 1-703-995944
info@polytech.us
<http://www.polytech.us>

EE.UU.

Trimble

935 Stewart Drive
Sunnyvale, California 94085
Fono 1-408-4818000
webmaster@trimble.com
<http://www.trimble.com>

EE.UU.

Veris Technologies, Inc.

601 N. Broadway. Salina, Kansas 67401
Fono 1-785-8251978 Fax 1-785-8256983
veris@veristech.com
<http://www.veristech.com>

FRANCIA

Force -A

Bâtiment 503. 91893 Orsay Cedex
Fono 33-1-69358747 Fax 33-1-69358897
info@force-a.fr <http://www.force-a.eu>

NUEVA ZELANDA

Lincoln Ventures Ltd.

Christchurch 7640
Lincoln
Fono 64-3-3253700 Fax 64-3-3253725
lvinfo@lvl.co.nz <http://www.lvl.co.nz>

EE.UU.

Greenbook

10901 W.84th Terrace

Lenexa, Kansas 66214

Fono 1-800-5447377

Fax 1-913-4380640

CustomerService@Greenbook.net

<http://www.greenbook.net>

EE.UU.

InTime, Inc.

Fono 1-866-8430235

info@gointime.com

<http://www.gointime.com>

EE.UU.

SatShots Agri ImaGIS

1120 28th Avenue N Suite C

Fargo, North Dakota 58102

Fono 1-701-2355767

Fax 1-701-4382283

sales@satshot.com

<http://www.satshot.com>

EE.UU.

The Berry & Associates Spatial Information Systems

2000 South College Avenue, Suite 300

Fort Collins, Colorado

Fono 1-970-2150825

Fax 1-970-4902300

jberry@innovativegis.com

<http://www.innovativegis.com>

CHILE**Agrosat Chile Ltda.**

Bello N° 765 of 31-32

Temuco

Fono 45-742240

Fax 45-742250

info@agrosatchile.cl; srivera@agrosatchile.cl

<http://www.agrosatchile.cl>

CHILE

Comercial y Asesoría Vintex Ltda.

Monjitas N° 527, Oficina 601

Santiago

Fono 2-3671060

Fax 2-3671062

vintex@vintex.cl

<http://www.vintex.cl>

EE.UU.

Airborne Data Systems, Inc.

500 Airport Drive

Redwood Falls, Minnesota 56283

Fono 1-507-6445419

Fax 1-507-6442232

sales@airbornedatasystems.com

<http://www.airbornedatasystems.com>

EE.UU.

CropMaps, LLC

Fono 1-541-7201145

Fax 1-541-7201146

info@cropmaps.com

<http://www.cropmaps.com>

EE.UU.

Erdas Inc.

5052 Peachtree Corners Circle

Norcross, Georgia 30092-2500

Fono 1-770-7763400

Fax 1-770-7763500

info@erdas.com

<http://www.erdas.com>

EE.UU.

Goeye

21700 Atlantic Boulevard

Dulles, Virginia 20166

Fono 1-703-4807500

Fax 1-703-4509570

info@geoeye.com

<http://www.geoeye.com>

EE.UU.

Scheid Vineyards Inc.

306 Hilltown Road

Salinas, California 93909

Fonos 1-707-6883628; 1-707-4331858

Fax 1-831-4559998

info@scheidvineyards.com

<http://www.vitwatch.com>



