



Estudio

Alcance de la agricultura de precisión en Chile: estado del arte, ámbito de aplicación y perspectivas

Informe de resultados

Julio de 2009

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
www.odepa.gob.cl

CHILE
POTENCIA ALIMENTARIA Y FORESTAL

Estudio encargado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa)
del Ministerio de Agricultura

Julio de 2009

Director y Representante Legal

Gustavo Rojas Le-Bert

Informaciones:

Centro de Información Silvoagropecuaria, CIS
Valentín Letelier 1339 - Código Postal 6501970
Teléfono (56-2) 397 3000 - Fax (56-2) 397 3044
www.odepa.gob.cl

El presente artículo se puede reproducir total o parcialmente, citando la fuente.

Esta investigación fue encargada por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias -Odepa- por lo cual los comentarios y conclusiones emitidas en este documento no representan necesariamente la opinión de la institución contratante.



ESTUDIO

**ALCANCE DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN CHILE:
ESTADO DEL ARTE, ÁMBITO DE APLICACIÓN Y PERSPECTIVAS**

RESPONSABLE TÉCNICO

**DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AGRARIA
EN COLABORACIÓN CON EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y
TRANSFERENCIA EN RIEGO Y AGROCLIMATOLOGÍA (CITRA)**

UNIVERSIDAD DE TALCA

Julio, 2009



EQUIPO TÉCNICO

Ing. Agr. Dr. Pablo Villalobos Mateluna

Ing. Agr. Richard Manríquez Ramírez

Ing. Agr. Dr. César Acevedo Opazo

Ing. Agr. Dr. Samuel Ortega Farias



ÍNDICE

	PÁG
1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	7
3. RESULTADOS DEL ESTUDIO	8
3.1 ESTADO DEL ARTE DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN	8
3.1.1 Descripción conceptual sobre la AP	8
a) Variación espacial de rendimiento y calidad	9
b) Uso de Teledetección en la Agricultura	11
c) Integración NDVI / Estrés Hídrico	16
d) Integración NDVI/Calidad y Rendimiento	17
e) Uso del volumen foliar	19
f) Uso del volumen foliar para mejorar la calidad de la fruta por áreas	21
3.1.2 Descripción de los avances tecnológicos	22
a) Equipamiento para obtención de datos	22
b) Equipamiento de Control	23
c) Equipamiento para el análisis de datos	25
3.1.3 Descripción de los impactos y beneficios	25
a) Beneficios Económicos de la AP	26
b) Beneficios Ambientales de la AP	27
c) Otros impactos de la AP	29
3.1.4 Enfoques y procedimientos utilizados en la evaluación de la AP	29
3.1.5 Principales instituciones de Investigación, Desarrollo e Innovación	31
a) Ámbito Internacional	31
b) Ámbito Nacional	23
3.2 ANÁLISIS DE CUESTIONARIOS Y ENTREVISTAS	35
3.2.1 Análisis de cuestionarios a expertos internacionales	35
3.2.2 Entrevistas a especialistas nacionales	41
3.3 ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE IMPLEMENTAR AP EN CULTIVOS: ESTUDIO DE CASO PARA EL RUBRO DE MAÍZ.	47



3.4	MODELO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN	54
3.4.1	Elementos de Transferencia Tecnológica y Adopción de la Innovación	55
3.4.2	Modelos de Transferencia Tecnológica: alcances y limitaciones	56
3.4.3	Enfoques metodológicos aplicados en el caso chileno	58
3.4.4	Cambio del paradigma clásico de Transferencia Tecnológica.	67
3.5	SINTESIS DEL ESTADO DEL ARTE DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN	73
4.	AGENDA ESTRATÉGICA PARA UNA POLÍTICA PÚBLICA DE FOMENTO A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN CHILE	75
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
6.	ANEXOS	93
	Anexo 1: Guía entrevista a especialista nacionales	93
	Anexo 2: Cuestionario expertos internacionales	95
	Anexo 3: Síntesis de respuestas de los entrevistados nacionales	101
	Anexo 4: Listado de entrevistados nacionales e internacionales	103
	Anexo 5: Propuesta de Comisión Asesora para el fomento de la AP en Chile	104
	Anexo 6: Costos operacionales para una explotación de maíz (con y sin AP)	108
	Anexo 7: Costos de inversión para una explotación de maíz	110
	Anexo 8: Flujo de caja cultivo de maíz: modelo agricultura tradicional	111
	Anexo 9: Flujo de caja cultivo de maíz: modelo agricultura de precisión	112



ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG
Figura 1: Mapa de rendimiento de un huerto de viñas	11
Figura 2: Espectro electromagnético	12
Figura 3. Diferenciación de plantas a través de imágenes con espectro Infrarrojo	13
Figura 4: Variación del potencial hídrico de hojas de vides	16
Figura 5: Metodología para el cálculo de los requerimientos hídricos	18
Figura 6: Imagen de cambios de vigor de una Viña, con uso de una imagen de NDVI	20
Figura 7: Estimación del rendimiento de un huerto en base a teledetección.	21
Figura 8: Esquema Modelo de Transferencia Tecnológico Propuesto	69

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG
Tabla 1: Indicadores más reconocidos, en función de los beneficios establecidos	37
Tabla 2: Tendencias de Aplicación de AP, de acuerdo con zona geográfica	39
Tabla 3: Políticas Públicas destinadas al fomento de AP	40
Tabla 4: Costos operacional de explotación tradicional de maíz	51
Tabla 5: Ingreso bruto de un sistema de producción de maíz	51
Tabla 6: Características del Modelo Facilitación – Participativa – Asistida	70



1. INTRODUCCIÓN

La Agricultura de Precisión (AP) es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de una importante variabilidad espacial a nivel de campo. Requiere del uso de varias herramientas tecnológicas dentro de las cuales destacan, los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores remotos, imágenes aéreas y/o satelitales junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones. La información recolectada puede ser usada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar el uso de fertilizantes, optimizar la gestión del recurso hídrico, predecir con más exactitud la producción de los cultivos y la calidad del producto final, así como también optimizar los rendimientos a través de prácticas de cosechas automatizadas. Del mismo modo, el uso de estas tecnologías contribuye a una adecuada toma de decisiones, desde el punto de vista del manejo técnico-productivo, económico y ambiental.

A partir de mediados de los años noventa, la AP ha sido incorporada crecientemente como una herramienta de gestión en la fruticultura y vitivinicultura chilena. Posteriormente, estas técnicas se han propagado a los cultivos industriales y de cereales, como por ejemplo, trigo, maíz, arroz y remolacha. Su uso ha permitido mejorar significativamente la eficiencia productiva a nivel de huertos y viñedos, disminuyendo notablemente los impactos ambientales. Diversas investigaciones realizadas por Centros Tecnológicos y de Investigación han demostrado la contribución que el uso de estas herramientas han hecho posible, en términos de disminución de costos de producción, ahorro energético e hídrico y gestión sitio-específico en los huertos, entre otros aspectos.

De allí la importancia que el Estado, a través de su institucionalidad agrícola, desarrolle una Estrategia Nacional de Fomento de la AP, como una manera de estimular y ampliar su aplicación en el País, mejorando la competitividad sectorial y protegiendo el medio ambiente. Sin duda que dicha estrategia debe sumar al sector privado, quien es el llamado a responder a los estímulos que la institucionalidad pública le entrega. Como resultado de este trabajo de consultoría se espera desarrollar los lineamientos estratégicos para el diseño de una agenda de mediano plazo que oriente una futura política sectorial sobre esta temática, en el contexto de una agricultura chilena competitiva e inserta en los más exigentes mercados agroalimentarios.



2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo General

Proponer una Agenda y Estrategia de mediano plazo, a partir de los antecedentes evaluados que permita fortalecer los esfuerzos realizados en materia de AP en el Sector Agropecuario Chileno.

Objetivos específicos

1. Describir el estado del arte de la AP en Chile, bajo un contexto de globalización tecnológica y de competitividad sectorial.
2. Identificar la factibilidad técnica de implementar AP en distintos rubros y priorizar aquellos que tengan una mayor potencialidad.
3. Analizar la factibilidad económica de implementar AP en cultivos: Estudio de Caso Sector Maíz.
4. Proponer un modelo de transferencia tecnológica y gestión de innovación para la difusión e incorporación de la AP a nivel nacional.
5. Proponer una Agenda y una estrategia de implementación que oriente a la autoridad pública sectorial en el diseño de programas e instrumentos que fomenten la implementación de la AP en Chile.



3. RESULTADOS DEL ESTUDIO

3.1 ESTADO DEL ARTE DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

3.1.1 Descripción conceptual sobre la AP

La AP puede definirse como la aplicación de un conjunto de técnicas, apoyadas por equipamiento de alta tecnología, para el manejo de la producción agrícola en forma sitio-específica. Según Fountas *et al.* (2003) la AP se define como el “manejo de la variabilidad espacial y temporal a nivel de sub-parcela de campo, para mejorar el retorno económico y reducir el impacto ambiental”. Por su parte, el Instituto de Investigaciones Agropecuaria (INIA)¹ define la AP como un “concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo”. Asimismo, el CITRA de la Universidad de Talca define la AP como un “conjunto de herramientas tecnológicas que permiten identificar, analizar y modelar la variabilidad espacial y temporal de los cuarteles agrícolas, con la finalidad de poder manejarla de acuerdo a los objetivos productivos de cada empresa en particular”. En base a lo anterior, esta variabilidad podría ser explotada mediante la implementación de manejos diferenciados, como lo es por ejemplo la práctica de cosecha diferenciada. Esta práctica busca explotar al máximo en el caso del viñedo la variabilidad del cuartel, obteniendo como resultado la producción de vinos finos de alta calidad. Por otro lado, existe una segunda estrategia que a diferencia de la anterior, busca reducir al mínimo esta variabilidad, buscando como resultado una producción lo más homogénea posible, esta práctica es lo que se busca en la producción tradicional de cultivos y frutales.

El manejo sitio específico se basa en el supuesto de que los distintos sectores del campo responden de manera diferente a una misma técnica de cultivo aplicada de manera uniforme en toda la extensión del terreno. En tal caso sería posible aumentar la productividad de la explotación agrícola dividiéndola en sub-zonas, y ajustando la técnica de cultivo y las dosis de insumos a las características particulares de cada sub-zona. Un ejemplo sería ajustar la dosis de fertilizante aplicando la cantidad necesaria en cada sector del campo, maximizando la producción y calidad del producto.

En la práctica utilizar AP significa obtener, mediante equipos adecuados, los datos relevantes del proceso productivo en cada sector del campo (fertilidad del suelo, rendimiento del cultivo, entre otros aspectos), y ubicarlos espacialmente (ligando la información medida en terreno a un sitio conocer mediante algún tipo de sistema de coordenadas al lugar específico que corresponde la información). Esta información se almacena en bases de datos y permite definir las sub-zonas que estarán sujetas a manejo sitio específico.

En consecuencia, la AP permite la disminución de las dimensiones de la unidad mínima de análisis, toma de decisiones y manejo diferenciado a un nivel inferior al lote o parcela. La experiencia internacional y nacional muestra que existen una serie de variables de interés que podrían ser utilizadas para delimitar zonas de manejo

¹ Mayor información en www.progapinia.cl



diferenciado en cultivos, frutales y viñas. Entre ellas, las más utilizadas han sido el mapeo de la expresión vegetativa, del vigor, la conductividad eléctrica del suelo y del rendimiento. Sin embargo, estas variables por sí solas, e incluso en su conjunto, muchas veces no son suficientes para proponer un manejo sitio-específico en el ámbito agrícola, orientado a obtener un producto de alta calidad.

En este sentido, los avances en AP han permitido mejorar considerablemente el nivel predictivo, a través de la investigación y desarrollo de los siguientes componentes: 1) La variabilidad espacial de rendimiento y calidad, 2) El uso de la teledetección en la agricultura, 3) La integración del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI) sobre el estatus hídrico de la planta, 4) La integración del NDVI sobre la calidad y el rendimiento, y 5) aplicación sitio-específica del volumen foliar como indicador de vigor y expresión vegetativa al interior del cuartel agrícola. A continuación se describen los componentes antes señalados.

a) Variabilidad espacial del rendimiento y la calidad

La experiencia de profesionales del agro, productores y asesores indica la existencia de una importante variabilidad espacial en la producción agrícola, tanto en volumen como en calidad, incluso en pequeñas superficies productivas (Ortega et al. 2003; Bramley and Hamilton, 2004; Taylor et al. 2005). Muchos de los productores han logrado, a través de los años, identificar visualmente los diferentes sectores con características productivas similares en sus predios. Sin embargo, las herramientas disponibles hasta hace algunos años no les permitían cuantificar ni delimitar claramente esta variabilidad. Incluso muchos de los sectores con una producción agrícola de mejor calidad (ej. cuarteles vitícolas con calidad para vinos Premium) no eran identificados, y al ser cosechados junto con los sectores de menor calidad, el potencial cualitativo de esos sectores no se expresaba. Asimismo, el manejo homogéneo de cuarteles agrícolas que presentan una importante variabilidad espacial en su expresión vegetativa ha significado un uso ineficiente de los recursos, generando importantes pérdidas económicas en insumos y labores agrícolas.

En este contexto, surge el concepto de **manejo agronómico de precisión (MAP)** el cual es entendido como un "Sistema de manejo agrícola basado en información y tecnología para identificar, analizar y manejar la variabilidad temporal y espacial dentro de las áreas de cultivo, con el propósito de optimizar las ganancias y desarrollar una gestión sustentable de los recursos naturales y el medio ambiente" (Robert et al., 1995). A partir de esta definición, se desprende que se debe considerar una gran cantidad de información para el manejo de la variabilidad espacio-temporal dentro de un predio. Por lo tanto, el MAP se define como un sistema multiobjetivo que se focaliza en la optimización de la rentabilidad, sustentabilidad y protección del ambiente².

En Chile, es altamente conocida la variabilidad de suelos (Ortega y Flores, 2000), las cuales son fuentes frecuentes de variación en los rendimientos y calidad de los productos cultivados. La estimación de esta variabilidad se puede hacer por medio del

² <http://www.uswcl.ars.ag.gov>



muestreo del suelo y registro de datos, con el fin de establecer un modelo de dispersión. Sin embargo, éste es de alto costo, lo cual está dado por la alta densidad muestral que se requiere. Un segundo método es medir la *conductividad eléctrica del suelo*, permitiendo zonificar áreas con características similares. Cabe señalar que esta técnica permite además, reducir la cantidad de muestras y por consiguiente, reduce los costos.

Las mediciones espaciales de la conductibilidad eléctrica (CE) han sido reportadas como un potencial indicador de la variación de la producción de los cultivos, causados por diferencia en la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (Jaynes et al., 1995; Sudduth et al., 1995). En algunos casos, la CE pueden ser directamente correlacionadas con las propiedades física y químicas del suelo (estrata impermeable, textura, salinidad, agua, materia orgánica, metales, entre otros) (Doolittle et al., 1994; Sudduth et al., 1995; Kitchen et al., 1999; Jaynes, 1996; McNeill, 1992; Kitchen et al., 1996; Sudduth et al., 1999). Existen sensores que miden esta CE a través del contacto directo con el suelo como VERIS 3100 y el EM38; sin embargo, el uso de estos sensores sigue siendo de alto costo para su aplicación regular en los predios.

Está comprobado que la variabilidad de los factores de suelos induce a una variabilidad de los rendimientos y la calidad (Kitchen et al., 1999). Con el manejo estandarizado u homogéneo del predio, hace que estas variabilidades naturales del suelo se manifiesten en las diferencias de vigor, calidad y rendimiento, tal como se muestra en la Figura 1.

Una forma de estudiar la variabilidad espacial en frutales es por medio del empleo de sensores remotos, por ejemplo, el monitoreo del dosel del viñedo con una cámara multispectral (Johnson et al., 1996). Esta técnica permite obtener una imagen aérea, la cual está relacionada con la expresión vegetativa y la sanidad de las plantas. Esta información puede ser representada mediante una cartografía de la biomasa del viñedo, expresada normalmente como índices de vegetación, los cuales pueden ser relacionados con la variabilidad espacial del vigor, la calidad, el rendimiento e incluso con ciertos factores físico-químicos del suelo.

A nuestro conocimiento no existen aún sensores comerciales (en tiempo real) disponibles para evaluar la calidad de la fruta ($^{\circ}$ Brix, acidez total, pH y contenido de polifenoles). Sin embargo existen algunos sensores experimentales desarrollados por Pellenc MR que se basan en la medición de la refractometría y que puede ser montado en la maquina vendimiadora de esta misma marca. Estos sistemas son capaces de entregar una cartografía continua del contenido de azúcar de las bayas de un cuartel completo (Tisseyre et al, 2007). Por otro lado existen progresos significativos en el desarrollo de prototipos experimentales portátiles (sensores manuales) para el monitoreo de la calidad de la fruta, utilizando tecnologías de espectrometría en las longitudes de onda del visible y el infrarojo cercano (Vis-NIR). De esta manera el Cemagref de Montpellier está desarrollando un espectrómetro portátil para evaluar el contenido de azúcar y la acidez total de racimos completos y poder con esta información medida en tiempo real proponer una cartografía con la información de calidad de fruta (Crochon, Cemagref-Montpellier, comunicación personal; Tisseyre et al, 2007).

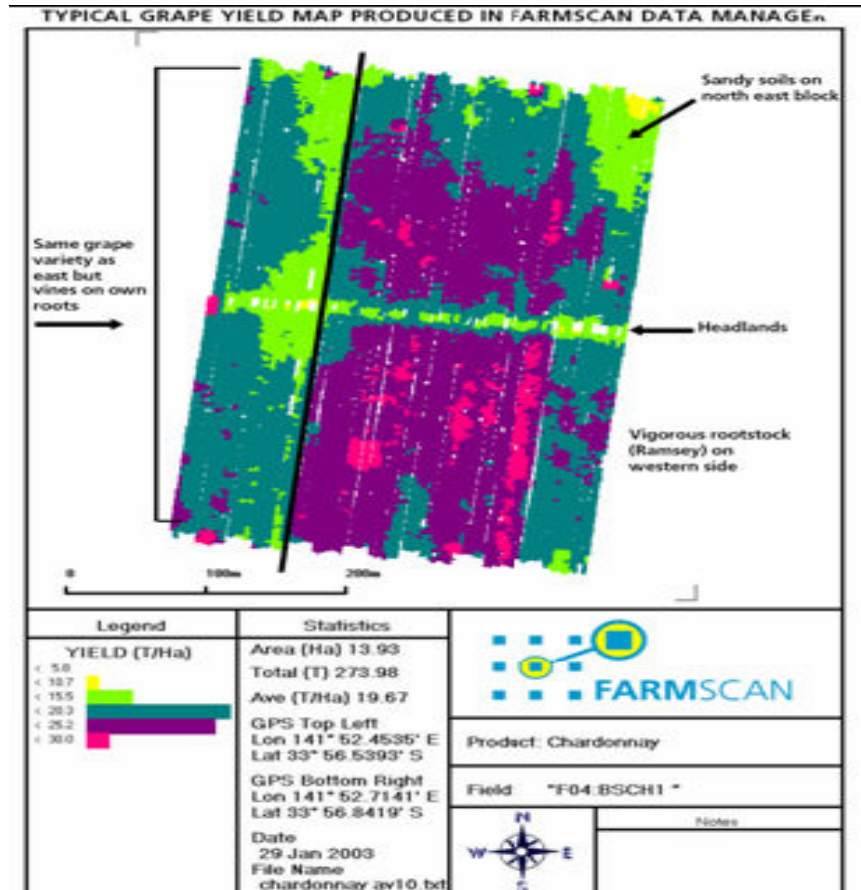


Figura 1: Mapa de rendimiento de un huerto de viñas, Australia (2005).

b) Uso de Teledetección en la Agricultura

La teledetección, a través del uso de imágenes aéreas multiespectrales, ha tenido en los últimos años un desarrollo progresivo en el rubro frutícola de USA, Australia, Nueva Zelandia y algunos países Europeos, probando que esta tecnología tiene grandes posibilidades para la cartografía de la variabilidad espacial de parámetros relacionados con productividad.

El diccionario de términos normalizados de ciencias y técnicas define a la teledetección como "El conjunto de conocimientos y técnicas utilizadas para determinar características físicas y biológicas de los objetos mediante medidas efectuadas a distancia, sin contacto material con estos". Por otro lado, Lillesand and Kiefer (1997), la definen como un set que integra el conocimiento y las técnicas que permiten obtener cualquier información de un objeto, una escena, o fenómeno, a través del análisis de mediciones remotas con sensores. En agricultura, las imágenes obtenidas a través de



la teledetección, utilizan la interacción entre la radiación electromagnética (Figura 2) y la superficie de las plantas en los espectros visible e infrarrojo. De ese modo, a través del desarrollo de técnicas de imágenes numéricas se provee de una información cuantitativa de la luz reflejada por las superficies en estudio (Myers et al., 1983; Bonn and Rochon, 1992; Campbell, 1996).

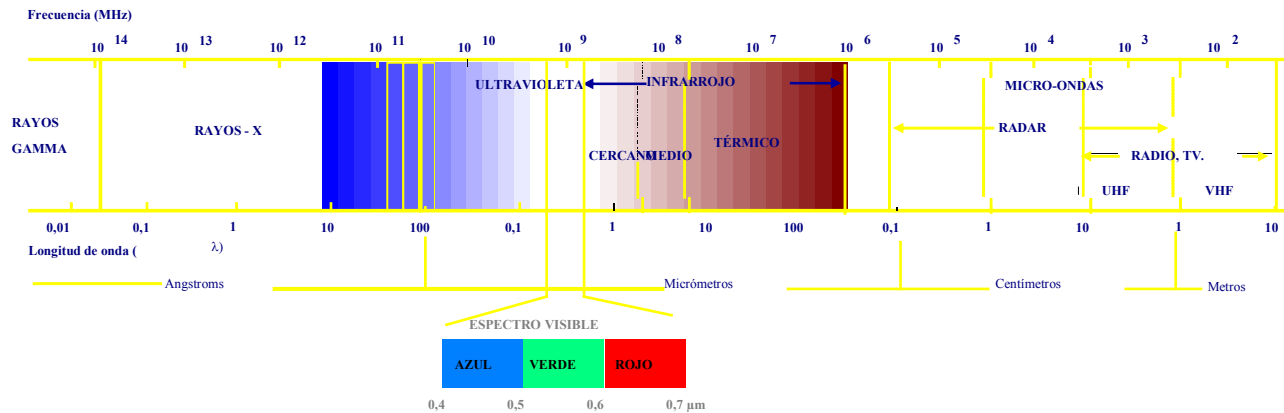


Figura 2: Espectro electromagnético

En pocos años de aplicación, estas técnicas de monitoreo ha progresado desde el campo de la investigación básica a un estatus más operacional. Es así como en Europa, el Programa MARS (Monitoreo Agrícola por Sensores Remotos), patrocinado por la Unión Europea, ha realizado grandes avances en la planificación y desarrollo agrícola, contribuyendo a la generación de estadística agropecuarias y forestales.

Probablemente, la agricultura ha generado una mayor demanda en el desarrollo de la tecnología de sensores remotos multispectrales que cualquier otra área de la ciencia. Esto se debe principalmente a la variedad de problemas, tales como: deficiencias nutricionales e hídricas, plagas y enfermedades, malezas, variabilidad espacial de los suelos, variaciones en los ciclos de crecimiento, clima y geografía, y a la complejidad del manejo de estas variables.

En materiales biológicos, la luz reflejada varía ampliamente entre las diferentes plantas según su arquitectura y estado fenológico (Figura 3). Así, la interacción entre la radiación electromagnética y la vegetación terrestre es compleja, con numerosas variables que afectan la forma e intensidad de la reflectividad y/o absorción de la luz sobre las distintas coberturas vegetales (Tucker et al., 1981; Justice et al., 1985; Gitelson and Merzliak, 1996). Asimismo, la arquitectura del dosel de las plantas, incluyendo la orientación de las hojas (Goel, 1988; Verstraeten and Pinty, 1996, Gilabert et al., 1996), contenido de clorofila en las hojas (Yoder and Pettigrew-Crosby, 1995; Gitelson and Merzliak, 1996; Lichtenhaller et al., 1996), contenido de humedad de las hojas (Yoder and Pettigrew-Crosby, 1995), plagas y enfermedades (Choudhury,



1987; Salute, et al., 1994; Gamon et al., 1997; Fitzgerald et al., 1999), pueden afectar la respuesta espectral de la vegetación. Por esta razón es que se presenta a la teledetección como una herramienta posible de ser usada en la detección, identificación y análisis espacial de distintos tipos de aplicaciones agrícolas, convirtiéndose de esta forma en una poderosa herramienta de decisión en el manejo agrícola moderno.

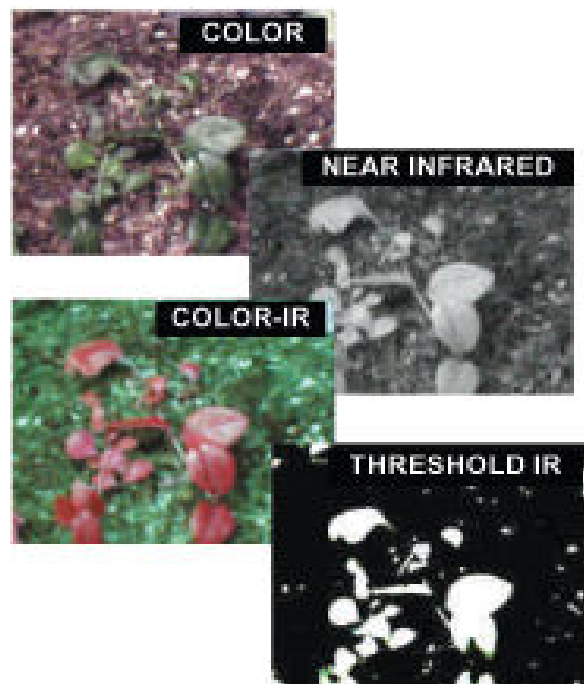


Figura 3. Diferenciación de plantas a través de imágenes con espectro Infrarrojo

A continuación se presenta una explicación de los principales factores que se relacionan con variables biofísicas (índice de área foliar o IAF, fracción vegetacional y contenido de clorofila) relacionados con comportamientos fisiológicos de las plantas de diferentes cultivos.

En la calidad de uva para vino influyen factores tales como: la proporción de peso de fruta por área foliar producida, la cantidad de radiación solar directa interceptada por los racimos, y los niveles de estatus hídrico de planta registrados durante la temporada (Johnson et al., 1996). La densidad foliar del viñedo (el índice de área foliar, IAF) es así una variable clave. El IAF es importante porque controla muchos de los procesos biofísicos y biológicos asociados con la vegetación, tales como: fotosíntesis, respiración, transpiración, ciclos de los nutrientes y del carbono, entre otros (Chen and Black, 1992; Price and Baush, 1995; Chen and Cihlar, 1996). El IAF está fuertemente correlacionado con muchos procesos fisiológicos como evapotranspiración



(McNaughton and Jarvis, 1983), balance hídrico (Grier and Running, 1977), intercepción de luz por el dosel (Pierce and Running, 1988; Fassnacht et al., 1994), y producción total primaria neta (Gower and Norman, 1991).

Baret y Guyot (1991) definieron el IAF como la variable clave que posee una relación funcional con la refracción espectral. Un sinnúmero de investigaciones han demostrado la alta correlación entre el IAF y la refracción existente en las regiones espectrales del rojo e infrarrojo cercano (Tucker, 1979; Tucker et al., 1981; Curran, 1982; Badhwar et al., 1986; Clevers, 1988; Wiegand et al., 1990).

La refracción del espectro rojo, disminuye con el incremento del IAF, debido a que la luz es absorbida por los pigmentos de las hojas (Knipling, 1970). La refracción del infrarrojo cercano se incrementa con la adición de capas de hojas hasta que se alcanzan 2 a 3 capas, momento en el cual la reflexión del infrarrojo cercano se hace constante (Fassnacht et al., 1997; Carlson and Ripley, 1997). De ese modo, el uso de la reflectancia del dosel puede ayudar a entender las relaciones funcionales entre las características del cultivo y las observaciones espectrales realizadas a través de sensores remotos (Baret and Guyot, 1991).

Por otra parte, el uso de la teledetección es útil para determinar la actividad fotosintética dada por la clorofila de las plantas. La clorofila es un pigmento verde que se encuentra en las hojas y tallos de las plantas, el cual absorbe la luz para usarla en proceso fotosintético. Todas las plantas verdes contienen clorofila *a* y *b*. En plantas altas, la clorofila *a* es el pigmento mayor y la clorofila *b* es un pigmento secundario (la relación entre clorofila *a*/*b* es usualmente de 3 a 1). Ambos están localizados en pequeños órganos subcelulares, los plastidios, los cuales forman agrupaciones verdes llamados cloroplastos (Gross, 1991). La concentración de clorofila es un índice clave para monitorear el vigor y la expresión vegetativa de las plantas. La clorofila tiene la capacidad de capturar la energía lumínica, transformándola en energía química, la cual es almacenada como carbohidratos (azúcares y almidón). Esto permite, mediante una reacción bioquímica, el crecimiento, floración y fructificación de las plantas (Gross, 1991).

La energía absorbida por la clorofila se encuentra principalmente en el espectro rojo (centrado en la longitud de onda de 670 nm) pero también se produce en el espectro azul (centrado en la longitud de onda de 450 nm). Debido a la mayor absorción existente en estas bandas del espectro visible es que se induce a un máximo de reflectancia en la banda verde (centrada en la longitud de onda de 550 nm), razón por la cual las hojas se ven de dicho color.

Esta información puede ser obtenida tanto por sensores instalados tanto en plataformas satelitales como aéreas (teledetección), e incluso instaladas en la maquinaria agrícola existente (proxi-detección). Sin embargo, existe una gran diferencia en la resolución espacial, así como diferencias en la escala de análisis en las áreas de trabajo dado por el uso de satélites³. Todas las aplicaciones de teledetección

³ Áreas de trabajo: máximo 4 m por IKONOS que es de alto costo y 4 semanas de demora para recibir información y los instrumentos montados en aviones (hasta 50 cm, tales como CASI, ADAR5500, SAMRSS, DuncanTech, entre otras).



requieren algún grado de geo-referenciación. Dependiendo del objetivo de la aplicación, puede requerir procesos adicionales tales como rectificaciones radiométricas y geométricas. Para cumplir con este requerimiento el sistema requiere de un D-GPS y otras informaciones adicionales a la imagen. Dicha información debe ser adquirida y digitalizada junto con la imagen.

Por otro lado, a diferencia de la visión humana o fotografías a color convencional, las imágenes aéreas multiespectrales digitales obtienen separadamente las diferentes bandas espectrales. Esto permite analizar cuantitativamente el total de colores de un área en términos de la cantidad o porción relativa de cada espectro específico de longitud de onda. Dichas imágenes digitales, a diferencia de las convencionales en papel, están formateadas en un arreglo 2-D de píxeles. Cada píxel contiene más de un valor, uno por cada correspondiente rango de longitud de onda medida.

Por ejemplo, en una imagen adquirida usando 4 rangos espectrales (azul, verde, rojo e infrarrojo cercano), contendrá 4 valores en cada píxel, representando la refracción en cada una de las bandas espectrales registradas. Así, al mirar las diferencias en los números asociados con cada banda espectral, medidos en cada píxel, producirán pequeñas diferencias en la forma espectral de las plantas, las que son detectadas y procesadas por sofisticados software, tales como ERDAS®, ENVI®, entre otros. Estas diferencias pueden ser procesadas cuantitativamente, si los valores de los píxel son calibrados con la reflectancia del objeto en terreno, o cualitativamente por cálculo de diferencias relativas.

Este procedimiento se realiza mediante el cálculo de los Índices Vegetacionales (IV). Los IV son algoritmos matemáticos desarrollados mediante la combinación de bandas espectrales de diferentes longitudes de ondas registradas por sensores remotos multi-espectrales (registran de 2 a 10 bandas en el visible, infrarrojo cercano e infrarrojo térmico) e hiperespectrales (registran más de 10 bandas diferentes en el espectro electromagnético) (Hall et al. 2002). El IV es una forma de reducir los datos múltiples de las diferentes bandas registradas en cada píxel de la imagen a un simple valor numérico (índice). Muchos índices han sido desarrollados para demarcar cambios en la condición vegetal (por ejemplo, Wiegand et al., 1990; Price and Baush 1995). Los índices vegetacionales utilizan las diferencias significativas en refracción de la vegetación en los rangos de longitud de onda del verde, rojo e infrarrojo. Entre los índices más utilizados, se pueden citar: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), The Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), Physiological reflectance index (PRI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) y Modified SAVI (MSAVI), Weighted Difference Vegetation Index (WDVI), Plant Cell Ratio (PCR), Photosintetic Vigour Ratio (PVR), Plant Pigment Ratio (PPR), entre otros.

Para el uso de estos índices, el supuesto básico es que la combinación algebraica de las diferentes bandas espectrales obtenidas a través de la teledetección puede expresar alguna información útil del estado de la vegetación. Dicho supuesto está altamente probado a través de diversas investigaciones que lo respaldan, tales como las realizadas por Choudhury, 1987; Huete, 1988; Johnson et al., 1995; Fitzgerald et al., 1999.



c) Integración NDVI / Restricción Hídrica

Estudios de la utilización de imágenes multiespectrales, para la segmentación de la variabilidad espacial del potencial hídrico de la planta, han sido determinados en viñas, demostrando que el uso de los NDVI en la segmentación de los viñedos fue altamente útil en la identificación de zonas con diferentes niveles de restricción hídrica, los cuales demuestran que el uso del NDVI en la segmentación de los viñedos fue altamente útil en la identificación de zonas con diferentes niveles de restricción hídrica, tal como muestra la Figura 4 (Johnson, 2001). Asimismo, Acevedo-Opazo et al., (2008) mostraron que el NDVI calculado con una imagen aérea multi-espectral puede ser utilizado como una herramienta para definir zonas con distintos niveles de estatus hídrico de plantas. De este modo se utilizó el NDVI como información base para proponer una cartografía de zonas con distintos niveles de restricción hídrica (determinación de zonas con riesgo a presentar estrés hídrico). Esta metodología fue probada exitosamente en siete diferentes cultivares de uvas viníferas tintas y blancas en la región de Languedoc-Roussillon, Francia.

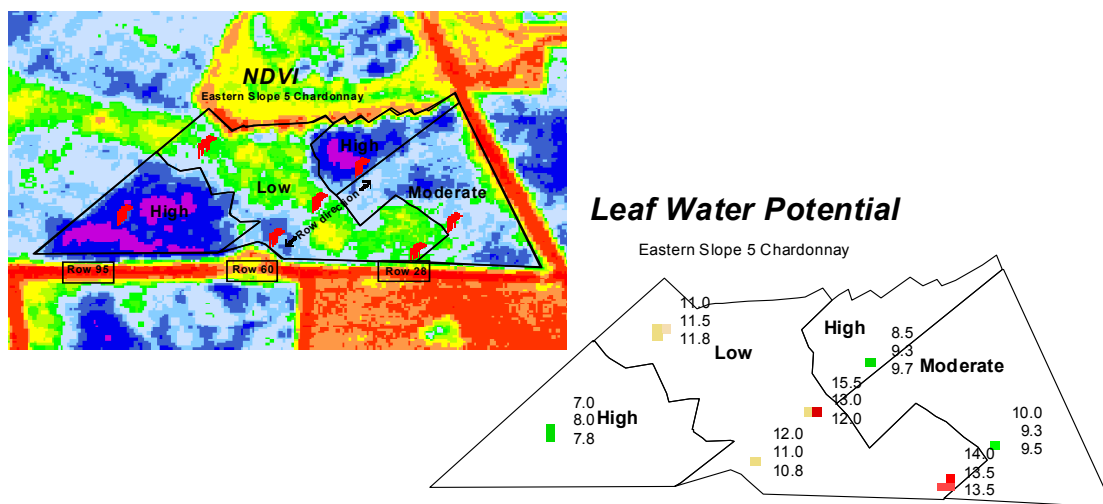


Figura 4: Ejemplo de la variación del potencial hídrico de hojas de vides monitoreado de acuerdo a zonas con diferente expresión vegetativa.

Por otra parte, se ha evaluado la variación espacial de la restricción hídrica y sus efectos en algunos frutales como manzanos (Fusheng et al. 2002), existiendo una respuesta similar que en viñedos. En Israel, se ha evaluado el uso de fotografías aéreas como una herramienta útil para la determinación de las aplicaciones de riego en frutales, de acuerdo a las necesidades estimadas a partir de la densidad de follaje de los árboles (características derivadas de las imágenes)⁴.

⁴ <http://www.migal.org.il/CropEcology.html#cr2>



d) Sensores remotos utilizados en la Gestión Hídrica

Durante la última década la percepción remota (remote sensing) se ha convertido en una herramienta muy valiosa para el manejo hídrico. Esta es utilizada para evaluar la variabilidad espacial de superficies productivas que pueden ir desde una hectárea hasta varios cientos o miles de hectáreas, por medio de modelos matemáticos que utilizan imágenes satelitales y aéreas (Schmugge et al., 2002; Ambast et al., 2002; Courault et al., 2003; Consoli et al., 2006). El principio que utiliza la percepción remota se basa en las distintas propiedades espectrales que presentan las diferentes coberturas vegetales, así, el procesamiento de las imágenes satelitales utiliza estas diferencias para extraer información relevante en distintos ámbitos y, en especial, para el manejo hídrico. Dentro de las imágenes satelitales multiespectrales, cada píxel contiene una particular longitud de onda electromagnética que es particular para cada banda, con una determinada resolución espacial (tamaño de píxel) para una determinada ubicación espacial y temporal (imagen geo-rectificada) (McVicar y Jupp, 1998).

En la actualidad, una de las metodologías con más expectativas de aplicación para la estimación de la Evapotranspiración (ET) por medio de la teledetección espacial (imágenes satelitales), corresponde a los métodos residuales (modelos de balance de energía superficial) (Bastiaanssen, 2000; Courault et al., 2003). Estos métodos, están conformados por algoritmos, que combinan componentes físicos con relaciones empíricas para calcular los distintos componentes del balance de energía superficial, utilizando directamente datos provenientes de imágenes satelitales como parámetros de entrada. Los algoritmos más utilizados son: SEBAL, SEBI, S-SEBI y SEBS (Bastiaanssen, 2000; Courault et al., 2003). Dentro de la gama de modelos actualmente desarrollados para estimar ET utilizando percepción remota destaca el modelo SEBAL ("Surface Energy Balance Algorithm for Land") ya que no utiliza la temperatura infrarroja (TIR) para estimar la temperatura superficial (T_s), sino, que utiliza las diferencias de temperatura del aire (T_a) y (TIR) para cada píxel obtenida a partir de píxeles indicadores (seco y húmedo).

SEBAL, es un modelo compuesto de 25 sub-modelos de procesamiento de imágenes satelitales. Este modelo permite calcular la demanda hídrica de los cultivos (ET), así como otros flujos de intercambio de energía entre la superficie de la tierra y la atmósfera, a partir del análisis de la radiación espectral de las porciones del espectro que corresponden al visible (VIS), infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo térmico (TIR). Las estimaciones espaciales de la ET proporcionan datos esenciales para los modelos de circulación atmosférica y la generación de modelos hidrológicos, permitiendo en el caso de la agricultura y el riego, la derivación espacial de la ET en términos diarios, mensuales y anuales (Bastiaanse et al. 2000; Allen et al., 2003), lo que permite calcular presupuestos hídricos de la demanda de agua y planificar la distribución y transacción de este recurso (Figura 5).

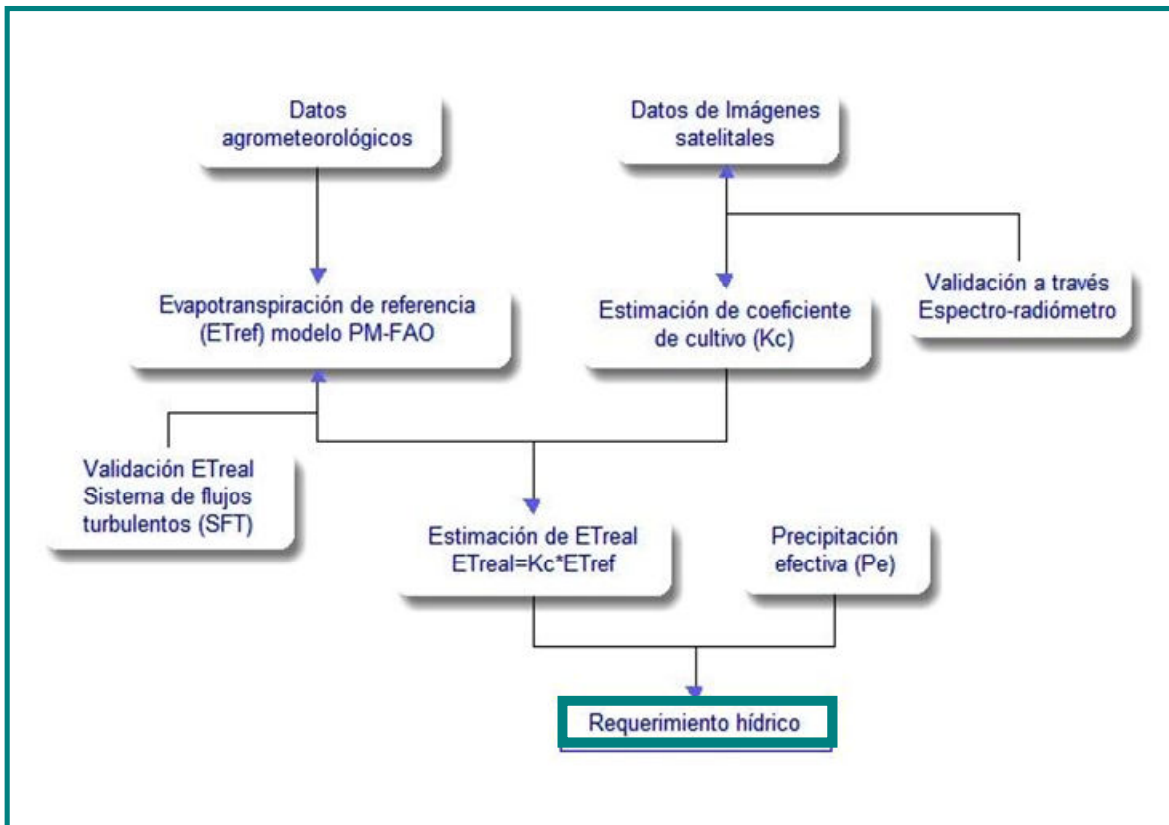


Figura 5: Metodología para el cálculo de los requerimientos hídricos

El modelo SEBAL, a diferencia de las fórmulas y ecuaciones tradicionales con las que se estima el valor de la ET, tiene enormes ventajas ya que ha permitido incrementar las posibilidades de evaluación de los recursos hídricos en extensas zonas o en cuencas hidrográficas. Al respecto, una serie de iniciativas realizadas por diversas instituciones alrededor del mundo avalan la factibilidad de realizar una gestión hídrica en extensas áreas agrícolas considerando una plataforma informática que integre tecnología satelital e información climática. Entre estas se cuentan, el proyecto europeo (1) DEMETER (Demonstration of Earth observation Technologies in Routine irrigation advisory services), desarrollado en zonas piloto en España, Portugal e Italia; (2) los "Servicios de Asesoramiento de Riegos" (SAR) en España; (3) LISSE (Land Irrigation Support Service); (4) "The International Water Management Institute" (IWMI) en Sri Lanka; (5) los servicios ofrecidos por "SEBAL North America" en EEUU; (6) estudios realizados por "Water Resources Engineering University of Idaho" en USA; (7) estudios realizados por "Institute of Water and Environment" en el Reino Unido y (8) estudios realizados por "Institut National pour la Recherche Agronomique" (INRA) en Francia. Dentro de los datos generados y que son de interés en el manejo hídrico se encuentra el índice de área foliar y la evapotranspiración. La escala de medición considera desde 1 hasta 8 km (<http://ecocast.arc.nasa.gov>).



Entre los impactos logrados en las distintas iniciativas que utilizan la combinación de teledetección e información climática básica destacan: a) Ahorros de agua a nivel de cuenca hidrográfica, como lo muestran los resultados obtenidos en las 54.400 hectáreas regadas por el Río Amarillo en el condado de Kaifeng, China. En este caso el uso del modelo SEBAL permitió identificar y reducir las pérdidas de agua en sectores no cultivados llegando a ahorros potenciales de 116.7 millones de metros cúbicos (Khan et al., 2007), b) Ahorro potencial de agua en trigo equivalente a un 20 % en el Valle del Yaqui en México gracias al uso de estrategias de gestión hídrica derivadas a partir del modelo SEBAL, c) Disminución de los costos de monitoreo hídrico regional, por la implementación del modelo SEBAL en comparación con métodos tradicionales para la estimación del consumo de agua a nivel de cuenca. Por ejemplo para la planicie del río Snake, en Idaho, los costos de un monitoreo tradicional bordearon los 500.000 dólares por año, no obstante gracias al uso del monitoreo con sensoramiento remoto fue posible disminuir los costos en un 84 % (disminución de 420.000 dólares). Al respecto, Morse (2003) estimó que para todos los estados del este de Estados Unidos es posible un ahorro potencial en 10 años de hasta 1.000 millones de dólares por concepto de la aplicación de un monitoreo de hídrico utilizando tecnología satelital. Desde el punto de vista netamente comercial actualmente la empresa Basfood (<http://www.basfood.com/>) ofrece el servicio de teledetección satelital para la papa en Europa, basado en el modelo SEBAL. En este servicio el agricultor recibe semanal o mensualmente información sobre 9 parámetros, entre los que se cuentan la humedad del suelo, concentración de nitrógeno, área foliar y rendimiento.

e) Integración NDVI/Calidad y Rendimiento

La relación del NDVI con los rendimientos y calidades ya ha sido probada en frutales, siendo una herramienta utilizada en los Estados Unidos, al igual que en Chile. En particular, investigación desarrollada en Australia (**Johnson et al., 1998; Lamb, 1999 y 2000**), han demostrado la utilidad de emplear imágenes aéreas multi-espectrales relacionadas con índices de vegetación para proponer áreas de manejo ("bloques") de cosecha. Esta metodología se basa en la estimación de la expresión vegetativa a través de imágenes de NDVI y su relación con la densidad foliar de las plantas (Figura 6). Así se ha visto que racimos provenientes de cuarteles con altos valores de NDVI presentaron mayores rendimientos y menor calidad enológica, lo contrario fue observado en fruta proveniente de sectores con bajos valores de NDVI (menor rendimiento y mayor calidad enológica percibida).

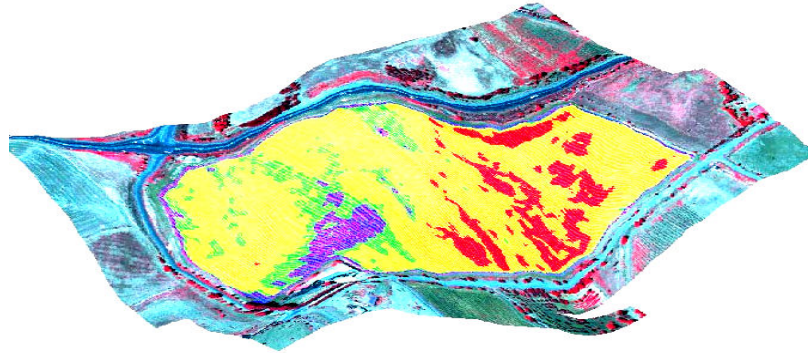


Figura 6. Imagen de los cambios de expresión vegetativa de una viña, a través de una cartografía de NDVI.

La segmentación de los bloques (Figura 6) puede resultar en una mayor uniformidad de maduración de los viñedos, al potenciar la mejor calidad del vino producido (Lamb et al., 2001). Asimismo, otra interesante investigación fue desarrollada por la NASA, a través del Proyecto CRUSH⁵, en el cual se utilizaron tecnologías de teledetección como instrumento de manejo del viñedo para la selección de áreas de calidad uniforme.

El uso de esta tecnología ha permitido, dada la información de áreas diferenciadas por calidad de uva e información de terreno, la estimación de producción del viñedo (Johnson et al., 1998, Lamb et al., 2001). Actualmente, este es un servicio que están dando empresas tales como Terra-Spase (VINimage Classified NDVI Imagery)⁶. El conocimiento del rendimiento potencial de los viñedos (Figura 6) es de alta importancia para el manejo de bodega de las empresas. Sin embargo, en frutales no existe información detallada, tan solo algunas investigaciones iniciales en Washington, Nueva Zelanda e Israel, las cuales han obtenidos relaciones entre calidad e imágenes.

⁵ <http://geo.arc.nasa.gov/sge/crush/crush.html>

⁶ <http://www.terraspace.com/vinimage.htm>

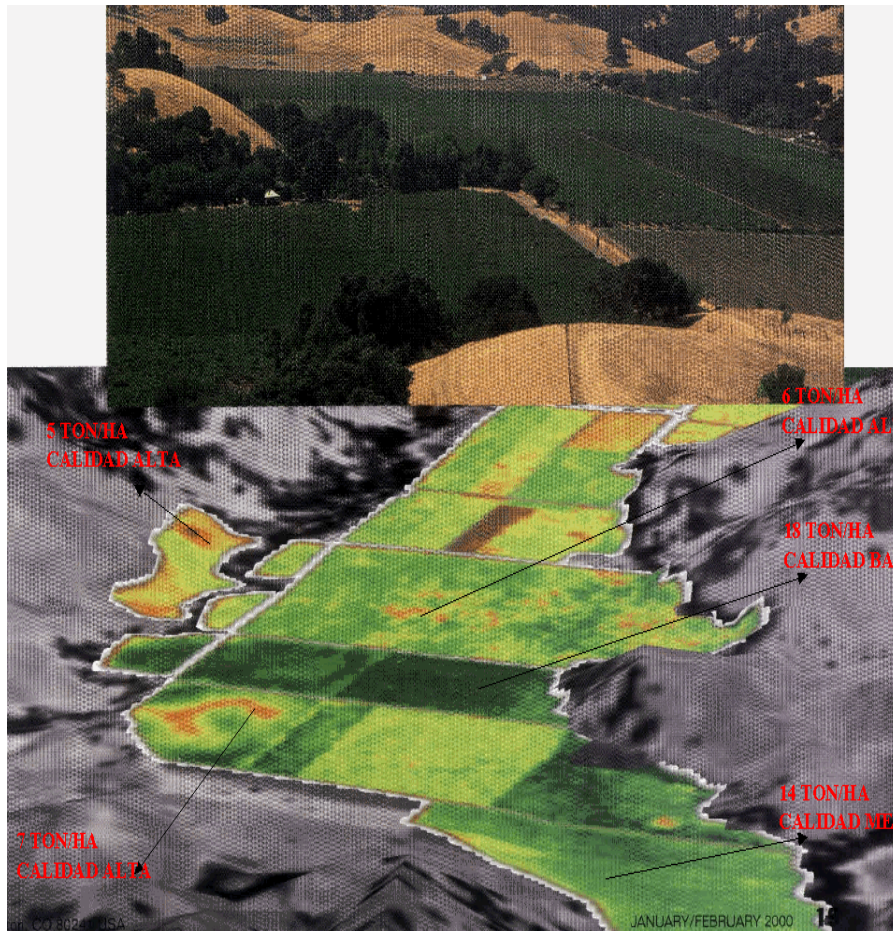


Figura 7: Estimación del rendimiento de un huerto en base a información de terreno y teledetección.

f) Uso del volumen foliar como herramienta de manejo para caracterizar y mejorar la calidad de la fruta por áreas

El uso de imágenes aéreas ha sido ampliamente utilizado en el mapeo de diferencias relativas del follaje en distintas especies frutales (Wildman et al., 1983; Jonson et al., 1998, 2001; Hall et al., 2002), esta información está siendo utilizada en distintas aplicaciones agrícolas, como en la calendarización de la cosecha de sectores homogéneos, rediseño de huertos, identificación de problemas relacionados a riego, estatus nutricional, plagas y enfermedades (Penn 1999; Carotheers 2000; Aho 2002). Las relaciones de área de Dosel y cantidad de fruta se asocia con la velocidad de maduración, y como ya se ha mencionado se puede correlacionar el NDVI con el IAF, para determinar finalmente el volumen de Dosel.



Se puede establecer una relación entre NDVI, volumen foliar (VF) y consecuentemente, la calidad de fruto, como ya ha sido probado en viñas (Jonson et al., 2002). Iland et al. (1994) analizó, con el apoyo de imágenes multiespectrales, el equilibrio que existe entre el volumen de Dosel y la Carga Frutal Óptima en viñas; permitiendo establecer normas de manejo de Dosel, mediante la presión de poda diferenciada en los cuarteles.

3.1.2 Descripción de los avances tecnológicos

En AP existen tecnologías que son claves para su implementación, éstas son: Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), Sistemas de Información Geográfica (SIG), y Equipamiento Especializado (sensores, equipos y maquinaria).

La recolección de información se hace con la ayuda de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), mientras que el manejo de la misma (gestión), se realiza a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La tecnología de GPS permite la localización instantánea (latitud y longitud) de cada sector del campo, mientras que los SIG facilitan el manejo de toda la información generada en el terreno, en forma de mapas geo-referenciados. El MAP implica la utilización de manejos en forma diferencial a través de sensores, equipos y maquinarias especializadas, de acuerdo a un conjunto único de condiciones que caracteriza a cada sector del cuartel. Los diferentes sectores definidos deben tener características homogéneas y pueden representar unidades desde un metro cuadrado hasta un sitio completo, dependiendo del nivel de detalle y de la escala espacial de trabajo.

Desde el punto de vista del equipamiento básico utilizado en AP, éste se puede subdividir en: (a) equipamiento para la obtención de datos, (b) equipamiento de control, y (c) equipamiento para el análisis de los datos. A continuación se realiza una descripción de los equipos e instrumentos más utilizados.

a) Equipamiento para obtención de datos

- **Imágenes satelitales y fotografías digitales:** Las imágenes satelitales permiten correlacionar grandes patrones de variabilidad espacial, como dato inicial para la caracterización de zonas de manejo y diferencias en índice verde y biomasa de los cultivos.
- **Sensor de malezas:** Son sensores que detectan en forma precisa y en tiempo real los puntos de infestación de malezas. Pueden ser usados para controlar la dosis de aplicación de pesticidas; lo cual significa un menor consumo del producto y menor contaminación del medio ambiente, pulverizando sólo el sitio infestado. Trabajan con base a un sensor infrarrojo que detecta la presencia de malezas y envía una señal a las boquillas, las cuales liberan el herbicida en forma localizada sobre las malezas, con el consiguiente ahorro de producto.
- **Sensores remotos:** Desarrollados en los Estados Unidos, han sido ampliamente distribuidos a otras latitudes. Su uso principal ha sido en plantaciones frutícolas y



vitivinícolas. Mediante estos sensores se ha logrado cuantificar, con la ayuda de imágenes aéreas y satelitales, la expresión vegetativa y el vigor presente en frutales y viñas, pudiendo ser relacionadas con otras variables de producción, como el rendimiento. Los resultados confirman que la variabilidad en rendimiento es significativa, incluso en pequeñas áreas, y el conocimiento de esta variabilidad trae importantes beneficios al aplicar un manejo sitio específico para cada sector del cuartel. Esta tecnología permiten identificar, analizar y modelar de mejor manera la variabilidad espacial y temporal de los cuarteles agrícolas. Otra aplicación de esta tecnología ha sido el monitoreo de zonas infectadas con filoxera y nemátodos en distintos viñedos californianos, con la finalidad de orientar el control químico de estas plagas. Dicha aplicación podría ser extensiva para plagas de distintas especies frutales.

- **Sensores ópticos:** La percepción remota ha ganado mucho interés como una herramienta potencial de manejo en AP. Imágenes satelitales o fotografías aéreas pueden permitir al productor observar rápidamente la condición de sus cultivos en el campo y decidir cuales áreas necesitan un manejo sitio específico diferenciado. Actualmente, estos sensores son capaces de medir información en distintas bandas del espectro electromagnético. Esta información es utilizada para discriminar espacialmente las posibles diferencias en las principales variables productivas de interés (manejo de follaje, riego, estatus nutricional, plagas y enfermedades, entre otras) relacionadas con los rendimientos y la calidad de los productos agrícolas.
- **Equipo de medición de conductividad eléctrica:** Es un instrumento que mide en tiempo real la conductividad eléctrica del suelo. Esta información es georeferenciada mediante un D-GPS, lo cual permite la construcción de mapas. La conductividad eléctrica puede ser asociada a propiedades físicas del suelo como textura y profundidad, aunque varía dependiendo de la cantidad de agua, temperatura y sales presentes en el suelo (McKenzie, 2000).
- **Equipos de muestreo:** Se utilizan para realizar muestreos georeferenciados de suelo. Estos consisten en un vehículo todo terreno, en el cual va montado un brazo hidráulico con un barreno, que se encarga de sacar la muestra en el lugar preciso. La muestra es georeferenciada por medio de un D-GPS y un computador de terreno. El uso de estos vehículos permite una labor más rápida y eficiente.

b) Equipamiento de Control

- **Sistemas de Posicionamiento Global (D-GPS) con señal Diferencial:** El GPS es un sistema que permite conocer el posicionamiento geográfico de un objeto, en cualquier parte del globo, en tiempo real, durante las 24 horas del día y en cualquier condición climática. Actualmente, se encuentran disponibles a nivel de usuarios, aunque se utiliza con ciertas restricciones, ya que poseen un error de localización de aproximadamente 30 m, valor demasiado alto para ser usado en AP. Debido a esto, se crearon los D-GPS ó GPS con señal diferencial (en tiempo real o de corrección post proceso). Esta señal permite disminuir el error de



localización a menos de 1m en el plano horizontal (latitud y longitud), y es transmitida desde un satélite o una antena terrestre de corrección hasta el equipo receptor, los cuales reciben esta señal de los satélites GPS; y de ese modo, la señal es corregida en tiempo real o post tratamiento reduciendo así el error de localización.

- **Sistemas de Información Geográfica (SIG):** Los SIG se definen como un set de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real (Burrough, 1986). En otras palabras, los SIG son una base de datos georeferenciada (Ortega, 1999). Los SIG están formados por tres componentes: hardware, software y personas. Cada uno de estos es indispensable para poder organizar e interpretar la información entregada por sensores o GPS. Estos sistemas trabajan en base a modelos que representan características espaciales como puntos, líneas o polígonos. Los modelos utilizados pueden ser de dos tipos: Modelo Raster o Modelo Vector. La diferencia principal es que el primero trabaja mejor con variables continuas y el segundo con variables discretas. Generalmente, el modelo Raster es utilizado cuando se desean representar grandes áreas, debido a su menor detalle. (Pérez y Claret, 1999). Mediante el uso de SIG se pueden realizar representaciones gráficas de diferentes variables, como por ejemplo, tipo de suelo, nivel de fertilidad, topografía, entre otras. Además, permite relacionar variables y así poder tomar decisiones o planificar el manejo (Smith y Whigham, 1999).
- **Monitores de Rendimiento:** El monitor de rendimiento mide el volumen de la cosecha en forma continua al interior del cuartel. El volumen cosechado en un determinado sector es calculado a partir de sensores infrarrojos que miden el flujo de la cosecha que pasa a través de la cinta transportadora. Un sistema de posicionamiento con señal diferencial (D-GPS) registra la localización de la máquina cosechadora cada segundo. La información recolectada se descarga en un computador de terreno, mediante un software adecuado que permite construir mapas de rendimiento, siendo útiles para detectar problemas y áreas de manejo homogéneo (Bramley, 2001).
- **Monitores de proteína, aceite, grasa y humedad:** Para el caso específico de cereales (trigo, cebada y maíz), se utilizan los monitores de proteína, aceite, grasa y humedad, cuya medición facilita la segregación de los granos por calidad a nivel de lote, pudiendo almacenar el grano en silos separados, según el contenido en porcentaje de un determinado componente.
- **Monitores de siembra:** Estos monitores son controladores de siembra, y mediante alarmas gráficas y sonoras, evitan fallas en esta labor. Este sistema informa al tractorista sobre el funcionamiento de cada hilera de siembra, si la sembradora tiró o no semilla, y en qué porcentaje de semilla dosificó cada uno de los surcos. Los monitores brindan información muy valiosa, que posibilita construir mapas de siembra.



- **Controladores:** Estos productos logran distribuir, mediante una recomendación de dosis de fertilizantes y densidad de siembra, los insumos según la necesidad de cada sitio en particular, evitando de esta manera la sobredosificación o la subdosificación, lo cual redundaría en el aumento de rendimientos.
- **Banderilleros satelitales:** el uso de los banderilleros satelitales es muy útil, ya que no depende del horario para realizar las aplicaciones de productos químicos y/o fertilizantes. Permiten una clara orientación al conductor del tractor o máquina cosechadora.

c) Equipamiento para el análisis de datos

- **Software:** El desarrollo de software es muy importante, ya que, mediante la potencialidad de estos programas, se pueden analizar resultados de una manera sencilla y fácil. La potencialidad de estos programas de trabajar con datos georreferenciados y asociarlos a programas estadísticos, sometiendo esos datos a análisis deseados, es lo que en este momento brinda un aval de los resultados obtenidos. Esta herramienta permite que el usuario tenga a disposición una herramienta de análisis muy certera.

3.1.3 Descripción de los impactos y beneficios

Las limitaciones del uso de la AP no están en la implementación de la tecnología de soporte, sino en un mejor conocimiento del continuo espacio-tiempo. Zilberman (1996) también menciona que la capacidad para modelar cuantitativamente los sistemas biológicos y la incorporación de criterios económicos serán factores claves para el éxito de la AP. En este sentido, Bulloc (1999) menciona que se requiere conducir experimentos en múltiples localidades y en serie de años para poder incorporar la naturaleza estocástica del clima y de la variabilidad espacial. Por su parte, Pierce y Nowak (1999) mencionan que los éxitos a corto plazo de la AP se obtendrán en condiciones donde exista alta dependencia espacial y baja dependencia temporal.

Los mismos autores indican que existen bastantes estudios que evalúan los beneficios económicos de la AP. El mejoramiento potencial de la calidad ambiental es a menudo citado como una razón para usar la AP, pero son limitados los estudios que evalúen este tipo de beneficios, puesto que es difícil de cuantificar y valorar, particularmente cuando aumenta el componente temporal de la variabilidad.

En términos generales los impactos potenciales de la AP mencionados por algunos autores son los siguientes:

- La AP tiene el potencial de mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del predio por medio de los siguientes efectos (1) reducción de costos y aumento de la eficiencia en el uso de los insumos; (2) mejoramiento de los sistemas de control; (3) diferenciación de productos; (4) seguridad de los alimentos, y (5) beneficios ambientales (Lowenberg-DeBoer y Boehlje, 1996).



- En la mayoría de los casos la AP tiende a incrementar los rendimientos y a reducir el uso relativo de insumos que la tecnología inicial (Zilberman, 1996).
- Si bien en algunos casos la AP no aumenta los retornos netos, si reduce la variabilidad de los retornos, lo cual reduce el riesgo en la producción agrícola (Lowenberg-DeBoer y Aghib, 1997).
- El valor de la AP será finalmente medido por el éxito en el manejo del continuo espacio-tiempo de todos los aspectos de la producción agrícola. Esto por consiguiente tendrá implicaciones en la rentabilidad del predio y en la protección ambiental (Pierce y Nowak, 1999).

A continuación se realiza una breve descripción de los principales beneficios derivados de la AP.

a) Beneficios Económicos de la AP

Pierce y Nowak (1999) mencionan que la rentabilidad de la AP está en el valor de la aplicación de los datos y no en el uso de la tecnología. En este sentido, Löwenberg-DeBoer y Swinton (1997) indican que la información es una fuente significativa de ventajas estratégicas competitivas para las empresas agrícolas. Un buen sistema de toma de decisiones debe fundamentarse en una buena información, la cual debe caracterizarse por ser oportuna, precisa, objetiva, completa, comprensible y conveniente. La AP tiene el potencial de proveer este tipo de información para la toma de decisiones (Lowenberg-DeBoer y Swinton, 1997).

La mayoría de los estudios sobre el impacto de la AP se han enfocada a evaluar su rentabilidad. Lowenberg-DeBoer y Swinton (1997) en una revisión de 17 estudios encontraron resultados mixtos: cinco no rentables, seis inconclusos y en seis los resultados fueron potencialmente rentables. En el año 2000 Lambert y Lowenberg-DeBoer, presentaron una revisión de 108 estudios sobre la rentabilidad la AP. Los principales resultados de la revisión fueron los siguientes:

- El 69 % de los estudios reportan índices económicos positivos, el 12 % indican retornos negativos y el 19 % presentan resultados mixtos.
- Resultados con beneficios positivos fueron reportados por el 60% de los estudios basados en funciones de respuesta, por el 67% de los basados en ensayos de campo y por el 75% de los estudios basados en simulaciones.
- En maíz, soya y remolacha azucarera, aproximadamente el 75% de los estudios reportan resultados positivos.
- En remolacha azucarera los beneficios económicos de un manejo sitio específico de la fertilización con Nitrógeno son altos y consistentes.



b) Beneficios Ambientales de la AP

Pierce y Nowak (1999) indican que existen muy pocos estudios que hayan evaluado el impacto ambiental de la AP. Los resultados de estos estudios aún no son concluyentes, debido a que se hace más difícil realizar las estimaciones. La polución del ambiente por la agricultura requiere la presencia de contaminantes en una cantidad tal que sea factible su transporte por el aire o agua a través de suspensión, volatilización o disolución. El potencial beneficio está en la capacidad de la AP de reducir la aplicación de determinados insumos, afectar su movilidad o persistencia y/o regular los mecanismos responsables de su transporte. Algunos de los beneficios ambientales son los siguientes:

- Reducción de la cantidad de nutrientes, donde los niveles o capacidad de oferta son suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales de los cultivos.
- Reducción de la cantidad de pesticidas a través de aplicación de dosis variables.
- Reducir o evitar la aplicación de nutrientes o pesticidas donde exista el potencial para una pérdida significativa de éstos.
- Incrementar el control de la erosión o reducirla a través de una labranza y manejo de residuos sitio específico.
- Establecimiento de zonas de amortiguación dentro de los campos para conservar la diversidad biológica e interceptar el transporte de contaminantes hacia el agua superficial.

El problema ambiental más estudiado en agricultura en los últimos años ha sido la contaminación de los recursos hídricos por fertilizantes. Lory (1999) y Peng y Bosch (2000), indican que la contaminación del agua por fertilizantes tiene severos efectos sobre la salud humana y sobre los ecosistemas acuíferos (eutroficación). Estudios realizados en los Estados Unidos reportan problemas de contaminación por fertilizante en el golfo de México (Davis *et al.*, 1999), cuenca del lago de Michigan y Wisconsin (Shepard, 2000).

Lory (1999) e Isik *et al.* (2000), mencionan que la práctica convencional de manejo de los fertilizantes nitrogenados consiste en asumir que los campos son homogéneos y aplicar una dosis uniforme. Sin embargo, los campos son heterogéneos en términos de las propiedades del suelo, pendiente, fertilidad, potencial de rendimiento, potencial de contaminación, distribución de plagas y calidad de los cultivos. La aplicación uniforme de nitrógeno causa una sobre aplicación en algunas áreas y sub aplicación en otras, resultando en pérdidas de rendimiento y calidad de los cultivos y un aumento del potencial de contaminación por nitrógeno.

Los avances recientes en el manejo preciso de los fertilizantes hacen posible que los agricultores adquieran información detallada de las características espaciales de sus campos, lo que permitiría un manejo de los fertilizantes de acuerdo a la variación de



las necesidades del cultivo. Esto tiene el potencial de mejorar los rendimientos, reducir el costo de los fertilizantes y reducir los residuos de nitrógeno en el suelo. Lory (1999) menciona dos mecanismos lógicos para reducir la cantidad de nitrógeno en los sistemas agrícolas: 1) reducir las dosis de aplicación y 2) alterar las prácticas de aplicación mejorando su eficiencia.

Power *et al.*, (2000) indica que dado el reconocimiento del nitrógeno como principal factor de contaminación de las aguas en los Estados Unidos, se desarrolló, durante 1990 y 1996 el proyecto "Áreas de Evaluación de Sistemas de Manejo" con los siguientes objetivos :1) Evaluar la distribución de químicos agrícolas en los recursos de agua e identificar los factores que afectan su distribución, 2) Desarrollar sistemas de manejo agrícola nuevos, mejorados y aceptables que mejoren la calidad del agua. Algunos resultados de prácticas que reducen la lixiviación de nitrógeno son:

- Manejar el nitrógeno usando métodos recientes de análisis de nitratos en los suelos.
- Manejar adecuadamente el agua y fertilizantes para controlar el movimiento de nitratos: uso de riego por pivote central, control de los drenajes, aplicación de fertilizantes en bandas, fraccionamiento de la aplicación de los fertilizantes, aplicación del agua y fertilizantes en surcos alternos.

El resultado más significativo del proyecto fue el reconocimiento y desarrollo inicial de una tecnología práctica que determine la suficiencia de nitrógeno en los cultivos por medio del monitoreo del verdor de las plantas. Se hicieron estudios del uso de medidor de clorofila, observándose una alta variabilidad dentro del campo. El futuro de esta área está en el desarrollo y aplicación de sensores remotos para determinar la suficiencia de nitrógeno y en la aplicación sitio específica en las áreas que necesiten ser aplicadas.

Entre 1999 y el 2000 se realizaron varios estudios de simulación en los cuales quedaron de manifiesto los beneficios potenciales de la reducción de la contaminación por nitrógeno de las aguas subterráneas, por medio de un manejo sitio específico de los fertilizantes (Thrikawala *et al.*,1999; English *et al.*, 1999; Regesus *et al.*, 1999; Regesus y Nelson 2000; Isik *et al.*, 2000; Peng y Bosch, 2000). Los mayores beneficios se obtuvieron en condiciones donde el promedio y variación de las características del suelo son altos. Debido a este potencial Regesus y Nelson (2000), indican que el fomento de la AP es una opción para generar políticas que permitan controlar las fuentes no puntuales de contaminación de los fertilizantes nitrogenados. En este sentido, Isik *et al.*, (2000), desarrollaron una metodología para el diseño óptimo de subsidios.



c) Otros impactos de la AP

Existe la hipótesis de que la AP tendría un efecto sobre la estructura del sector, en términos de: favorecer la integración vertical, automatizar la toma de decisiones, mejorar la supervisión de la mano de obra y facilitar la interacción entre agricultores, clientes y proveedores. A estos impactos algunos autores le han llamado “La industrialización de la Agricultura” (Zilberman, 1996; Lowenberg-DeBoer y Swinton, 1997; Olson, 1998).

La adopción de la AP requiere de nuevas habilidades en los recursos humanos especializados, principalmente en el manejo de computadores y software. Esto abre nuevas oportunidades para el empleo agrícola. El uso de computadores en los predios necesita el soporte de infraestructura de telecomunicaciones, lo cual ofrece mejores oportunidades de desarrollo rural (Zilberman, 1996).

La AP también ofrece el potencial de hacer negocios para las compañías fabricantes de maquinaria y equipo, desarrollo de software especializados y empresas que brinden los servicios de recopilación de datos y análisis de información (Reid, 1998).

La aplicación de la AP ofrece el potencial de poder realizar investigación aplicada a nivel predial. Los datos generados son útiles para tener un conocimiento integral de los factores que afectan la producción agrícola, lo cual no es posible con las tradicionales y pequeñas parcelas de experimentación. El uso de la geoestadística es esencial para el análisis de los datos (Zilberman, 1996; Olson, 1998).

3.1.4 Enfoques y procedimientos utilizados en la evaluación de la AP

Según algunos autores (Zilberman, 1996; Lowenberg-DeBoer y Swinton, 1997; Olson, 1998; Pierce y Nowak, 1999), el método de análisis que se ha utilizado para evaluar la AP se basa principalmente en el enfoque de presupuesto parcial. Sin embargo, este método no toma en consideración la variación espacial y temporal, ni la dinámica de la adopción de la tecnología; por lo cual el enfoque de análisis debe ser más sistémico, y considerar entre otros aspectos, el impacto ambiental.

Lambert y Lowenberg-DeBoer (2000), indican que el 72% de los estudios económicos realizados, han evaluado la rentabilidad de la Tecnología de Dosis Variable (VRT, por sus siglas en Inglés), especialmente en la fertilización nitrogenada en el cultivo del maíz. Existen muy pocos datos empíricos respecto a los impactos ambientales de la AP y solo un 25% de los estudios reportan beneficios ambientales potenciales. La estimación del rendimiento de los cultivos se ha hecho en un 40% con ensayos en campos de agricultores; otros estudios han estimado los rendimientos con funciones de respuestas y otros con modelos de simulación. Un 50% de los estudios utilizan el análisis de presupuesto parcial para estimar la mayoría de los cambios en los costos relevantes.



Los costos relevantes que debieran incluirse en los estudios son los siguientes:

- Costos de los insumos (semillas, fertilizantes, combustibles, etc.)
- Costos de la tecnología empleada (costos de aplicación)
- Costos de información y manejo de datos
- Costos de cómputo (hardware y software)
- Costos de capacitación y aprendizaje (tiempo de rezago/ pérdidas de tiempo)
- Costos hundidos, tasa de descuento, valor presente neto
- Costo y vida útil de los equipos (tasas de arriendo, costos hundidos y depreciación)
- Costos de análisis de suelo y costos de mapeo
- Costos de mano de obra involucrada en cualquiera de estas actividades.

En los estudios de fertilización, en general se hace una comparación de dos estrategias de manejo de la fertilización: dosis uniforme y dosis variable dentro de un campo de cultivo. En la estrategia de dosis uniforme se presentan dos modalidades según el detalle de la información disponible:

- 1) Dosis uniforme con información promedio: la dosis se estima en base a la experiencia del agricultor y/o a la información promedio sobre las características de suelo de la región a la que pertenece el campo. Puede usarse la dosis del agricultor, la recomendada por un procedimiento agronómico o la estimada mediante un proceso de optimización económica.
- 2) Dosis uniforme con información precisa: la dosis se estima en base la función de distribución de las características de suelo y a un proceso de optimización económica.

En la estrategia de dosis variable existen también dos modalidades, según la disponibilidad de equipo de aplicación variable:

- 1) Tecnología de dosis variable: se asume que existe disponibilidad de equipo para variar la dosis en forma continua a través del campo. Se requiere de equipo computarizado de aplicación, sensores y GPS.
- 2) Zonas de Manejo Uniforme (MZ): el campo es dividido en k zonas de manejo y para cada una de ellas se calcula una dosis distinta. En este caso no se necesita de equipo especial para aplicar las distintas dosis; basta con tener un mapa con las distintas zonas.

En casi todos los estudios se ha analizado el problema de decisión de los agricultores bajo condiciones de un mercado perfectamente competitivo (tomadores de precios) y bajo condiciones de certidumbre. Regesus y Nelson (2000) e Isik *et al.* (2000), analizaron el problema de decisión con incertidumbre, usando la teoría de utilidad esperada y la teoría de opciones reales, respectivamente. Para el primer autor la fuente de incertidumbre fue el índice de desarrollo del cultivo, el cual depende de las



condiciones del suelo, clima y manejo agronómico (dosis de nitrógeno). El segundo autor modela la distribución de fertilidad del suelo con una función beta escalada y toma los precios del producto como la variable incierta.

3.1.5 Principales instituciones de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) asociados a la AP

Tanto a nivel nacional como internacional los organismos que realizan I+D+i en AP, se focalizan en universidades y centros de investigación.

En Chile, la AP ha tenido un constante crecimiento, lo cual ha generado un desarrollo interesante de investigación y nuevos negocios para las instituciones públicas y empresas privadas que prestan servicios entorno al tema. Dentro de los servicios más comunes se encuentran la utilización de imágenes aéreas y satelitales, y sensores de medición de suelo (resistividad y conductividad eléctrica). Con esta información se generan mapas con zonas de manejo diferenciado (cosecha, fertilización, riego y poda en el caso de frutales y viñas) al interior de los cuarteles agrícolas.

A continuación se realiza una descripción de las principales instituciones ligadas a la I+D+i en AP, tanto a nivel internacional como nacional.

a) **Ámbito Internacional**

- **CSIRO Land & Water (Commonwealth Scientific Industrial Research Organization, Australia)**⁷: Este Centro trabajó hasta el año 2007 en colaboración con el CRCV (Cooperative Research Centre for Viticulture, Australia), desarrollando tecnologías de información aplicada a viñedos. La actividad principal del Centro se ha focalizado en el muestreo georeferenciado de rendimiento y calidad de uva, generando mapas que representan la variabilidad espacial de la producción. Ello ha permitido sectorizar los viñedos de manera de cosechar de forma separada, de acuerdo a la calidad de la uva; planificar de mejor manera la cosecha, mejorar las técnicas de muestreos asociadas a las distintas variables de producción, entre otras ventajas (Bramley, R. and Proffitt, A. 1999; Bramley, 2000; Bramley, 2001).
- **National Wine and Grape Industry Centre**⁸: Nace de la alianza entre la Charles Sturt University, el NSW Department of Primary Industries y el NSW Wine Industry Association, todos organismos australianos. Este centro trabaja fuertemente en el sensoramiento remoto utilizando imágenes aéreas de alta resolución. Arkun et al (2000) y Lamb (2004) han logrado cuantificar, a través de imágenes aéreas, el vigor presente en un viñedo y correlacionarlo con otras variables, como por ejemplo, el rendimiento. Posterior a estas investigaciones la

⁷ Mayor información en: <http://www.csiro.au/>

⁸ Mayor información en: <http://www.csu.edu.au/nwgic/>



metodología se ha extendido al mapeo del color y compuestos fenólicos en variedades de uvas tintas, de manera de generar zonas con distinto potencial enológico.

- **Australian Centre for Precision Agriculture (ACPA)**⁹: Perteneciente a la Universidad de Sydney, este Centro es líder mundial en el tema de AP para un conjunto de cultivos, ha realizado monitoreos de rendimientos en cultivos, frutales y viñas desde el año 1999. Sus resultados confirman que: “La variabilidad en rendimiento es significativa, incluso en pequeñas áreas, y el conocimiento de esta variabilidad trae importantes beneficios al aplicar un manejo sitio-específico para cada sector” (Taylor, 1999). Entre las principales herramientas de AP utilizadas en este centro se cuenta el mapeo de la conductividad eléctrica del suelo, de la altitud, y del rendimiento. Toda esta información es analizada en conjunto de manera de generar una predicción espacial de la variabilidad y delimitar así zonas de manejo que contengan plantas con características y requerimientos nutricionales y de manejo similares.
- **SIRC (Spatial Information Research Centre, University of Otago, Nueva Zelanda)**¹⁰: Creado en 1989, este Centro comenzó un trabajo multidisciplinario en el área de la adquisición espacial de información, su almacenaje y manipulación, así como la visualización y análisis de datos. Posteriormente, el Centro ha trabajado en la aplicación de sistemas de información geográfica (GIS) y sistemas de posicionamiento global (GPS) en la producción agrícola aprovechando sus ventajas para mejorar la calidad de su producción (Smith and Whigham, 1999).
- **NASA Ames Research Center, Earth Science Division** en conjunto con **la University of California Davis, California State University (Monterrey Bay), Numerical Terradynamic Simulation Group (University of Montana)**, empresas privadas y productores de California, EEUU., han desarrollado numerosas investigaciones entre las que destacan:
 - **GRAPES Project** (Grapevine Remote Sensing Analysis of Phylloxera Early Stress)¹¹. Se desarrolló entre los años 1993 y 1995. El objetivo fue determinar, a partir de imágenes aéreas y sistemas de información geográfica (SIG), las zonas de infestación de filoxera en viñedos californianos con el fin de orientar el control químico. Esta aplicación podría ser extensiva para todas las plagas que afectan a la vid vinífera.
 - **CRUSH Project** (Canopy Remote Sensing for Uniform Segmented Harvest)¹². Finalizado en el año 1995, este proyecto logró realizar un mapeo del vigor de los cuarteles agrícolas, a través de imágenes aéreas y/o satelitales. Esta información es utilizada para determinar

⁹ Mayor información en: <http://www.usyd.edu.au/su/agric/acpa/>

¹⁰ Mayor información en: <http://www.business.otago.ac.nz/SIRC/>

¹¹ Mayor información en: <http://geo.arc.nasa.gov/sge/grape/grape.html>

¹² Mayor información en: <http://geo.arc.nasa.gov/sge/crush/crush.html>



zonas de manejo homogéneo del vigor, con el fin de realizar una cosecha parcializada y diferenciada. En las tres zonas delimitadas (vigor bajo, medio y alto) se obtuvieron distintos rendimientos y calidades agrícolas, tanto en cultivos anuales, como en el viñedo.

- **VINTAGE Project** (Viticultural Integration of NASA Technologies for Assessment of the Grapevine Environment)¹³. Desarrollado desde 1997 hasta el 2002. Corresponde a una prolongación del proyecto CRUSH, en el cual el uso de sensores remotos y otras tecnologías geo-espaciales fueron incluidos en un sistema de ayuda a la decisión para la producción vitícola y de otros cultivos de alta rentabilidad. Con estas tecnologías se pudo desarrollar mapas de área foliar, equilibrio del viñedo, uniformidad de los cuarteles y de evapotranspiración especializada. Asimismo, desarrollaron un modelo de balance hídrico espacial que permitió, por ejemplo, diseñar mapas de zonas con distintos grados de restricción hídrica.
- En **Francia**, existe un conjunto de instituciones públicas y privadas que trabajan en estrecha cooperación. Han desarrollado una serie de tecnologías y metodologías aplicadas a la producción agrícola. Entre las instituciones se puede mencionar el Centro Internacional de Estudios Superiores en Ciencias Agronómicas (SupAgro), "La Maison de la Télédétection", el CEMAGREF, El "Avion Jaune" y una serie de otras empresas relacionadas. Las principales tecnologías de AP utilizadas por estas instituciones son el uso de información capturada con sensores remotos, mapeo de la resistividad eléctrica de suelos, mapeo de rendimiento y calidad, entre otras. Lo anterior orientado a proponer zonas de manejo homogéneo en una explotación agrícola completa y así mejorar la eficiencia en la ejecución de operaciones agrícolas y el uso de los insumos.

b) **Ámbito Nacional**

- **Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)** a través de en su centro regional experimental Quilamapu, crea el Programa Progap Inia. El programa enfatiza en el uso de información y de tecnologías para sintetizar y entregar herramientas de decisión para los agricultores. De igual forma, a través de dicho Programa el INIA, en asociación a CODESSER y la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Concepción, están desarrollando el proyecto "Desarrollo de un Programa de Difusión y Capacitación en Agricultura de Precisión, utilizando Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). El proyecto es financiado por Innova Bío Bío de CORFO.
- **Universidad de Talca** a través de su Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) ha llevado a cabo una serie de iniciativas en el área vitícola, tendientes a incorporar herramientas usadas en la AP para mejorar la gestión del viñedo. Uno de los principales proyectos desarrollados fue el

¹³ Mayor información en: <http://geo.arc.nasa.gov/sge/vintage/vintage.html>



establecimiento de una Red Nacional de Viticultura de Precisión en conjunto con el Centro de AP de la Pontificia Universidad Católica de Chile y una serie de Empresas y viñedos asociados. Esta última iniciativa fue financiada en una parte importante por el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF). En los últimos años, se ha realizado investigación en otros rubros como manzanos y olivos, reduciendo significativamente el uso del recurso hídrico y de insumos productivos, con un positivo impacto en lo económico.

- **Agroprecisión Ltda.**, empresa que vende equipamiento para la implementación de manejos de AP. Asimismo, ofrece servicios de sensoramiento remoto, caracterización de suelos, implementación de sistemas de información geográfica, entre otros. En el área vitícola se caracterizan por entregar a los productores mapas de vigor del viñedo, los cuales puede ser utilizados para definir zonas de manejo diferenciado.
- **Agrosat Chile**, es una empresa que entrega una serie de servicios a los agricultores como percepción remota, sensoramiento termal, sistemas GPS para reducir los costos de producción y aumentar su rendimiento. La tecnología que ofrecen está destinada a realizar un manejo sitio-específico de los cultivos.
- **NEOAG**, empresa creada en el año 2004, la cual entrega servicios relacionados con el área de suelos, percepción remota y sistemas de información geográfica para la agricultura.
- **Digimapas Chile**, empresa creada en el 2005, que entrega servicios de levantamiento aéreos de alta resolución espacial principalmente a empresas forestales (Forestal Arauco S.A.). Para ello utilizan sensores LIDAR y Cámaras Digitales, con los cuales generan modelos digitales de elevación de alta precisión, orto-imágenes verdaderas, mapas de base, mapas catastral y mapas topográficos.



3.2 ANÁLISIS DE CUESTIONARIOS Y ENTREVISTAS A EXPERTOS NACIONALES Y EXTRANJEROS

Con la finalidad de describir de manera más precisa el Estado del Arte de la AP en el contexto nacional e internacional, y del mismo modo, identificar la forma como éstas técnicas impactan en la agricultura moderna, se procedió a desarrollar un trabajo metodológico que consistió, por una parte, en la realización de un conjunto de entrevista a especialistas nacionales, del ámbito productivo, comercial, académico y tecnológico. Del mismo modo, se procedió a confeccionar un detallado cuestionario, el cual fue enviado a distinguidos especialistas internacionales, de los más destacados centros de investigación, con el propósito de indagar su percepción sobre aspectos conceptuales y técnicos que se observan a nivel mundial en el campo de la AP. A continuación, se presentan los principales resultados extraídos de ambos trabajos metodológicos, colocando especial énfasis en los tópicos considerados más relevantes, las diferencias de enfoques presentadas y la discusión de los resultados.

3.2.1 Análisis de cuestionarios a expertos internacionales

Con el propósito indagar la percepción de distinguidos especialistas internacionales se procedió a diseñar un cuestionario a expertos, el cual fue enviado vía correo electrónico a 20 investigadores de renombre mundial, de los más destacados centros tecnológicos que abordan esta temática¹⁴. Cabe destacar que se tuvo un nivel de respuesta bastante alto, cercano al 60% de la muestra, lo cual señala su interés por el estudio y el nivel de vinculación que gozan los especialistas nacionales (en el anexo se detalla el listado de los investigadores que respondieron el cuestionario).

El cuestionario se subdividió en 8 partes, siendo éstas:

- Descripción conceptual sobre AP
- Beneficios de la AP (tipos e indicadores)
- Desventajas asociadas
- Brechas Tecnológicas
- Concepto de cluster tecnológico
- Descripción de rubros y tendencias (jerarquización)
- Políticas Públicas de Fomento, y
- Aspectos de transferencia tecnológica

¹⁴ Las referencias de los expertos internacionales seleccionados se obtuvo de las bases de datos y contactos personales que poseen los especialistas nacionales del Programa de AP del Instituto de Investigaciones Agropecuario (INIA, Chile), encabezado por su Director, Dr. Stanley Best, y del Centro Tecnológico de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología de la Universidad de Talca, encabezados por los investigadores, Prof. Dr. Samuel Ortega (Director e Investigador Senior) y Prof. Dr. César Acevedo (Investigador Senior).



Se creyó oportuno indagar sobre estas 8 temáticas, debido a que son temas que cruzan transversalmente el desarrollo de la AP en las principales zonas geográficas del mundo, obteniéndose de ellas valiosa información para satisfacer los objetivos específicos del presente estudio. A continuación se describen y discuten los principales resultados.

Tema 1: Descripción Conceptual

Basados en una definición de corte general, que se concensuó con los especialistas nacionales, se buscó precisar un concepto común, solicitando a cada uno de los expertos internacionales su opinión acerca de la definición expuesta.

La definición utilizada fue:

"La Agricultura de Precisión (AP) es un concepto agronómico de gestión de predios agrícolas, basado en la existencia de una variabilidad espacial en el campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aérea, junto con Sistemas de Información Geográfico (SIG) para estimar, interpretar, evaluar y entender dichas variaciones".

Cabe hacer notar que tan solo dos entrevistado concordaron plenamente con la definición expuesta, siendo éstos los especialistas de Argentina y Brasil. Sin embargo, los demás realizaron dos alcances importantes. El primero tiene que ver con que la AP no debiera considerarse un concepto agronómico en sí, sino más bien asociarse a la aplicación de tecnologías en los sistemas productivos, bajo un contexto de sustentabilidad ambiental y gestión racional de los recursos naturales. La segunda observación dice relación con que una adecuada gestión predial, utilizando AP, no sólo debe asociarse a la variabilidad espacial en el campo, sino también a la variabilidad de tiempo. Es decir, la adopción tecnológica a aplicar y la forma de realizarla, dependerán, entre otros factores, del estado fenológico de los cultivos. Ambas consideraciones expresan una condición de tiempo y espacio necesaria de tener presente al momento de tomar una correcta decisión de la oportunidad de utilizar herramientas de AP y el posterior análisis de los resultados obtenidos.

Es interesante comprobar que la definición general presentada es compartida principalmente por los especialistas latinoamericanos, habiendo recibido observaciones de expertos de otras latitudes, especialmente europeos (italianos y franceses), australianos y americanos.

En relación con los requerimientos tecnológicos, se concuerda que la AP requiere de las tecnologías enumeradas en la definición. No obstante, es necesario tener presente que en función de la oportunidad (momento), el tipo de cobertura vegetal y las características de los análisis a realizar, será conveniente considerar uno u otro requerimiento.



Tema 2: Beneficios de la AP (Tipos e Indicadores)

En este caso se procedió a presentar 6 alternativas a los investigadores, solicitando a éstos enumerar de modo correlativo cada una de las opciones. Las alternativas presentadas fueron las siguientes:

- Beneficios Económicos (reducción costos y aumento de rentabilidad)
- Beneficios Ambientales (menor impacto sobre los recursos naturales)
- Beneficios en la eficiencia del uso de los recursos naturales
- Beneficio en Marketing (oportunidades de negocios y diferenciación de productos)
- Beneficio en Liderazgo Tecnológico (uso de tecnología)
- Beneficio en Gestión del Negocio (sistemas de control y optimización de procesos)

Del análisis de las respuestas se concluye que la alternativa más consensuada es el **beneficio ambiental** asociado a la aplicación de AP. Asimismo, ésta respuesta se relacionada directamente con la segunda alternativa más considerada, los **beneficios en la eficiencia del uso de los recursos naturales**. Por último, como tercer beneficio más reconocido se describen los **beneficios económicos**, los cuales se asocian fundamentalmente a la disminución de los costos de producción. En orden decreciente, les siguen a los anteriores: los beneficios en liderazgo tecnológico, de marketing y de gestión predial.

Posteriormente, se determinó el modo de evaluar los beneficios, asociando éstos a indicadores medibles (Tabla 1).

Tabla 1: Indicadores más reconocidos, en función de los beneficios establecidos

Tipo de beneficio	Indicadores
Beneficios Económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Retorno al Productor • Retorno sobre la inversión tecnológica realizada • Disminución en gastos por concepto de insumos
Beneficios Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de Emisiones (Kg. de Productos) • Reducción de aplicaciones (Nº de labores) • Ahorro de agua (Disminución en consumo) • Análisis de Ciclo de Vida (balance energético de entradas y salidas del sistema)
Beneficios en la eficiencia del uso de los recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución en insumos utilizados (Kg. de productos) • Mejoramiento en las condiciones del suelo (aumento en parámetros de propiedades) • Análisis de ciclo de vida (balance energético de entradas y salidas del sistema)
Beneficio en Marketing de la Empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de alimentos (granos, carne y frutas) • Aspectos de trazabilidad de los procesos
Beneficio en Liderazgo Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de competitividad (tiempo de realización de labores - horas hombres/hectáreas)
Beneficio en Gestión del Negocio Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro en tiempo de ejecución de labores (horas hombres/hectárea) • Manejo de datos y oportunidad de las labores



En relación con las **principales desventajas (Temática 3)** asociadas a la implementación de AP, se puede señalar que se observa una alta concordancia entre los distintos especialistas consultados, sin importar la localización geográfica de los mismos. Las desventajas más relevantes, en orden decreciente, son: 1) la necesidad de recursos humanos especializados, 2) los altos costo tecnológicos y 3) el incremento de los costos de producción para los productores (en el corto plazo).

Al ser consultados sobre las principales **brechas tecnológicas (Temática 4)** existentes para avanzar en una masificación de la AP a nivel predial, todos son coincidentes en señalar que la falta de recursos humanos especializados es, sin duda alguna, la principal brecha. Le siguen, en orden decreciente, los costos de implementación (financiamiento) y el adecuado nivel tecnológico, respectivamente. En el caso de ambos, se hace la observación que dependerá directamente del tamaño y tipo de cultivo o rubro productivo de que se trate.

Al ser consultados sobre los **principales desafíos** que enfrenta la AP en el mundo, en función de disminuir las brechas tecnológicas descritas anteriormente, se enumeran distintos aspectos. Por una parte, se considera que la transferencia tecnológica y difusión de los beneficios de la AP debieran masificarse de modo considerable. Al respecto, se comparte la idea de desarrollar modelos de transferencia tecnológica asociados a grupos de agricultores, los cuales puedan compartir experiencias comunes. Por otra, se manifiesta que los procesos de capacitación técnica, tanto a nivel profesional como de agricultores, deben intensificarse en base a programas estructurados de entrenamiento, en el uso y aplicación de tecnología de AP. Un tercer elemento a tomar en consideración es la necesidad de simplificar los aspectos tecnológicos de los equipamientos. Es decir, innovar en los diseños, crear nuevos equipamientos y facilitar la toma de decisión, en base a lecturas instrumentales de fácil interpretación. Un cuarto aspectos dice relación con la disminución de los costos de implementación y asequibilidad de la tecnología a un mayor número de productores.

En relación con el **concepto de cluster tecnológico (Temática 5) asociado a la AP**, se observan distinciones bastantes marcadas entre los especialistas consultados, en función del nivel de desarrollo e implementación de la AP en su país de origen. Es así como, en el caso de los investigadores de Brasil y Argentina, éstos identifican claramente la existencia un cluster tecnológico, en la cual participan: productores (asociados e individuales), especialistas comerciales, empresas de insumos, brokers tecnológicos, centros de investigación y universidades, sector público, consultores y empresas prestadoras de servicios.

Por el contrario, los especialistas europeos consultados resaltan el hecho de que el cluster se circunscribe a un número inferior de participantes, destacando principalmente agricultores (asociados e individuales), brokers tecnológicos, compañías tecnológicas, centros de investigación y universidades. Llama la atención que no se mencione al sector público como parte de los participantes. En el caso de los investigadores australianos y americanos, existe un alto grado de convergencia con los investigadores latinoamericanos, identificándose exactamente el mismo número de participantes en el cluster analizado.



En relación con las **tendencias de aplicación de AP (Temática 6)** en las distintas zonas geográficas, la Tabla 2 presenta los principales sectores productivos y rubros en cuales se utiliza actualmente AP, de acuerdo con la jerarquización de los propios investigadores.

Tabla 2: Tendencias de Aplicación de AP, de acuerdo con zona geográfica

Zona Geográfica	Sector Productivo	Rubro
Europa (Italia – Francia)	1º Cultivos Industriales	Maíz, Trigo, Canola
	2º Frutales	Pomáceas – Olivos
	3º Viticultura	Viñas
	4º Hortalizas	De modo experimental
Latinoamérica (Argentina y Brasil)	1º Cultivos Industriales	Maíz, Soja, Canola, Trigo, Caña de Azúcar
	2º Ganadería Bovina	Lechería
	3º Frutales	Manzano
América del Norte (USA)	1º Cultivos Industriales	Maíz, Trigo, Soja
	2º Frutales	Berries, Pomáceas, Carozos, Frutos de Nuez
	3º Viticultura	Viñas
Australia	1º Cultivo Industriales	Trigo
	2º Viticultura	Viñas
	3º Ganadería	Ovina y Bovina de Carne

Se observa similitud en la tendencia de aplicación de AP en las distintas latitudes, siendo en los cultivos industriales donde se presenta el mayor desarrollo, en comparación a otros sistemas productivos. Asimismo, llama la atención el hecho de que los sistemas productivos ganaderos posean una alta representación.

Al ser consultados los especialistas sobre las tendencias que se visualizan para la próxima década en el ámbito de la AP, se concluyen que los cambios más importantes debiese pasar por: 1) la reducción de los costos de implementación, 2) una mayor integración científica (interdisciplinaridad), 3) una masiva expansión de las áreas de producción y el número de productores, y 4) un avance en la precisión del equipamiento tecnológico.

Consultados los especialistas sobre la **existencia de Políticas Públicas**, especialmente dirigidas al fomento de la AP en sus respectivos países, se observan diferencias bien marcadas en las distintas zonas geográficas. En la Tabla 3 se presenta un resumen de lo expresado.



Tabla 3: Políticas Públicas destinadas al fomento de AP

<p>Europa (Italia – Francia)</p>	<p>No se explicita una Política Nacional de Fomento. Tan solo algunos esfuerzos particulares en las zonas de mayor desarrollo, siendo en el caso italiano, la Región de Veneto y para el caso de Francia, la Región de Montpellier. Los incentivos se orientan a satisfacer los requerimientos tecnológicos en materia de software y hardware, maquinarias agrícolas y actividades de extensión y difusión tecnológica. Por su parte, los centros de investigación y las universidades ejecutan proyectos científicos relacionados con esta temática, transfiriendo los resultados a los productores.</p>
<p>Latinoamérica (Argentina y Brasil)</p>	<p>Existe una Política de Fomento diseñada para desarrollar la AP a nivel nacional. Esta se materializa en el apoyo a la investigación y desarrollo tecnológico, incentivos para el equipamiento y la maquinaria agrícola, capacitación profesional, y aspectos de extensión (días de campos, publicaciones, ferias de maquinarias, entre otros). La política de fomento la fijan los Ministerios de Agricultura respectivos, y se canaliza a través de los Institutos de Investigación Agropecuaria, en materia de investigación, desarrollo y extensión. Del mismo modo, las agencias gubernamentales de investigación fomentan la Investigación y el Desarrollo en esta disciplina con recursos para proyectos vía concurso públicos.</p>
<p>América del Norte (USA)</p>	<p>Muy similar al caso anterior. Existe un amplio apoyo a través de las agencias gubernamentales, de nivel estatal y federal. El Departamento de Agricultura y la Consejo Nacional de Investigación proveen recursos para el desarrollo de esta disciplina. Un número importante de universidades estatales han creado Centros especialmente dedicados a la investigación, desarrollo y extensión de la AP en EUA. Por su parte, el sector privado, a través de las asociaciones nacionales de productores, fomenta la implementación de AP en los rubros más promisorios. Para ello existe una estrecha relación con los centros de investigación y universidades, con las cuales se elaboran y ejecutan proyectos cofinanciados.</p>
<p>Australia</p>	<p>Sigue la misma tendencia que se observa en los EUA. Tanto el Ministerio de Agricultura como el Ministerio de Ciencia y Tecnología entregan recursos para investigación, desarrollo y extensión de la AP. Las universidades cumplen un rol fundamental, creando Centros Tecnológicos, en los cuales se desarrolla proyectos específicos. Del mismo modo, el sector privado, particularmente las organizaciones de productores (vicultores y granos, principalmente), ha conformado comités técnicos en apoyo al fomento de la AP en Australia. Existe cofinanciamiento de proyectos y ayuda mutua entre ambos eslabones de la cadena.</p>



3.2.2 Entrevistas a especialistas nacionales

Con el propósito indagar la percepción de distinguidos especialistas nacionales entorno a la AP, se procedió a entrevistar de forma personalizada a conjunto de especialistas del sector privado y público que desarrollan iniciativas de AP¹⁵. Estas entrevistas fueron conducidas a través de una guía estructurada en 10 temas (ver Anexo 1), siendo éstas:

- Factores para la toma de decisiones de implementación de AP
- Aspectos Tecnológicos
- Desarrollo de Cluster Tecnológico
- Dificultades de implementación de AP
- Necesidades en asesoría, asistencia técnica y/o capacitación
- Financiamiento para implementación (Instrumentos)
- Métodos de transferencia
- Claves de implementación de AP
- Beneficios de la AP
- Expectativas de una Política Pública

Cabe señalar que los elementos consultados coinciden con los temas analizados por los expertos internacionales, lo cual permite comparar resultados, teniendo presente la necesidad de definir una estrategia de desarrollo del sector de mediano plazo. A continuación se describen y discuten los principales resultados de esta sección.

Tema 1: Factores para la toma de decisiones de implementación de AP

Consultados los especialistas sobre los principales factores que influyen en la toma de decisión para la implementación de AP, éstos señalaron que los principales elementos a considerar son:

- La **reducción de costos** es un elemento clave para su implementación, toda vez que permite gestionar y optimizar los recursos hídricos, minimizar el uso de la maquinaria, reducir las aplicaciones de insumos (plaguicidas, fertilizantes y/o semillas) y disminuir el uso de energía.
- La **calidad de los productos** obtenidos, también es uno de elementos determinantes al momento de definir si se implementa AP en los sistemas tradicionales de producción. En este sentido, los sectores vitivinícola y olivícola se verían más favorecidos con su implementación, puesto que la aplicación de AP permite mejorar las características particulares de los productos finales, obteniendo calidades de tipo Premium, dirigidos a mercados diferenciados. En el caso de los cereales, los entrevistados señalan que si bien se mejora la relación rendimiento/calidad, a diferencia del vino o el aceite de oliva, el rendimiento es

¹⁵ El listado de los entrevistados se presenta en el Anexo 4; mientras que en el Anexo 3 se muestra una tabla que resume las respuestas de acuerdo a cada tema definido.



más importante que la calidad, puesto que el mercado no paga grandes diferenciales de precio por este último requisito.

- Las **oportunidades productivas que propicia el clima de una zona** es otro elemento que influye en la toma de decisiones para la implementación de AP. Esto implica focalizar grandes esfuerzos en la planificación de las operaciones, y en definir claramente cuales son las potencialidades productivas de un determinado territorio (en términos de rendimiento y calidad). De esta forma, es posible incorporar la tecnología y sistemas de análisis que más se ajustan a la predial.
- El **Conocimiento del tema por parte de la Gerencia de las empresas** (agricultores) es fundamental para la implementación de la AP. En este sentido, manifiestan que en Chile no se ha logrado una masiva implementación, debido a que los tomadores de decisión de las empresas desconocen tanto el concepto como los beneficios prácticos que derivan de ésta.

Tema 2: Aspectos Tecnológicos

Si bien el marco conceptual de AP es transversal para todos los sistemas productivos, se evidencian diferencias en la utilización de tecnologías, que está dada por la particularidad de cada rubro. A continuación, se presentan los principales equipamientos utilizados en los sistemas productivos de frutales y cereales.

Sector Frutícola, Vitivinícola y Olivícola

Equipamiento mínimo de campo

- Estación Meteorológica (bandeja de Evapotranspiración (ET))
- GPS
- SIG
- Fotografía aérea (permite minimizar el número de calicatas para el muestreo de las propiedades del suelo, permite la planificación del riego según sitio específico y medición de follaje)
- Banderillero (permite minimizar las aplicaciones)
- Fertilización asistida (dosis de aplicación racional y georreferenciada)
- Software de trazabilidad (permite el mapeo de control)
- Software (permite generar información on line)
- Sistema de control de almacenamiento

Precisión en la planta de proceso

- Control de calidad (permite definir parámetros de calidad)
- Control Remoto de clientes



Sectores Cereales y/o Cultivos Industriales

Equipamiento mínimo de campo

- GPS
- SIG
- Banderillero satelital
- Fotografía aérea (permite la programación de la siembra, el monitoreo de humedad, planificación del riego, germinación, y en definitiva, programar la cosecha. Por otra parte, permite el monitoreo de rendimiento del predio y de la maquinaria (por ejemplo, la medición de masa por quintales y/o medición del corte por segundo))

Mecanización Agrícola

- Información trilladora (recopila la información para manejar la fertilización, las sembradoras y pulverizadores. Para ello se está desarrollando un protocolo internacional para el desarrollo de equipos adaptables a cualquier tipo de maquinaria (Protocolo ISO-BUS))
- Software de trazabilidad (historial del cultivo – fertilización y uso de maquinaria)

Tema 3: Desarrollo de Cluster Tecnológico

Los entrevistados señalan que, si bien en Chile existe una oferta tecnológica establecida, ésta es dispersa y atomizada, por lo cual no existe claridad en la conformación de un cluster tecnológico.

Asimismo, manifiestan que dentro de los principales agentes que participan en el sistema AP en Chile se encuentran: productores, especialistas comerciales, empresas de insumos, brokers tecnológicos, centros de investigación y universidades, sector público, consultores y empresas prestadoras de servicios.

Tema 4: Dificultades de implementación de AP

Consultados los entrevistados sobre las principales dificultades que se presentan para implementar AP, señalan los siguientes factores:

- Factor económico (alto costo de implementación)
- Falta de Capacitación (principalmente en aspectos relacionados con interpretación de datos y generación de información)
- Falta difusión y transferencia tecnológica en terreno (los GTT representan una buena alternativa. Además se debería considerar la difusión a través de medios gráficos, internet y audiovisuales)



- Asistencia técnica poco desarrollada (se requiere mejorar la capacidad de los extensionistas; acreditación y certificación)
- Baja vinculación de Universidades y Centros de Investigación con el sector productivo (demostrar utilidad práctica de los resultados científicos)
- Carencia de consultores especializados en AP y gestores tecnológicos
- Faltan proveedores especializados de equipamiento y maquinarias (deben ser importadas directamente por los productores)
- Falta una política de incentivos al fomento de la AP (incentivos y créditos)
- Falta mejorar los sistemas de comunicación en sectores rurales (telefonía IP)

Tema5: Necesidades en asesoría, asistencia técnica y/o capacitación

Al consultarse sobre el tipo de asesoría, asistencia técnica y/o capacitación más relevantes para suplir las necesidades de implementación de AP, los entrevistados señalaron las siguientes:

- Diseño de sistemas de riego, según características del terreno
- Registro de datos
- Mapeo de suelos
- Confección de SIG
- Correlación de datos
- Recomendaciones de manejo

Tema 6: Financiamiento para implementación (Instrumentos)

Los entrevistados están concientes de la existencia de instrumentos gubernamentales que permiten fomentar la incorporación de tecnologías de precisión a nivel predial. Sin embargo, se requiere sistematizar y difundir dichos instrumentos, para lo cual es necesario promover la formación de gestores tecnológicos. Asimismo, los especialistas recalcan la importancia que tendría el hecho de generar mecanismos de financiamiento que sean específicos para la implementación de AP.

Tema 7: Métodos de transferencia

Con respecto a la adopción de tecnologías y procedimientos que involucra la AP, se les preguntó a los entrevistados ¿cuáles son los métodos de transferencia que deben ser considerados para generar un mayor impacto sobre los productores?, entregando las siguientes respuestas:

- Realización de días de campo.



- Fortalecimiento de los Grupos de Transferencia Tecnológica (GTT), los Programas de Desarrollo Local (PRODESAL de INDAP) y los Programas de Desarrollo de Proveedores (PDP de CORFO), los cuales deben estar focalizados, según público objetivo y zonas geográficas.
- Trabajar en la formación de las nuevas generaciones de profesionales, tanto a nivel de escuelas e instituciones de formación técnica como de universidades.

Tema 8: Claves de implementación de AP

Consultados los entrevistados sobre aquellos aspectos claves para el éxito en la implementación de AP, señalaron los siguientes elementos:

- Participación de Broker tecnológicos
- Contar con Asistencia Técnica específica
- Desarrollar investigación aplicada (asociada a riego y manejo de variedades)
- Realizar giras de captura tecnológica (personalizadas por empresa)
- Difusión masiva de la oferta de equipamiento tecnológico y maquinaria.
- Definir la unidad de superficie mínima para que sea sustentable el sistema.
- Capacitación del equipo de trabajo (generar competencias de trabajadores)
- Transferencia Tecnológica especializada
- Mecanización/Racionalización
- Mecanismos de incentivos

Tema 9: Beneficios de la AP

Según los entrevistados los beneficios que se presentan con la implementación de AP generan un alto impacto sobre los sistemas productivos. En este sentido, los principales beneficios se producen en los ámbitos de gestión, comercial, ambiental y económico. A continuación se detallan los beneficios según cada aspecto mencionado:

Ámbito de Gestión

- Permite ver donde están los problemas
- Permite la programación del cultivo a cosecha
- Permite conocer y manejar el predio de acuerdo a la fenología del cultivo
- Permite definir índices de cosecha y manejar la calidad de acuerdo a los requerimientos del mercado
- Permite estimar rendimientos a cosecha
- Entrega un soporte de equipamiento tecnológico

Ámbito Comercial

- Permite obtener una mayor calidad del producto
- Garantiza calidad
- Es una herramienta de marketing
- Mejora la competitividad (Ej. vinos de calidad Premium)



Ámbito Ambiental

- Permite la gestión del recurso hídrico
- Se Minimiza la contaminación derivada de la aplicación de fertilizantes (principalmente nitratos)
- Se Reduce la contaminación proveniente de las fumigaciones de plaguicidas
- Garantiza una sustentabilidad y equilibrio del medio, donde los detalles toman valor logístico
- Se mejora la gestión del terreno (drenaje y compactación).

Ámbito Económico

- Permite reducir los costos, asociados a las aplicaciones focalizadas de fertilizantes y plaguicidas; además de un menor cantidad de aplicaciones de riego.

Tema 10: Expectativas de una Política Pública

Finalmente, se les consultó a los entrevistados sobre los elementos que debe considerar la creación de una política pública para el desarrollo de PA en Chile, y de cuáles son las expectativas de ésta. Las respuestas fueron las siguientes:

- Definir la intencionalidad política sobre el ámbito de la AP
- Definir acciones concretas para el fomento y desarrollo de la AP
- Generar confianza para desarrollar AP
- Realizar un trabajo más integral entre la institucionalidad Pública, los Privados, y las Universidades y Centros de Investigación
- Entregar información sistematizada sobre los instrumentos de fomento
- Apoyar en el financiamiento, con incentivos provenientes de un instrumento específico para implementar AP
- Apoyar la contratación de Asistencia Técnica
- Fomentar la Investigación Aplicada (validar beneficios)
- Apoyar la capacitación en los aspectos técnicos que involucra la AP
- Apoyar la capacitación empresarial (Gerencia de la empresa)
- Trabajar sobre las nuevas generaciones (formación)
- Generar incentivos a los servicios de extensión del Estado (ej. EEUU)



3.3 ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE IMPLEMENTAR AP EN CULTIVOS: ESTUDIO DE CASO PARA EL RUBRO DE MAÍZ.

Para analizar la factibilidad económica de implementación de Agricultura de Precisión en Chile, se realizó un ejercicio contable sobre el rubro Maíz. Inicialmente se cruzó la información obtenida a través de las entrevistas realizadas a los especialistas, cuya información fue procesada a fin de obtener un valor representativo, tanto de los ingresos como de los egresos asociados al rubro.

Para facilitar el análisis y la determinación de los egresos, los costos directos consideran indistintamente los ítems de costos variables y fijos. En este sentido, los costos variables se relacionan a las actividades propias de cada sistema de explotación y su mantención, considerando como aspectos relevantes: mano de obra (temporal o permanente), servicios de maquinaria, compra de insumos productivos (fertilizantes y plaguicidas), fletes, materiales, aceite y combustible, arriendo aguas, planes de teléfono, entre otros. Por su parte, como costos fijos se consideró el gasto en servicios básicos (luz y agua para consumo), mantención de equipos, arriendo, contribuciones y gastos administrativos.

Para determinar los ingresos y egresos asociados al manejo productivo y rentabilidad de cada sistema productivo, se construyó una planilla contable. Para ello, se consideró la información obtenida referente a los *ingresos de la explotación* (venta de productos) y *egresos de la explotación* (costos asociados a la etapa operacional (CO)). Con los valores promedios obtenidos en cada rubro, se analizó mediante un método lineal, el costo de producción por há (*CPha*). Este resultado se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

(1)

$$CPha = \sum_{j=1}^{i=m} \left[\frac{CO}{n} \right]$$

Donde:

- CPha* = Costo de producción por hectárea (\$)
- CO* = Costo operacional (\$)
- n* = Número de hectáreas producidas
- m* = Número de cuarteles (unidad)



La estimación del CO se realizó en base a información primaria otorgada por profesionales asesores. Para ello se registraron los costos realizados en cada labor efectuada desde el arriendo del predio y periodo de producción, hasta la venta del producto final, calculándose mediante la siguiente fórmula:

(2)

$$CO = \sum_{j=1}^{i=m} Pi * Xi$$

Donde:

- CO = Costo Operacional (\$)
- Pi = Precio por insumo utilizado o labor realizada (\$/unidad) ¹⁶
- Xi = Cantidad de insumos comprados o utilizados (unidad)
- m = Número de cuarteles productivos (unidad)

Para la estimación de los ingresos por concepto de venta, se consideró el promedio de unidades vendidas (kilos de maíz seco), multiplicado por el precio promedio por unidad, mediante la siguiente fórmula:

(3)

$$IV = \sum_{j=1}^{i=m} Tu * Pk * n$$

Donde:

- IV = Ingreso por venta (\$)
- Tu = Tamaño de la unidad (kg)
- Pk = Precio por unidad (\$/kg)
- n = Número de unidades vendidas (unidad)
- m = Tipo de producto vendido

Finalmente, se realizó un análisis de la rentabilidad del sistema de explotación calculando la diferencia entre los ingresos obtenidos por concepto de venta de unidades y sus respectivos egresos, mediante la siguiente fórmula:

¹⁶ El tipo de insumo y precios de cada uno de ellos corresponden a promedios cotizados en las grandes tiendas de la VII Región. Estos valores no incluyen el impuesto al valor agregado (IVA).



(4)

$$MB = I - CP$$

Donde:

- MB = Margen Bruto
- I = Ingresos
- CP = Costos de producción (Egresos)

Enseguida, se realizó un análisis de rentabilidad comparativo para cada rubro, entre un sistema de explotación bajo dos escenarios: 1) sistema tradicional, y 2) sistema con incorporación de herramientas de AP. Para dicho análisis, se utilizaron los indicadores económicos correspondientes al Flujo de Caja, Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), considerando un período de tiempo de 8 años, para una tasa de descuento de 12%. A continuación se define cada uno de los elementos utilizados en el análisis:

VALOR ACTUAL NETO (VAN): Según Sapag y Sapag (2000), el VAN corresponde a la diferencia entre todos los ingresos y egresos expresados en valor presente, durante un horizonte de tiempo. El criterio de selección entre varios proyectos se realiza en orden decreciente de VAN. Por lo tanto, el proyecto en estudio se ejecutará sólo si del análisis resulta un VAN positivo. El VAN deriva de la siguiente relación:

(5)

$$VAN = \sum_{t=1}^{i=n} \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

- VAN = Valor Actual Neto (\$)
- I_0 = Inversión en el período cero (\$)
- FC_t = Flujo Neto de caja del período i (\$)
- r = Tasa de descuento asociado al proyecto (%)
- n = Número de años (unidad)
- t = Horizonte de evaluación del proyecto (número de años)

De igual forma, Sapag (1993) señala que el criterio del VAN permite la transferencia de la riqueza a través del tiempo, esto permitiría regular el flujo monetario en el horizonte del tiempo establecido. Uribe y Aviles (1998) interpretan el VAN como una herramienta que obtiene en forma actualizada la renta económica de un proyecto. Del mismo modo, señalan que este indicador representa el máximo valor que se puede obtener como retorno a partir de la tasa de descuento utilizada.



TASA INTERNA DE RETORNO (TIR): Según Sapag (1993) se trata de la tasa de descuento que hace al VAN igual a cero. Sapag y Sapag (2000) señalan que el criterio de la TIR evalúa un proyecto en función de una única tasa de rendimiento por período, con lo cual los beneficios son equivalentes a los desembolsos. Además, indican que ésta representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero.

La TIR (%) deriva de la siguiente relación:

$$(6) \quad TIR (\%) \rightarrow VAN = \sum_{t=1}^{j=n} \frac{FC_t}{(1+i)_t} - I_0 = 0$$

Donde:

- TIR = Tasa Interna de Retorno (\$)
- I_0 = Inversión en el período cero (\$)
- FC_t = Flujo Neto de caja del período j (\$)
- n = Número de años (unidad)
- i = Tasa de interés o descuento asociado al proyecto que hace que el
- t = Horizonte de evaluación del proyecto (número de años)

El criterio utilizado mediante este método, es ejecutar el proyecto si la TIR es mayor a la tasa de descuento; en caso contrario no debiera realizarse. Cabe señalar que la TIR posee ciertas limitantes. En primer lugar, no considera el tamaño del proyecto y no admite la alternancia de signos en los flujos netos. En segundo lugar, al calcularla, se supone que los flujos netos de caja se reinvierten a la misma tasa, lo que no es necesariamente correcto.

Para facilitar la evaluación y comprensión de los resultados, se establecieron los siguientes supuestos:

- Se vende el 100% de las unidades producidas.
- No se considera la estacionalidad, desfase, aumento o disminución de la producción que pudiera existir en la explotación durante años consecutivos.
- Se consideró un sistema tradicional de producción, donde se tienen los siguientes valores:

Indicadores	Maíz
Superficie	400
Volumen producido = V	Kg secos
Tamaño de la unidad de venta = Tu	Kg secos
Precio venta unidad = Pk (\$)	160



3.3.1 Evaluación económica comparativa: Agricultura Tradicional v/s Agricultura de Precisión cultivo de Maíz

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la evaluación económica realizada a los sistemas de producción de maíz.

a) Costo Operacional del cultivo de Maíz

El costo promedio de explotación anual por hectárea (CO) asociado a un sistema tradicional es de \$ 927.521; mientras que para un sistema que incorpora AP es de \$824.023. Por su parte, los costos asociados al total de la explotación de 400 hectáreas se estiman en \$359.878.207 y \$319.721.116, para un sistema tradicional y otro con AP, respectivamente (Tabla 4 Y Anexo 6).

Tabla 4: Costos operacional de explotación tradicional de maíz

ITEMS EGRESOS	SISTEMA AGRICULTURA TRADICIONAL	SISTEMA AGRICULTURA DE PRECISIÓN
ARRIENDO	60.000.000	60.000.000
MAQUINARIA	71.913.100	71.913.100
INSUMOS	160.255.145	124.425.254
FLETES	8.578.700	8.578.700
MANO DE OBRA	21.482.813	21.482.813
MATERIALES Y OTROS	37.648.449	33.321.249
TOTAL	359.878.207	319.721.116

b) Rentabilidad del sistema productivo

El flujo de ingresos presenta una estructura muy variada dependiendo de los mecanismos de venta adoptados. En términos específicos, los ingresos están representados por el dinero recibido por concepto de ventas de 2.901.518 kg. de maíz seco vendido a granel, con un precio promedio estimado en \$160 por kilo; resultando un ingreso bruto de \$ 464.242.861 (Tabla 5).

Tabla 5: Ingreso bruto de un sistema de producción de maíz

	Volumen (kg)	Precio (\$/kg)	TOTAL
Kilos por hectárea	7.478	160	1.196.502
Kilos en 400 há	2.901.518	160	464.242.861



c) Costos de inversión asociados a la incorporación de herramientas básicas para implementar AP a nivel predial.

Para determinar la inversión requerida para habilitar un predio con un sistema de agricultura tradicional con herramientas de agricultura de precisión, se estimó conveniente considerar la inversión inicial necesaria para un sistema de "Unidad tipo". Esta contempla la incorporación de mínimos requerimientos técnicos y de infraestructura, asociados a la adquisición de Equipos de Recolección de Datos, Equipos de Aplicación, Equipos de Almacenamiento y Procesamiento de datos, Insumos de geoinformación y el pago de Servicios Profesionales.

La inversión inicial estimada para la implementación de AP en una "Unidad tipo" tiene un valor neto de \$ 112.146.000 (Anexo 7).

d) Evaluación económica del sistema de producción Tradicional en comparación con un sistema que incorpora Agricultura de Precisión.

Los resultados positivos de rentabilidad de una temporada de producción de maíz bajo un modelo de explotación tradicional, indican una proyección sustentable del negocio en el tiempo. No obstante, como complemento a este análisis se realizó una proyección económica a 10 años.

Para facilitar la evaluación y comprensión de los resultados, se han establecido los siguientes supuestos:

- El Sistema de producción tradicional no considera inversión inicial; mientras que el sistema que implementa AP se estimó una inversión inicial de \$112.146.000.
- En ambos escenarios se consideró una superficie de 400 hectáreas, de las cuales 388 há son productivas; mientras que la diferencia corresponde a caminos, regueros y desagües.
- El rendimiento se estima en 85 quintales por hectárea, los que equivalen a 7.478 kg/há. Lo anterior da como resultado una producción total de 2.901.518 kilos de grano seco. Este índice de cosecha anual se mantiene en el tiempo.
- Se vende el 100% de la producción con un precio estimado en \$160 por kilo.
- Con la implementación de AP se estima una reducción de un 30% en los costos asociados a la aplicación de insumos, y de un 40% en los costos asociados al consumo de agua.



- Los costos operacionales (egresos) Los valores de costos utilizados consideran una posible variación en los precios de insumos productivos, donde se estima un incremento anual de 1%. Sin embargo, no se contempla un aumento en los gastos asociados al crecimiento en unidades de producción que derivarían de un mejoramiento de las condiciones de explotación.

De la evaluación económica se desprenden los siguientes resultados (Anexos 8 y 9):

- En el predio con agricultura tradicional, el flujo de caja acumulado para 8 años es de \$607.651.819; mientras que en el caso del predio con Agricultura de Precisión es de \$771.670.411. Por lo tanto, con la AP se obtiene un diferencial en los ingresos estimado en \$164.018.591.
- En el caso del predio con AP se presenta un VAN estimado de \$396.988.504 y una TIR de 104%. Asimismo, el periodo de recuperación total de la inversión se produce en el 1er año de iniciado el proyecto.



3.4 MODELO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN EN ÁMBITO DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

En la actualidad, el conocimiento se ha constituido en el factor más importante de progreso. La acumulación y aplicación de dicho conocimiento conduce a procesos de mayor desarrollo, creando oportunidades sin precedentes para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza. Este hecho no está exento de riesgos, uno de ellos es la posibilidad cierta de acrecentar la desigualdad entre usuarios del conocimiento, desde la perspectiva global, nacional y local. De allí el rol que le compete al Estado, y a las Centros de Investigación, como generadores y facilitadores de Ciencia y Tecnología (CyT) en los diversos ámbitos, y de modo especial, en el Agroalimentario.

Sin embargo, la generación de CyT, que busca satisfacer demandas o necesidades, requiere de un proceso eficaz y eficiente, que transfiera la información desde el centro generador hasta el centro de consumo o usuario final, para que ésta sea adoptada, es decir, se apropie y aplique por parte de los demandantes de información.

La realidad indica que los temas que eran relevantes para el sector agrícola hace cuarenta años, han dado paso a otros, que unidos a los avances tecnológicos han hecho posibles transformaciones y procesos de innovación impensados hace cuatro décadas. Sin duda, la Agricultura de Precisión es uno de aquellas áreas del conocimiento que están cambiando la manera de hacer agricultura, mediante el manejo de la variabilidad espacial y temporal, con el objeto de incrementar los retornos económicos, teniendo en consideración un enfoque de sustentabilidad ambiental.

Bajo este contexto, el presente capítulo entrega lineamientos en la manera de cómo enfrentar y realizar la Transferencia Tecnológica (TT) en el campo de la Agricultura de Precisión, partiendo de la hipótesis que los modelos convencionales de TT deben abrir paso a modelos alternativos, capaces de mejorar los procesos de difusión de la innovación, disminuyendo los tiempos en las tasas de adopción.

Desde el punto de vista de la sistematización conceptual del tema, se desarrolla en primer lugar una síntesis de los principales elementos involucrados en los procesos de TT y adopción de innovación; en segundo término, se examinan los modelos tradicionales aplicados; y finalmente, se propone una estrategia alternativa de abordar la TT en ámbito temático de este trabajo.



3.4.1 Elementos básicos involucrados en la Transferencia Tecnológica y Adopción de la Innovación

Se debe partir de la base que la generación y transferencia de tecnología es una actividad estratégica en la productividad, competitividad, rentabilidad, sostenibilidad y revaloración del sector rural, sus empresas y sistemas productivos. La globalización de los mercados, la exigencia por parte de los consumidores de una mejor calidad de los productos, exigen el desarrollo permanente de nuevas innovaciones tecnológicas, las cuales deben ser diseminadas y transferidas entre los distintos agentes de las cadenas de valor. En este sentido, la **Difusión** se constituye en el elemento clave para lograr el impacto deseado mediante el proceso de adopción¹⁷.

De acuerdo con la teoría de Rogers (1995), los cuatro componentes principales sobre los cuales se sustenta la difusión de la innovación son: **innovación, canales de comunicación, tiempo y sistema social**. La innovación se refiere a una idea, práctica u objeto que es percibido como nuevo por un individuo u otra unidad de adopción. La novedad de una innovación se expresa en función del conocimiento, persuasión o decisión de adoptar. Por su parte, los canales de comunicación se entienden como la relación de intercambio de información y el sentido direccional que ésta posea; mientras que el tiempo dice relación con la tasa de adopción, en virtud del espacio temporal necesario para que se provoque la adopción de la innovación. Asimismo, el sistema social indica la estructura que se interviene y las funciones o roles que cada individuo o grupo social posee dentro de cada uno de los sistemas sociales.

Las teorías de la difusión de innovaciones han intentado dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿qué hace a una innovación exitosa? En relación con ello se han propuesto cinco características consideradas como cruciales en la explicación del éxito o fracaso en la adopción de una tecnología. Estas características son: Ventaja Relativa, Compatibilidad, Complejidad, Alternativa de Prueba y Observancia.

En relación con la primera, **Ventaja Relativa**, ésta se refiere a la percepción que se tiene sobre la innovación. En otras palabras, es la innovación mejor que el *status quo*, o bien, no se percibida su verdadera diferencia. Por su parte, la **Compatibilidad** se expresa en la manera como la innovación se acomoda a las experiencias pasadas y sus necesidades actuales. Si la innovación no se acomoda bien a ambas, no se diseminará adecuadamente. Si un individuo o grupo social considera que deben cambiar profundamente sus costumbres o visiones para adoptar una innovación, su resistencia será mayor. La tercera característica, **Complejidad**, se entiende como el grado de dificultad para entender y aplicar una innovación. Mientras más difícil, más lenta será la adopción. La **Alternativa de Prueba** se relaciona con la necesidad de probar la innovación y no aceptarla tal cual. Si la innovación no es susceptible de ser probada, la gente será más cautelosa en adoptarla. Por último, la **Observancia** dice relación con

¹⁷ Para fines de este trabajo, se entenderá Difusión como el proceso mediante el cual una innovación es comunicada en el tiempo, a través de ciertos canales, entre los miembros de una sociedad. Por su parte, se definirá Adopción Tecnológica como la apropiación y aplicación por parte del usuario final (el productor), de aquella innovación que le ha sido transmitida.



la visibilidad de los resultados del uso de una determinada innovación y la información que se genere de dicha aplicación. Si la innovación no se visualiza, su proceso de difusión será más lento.

Los teóricos de la difusión de innovaciones han categorizado en cinco grupos a los adoptadores circunscritos a innovaciones agrícolas, diferenciándolos entre sí por el momento en que adoptan dicha innovación (Rogers y Shoemaker, 1998). El primer grupo correspondiente a 2,5% de los productores, está representado por los llamados **innovadores**. Los integrantes de este grupo son verdaderos entusiastas de la tecnología y son considerados como aventureros, siendo los primeros en adoptar una tecnología. El segundo grupo recibe el nombre de **adaptadores precoces**, representando el 13,5%. Son considerados como visionarios, por tal motivo, adoptan las nuevas tecnologías por la manera en que éstas provocan cambios en la forma como normalmente se hacen las cosas. El tercer grupo corresponde al denominado **mayoría precoz**, representando el 34% de los productores. Se trata de un segmento pragmático, que busca las tecnologías que ofrecen mejoras incrementales y predecibles en relación con las ya existentes en sus sistemas productivos. El cuarto grupo denominado **mayoría tardía**, lo representa el 34% de los productores. Se les considera un grupo conservador, que dependen más de las tradiciones que del progreso. El último grupo es el de los **rezagados**, el cual está representado por el 16% de los productores. Se caracteriza por ser más bien escépticos y la mayoría se resiste a la adopción de tecnologías.

Una consideración relevante que surge de la tipología señalada es la necesidad de abordar a cada grupo de una manera particular, con el objeto de propiciar el cambio tecnológico esperado de una forma más efectiva y eficiente. Del mismo modo, se considera de vital importancia el papel que juega el **líder de opinión** del grupo social en la diseminación de una innovación, ya que su influencia puede incrementar la tasa de adopción.

3.4.2 Modelos de Transferencia Tecnológica: alcances y limitaciones

Tradicionalmente los Modelos de TT se han clasificado en tres vertientes¹⁸:

- Aquellos donde los usuarios son buscados por los Centros de investigación para que adopten lo que éstos procesan o generan,
- Aquellos donde la investigación es a petición de una solicitud y financiamiento del usuario, y
- Aquellos donde la investigación es generada por instituciones gubernamentales con base en una política de Estado, determinando cómo y cuándo transferir la tecnología.

¹⁸ El concepto “Modelo de Transferencia Tecnológica” se refiere al Sistema o Procedimiento mediante el cual la tecnología generada en un determinado lugar es transferida o llevada hasta los usuarios o centros de consumo de dicha tecnología.



Los Modelos de TT constan de tres componentes:

- Un Centro Generador en el cual se crea la tecnología y el conocimiento por parte de los investigadores y/o científicos.
- Los usuarios o demandantes de la tecnología (agricultores), y
- El agente de cambio (promotor, asesor, extensionista,) cuya función consistirá en llevar desde el centro generador hasta el usuario final la tecnología desarrollada.

En función de estos tres componentes básicos, se pueden diferenciar distintos tipos de modelos de TT, siendo los siguientes los más comunes:

Modelo Básico: claramente representado por los tres componentes anteriores, observándose la vinculación entre el Centro de Investigación (investigador) y el productor (usuario), unidos por la extensión, encargada de transmitir la información entre uno y otro, permitiendo el funcionamiento del modelo.

Modelo Difusionista: pone énfasis en la comunicación de información, en la motivación y en la persuasión de los mensajes y comunicados para inducir al ensayo y uso de innovaciones tecnológicas. Este modelo involucra la participación de extensionistas y es adoptado por el agricultor en la medida que se tenga mayor eficiencia productiva.

Modelo Paquete tecnológico-crediticio: En este modelo, la transferencia se lleva a cabo mediante la coordinación del Centro de Investigación con dependencias que otorgan servicios institucionales al productor, conformándose dos paquetes, uno tecnológico que contempla el desarrollar la experimentación en los terrenos del agricultor y otros servicios que incluyen créditos, insumos, comercialización.

Modelo Productor-Experimentador: Este modelo emplea a un agricultor como agente de cambio, quien desarrolla algún ensayo con el respaldo de un Centro de Investigación y un extensionista. Se supone que los productores vecinos, por imitación, adoptarán la tecnología.

Modelo Agrónomo-Productor: La transferencia la realiza un profesional de las Ciencias Agrarias, quien aplicará un paquete tecnológico establecido por un Centro de Investigación.

Por lo general, en los modelos descritos las prioridades son determinadas por los investigadores, quienes generan la tecnología en los Centros, siendo transferidas por los servicios de extensión a los productores.



Diversos estudios, Chambers et al. (1991), Kirimizi (2000), Ojeda (2000), Swartzel (2001) han identificado un conjunto de factores asociados al fracaso de Modelos de TT, entre los cuales se cuentan:

- Los investigadores tienen un interés verdadero por ayudar a resolver los problemas nacionales, focalizando su quehacer en una visión global y no local.
- Las investigaciones están aisladas de las necesidades locales.
- La actividad tecnológica se realiza como si fuera trabajo científico.
- No existe una gestión administrativa ni financiera en proyectos que consideran la adopción de tecnologías
- El proceso de comunicación carece de equipos técnicos solventes, actuando éstos como reservorios de conocimiento, más que gestores tecnológicos.
- La falta de acceso a mecanismos especializados para el financiamiento de desarrollo tecnológico.
- Escaso trabajo interdisciplinario en los modelos de TT.
- La aplicación de paquetes tecnológicos diseñados para sistemas ecológicos típicos de países desarrollados.
- Imposición del conocimiento desde el Centro Gestor a los usuarios.
- El sistema de generación y adopción de tecnología sigue siendo vertical, directivo, autoritario y persuasivo, características que dificultan el proceso de difusión y adopción de innovaciones agrícolas o de transferencia de tecnología agropecuaria.
- Escasa participación de los usuarios de la innovación en los procesos de TT, lo cual dificulta una identificación adecuada del problema específico a resolver.

De lo anterior se deriva que existe una desvinculación entre los actores y las acciones, es decir, no hay planificación de la generación, transferencia y adopción de tecnología.

3.4.3 Enfoques metodológicos aplicados en el caso chileno

Al analizar el sistema de asesoría técnica existente en el País, se constata una gran diversidad de modelos que prestan este servicio¹⁹. Estos varían en función de su complejidad, o bien, el objetivo de la asesoría. En función del primer criterio (complejidad), se identifican los siguientes objetivos:

- Mejoramiento de la Competitividad
- Mejoramiento de la Inserción Social
- Fidelización de los agricultores con un producto o servicio
- Obtención de estándares de calidad de productos y procesos
- Mantención o incremento de los volúmenes de producción

¹⁹ Para un mayor análisis y nivel de detalle, se recomienda revisar el libro “Sistemas de Innovación y Asesoría Técnica en Agricultura: Nuevas Miradas, Nuevas Perspectivas”, editado por el Instituto de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Agricultura (2008).



En relación al objetivo o nivel de intervención de las asesorías, se identifican las siguientes categorías:

- **Nivel Suprapredial:** intermediación de un extensionista para el mejoramiento de la articulación de los productores con otros actores institucionales, tales como: mercados, organizaciones gremiales, municipios, servicios públicos, centros de investigación, universidades, proveedores de insumos, entre otros.
- **Nivel Predial:** orientaciones estratégicas de la explotación, elección de rubros en función de oportunidades de mercados, con una atención especial en la fase de inversión. La asesoría es de alta complejidad. En este nivel operan profesionales especializados en asesoría estratégica, así como en temas técnicos transversales: riego, gestión, medio ambiente, contabilidad, auditorías, certificación, entre otros.
- **Nivel de Rubros:** Se caracteriza porque la asesoría se brinda sobre un proyecto en ejecución, donde la explotación (o el rubro) está en pleno funcionamiento. Desde la perspectiva de las técnicas transferidas, es posible distinguir dos tipos: técnicas bien dominadas y fácilmente descriptibles, susceptibles de ser aplicadas sin implicar una transformación profunda de los sistemas de producción. El segundo tipo corresponde a técnicas o innovaciones no dominadas, que surgen de la complejidad de los mercados, las exigencias de la sociedad (temas ambientales), o bien, simplemente por el desconocimiento del proceso productivo. Por tal razón, operan en este nivel, profesionales que brindan asesorías especializadas y/o básicas (generalistas).
- **Nivel operación técnica:** considera una asesoría especializada y básica en innovaciones relativamente dominadas, principalmente compra de insumos y sus modalidades de utilización. No obstante, la adaptabilidad de la recomendación técnica dependerá de las condiciones climáticas, resistencia de plagas y enfermedades, variaciones de precios de los insumos, entre otros factores.

Con el propósito de profundizar en el análisis de los Modelos de TT desarrollados en Chile, se presentan a continuación las experiencias en ejecución, más representativas, de acuerdo a su impacto, objetivo de la asesoría, esquema organizativo (asociatividad y gobernanza grupal) y régimen de relaciones entre técnico y productores.

La descripción y análisis se realiza pensando en la factibilidad técnico-económica de desarrollar un servicio de asesoría técnica direccionada a la difusión y adaptación de la Agricultura de Precisión en los distintos segmentos de agricultores.



Estudios de Casos

a) Grupos de Transferencia Tecnológica (GTT)

Esta modalidad surge a inicios de la década de los ochenta. Se definen como “grupos de agricultores que se reúnen mensualmente para intercambiar sus experiencias de producción y al mismo tiempo, analizar y proyectar en conjunto el desarrollo de sus empresas”. Se promueve la generación de un ambiente informal y participativo, en donde los miembros se escuchan entre sí y las decisiones se toman por consenso. El objetivo es incorporar tecnologías y aumentar la eficiencia productiva, pero también formarse como personas e irradiar hacia la comunidad. Un rasgo particular del sistema chileno es la conexión con el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Es este organismo quien gesta a los Grupos y coordina, a través de un profesional, generando un nexo orgánico con las estaciones experimentales. El Grupo está constituido por 15 personas aproximadamente. Los agricultores egresan al cabo de 4 años de iniciada su participación, para dejar espacio a nuevos productores. Los agricultores aportan un porcentaje del costo de la asistencia técnica. La metodología de trabajo se basa en un esquema de visitas mensuales, donde el Grupo de agricultores trabaja para el anfitrión. El Grupo recorre el predio (lugares de interés) y analiza los temas técnicos que han sido previamente seleccionados, a partir de la experiencia concreta de los participantes. Por su parte, el agricultor anfitrión prepara una charla técnica y sistematiza la información en un cartilla, en colaboración con el coordinador de INIA. Por su parte, el Coordinador, o en su defecto, un consultor externo, prepara una charla técnica. El debate y las conclusiones quedan establecidos en un acta o minuta técnica. Existe una integración entre grupos temáticos, creando las Redes Regionales de Referencias Técnicas. Los aspectos a mejorar dicen relación con la contratación de coordinadores especialistas en los temas, por sobre profesionales generalistas, la generación de mecanismos de autogestión financiera que hagan factible crecer en el número de Grupos y desarrollar las estructuras regionales.

b) Servicios de Asesorías Técnica (INDAP)

b.1 Predial (SAT-PREDIAL)

El Programa de Asistencia Técnica se crea en el año 1978, constituyéndose en el origen de los diversos programas de transferencia tecnológica existentes en la actualidad. El nuevo Servicio de Asesoría Técnica, iniciado en el año 2006, se concibe como el eje de intervención del quehacer de INDAP, contribuyendo a que los usuarios logren estándares de competitividad en sus negocios que permita su participación de manera sostenible en los mercados nacionales e internacionales.



El enfoque estratégico del Servicio se sustentan en las siguientes ideas fuerzas:

- Cumple un doble rol, de asesoría técnica y gestor en la articulación con otros servicios de fomento.
- Es aplicable a usuarios que desarrollan uno o más rubros priorizados por las Agencias de Áreas de INDAP, según su planificación.
- La intervención se enmarca dentro de las estrategias y planes de competitividad por rubros diseñado por INDAP y se ajusta a la realidad de cada usuario.
- El servicio ofrece un conjunto de modalidades que se ajustan a las características particulares de sus usuarios.
- La intervención se organiza en base a unidades operativas mínimas de usuarios que comparten rubros similares y cercanías territoriales.
- La temporalidad de la intervención considera un horizonte de por lo menos tres años desde el ingreso del usuario al programa, siendo atendido regularmente durante ese período de tiempo.

En resumen, el nuevo SAT Predial se instala con una presencia permanente a nivel predial, enmarcándose en las prioridades de productores y rubros definidos por INDAP, operando a cierta escala y en grupos homogéneos de agricultores. Operativamente se organizan en grupos de 40 a 70 productores por técnicos, los cuales deben elaborar un plan de negocios a nivel de cada predio atendido, considerando un máximo de tres rubros por explotación. Las visitas prediales constituyen la principal actividad de relación entre el productor y el técnico, desarrollándose de 5 a 12 visitas por productor al año. El SAT Predial presta un servicio base que incluye asesorías la producción primaria, gestión predial, gestión a la calidad (implementación de Buenas Prácticas Agrícolas y Ganaderas, Buenas Prácticas de Manufacturas, PABCO,). Del mismo modo, se ejecutan asesorías legales, y levantamiento y articulación de demandas de otros apoyos de fomento intra y extrapredial. De manera complementaria se contempla también el financiamiento de Asesorías Especializadas de mayor complejidad temática en producción primaria, gestión predial, gestión de la calidad.

El subsidio por agricultor es de 11 a 30 UF para el servicio base y hasta 4 UF para el servicio especializado. Los productores participan en la selección y pago de los consultores (20% del aporte).

b.2 Programa de Alianzas Productivas (Programa INDAP)

A partir del año 2007, INDAP crea el Programa de Alianzas Productivas, de acuerdo con la lógica de los Programas de Desarrollo de Proveedores de CORFO. Las alianzas productivas funcionan en base a convenios operativos con distintas industrias (grandes, medianas y pequeñas) vinculadas a sectores donde la Agricultura Familiar Campesina juega un rol estratégico y presenta ventajas comparativas.



Los principales objetivos de este programa son:

- Generar instancias de trabajo conjunto entre las empresas demandantes y los proveedores de materias primas, con el fin generar confianzas y consolidar relaciones de abastecimiento seguro, transparencia comercial y credibilidad en la negociación.
- Entregar asesorías técnicas y capacitación, que permitan lograr estándares de calidad requeridos por los mercados consumidores.
- Favorecer el desarrollo de proyectos comerciales innovadores, sobre la base de una relación consolidada entre empresas y proveedores

Los usuarios (clientes) deben asumir un activo compromiso para el logro del Programa, esto implica su activa participación en la construcción y validación del Plan de Trabajo, asistencia a las actividades programadas, al menos en un 75%, y participación en el Consejo de Administración del Programa. Por su parte, la Empresa es la responsable de identificar a los usuarios, elaborar la propuesta para la postulación, contar con un equipo técnico que asegure una asistencia de calidad a sus proveedores, y elaborar y rendir los informes técnicos.

El programa consta de dos etapas: diagnóstico e implementación. En la primera etapa se levanta la información base de la situación actual de los productores, se desarrollan las áreas de negocios y se elabora el plan de trabajo. La duración de esta primera fase es de 4 meses. La segunda etapa, de implementación, se inicia con la aprobación del plan de trabajo propuesto por la empresa y validado por los agricultores (proveedores seleccionados) e INDAP Regional.

Las acciones contempladas en el plan de trabajo abordan las siguientes áreas:

- Asistencias técnicas prediales y/o grupales
- Capacitación en temas de técnicos productivos y de gestión.
- Difusión y entrega de información de precios, mercados, y tecnologías.
- Giras técnicas nacionales
- Talleres de generación de confianzas y conformación del Consejo de Administración.
- Formulación de proyectos de inversión para ser presentados a distintas fuentes de financiamiento (PDI-INDAP, FIA, INNOVA, Bancos, entre otras).

La duración del programa es de 3 años. Su estructura de financiamiento se resume a continuación. En el primer año, INDAP financia hasta un 70% del costo total del Programa, con topes máximos por usuario al año; mientras que la Empresa financia como mínimo un 30%. El año 2 y 3, INDAP financia hasta un 65% del costo total del Programa, con topes máximos por usuario al año; mientras que los usuarios deben financiar al menos un 5% del costo total del programa y las Empresas un mínimo de 25%.



A la fecha se han constituido 16 convenios que involucran a un número cercano a los 1.800 productores a nivel nacional, focalizándose en los rubros de lechería bovina, Berries, Bovinos de Carne y Miel. Cada convenio se establece con un subsidio de 3.000 UF y debe integrar un mínimo de 75 pequeños agricultores, lo que implica un subsidio máximo por productor de 40 UF al año.

c) Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP-CORFO)

Esta modalidad se inició el año 1998 con el objeto de fortalecer el encadenamiento productivo entre una empresa de tamaño mayor (empresa demandante, que corresponde a una agroindustria) y las micro y pequeñas empresas proveedoras (explotaciones agrícolas). El Programa apoya el diagnóstico, preparación y desarrollo de proyectos de las empresas demandantes que tengan como finalidad el mejoramiento de la calidad y productividad de sus empresas proveedoras. De este modo, se aumenta la competitividad de las cadenas productivas, mediante la creación y consolidación de relaciones de subcontratación.

Cada PDP involucra una empresa agroindustrial cuyo nivel de ventas es superior a 100.000 UF (con algunas excepciones) y a un grupo de por lo menos 20 proveedores. Cada PDP tiene una duración máxima de 3,5 años, la cual se divide en una primera etapa, de diagnóstico (máximo 6 meses), seguida por la etapa de desarrollo, de un máximo de tres años. El diagnóstico inicial concluye en el diseño de un Plan de Desarrollo, en el cual se definen un conjunto de actividades de asesorías y capacitación que tienen como finalidad adecuar la producción (cantidad y calidad) y precisar la oportunidad de siembras y proveeduría. El costo financiado por la CORFO para cada PDP es de hasta 3000 UF al año, con un máximo por productor de 100 UF.

En el año 2007, el Ministerio de Agricultura acordó con CORFO incorporar algunos elementos de discriminación positiva para facilitar el acceso de la Agricultura Familiar Campesina (AFC) al instrumento PDP. Con este objetivo, el nivel de ventas máximo que se le exige a la empresa demandante disminuyó a 10.000 UF, al tratarse de una empresa asociativa campesina. Asimismo, cuando a lo menos el 75% de los proveedores involucrados en el PDP pertenecen a la AFC, la empresa demandante debe demostrar solamente 50.000 UF de ventas netas anuales.

Las acciones contempladas en el plan de trabajo abordan áreas similares a las desarrolladas en el Programa Alianzas Productivas de INDAP.



d) Programas de Agricultura de Contrato (Sector Privado)

Nacen fundamentalmente de la necesidad de mejorar los estándares de calidad y regularidad de la producción al interior de los encadenamientos productivos. Se destacan entre las experiencias más exitosas las siguientes:

d.1 Sector de Lácteos (Loncoleche, Colun, Soprole, Nestlé)

La metodología de trabajo se basa en un diagnóstico inicial de la brecha tecnológica de cada productor, en comparación de lo que se puede definir como potencial. En términos operacionales, el trabajo se desarrolla mediante un esquema de visitas mensuales personalizadas a cada productor y también a grupos de productores, por parte de equipos técnicos. Los temas abordados se focalizan en las áreas que más inciden en la competitividad de los productores, tales como: la producción de forrajes y alimentación, así como en las variables que influyen en la calidad de la leche. Los temas son tratados con los propietarios del predio, los encargados técnicos y los trabajadores. Se constata que las empresas trabajan activamente con universidades y centros de investigación de las respectivas regiones, con el propósito de responder a la solución de problemas que afectan a los productores. Además, como parte de una política generalizada en las empresas los equipos técnicos reciben capacitación permanente, a través de cursos, encuentros internacionales, e-learning, diplomados en aspectos técnicos y de gestión. Por su parte, los productores y trabajadores del predio son invitados a participar en actividades de capacitación, en diversos temas que dicen relación con los sistemas productivos lecheros. Para ello, con el apoyo del Estado, se ha avanzado activamente durante los últimos 5 años en la certificación por competencias laborales.

d.2 Modelo IANSA de Asistencia Técnica

Con la finalidad de diseminar rápidamente las nuevas tecnologías y apoyar a los agricultores a realizar las inversiones necesarias, la Empresa IANSA fortaleció su programa de asistencia técnica. Una característica particular del programa es la vinculación de la asistencia con la investigación agronómica que desarrolla la propia empresa, dando lugar a un sistema de difusión de la innovación autónomo. Para tener referencias técnicas validadas, que fundamenten sus recomendaciones, un grupo especializado, compuesto por un líder y cinco profesionales, se dedican a realizar un programa de ensayos de tecnología aplicada y de homologación de equipos. Una vez chequeados los resultados, dichas recomendaciones son incorporadas al paquete tecnológico IANSA. Los ensayos y pruebas son realizados en todas las zonas, ubicados en predios de productores. De este modo, se logra que el paquete tecnológico posea una alta credibilidad, ya que las recomendaciones entregadas ofrecen resultados muy concretos.

En paralelo, la Gerencia Agrícola desarrolla un programa en terreno, en el cual trabajan ingenieros agrónomos y técnicos. El número depende de los sectores geográficos, en función de los requerimientos de cada sector. En lo operacional, el



trabajo se realiza mediante un esquema de visitas a los predios. En este caso sorprende el número y periodicidad de las mismas, ya que las visitas se realizan cada siete días, lográndose un seguimiento detallado de los que ocurre en el cultivo. En cada visita se toman registros manuales de la situación del cultivo, los cuales son traspasados a registros computacionales para el análisis de los equipos técnicos. La recomendación de la visita se expresa en un Manifold, siendo chequeada su implementación en la visita siguiente.

Es interesante comprobar como los equipos de asistencia técnica se relacionan con el equipo de investigación. Es este último quien nutre a los técnicos en terreno con nuevos conocimientos y resuelve las dudas que no son posibles de responder durante la visita. La retroalimentación entre ambas partes permite crear certeza en los productores. La empresa cuenta con sus propias estaciones meteorológicas, permitiendo una mayor precisión en las decisiones de riego. Como actividades grupales destacan los días de campos, sectorizadas por zonas geográficas y grupos de agricultores. Por lo general, las actividades de días de campos se realizan en predios de los agricultores líderes de opinión, los cuales comparten sus experiencias con otros agricultores. Esta transferencia de agricultor a agricultor ha demostrado tener un alto impacto en la diseminación de la innovación. Cabe destacar que IANSA utiliza, al igual que los casos del sector lácteos, el instrumental de fomento que pone a disposición el Estado, especialmente los programas PDP-CORFO, con el propósito de fomentar la competitividad y productividad en el rubro. Un aspecto relevante es la contratación de los profesionales y técnicos del programa de asistencia técnica, quienes son supervisados durante 3 meses por aquellos profesionales más experimentados, antes de decidir su contratación. Se requiere un alto dominio técnico y económico por parte de los miembros del equipo de asistencia técnica.

d.3 Modelo COPEFRUT para el sector frutícola

En lo metodológico se consideran dos programas de trabajo. El primero de ellos está destinado a apoyar al agricultor en el manejo de adecuado de los huertos, según un programa anual relacionado con el estado fenológico de los mismos. El segundo, se relaciona con el desempeño del agricultor, las características del huerto y su manejo, bajo una mirada de mediano plazo. Complementario a lo anterior, la empresa creó un Área de Investigación y Desarrollo, destinado a captar las necesidades de innovación o de respuestas a ciertos problemas que presentan los productores. Adicionalmente, existe un Departamento de Postcosecha que trabaja introduciendo innovaciones que impacten positivamente en la perecibilidad de los frutos. Para fortalecer el trabajo de los asesores técnicos, COPEFRUT tiene un programa de mejoramiento continuo de conocimiento para sus profesionales, en base a cursos, diplomados, talleres de divulgación, giras técnicas y traída de expertos.

El programa se basa en un plan de visitas calendarizadas, siendo dos visitas mensuales para aquellos productores de alto impacto en volumen de producción. Para el resto de los productores es una vez por mes. Adicionalmente, se trabaja en forma grupal en la modalidad de Días de Campo, haciéndose coincidir éstas actividades con las diferentes labores agrícolas. La dedicación de cada profesional de asistencia técnica en terreno no



debe ser inferior al 70% de su tiempo de trabajo real. Se ha desarrollado un sistema de registros manuales, en los cuales se describen las recomendaciones técnicas, siendo éstas revisadas por los profesionales en cada visita individual.

d.4 Metodología Crop Check

El Crop Check es una metodología de Transferencia Tecnológica desarrollada en Australia en los años ochenta, siendo utilizada principalmente en trigo y arroz, no obstante, se ha aplicado también en Canola, Cebada, Trébol Subterráneo y Maíz. En Chile, fue introducida experimentalmente por Fundación Chile, desarrollándose una interesante en cuatro cultivos: Arroz (VII y VIII Regiones), Trigo (IX Región), Alfalfa y Maíz Silo (producción lechera, V y Región Metropolitana). Se concibe como una asistencia técnica de segundo piso, es decir, su lugar de intervención es en grupos de agricultores que poseen ya asistencia técnica de la modalidad PDP-CORFO y SAT-INDAP.

La metodología se estructura de la siguiente manera:

- Identificación de los puntos críticos (eventos técnicos de mayor incidencia en los resultados productivos).
- Metas de trabajo claras (identificación de meta productiva en una zona determinada).
- Seguimiento por parte del agricultor (agricultor mide, registra, y analiza la evolución del cultivo)
- Aprendizaje participativo y comparativo (grupos de discusión con participación de especialistas)
- Procedimiento y sistematización de los resultados (se edita un manual técnico, que resume los mejores resultados).
- Alimentación de una plataforma de soporte técnico y de información (en función de los registros de cultivos y de chequeo)
- Red de estaciones meteorológicas (información climática para asociar eventos de manejo)

El equipo técnico se divide en dos grupos, aquellos profesionales que acompañan a los agricultores y técnicos de terreno; y aquellos dedicados a sistematizar la información, analizarla y entregar recomendaciones técnicas al Sistema. Se estima que el costo de esta intervención es de 20 UF/productor (este monto no incluye asesoría de primer piso).



De alguna u otra manera, todas las modalidades presentadas en este acápite tienen como objetivo fundamental la obtención de productos primarios de calidad, en forma oportuna, por medio del mejoramiento de la competitividad de los agricultores y la interacción de las cadenas agroalimentarias.

Del mismo modo, se observa que la Asistencia Técnica es parte de un Sistema de Innovación, que incentiva la difusión tecnológica, en base a la integración vertical y horizontal de los distintos actores de las cadenas productivas. En este sentido, la investigación desarrollada por Centros Tecnológicos y Universidades debe convertirse en el sustrato que suministre conocimiento a los distintos agentes del Sistema de Transferencia.

En función de lo expuesto en las páginas precedentes, se describe a continuación un modelo de transferencia tecnológica *Ad-hoc* a la implementación y masificación de la Agricultura de Precisión en Chile.

3.4.4 Cambio del paradigma clásico: hacia una nueva concepción del Modelo de TT.

Esta nueva concepción de Modelo de Transferencia Tecnológica se sustenta en dos premisas. Por una parte, la participación activa de los propios agricultores en los procesos de generación y difusión de tecnologías, contribuye a desarrollar sistemas productivos más eficientes y sustentables. Por otra, la integración del conocimiento local con el conocimiento científico genera avances más rápidos, permitiendo una mayor adopción de la innovación.

Asimismo, se fundamenta en una integración vertical y horizontal de los distintos actores que intervienen en la cadena de valor en el ámbito de la agricultura de precisión, es decir:

- Productores (asociados e individuales)
- Especialistas comerciales (fabricantes)
- Empresas de insumos y tecnologías
- Brokers tecnológicos y consultores
- Centros de investigación y Universidades
- Sector público (programas e instrumentos)
- Empresas prestadoras de servicios de extensión

Desde una visión sistémica, la integración vertical dice relación con la necesidad que la investigación agronómica, la asesoría técnica y la producción agrícola se integren, en base a una estrategia común que de coherencia y racionalidad a las iniciativas de I+D+I, en el campo de la agricultura de precisión. De ese modo, todas aquellas innovaciones en el este campo podrán ser transferidas a los productores. La Estrategia debiese tender a integrar las cadenas productivas, mejorando la competitividad en cada uno de sus eslabones, en base al concepto de rubro productivo. La integración vertical y el concepto de rubro suponen instancias de coordinación, agendas de



trabajos y proyectos de investigación de carácter estratégicos, que en el corto, mediano y largo plazo definan: qué investigar (pertinencia técnico-económica), de qué manera desarrollar dicha investigación (investigación participativa) y cómo difundir y transferir el conocimiento desarrollado en los Centros Tecnológicos y Universidades hacia los productores.

Al respecto, es necesario **transitar de un modelo de extensión lineal de transferencia tecnológica hacia uno de facilitación participativa-asistida**, que incorpore un alto grado de autogestión de los productores, complementado con el acompañamiento de los agentes de extensión. Este modelo identifica la necesidad de apoyar la formación de redes de agricultores, con la finalidad de reforzar el aprendizaje individual, en base al seguimiento técnico por parte de agentes de extensión. Dichos profesionales deben contar con niveles crecientes de conocimiento, siendo nutridos para ello por el Sistema de I+D+I, especialmente diseñado. La figura 8 presenta un esquema del modelo propuesto.

La **Fase 1** contempla la elección conjunta de los temas prioritarios a investigar. En dicha fase es esencial identificar los puntos críticos que inciden de manera más notable en los resultados productivos de los agricultores. Es necesario establecer metas claras y delimitar la participación de los mismos en el seguimiento y evaluación de los proyectos de investigación. Para ello la detección de líderes locales es primordial. Ellos deberán ejercer un rol de gestión y motivación grupal. Asimismo, es fundamental detectar a los

En la **Fase 2**, los investigadores generan el nuevo conocimiento, sistematizando los resultados de la investigación y desarrollando metodologías para transferir dichos resultados a los agentes de extensión, quienes serán los responsables de acompañar a los agricultores en el proceso de adopción tecnológica y masificación. Los investigadores, con la información sistematizada podrán diseñar y desarrollar una plataforma de soporte técnico que oriente las decisiones de los productores y de los equipos de extensión.

En la **Fase 3** los agricultores (agrupados o individuales) adoptan y difunden la innovación tecnológica. En este sentido, los equipos de extensión deben ser permanentemente capacitados por los investigadores, con el propósito de entregar la mayor certeza a los productores, al momento de incorporar las nuevas tecnologías a nivel predial.

Paralelamente, las Agencias Gubernamentales deben promover la adopción tecnológica y la investigación en este campo, atrayendo inversión al sector, desarrollando proyecto de fomento tecnológico e incorporando novedosas metodologías de extensión para el proceso de adopción y difusión (**Fase 4**).

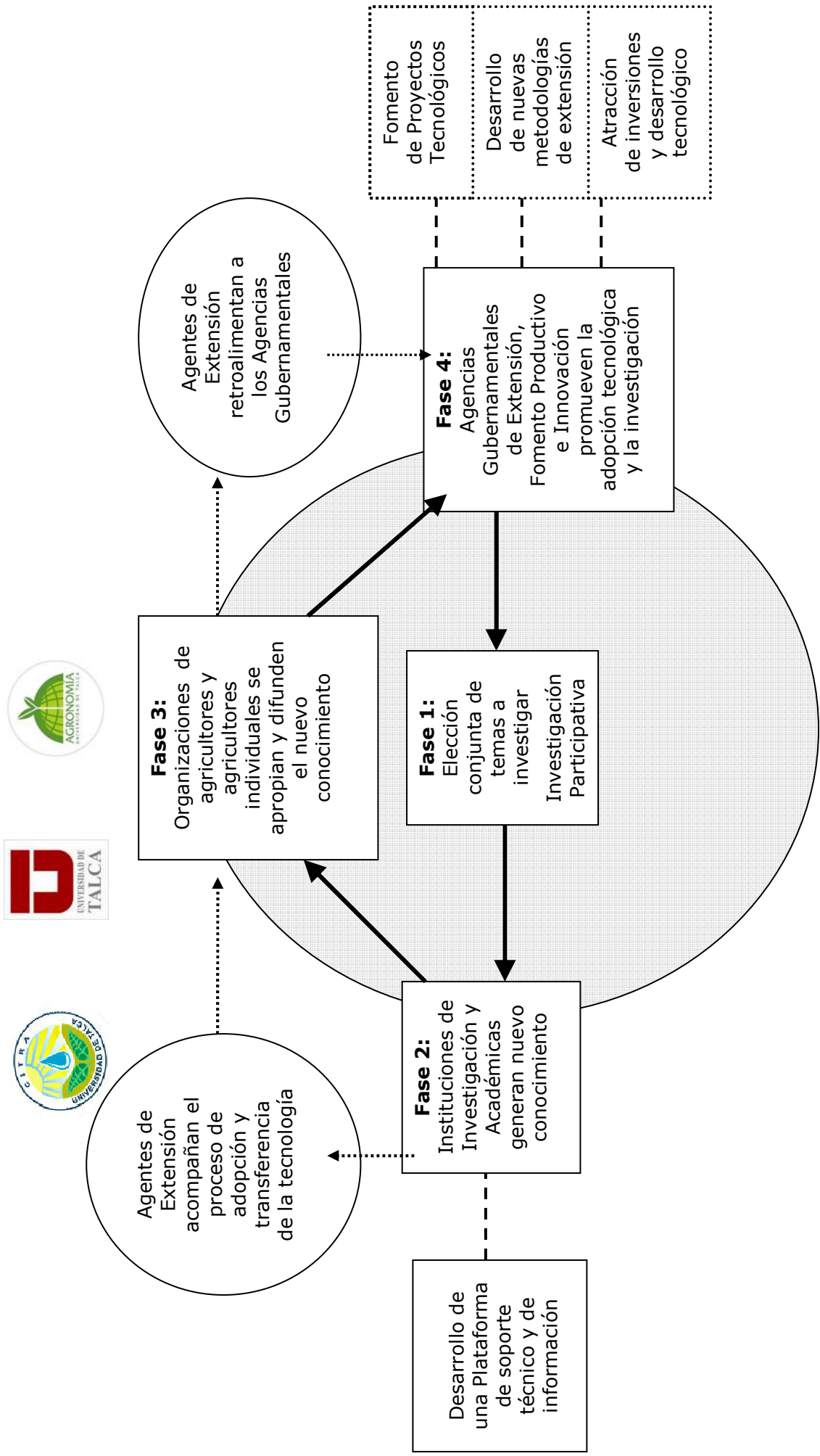


Figura 8: Esquema Modelo de Transferencia Tecnológico Propuesto



Las principales características de este nuevo Modelo de Transferencia Tecnológica denominado **Facilitación Participativa Asistida** se describe en la Tabla 6.

Tabla 6: Características del Modelo Facilitación – Participativa – Asistida

Elementos	Modelo Facilitación Participativa Asistida
Metas principales del enfoque de extensión	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la productividad mediante mejoras en los sistemas productivos • Promover la participación de los agricultores y su autogestión en los esfuerzos locales de desarrollo • Desarrollar habilidades y capacidad de empoderamiento local. (Especialmente agricultores líderes/promotores). • Crear (o fortalecer) instituciones locales.
Entorno institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicable a cualquier entorno institucional, incluidos los servicios de extensión del Ministerio de Agricultura, Centros e Institutos de Investigación, Universidades, y Organismos no Gubernamentales. • Las agencias de extensión deben proporcionar al personal un marco de política e incentivos para apoyar la participación activa de los agricultores. • El personal profesional debe ser capaz de centrar el trabajo de extensión de la institución alrededor de los valores y actitudes que fomentan la participación de los agricultores
Tipo de tecnología, información o innovación difundida	<ul style="list-style-type: none"> • Pertinente a cualquier tecnología, sistema de producción o régimen de manejo de recursos naturales. • Enfoque orientados al agricultor en base a sus necesidades y prioridades. • Enfoque apropiados para programas de extensión focalizados en la producción de alimentos y nuevas tecnologías. • Enfoque apropiado para sistemas agrícolas complejos que requieren estrategias más específicas de manejo de recursos naturales, por ejemplo, agricultura de precisión.
Nivel de participación de los agricultores en la toma de decisiones para las prioridades y actividades de extensión, y asignación de recursos.	<ul style="list-style-type: none"> • Medio a alto en comparación con los modelos lineales de Transferencia Tecnológica
Métodos de extensión usados	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar casi cualquier método de extensión • Varios métodos han probado ser más efectivos para producir la participación de agricultores, por ejemplo, visitas individuales, visitas cruzadas de agricultores o intercambios, días de campo y exhibiciones, giras técnicas, parcelas demostrativas, videos y medios audiovisuales, grupos de trabajo, entre otros. • La activa participación de los agricultores en la experimentación en predios pilotos, para la demostración de tecnologías, es un método útil y comprobado, que facilita el aprendizaje y el conocimiento por parte de los productores.



<p>¿Cómo participan los agricultores?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Participan facilitando el análisis de los problemas. • Determinan las prioridades de extensión y se incluyen activamente en la planificación de extensiones • Actúan como agentes de extensión • Aportan sugerencias a las actividades de extensión y/o nuevas tecnologías • Conducen la experimentación en pequeña escala y/o participan en los experimentos en predios pilotos • Vigilan y evalúan los logros de la extensión • Participan (y a menudo organizan) redes de trabajo y mecanismos de intercambio de información
<p>Costos, mecanismos de financiamiento y control del financiamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implicaría costos similares a los establecidos por las modalidades analizadas en el acápite 5.4.1 (casos de estudios). • Lo novedoso del sistema haría factible poder acceder a fuentes de financiamiento internacional para desarrollar programas pilotos, antes de desarrollar programas nacionales a costa del presupuesto nacional. • El control de los recursos debería descentralizarse al nivel más localizado posible, con la finalidad de disminuir al máximo los costos de transacción.
<p>Cobertura geográfica del programa (área)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Focalizado en aquellas zonas geográficas donde se despliegan las mayores opciones de desarrollo de la Agricultura de Precisión, en función de los rubros productivos promisorios.
<p>De los Agentes de Extensión</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Altamente calificados en técnicas agronómicas y de extensión. • Competencias comprobables en gestión de la innovación y transferencia tecnológica. • Acreditados por agencias gubernamentales.
<p>De los usuarios (productores)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir grupos homogéneo, de acuerdo con el segmento de productores de que se trate (grandes, medianos y pequeños). • Unidades de 10 a 15 productores, que facilite el intercambio • Participación de líderes locales • Disposición a trabajo en equipo • Sujeto de acceder a instrumentos complementarios (créditos, insumos, tecnología, capacitación).
<p>De los investigadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Altamente especializados. • Fuertemente vinculados con los distintos agentes de la cadena de valor y otros centros de investigaciones nacionales e internacionales . • Toman en consideración las necesidades de los productores, por sobre sus propios intereses. • Abiertos a difundir sus resultados a los agentes de extensión y a los agricultores. • Dotados de la infraestructura y el equipamiento necesario para desarrollar investigación de punta en el campo propuesto. • Establecen línea base y puntos críticos de los sistemas productivos a intervenir (trabajo conjunto con agentes de extensión y agencias gubernamentales)



De los Institutos (Centros) de Investigación y Universidades	<ul style="list-style-type: none">• Desarrollo de investigación aplicada bajo un modelo participativo en la gestión.• Fomento y promoción de las capacidades técnicas de los agentes de extensión en base a cursos, diplomados y programas de postgrado en la temática de Agricultura de Precisión.• Desarrollo de competencias en los agricultores utilizando modernas metodologías de extensión (TIC's)• Desarrollo de proyectos tecnológicos que incorporen a los diversos agentes de la cadena de valor.
De las agencias de extensión, fomento productivo e investigación	<ul style="list-style-type: none">• Promotores de la Innovación Tecnológica y la Investigación Aplicada en productos y procesos• Apoyando los planes estratégicos que estructuren los diversos agentes de la cadena, en materia tecnológica, mercado, gestión e investigación aplicada.• Fomentando una política de desarrollo de la Agricultura de Precisión en el País.



3.5 SINTESIS DEL ESTADO DEL ARTE DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: CONCLUSIONES BASES PARA LA ELABORACIÓN DE LA AGENDA ESTRATÉGICA

A continuación se presentan una síntesis de los principales elementos del Estado del Arte, realizado en las secciones anteriores, de tal manera de contextualizar la Agenda Estratégica propuesta.

- En relación con la aplicación de tecnologías de información y teledetección en el ámbito nacional, se observan avances muy significativos en su utilización. No obstante, aún queda mucho por hacer en los componentes de desarrollo e innovación, materia en las cuales otros países latinoamericanos como Argentina y Brasil, se encuentran muy avanzados en comparación con la realidad local. Esta brecha es aún mayor si se observan las realidades de los países más avanzados en la aplicación de AP.
- Los beneficios e impactos que la AP realiza a los sistemas productivos, no sólo se manifiestan en las externalidades positivas hacia el medio ambiente, sino también en los beneficios económicos asociados fundamentalmente a la disminución de los costos de producción, la optimización de procesos, el liderazgo tecnológico y la imagen corporativa. Al respecto, es necesario avanzar en la búsqueda de indicadores y técnicas de evaluación de los impactos, que permita valorar cuantitativamente tales beneficios. En ese sentido, la evaluación del ciclo de vida podría ser una alternativa interesante de analizar.
- Las tendencias en la aplicación de AP en el mundo, señalan que los sistemas productivos más ampliamente masificados son, en orden decreciente, los cultivos industriales, la viticultura y los frutales (principalmente pomáceas, berries y carozos). Si se analiza la realidad nacional, la distribución cambia a favor de los sistemas vitivinícolas y frutícolas (fundamentalmente pomáceas). En el caso de los cereales, su menor influencia dice relación con los tamaños mínimos de explotación y los aspectos de costos asociados. Sobre el particular, se ahondará con mayor detalle en el informe final de esta consultoría.
- Se observa una alta concordancia entre las opiniones de los especialistas nacionales y extranjeros frente a brechas tecnológicas detectadas en esta disciplina, como también la forma de enfrentarlas y reducirlas. Al respecto, los principales desafíos debieran estar puestos en el desarrollo de modelos de transferencia tecnológica que permitan mejorar el conocimiento sobre esta temática y su difusión a nivel de los distintos sistemas productivos. Un segundo desafío dice relación con el desarrollo de procesos de capacitación en el nivel técnico-profesional, mejorando los fundamentos teóricos y creando una cultura de innovación en las personas. Finalmente, un tercer elemento se relaciona con los aspectos de simplificación tecnológica y reducción de costos (equipamientos y técnicas), lo que redundaría directamente en una toma de decisión oportuna, así como también, en la asequibilidad a la tecnología.



- Tomando en consideración las experiencias estadounidenses y australianas en relación con la constitución de cluster tecnológicos entorno al desarrollo de la AP, se hace necesario, en el caso chileno, avanzar en la articulación e integración de los distintos agentes participantes, de manera tal de crear las interacciones entre las necesidades a nivel predial, la investigación científica y el desarrollo e innovación de equipamiento y servicios.
- En materia de Políticas Públicas de Fomento a la AP, se observan diferencias notorias entre las distintas experiencias analizadas. Por una parte, existe en el caso estadounidense y australiano una directa intervención pública a través de incentivos a la investigación, desarrollo y extensión. Una situación similar ocurre en el caso brasileño y argentino; mientras que en las experiencias europeas analizadas no se visualiza un apoyo directo al desarrollo de esta disciplina.
- La evidencia permite concluir que la intervención pública ha hecho posible el fomento y desarrollo de la AP en aquellas zonas geográficas que demuestra una mayor adopción tecnológica. En el caso chileno, si bien no existe aún una política pública claramente establecida a incentivar esta disciplina, se puede señalar que las experiencias en materias de proyectos financiados (CONICYT, FONDEF, FIA) y la creación de programas nacionales de desarrollo y extensión (INIA) son una oportunidad para la definición de una política diferenciada y una agenda de trabajo de mediano plazo. En este sentido, el direccionamiento de programas e instrumentos ya en ejecución, junto con el diseño de nuevas alternativas, son una posibilidad concreta que debe analizarse.
- La positiva recepción al presente estudio, de parte de los tomadores de decisión entrevistados, amerita un comentario respecto de la pertinencia y oportunidad de elaborar una agenda estratégica para el fomento de esta disciplina. Un Ministerio de Agricultura preocupado de los temas de competitividad sectorial y protección del medio ambiente, debe sin lugar a dudas, realizar todos los esfuerzos técnicos necesarios para encontrar los consensos institucionales que hagan posible desarrollar una estrategia nacional para el fomento de la AP. Dicha estrategia materializada en una *agenda de trabajo público-privada* debiera abordar aspectos técnico-productivos, de investigación y desarrollo, de difusión y extensión, integrando los esfuerzos ya realizados por la institucionalidad pública y el sector privado, y al mismo tiempo, innovando en nuevas formas de articulación y fomento de la disciplina.
- Desde el punto de vista económico, la implementación de AP permite aumentar los márgenes de utilidad, toda vez que permiten una reducción sustantiva, tanto de los costos asociados a la aplicación de fertilizantes y agroquímicos como de consumo de agua y energía.
- Desde el punto de vista de la transferencia tecnológica, se debe dar énfasis a la construcción de mecanismos de facilitación participativa-asistida, que incorpore un alto grado de autogestión de los productores, complementado con el acompañamiento de los agentes de extensión.



4. PROPUESTA DE AGENDA ESTRATÉGICA PARA UNA POLÍTICA PÚBLICA DE FOMENTO A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN CHILE

La presente Agenda tiene como objetivo proponer una estrategia de política pública que oriente a la autoridad sectorial en el diseño de programas e instrumentos de fomento de la Agricultura de Precisión en Chile. Su diseño ha sido concebido como un proceso participativo, metodológico, sistemático y analítico, mediante el cual se ha logrado identificar los principales puntos críticos y sus respectivos requerimientos de innovación, asociados a la implementación de una Política Pública que fomente la Agricultura de Precisión en el contexto nacional.

El análisis ha sido desarrollado, teniendo en consideración una mirada sistémica, desde la perspectiva del encadenamiento tecnológico-productivo y los distintos agentes que participan en ella.

Para la construcción de la Agenda Estratégica se definieron tres etapas metodológicas. En primer lugar, en base a entrevistas personales, a fuentes calificadas, se determinaron los principales énfasis que la Agenda Estratégica debiera abordar. El poder conocer de primera fuente las opiniones de los diversos agentes, entre los cuales se desatacan, el sector gremial empresarial, el mundo académico y de la investigación, los proveedores tecnológicos, la institucionalidad pública y los agricultores, se constituye en la base fundamental para el desarrollo de una estrategia país en este tema.

En segundo término, se analizaron los resultados de las entrevistas, sistematizando las ideas relevantes que debieran ser consideradas en cada uno de los énfasis preestablecidos. Finalmente, se diseñó la Agenda definiendo lineamientos y acciones estratégicas, en función de cada uno de los énfasis preestablecidos.

Entre los principales resultados de este trabajo se destacan:

- Una Agenda Estratégica que oriente el diseño de la Política Pública en el campo de la Agricultura de Precisión en Chile.
- Un Plan de Trabajo de corto, mediano y largo plazo que defina tiempos y acciones a desarrollar, con el objeto de materializar la estrategia de política pública, y por último,
- Una Propuesta para la creación de una Comisión Asesora Público Privada en el ámbito de la Agricultura de Precisión en Chile (**Anexo 5**)



En relación con el Diseño de la Agenda, ésta se estructuró en base a tres elementos: Énfasis de la Política, Lineamientos Estratégicos y Acciones Estratégicas. A continuación se definen el significado de cada componente:

- **Énfasis de la Política:** Corresponde aquellos aspectos más relevantes de considerar en el diseño de una Política Pública relacionada con la temática de Agricultura de Precisión, constituyéndose en el eje conductor al momento del diseño, implementación y seguimiento de una política sectorial orientada al fomento de esta disciplina. Los énfasis de la política debieran estar puestos en:
 - Articulación Institucional
 - Desarrollo de Programas Integrales
 - Mejorar las condiciones de accesibilidad a los instrumentos de fomento
 - Sustentabilidad (continuidad) de proyectos exitosos.
- **Lineamiento Estratégico:** Corresponde al componente a desarrollar dentro de los énfasis definidos. Estos lineamientos establecen las áreas de acción que deben ser fortalecidas en el marco de la propuesta de política de fomento. Cabe señalar que estos lineamientos apuntan a mejorar la competitividad del encadenamiento productivo, desde una perspectiva sistémica.
- **Acción Estratégica:** Corresponde a las acciones concretas que se deben realizar en cada lineamiento establecido, a fin de asegurar un avance significativo en los énfasis de la política. Estas acciones se formulan desde una lógica más instrumental, y hacen hincapié en las oportunidades y debilidades que se expresan en la colocación de los instrumentos de fomento productivo. Cabe señalar que algunas de estas acciones son líneas emergentes, es decir, son acciones que hasta el momento no han sido desarrolladas; mientras que otras, suponen la profundización en temas de interés que ya se están ejecutando, por lo cual deben ser fortalecidas. Las acciones se establecen en función de plazos de ejecución, como acciones de corto plazo (CP: 1 -2 años); mediano plazo (MP: 3-5 años); y largo plazo (LP: más de 5 años).



AGENDA ESTRATÉGICA PARA UNA POLÍTICA PÚBLICA DE FOMENTO A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN CHILE

Énfasis de la Política	Lineamiento Estratégico	Acción Estratégica	Plazos
Articulación Institucional	Coordinar las políticas y los programas institucionales orientados a la Agricultura de Precisión.	Definir un enfoque común de las políticas sectoriales y transversales orientadas a la Agricultura de Precisión.	CP
		Crear una Comisión Asesora Ministerial Público-Privada para el fomento de la Agricultura de Precisión.	
		Mejorar la eficacia y la articulación de las acciones interinstitucionales en el ámbito de la Agricultura de Precisión, a través de la mediación de la Agencia Regional de Desarrollo Productivo (ARDP).	CP
	Descentralizar la toma de decisiones y el diseño de las políticas públicas, hacia el plano regional y local.	Definir e implementar un Plan de Difusión conjunto entre los diferentes Servicios Públicos de fomento e investigación.	Uwe
		Asignar mayores grados de responsabilidad y atribuciones a los Servicios en el ámbito regional y provincial, desde las Direcciones Nacionales.	MP
		Sensibilizar a los diferentes Servicios sobre los objetivos, funciones y atribuciones de la Comisión Asesora Ministerial para el fomento de la Agricultura de Precisión.	CP
Definir un enfoque común de la Agricultura de Precisión para su implementación a nivel nacional		Fomentar la participación ciudadana en el diseño y seguimiento de las políticas públicas e instrumentos relacionados con el fomento de la Agricultura de Precisión.	CP
		Difundir ampliamente al sector silvoagropecuario un enfoque común sobre la Agricultura de Precisión.	CP
		Sensibilizar y comprometer a los principales actores sectoriales, sobre la importancia de iniciar un proceso de implementación masiva de la Agricultura de Precisión.	CP



		<p>Identificar experiencias nacionales e internacionales que permita establecer modelos de aplicación y gestión de la Agricultura de Precisión a nivel nacional.</p> <p>Incorporar la discusión temática en las mesas de articulación de los Gabinetes Agrícolas Regionales y Provinciales, como también en las Comisiones de fomento productivo e innovación de los Gobiernos Regionales y las Agencias de Fomento Productivo.</p> <p>Definir áreas de intervención común entre los Servicios Públicos, en los ámbitos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fomento Productivo - Formación de Capital Humano - Asistencia Técnica - Financiamiento e Inversión - Emprendimiento - Investigación y Desarrollo 	CP-MP
Desarrollo de Programas Integrales	<p>Promover y fortalecer el desarrollo de Programas integrales en los rubros productivos más promisorios para implementar Agricultura de Precisión</p>	<p>Definir en cada territorio los rubros más promisorios para implementación de la Agricultura de Precisión.</p> <p>Identificar un portafolio de proyectos productivos, bajo la lógica de Programas Integrales, que incorporen a los distintos agentes de los rubros promisorios seleccionados.</p> <p>Incorporar en los Programas Integrales a los usuarios pertenecientes al segmento de la Agricultura Familiar Campesina</p> <p>Promover el acceso a Financiamiento Privado a través de la Banca u otras instancias crediticias.</p> <p>Apoyar el desarrollo de tecnologías emergentes mediante la atracción de capitales al sector productivo.</p> <p>Crear un Registro Único de Información Técnico Productivo en el marco de una estrategia de fomento de la Agricultura de Precisión.</p> <p>Promover e incentivar un clima favorable para la creación de empresas tecnológicas y de transferencia.</p>	<p>CP</p> <p>CP-MP</p> <p>CP-MP</p> <p>CP</p> <p>MP</p> <p>MP</p> <p>MP</p>



	<p>Desarrollar el Cluster Tecnológico en Agricultura de Precisión</p>	<p>Crear fondos específicos para fomentar el desarrollo de emprendimientos asociativos.</p> <p>Desarrollar modelos de alianzas tecnológicas entre agentes del cluster a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prospección y análisis de modelos de encadenamiento tecnológico y productivo en países competidores y potencias agroalimentarias. - Generación de experiencias pilotos para la aplicación de alianzas tecnológicas y productivas (cluster territoriales por rubros promisorios) - Desarrollo de capacidades técnicas dirigidos diferenciadamente a productores y profesionales de cada sector productivo 	<p>MP</p> <p>CP</p> <p>CP-MP</p> <p>CP-MP</p>
<p>Promover la incorporación de Investigación y Desarrollo en las empresas agropecuarias</p>	<p>Transparentar la información al interior de las diferentes cadenas de valor, realizando las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudio y análisis de los factores que afectan el traspaso eficiente de la información. - Desarrollo de mecanismos de traspaso de la información al interior de los distintos agentes del cluster <p>Incrementar el nivel de la ciencia y la tecnología de precisión aplicada a las empresas agropecuarias.</p> <p>Aumentar los recursos humanos dedicados a la I+D+i (sector público y privado).</p> <p>Reforzar los derechos y las garantías de los investigadores</p> <p>Fortalecer la dimensión internacional de la ciencia y la tecnología orientada a la creación de herramientas y modelos de precisión.</p> <p>Diseñar y habilitar nuevos centros de investigación orientados a la aplicación y evaluación de Agricultura de Precisión en los sectores productivos más promisorios.</p>	<p>CP-MP</p> <p>CP</p> <p>MP</p> <p>MP</p> <p>CP-MP</p> <p>MP</p> <p>MP-LP</p> <p>MP-LP</p>	



		Potenciar el papel de la investigación básica en la búsqueda de soluciones tecnológicas aplicadas.	LP
		Mejorar la comunicación al sector privado y a la sociedad sobre los avances y resultados obtenidos de la investigación.	CP
		Desarrollar los espacios de comunicación y alianzas estratégicas entre empresarios e investigadores.	CP
Mejorar los Servicios de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica		Incrementar la dotación de broker tecnológicos, mediante la instrucción y formación en temas de gestión en innovación tecnológica.	CP-MP
		Acreditación de Empresas de Asistencia en base a competencias.	CP
		Entrega de Asistencia Técnica focalizada por competencias.	CP
		Promover espacios de Vinculación Empresas - Universidades (Modelo Americano).	CP-MP
		Desarrollar sistemas de educación a distancia (Sistema e-learning).	CP-MP
		Desarrollar nuevos mecanismos de Transferencia Tecnológica (Modelo Facilitación Participativa-Asistida).	CP-MP
		Desarrollar un programa de formación a formadores, orientado a mejorar las capacidades técnicas y metodologías de extensión.	MP
		Desarrollar un programa de captura tecnológica en base a giras técnicas e invitación de expertos.	MP
		Implementar módulos demostrativos para entrenamiento técnico y de agricultores	CP-MP
		Desarrollar un programa de Promoción y Difusión de alternativas tecnológicas	



	<p>Generar capacidades y competencias técnicas</p>	<p>Desarrollar un programa de Promoción y Difusión de alternativas tecnológicas para implementar Agricultura de Precisión, mediante las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño e implementación de un programa de difusión de experiencias exitosas. • Desarrollo de predios pilotos siguiendo parámetros internacionales. • Desarrollo de un programa de capacitación a recursos humanos. • Incentivo a la inversión, mediante la creación y/o adaptación de instrumentos de fomento. • Desarrollar programas de difusión en base a elementos multimediales. • Implementar programas pilotos de certificación de carácter grupal 	CP -MP
<p>Mejorar las condiciones de Accesibilidad a los instrumentos de fomento</p>	<p>Aumentar la cobertura de Internet y promover el manejo de TIC</p>	<p>Formar capacidades técnicas de los profesionales y técnicos de cada sector productivo, mediante cursos especializados, diplomados y pasantías en los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Características de Áreas Productivas - Fisiología de cultivos - Exigencias Agroclimáticas - Prácticas Culturales por sistema productivo - Técnicas, Tecnologías y Métodos de Riego - Técnicas, Tecnologías y métodos de Fertilización - Manejo de Plagas y Enfermedades - Cosecha, procesos de selección y envasado - Claves de Poscosecha - Manejo de SIG - Manejo de Software - Herramientas de Bioinformáticas <p>Desarrollar programas de conectividad en los sectores rurales (cobertura de Internet y fomento a la creación de comunidades virtuales).</p> <p>Promover la incorporación de TIC en los sistemas productivos.</p>	CP-MP



	<p>Implementar mecanismos de apoyo a la asociatividad</p> <p>Crear sistemas de información técnico productivo</p> <p>Desarrollar los aspectos tecnológicos más importantes por sistema productivo</p>	<p>Promover la alfabetización digital en los productores</p> <p>Desarrollar capacidades asociativas en los agricultores</p> <p>Prospectar modelos de asociatividad aplicables a cada rubro</p> <p>Desarrollar instrumentos asociativos que incentiven la innovación tecnológica a nivel grupal.</p> <p>Diseñar e implementar sistemas de información técnico productivo.</p> <p>Sistematizar y difundir información de aplicaciones tecnológicas.</p> <p>Habilitar plataformas de vigilancia tecnológica (Observatorio técnico productivo).</p> <p>Realizar un inventario de requerimientos técnicos por rubro, para el diseño y puesta en marcha de modelos de Agricultura de Precisión</p> <p>Diseño y validación de paquetes tecnológicos por zona productiva, a través de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar puntos críticos de los sistemas productivos, y sus efectos sobre la productividad. - Diseñar y desarrollar modelos de simulación productiva que incorporen variables climáticas y de manejo sobre los rendimientos de producción. - Establecer parcelas experimentales y demostrativos (o referencia) por zona productiva. - Elaborar protocolos de campo y fichas técnicas para la gestión predial por zona productiva. - Formar Productores Líderes en predios de referencia. - Realizar días de campo anualmente y charlas de difusión por estación experimental, dirigidos a productores y profesionales. - Estimar la Unidad Básica de Producción para asegurar una mínima rentabilidad. 	<p>CP-MP</p> <p>MP</p> <p>MP</p> <p>MP</p> <p>CP-MP</p> <p>CP</p> <p>CP-MP</p> <p>CP</p> <p>CP</p> <p>CP</p> <p>MP-LP</p> <p>MP</p> <p>MP</p> <p>MP</p> <p>MP</p> <p>CP-MP</p>
--	---	---	--



	<p>Caracterización de zonas productivas por zonas geográficas, a través de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- Confeccionar parcelas de referencia en los principales núcleos productivos.- Describir las especies productivas más adecuadas a cada zona o territorio.- Determinar las potenciales áreas productivas.- Confeccionar sistemas de información geográfico (SIG) que integre la información relacionada a la zonificación.- Registrar los eventos meteorológicos de las áreas de producción identificadas en los núcleos productivos (grados días, horas frío, periodo de heladas, entre otros).- Realizar un mapeo de las zonas con susceptibilidad de riesgos por heladas.	MP MP MP CP-MP CM-MP CP-MP
	<p>Mejorar la tecnología de aplicación de pesticidas y detección de residuos a través de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- Prospeccionar a nivel nacional e internacional alternativas en equipamiento para la aplicación más eficiente de productos- Diseñar y desarrollar prototipos para la aplicación más eficiente de productos- Desarrollar herramientas tecnológicas para la detección temprana de residuos (kit).- Promover el desarrollo un sistema de información público de agroquímicos permitidos.- Desarrollar modelos bioestadísticas que permitan asegurar la optimización de la aplicación de productos químicos.	MP MP-LP LP CP MP MP



	<p>Maximizar la eficiencia en el uso del recurso hídrico y de los nutrientes, a través de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño y desarrollo de modelos de simulación productiva que incorporen variables hídricas y nutricionales sobre los rendimientos y la calidad de los productos. - Actualización de variables para el manejo del riego a nivel predial - Realizar estudios sobre la necesidad de riego según rubros promisorios y zonas geográficas. - Realizar estudios sobre eficiencia de uso de agua - Incorporar nuevas tecnologías de riego y de acumulación de agua - Promover la capacitación en los agentes de extensión y productores de cada rubro - Incorporar métodos de riego y técnicas prediales capaces de mejorar la eficiencia energética y el uso del recurso hídrico a nivel predial. - Incorporar parcelas demostrativas para la difusión predial <p>Promover la investigación en el diseño e ingeniería de equipamiento tecnológico y mecanización, a través de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción y adopción de equipamiento tecnológico para el manejo de predios intensivos. - Prospección de equipamiento tecnológico de lata eficiencia energética. - Sistematización de procesos operacionales para su mecanización - Promoción de inversiones en áreas tecnológicas aplicables a la mecanización y el equipamiento tecnológico. 	<p>MP</p> <p>CP</p> <p>MP</p> <p>CP</p> <p>CP</p> <p>MP-LP</p> <p>CP</p> <p>CP-MP</p> <p>CP</p> <p>MP-LP</p> <p>MP</p> <p>MP</p> <p>MP</p>
--	--	--



		<p>Mejorar la eficiencia y utilización de fertilizantes, a través de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar investigación en el diseño de modelos de simulación productiva que incorporen variables nutricionales sobre el rendimiento y calidad del producto final. - Evaluar técnica y económicamente la eficiencia del equipamiento tecnológico desarrollado para la aplicación de fertilizantes 	<p>MP-LP</p> <p>MP-LP</p>
<p>Sustentabilidad (continuidad) de Proyectos Exitosos</p>	<p>Fortalecimiento del Capital Institucional</p> <p>Generar Mecanismos de Evaluación de Impacto y Replicabilidad de los Proyectos de Agricultura de Precisión</p>	<p>Determinar el momento óptimo de cosecha, a través de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar investigación aplicada para determinar momento óptimo de cosecha según rubro y territorio. - Validar tecnologías que permitan determinar el momento óptimo de cosecha. - Diseñar indicadores de madurez según variables edafoclimáticas <p>Aumentar los recursos destinados a dar continuidad a los proyectos exitosos</p> <p>Fomentar la capacitación de profesionales y técnicos de los Centros Tecnológicos y de Investigación nacional.</p> <p>Identificar, evaluar y seleccionar proyectos que estén alineados con las diferentes estrategias regionales de desarrollo productivo.</p> <p>Sistematizar el resultado de los procesos de evaluación y seguimiento de las actividades realizadas en Agricultura de Precisión durante años anteriores.</p> <p>Crear las competencias técnicas para evaluar y replicar las experiencias exitosas.</p> <p>Financiar nuevas etapas de desarrollo de los proyectos exitosos.</p>	<p>MP</p> <p>MP</p> <p>MP</p> <p>CP</p> <p>CP-MP</p> <p>CP</p> <p>CP</p> <p>CP-MP</p> <p>CP-MP</p>



5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo-Opazo, C., Tisseyre, B., Guillaume, S., & Ojeda, H. (2008b). The potential of high spatial resolution information to define within-vineyard zones related to vine water status. *Precision Agriculture Journal* 9, 285-302.

Acevedo-Opazo, C., Tisseyre, B., Ojeda, H., Ortega-Farías, S., & Guillaume, S. (2008a). Is it possible to assess the spatial variability of vine water status?. *Journal International des Science de la Vigne et du Vin*. 42, 203-219.

Agroprecision Ltda. <http://www.agroprecision.cl/inicio.html>

Agrosat Chile. <http://www.agrosatchile.cl/index01.html>

Aho, J.E., 2002. NASA providing new perspectives on vineyard management. *Vineyard Winery Manage*, vol. 28, no. 4, pp. 74_/77.

Araya E., 1997. Una visión de la industria frutícola chilena. Fundación para el Desarrollo Frutícola. Conferencia en el 3er. Seminario Internacional de Frutas, Cipolletti, Río Negro, organizado por el CREAM (Comercio Regional y Exterior de la Agroindustria Rionegrina). Argentina.

Arkun, S., F. Honey, L. Johnson, D. Lamb, W. Lieff, & G. Morgan. 2000. Airborne remote sensing of the vine canopy. p. 15-27 In David Lamb (ed.). *Proceedings of Workshop: Vineyard Monitoring and Management Beyond 2000*. CRC for Viticulture and National Wine Grape Industry Centre, Charles Sturt University. August 8, 2000. Wagga Wagga, New South Whales, Australia.

Australian Centre for Precision Agriculture (ACPA). Web: <http://www.usyd.edu.au/su/agric/acpa/>

Badhwar, G.D., R.B. MacDonald and N.C. Mehta. 1986. Satellite-derived leaf area index and vegetation maps as input to global carbon cycle models- a hierarchical approach. *Int. J. Remote Sensing*. (7):265-281.

Baret, F. and G. Guyot..1991. Potential and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*. (35):161-173.

Bonn, F and Rochon, G. 1992. *Precis de teledetection*, Volume 1: Principes et methodes, Edit. Aupelf-Uref, Presses Universitaires du Quebec, Montreal.

Bramley RGV. 2001. Variation in the yield and quality of winegrapes and the effect of soil property variation in two contrasting Australian vineyards. In: *Proceeding of the 3rd European Conference on Precision Agriculture*, eds. S. Blackmore and G. Grenier, Agro Montpellier, Ecole Nationale Superieure Agronomique de Montpellier, France, p. 767-772.



Bramley, R.G. 2000. Measuring within vineyard variability in yield and quality attributes. p. 8-14. In David Lamb (ed.). Proceedings of Workshop: Vineyard Monitoring and Management Beyond 2000. CRC for Viticulture and National Wine Grape Industry Centre, Charles Sturt University. August 8, 2000. Wagga Wagga, New South Wales, Australia.

Bramley, R.G.V. & Proffitt, A.P.B. 1999. Managing variability in viticultural production. *Grapegrower and Winemaker* 427, 11-16.

Briz, J. 1994. El entorno competitivo y las estrategias comerciales en el sector agrario. Estudio publicado en la Revista Fruticultura Profesional numero 64, Editorial Agrolatino, paginas 48 a 57. España

Campbell, J.B. 1996. Remote sensing. 622p.

Carlson, T.N., and D.A. Ripley. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing Environment*. (62):241-252.

Carothers, J., 2000. Imagery technology meets vineyard management. *Pract. Winery Vineyard*, vol. 21, no.1, pp. 54-62.

Chen, J. M. and J. Cihlar 1996. Retrieving leaf area index of boreal conifer forests using Landsat TM images. *Remote Sensing of Environment*. (55):153-162.

Chen, J.M. and T.A. Black. 1992. Defining leaf area index for non flat leaves. *Plant, Cell and Environment*. (15): 421-429.

Choudhury, B. 1987. Relationships between vegetation index, radiation absorption, and net photosynthesis evaluated by sensitivity analysis. *Remote Sensing Environment*. (22):209-233.

Clevers, J.G. 1988. The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index. *Remote Sensing of Environment*. (25):53-69.

CRUSH Project (Canopy Remote Sensing for Uniform Segmented Harvest). <http://geo.arc.nasa.gov/sge/crush/crush.html>.

CSIRO Land & Water. Commonwealth Scientific Industrial Research Organization, Australia. Web: <http://www.csiro.au/>

Curran, P.J. 1982. Multispectral photographic remote sensing of green vegetation on biomass and productivity. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*. (48):243.

Dalezios, N.R; Loukas, A. and Bampzelis, D. 2002. Assessment of NDVI and agrometeorological indices for major crops in central Greece. *Physics and Chemistry of the Earth*. 27: 1025-1029.

Digimapas Chile. <http://www.digimapas.cl/>

Doolittle, J.A., K.A. Sudduth, N.R. Kitchen, and S.J. Indorante. 1994. Estimating depths to claypans using electromagnetic induction methods. *J. Soil Water Cons.* 49(6):572-575.



Fassnacht, K.S., S.T. Gower, J.M. Norman, and R.E. McMurtrie. 1994. A comparison of optical and direct methods for estimating foliage surface area index in forests. *Agric. For. Meteorol.* (71):183-207.

Fassnacht, K.S., S.T. Gower, M.D. MacKenzie, E.V. Nordheim, and T.M. Lillesand. 1997. Estimating the leaf area index of North Central Wisconsin Forests using the Landsat Thematic Mapper. *Remote Sensing of Environment.* (61):229-245.

Fitzgerald, G.J., S.R. Kaffka, D.L. Lesch, and S.J. Maas. 1999. Detection of soil salinity effects on sugar beets using multispectral remote sensing. *Proc. Agronomy Society meetings.* Salt Lake City.

Fusheng, L., S. Cohen., A. Naor, K. Shaozong and A. Erez . 2002. Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks. *Agricultural Water Management.* 55 (1):1-14

Gamon, J.A., J. Peñuelas, and C.B. Field. 1992. A narrow-band spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing Environment.* (41):35-44.

Gamon, J.A., L. Serrano, and J.S. Surfus, 1997. The Reflectance Index: An optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. *Oecologia.* 112:492-501.

Geest PLC, 1993. Informe sobre frutas y hortalizas. Tomorrow's Europe. White house chambers Spalding Lincs PE11 2AI.

Giacinti M., Dussi M.C.; Ostertag G., Quiroz, M. I.; Alcaino J. M.; Jorge J. y Pampiglione A. 1998. *Fruticultura en Perspectiva, situación mundial de las frutas en general y especialmente para manzana y pera, su situación y proyección al 2005*, 1054 Pág., Consejo Federal de Inversiones (CFI). Argentina.

Gilabert, M. A., S. Gandia and J. Melia. 1996. Analyses of spectral-byophysical relationships for a corn canopy. *Remote Sensing Environment.* (55):11-20.

Gitelson, A., and M. Merzlyak. 1996. Signature analysis of leaf reflectance spectra: algorithm development for remote sensing of chlorophyll. *J. Plant Physiol.* (148): 494-500.

Gitelson, A., and M. Merzlyak. 1997. Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves. *Int. J. Remote Sensing.* (18):2691-2697.

Goel, N.S. 1988. Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data. *Remote Sensing Reviews.* (4):1-212.

Gower, S. and J.M. Norman. 1991. Rapid estimation of leaf area index in conifer and broad-leaf plantations. *Ecology.* (72):1896-1900.



GRAPES Project (Grapevine Remote Sensing Analysis of Phylloxera Early Stress).
[Http://geo.arc.nasa.gov/sge/grape/grape.html](http://geo.arc.nasa.gov/sge/grape/grape.html)

Grier, C. and S. W. Running. 1977. Leaf area of mature Northwestern coniferous forests: relation to site water balance. *Ecology*. (58):893-899.

Gross, J. 1991. *Pigments in vegetables. Chlorophylls and carotenoids*. Published by Van Nostrand Reinhold, New York, 351 pp.

Hall, A., Lamb, D.W., Holzapfel, B., Louis, J., 2002. Optical remote sensing applications in viticulture: a review. *Aust. J. Grape Wine Res.* 8, 36_/47.
http://pars.ifas.ufl.edu/Technical%20Session/01-1017-Michi&JP/Dr.John-PaulPraat_files.

Huete, A.R. 1988. A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing Environment*. (25):295-309.

Iland, P.G., Botting, D.G., Dry, P.R., Giddings, J., Gawel, R., 1995. Grapevine canopy performance. In: *Proceedings of the Canopy Management Viticulture Seminar*. Australian Society of Viticulture and Oenology, Inc, Glen Osmond, SA, pp. 18_/22.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Programa de AP (Progap).
<http://www.progapinia.cl/>

Jaynes, D.B. 1996. Improved soil mapping using electromagnetic induction surveys. pp. 169-179.

Jaynes, D.B., T.S. Colvin, and J.Ambuel. 1995. Yield mapping by electromagnetic induction. pp.383-394. In P.C. Robert et al. (ed.) *Site-specific management for agricultural systems*, Proc.2nd Intl. Conf. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI..

Johnson, L., B. Lobitz, R. Armstrong, R. Baldy, E. Weber, J. DeBenedictis, and D. Bosch. 1996. Airborne Imaging for Vineyard Canopy Evaluation. *California Agriculture*, Special Issue on Phylloxera 50(4):14-18.

Johnson, L., J. DeBenedictis, E. Weber, R. Baldy, B. Osborn, B. Lobitz, C. Hlavka, and D. Bosch. 1995. Examination of grapevine canopy and leaf reflectance for detection and monitoring of phylloxera-related damage to vineyards. *Technical Abstracts*, 46th Annual Meeting of the American Society for Enology and Viticulture, 22-24 June 1995, Portland OR, p. 25.

Johnson, L.F., Bosch, D.F., Williams, D.C., Lobitz, B.M., 2001. Remote sensing of vineyard management zones: implications for wine quality. *Appl. Eng. Agric.* 17, 557_/560.

Jonhson, L.F., D.E. Roczen, S.K. Youkhana , R.R. Nemani and D.F. Bosch. 2002. Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. *Computers and Electronics in Agriculture* 38 (2003) 33_/44.



Justice C., Townshend, Holben and Tucker. 1985. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing*. (6): 1271-1283.

Kitchen, N.R., K.A. Sudduth and S.T. Drummond. 1999. Electrical conductivity as a crop productivity measure for claypan soils. *J. Prod. Agric.* 12(4): 607-617.

Knipling, E.B. 1970. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near infrared radiation from vegetation. *Remote Sens. Environ.* (1):155-159.

Lamb, D. W., Hall, A. And Louis, J. 2001. Airborne remote sensing of vines for canopy variability and productivity. *Australian Grapegrower & Winemaker* 449:89-92.

Lamb, D.W., Weedon, M.M. & Bramley, R.G.V. 2004. Using remote sensing to predict phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard: Timing observations against vine phenology and optimising image resolution. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10, 46-54.

Ian P., C. Thomas, J Marrois and W. Gubler. 1994 . Grape vine canopy performance. In proceedings of canopy management viticulture seminar, Australian Soc. Viticulture and Enology, Mildura Victoria, Australia, pp. 18-22.

Li F., Cohen S., Naor A., Shaozong K. and Amnon Erez. 2002. Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstock. *Agricultural water management*. 55. pp 1-14.

Lichtenhaller, H., A. Gitelson, and M. Lang. 1996. Non destructive determination of chlorophyll content of leaves of a green and a Aurea Mutant of tobacco by reflectance measurements. *J. Plant Physiol.* (148): 483-493.

Lillesand T., and Kiefer R. 1997. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 3th Edition, John Wiley & Sons Inc., 750 pp.

Manktelow D.W. and J-P. Praat. 1997. The Tree-Row-Volume Spraying System And Its Potential Use In New Zealand. Proceedings of the 50th NZPPS Conference. 18-21 Aug Lincoln, Nebraska, USA.

McNaughton, K.G., and P.G. Jarvis. 1983. Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation. *Water Deficits and Plant Growth*, (7):1-47.

McNeill, J.D. 1992. Rapid, accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. pp. 201-229. In *Advances in measurements of soil physics properties: Bringing theory into practice*. SSSA Spec. Publ. 30. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI..

Myers, V.J., M.E. Bauer, H.W. Gausman, W.G. Hart, J.L. Heilman, R.B. McDonald, A.B. Park, R.A. Ryerson, T.J. Schmutge and F.C. Westin. 1983. *Manual of Remote Sensing*. 2420 p.



National Wine and Grape Industry Centre. Web: <http://www.csu.edu.au/nwgic/>
NEOAG AP. <http://neoag.net/es/home>

ODEPA. 2000. Compendio Estadístico Silvoagropecuario 1990-2000. Disponible en: <http://www.odepa.cl/>.

ODEPA. 2002. Estadísticas macrosectoriales 2002. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Disponible en: <http://minagri.gob.cl/>. Leído 23 de febrero de 2002.

Ortega, R. y L. Flores. 2000b. AP. En: Revista Informaciones Agronómicas del Cono Sur. N°7 Septiembre de 2000. INPOFOS, PPI-Argentina

Penn, C., 1999. Grape growers gravitating toward space age technologies. Wine Business Mon. 6 (2), 53 _/56.

Pierce, L. and S.W. Running. 1988. Rapid estimation of coniferous forest leaf area index using a portable integrating radiometer. Ecology. (69):1762-1767.

Price, J.C. and W.C. Baush. 1995. Leaf area index estimation from visible and near-infrared reflectance data. Remote Sensing Environ. (52):55-65.

Pringle, M. J., McBratney, A. B., Whelan, B. M. & Taylor, J. A. 2003. A preliminary approach to assessing the opportunity for site-specific crop management in a field, using yield monitor data. Agricultural Systems 76, 273-292.

Robert, P.C.; R.H. Rust, and W.E. Larson, "Preface." In Proceedings of Site-Specific Management for Agricultural Systems, Minneapolis, Minnesota, pp. xiii-xiv, 27-30 March 1995.

Salute, J., C. Bell, P. Freese. 1994. Using remote sensing and geographic information systems to analyze phylloxera damage in Napa Valley vineyards. Thirty-First Space Congress, 26-29 April 1994, Cocoa Beach FL.

Schueller, J. K.; J.D. Whitney; T.A Wheaton; W.M. Miller and A.E. Turner. 1999. Low cost automatic yield mapping in hand harvester citrus. Computers and electronics in agriculture. 23: 145-153.

SIRC (Spatial Information Research Centre, University of Otago, Nueva Zelanda). Web: <http://www.business.otago.ac.nz/SIRC/>

Sudduth, K.A., N.R. Kitchen, and S.T. Drummond. 1999. Soil conductivity sensing on claypan soils: comparison of electromagnetic induction and direct methods. pp. 979-990. In P.C. Robert et al. (ed.) Proc. 4th Intl. Conf. on Precision Agriculture. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI..

Sudduth, K.A., N.R. Kitchen, D.F. Hughes, and S.T. Drummond. 1995. Electromagnetic induction sensing as an indicator of productivity on claypan soils. pp. 671-681. In P.C. Robert et al. (ed.) Site-specific management for agricultural systems, Proc. 2nd Intl. Conf. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI..



Taylor, J., & B. Whelan. 1999. Some very preliminar grape yield monitoring. Australian Centre for Precision Agriculture Bulletin. p. 1-5. University of Sydney, Sydney, Australia.

Tisseyre, B. & McBratney, A. 2008. A technical opportunity index based on mathematical morphology for site-specific management: An application to viticulture. Precision Agriculture 9, 101-113.

Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing Environ. (8):127-150.

Tucker, C.J., B. Holben, J.H. Elgin, and J.E. McMurtrey. 1981. Remote Sensing of total dry-matter accumulation in winter wheat. Remote Sensing of Environment. (11): 171-189.

Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Centro de investigación y transferencia en riego y agroclimatología (CITRA). <http://www.citrautalca.cl/>

Verstraete, M.M., and B. Pinty. 1996. Designing optimal spectral indexes for remote sensing applications. IEEE Trans. On Geosci. and Remote Sensing. (34):1254-1265.

VINTAGE Project (Viticulural Integration of NASA Technologies for Assessment of the Grapevine Environment). <http://geo.arc.nasa.gov/sge/vintage/vintage.html>

Wiegand, C.L., A.H., Gerbermann, Gallo, K.P., Blad, B.L., and Dusek, D. 1990. Multisite analyse of spectral-biophysical data for corn. Remote Sensing of Environment. (33):1-16.

Wildman, W., Nagaoka, R., Lider, L., 1983. Monitoring spread of grape phylloxera by color infrared aerial photography and ground investigation. Am. J. Enol. Viticultura 34, 83-94.

Yoder, B. and R. Pettigrew-Crosby. 1995. Predicting Nitrogen and chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400-2500 nm) at leaf and canopy scales. Remote Sensing of Environment. (53):199-211.



6. ANEXOS

ANEXO 1: GUÍA ENTREVISTA A ESPECIALISTA NACIONALES

1) Implementación de AP

- ¿Cómo se enteró de la AP?
- ¿En qué año se comenzó la implementación del sistema en la empresa?
- ¿En qué situación se encontraba la empresa?
- ¿Cómo eran las perspectivas de mercado para la empresa al momento de comenzar la adopción del sistema?
- ¿Cuántas hectáreas totales (o superficie) se ha implementado con AP?
- ¿Cuáles fueron los factores que influyeron sobre la toma de decisiones para implementar AP?
- ¿Considera usted que los objetivos comerciales y el tamaño de los predios son factores que condicionan la toma de decisiones para su implementación?
- Desde su perspectiva, ¿cuáles son las razones para que la AP no sea adoptada masivamente en Chile?
- Desde la implementación de AP, ¿ha cambiado la forma de trabajo en la empresa?, ¿En qué aspectos?
- Al momento de implementar AP, ¿con qué recursos contaba (físicos, infraestructura, maquinaria...)?
- ¿Requirió de capacitaciones para el personal?
- ¿Tuvo algún problema la puesta en práctica del sistema? Si su respuesta es afirmativa, ¿Qué medidas correctivas o ajustes al sistema a realizado?, ¿Éstas le han permitido solucionar o minimizar dichos inconvenientes?
- ¿Se contactó con alguna empresa que le facilitara la implementación del sistema?
- Desde su perspectiva, ¿Considera que es fácil de implementar AP?
- Desde el punto de vista técnico-productivo, y en relación al sistema convencional de producción ¿Qué se mejoró con el uso de AP?
- ¿Qué impactos ha tenido para su empresa la implementación de AP?



- ¿Qué tipo de beneficios considera usted que existen con la AP (económicos, ambientales, entre otros)?
- ¿Recurrió a algún tipo de financiamiento (subsidios o créditos) para adoptar la tecnología necesaria para la implementación de AP?

2) Características del sistema de AP implementado

- En el rubro que usted pertenece ¿Qué superficie considera mínima para lograr un beneficio económico de la implementación de AP?
- ¿Qué equipamiento considera usted como requerimiento mínimo para la implementación del sistema?
- ¿Qué etapas del sistema considera usted como puntos críticos?
- ¿Quiénes son los agentes involucrados o que participan del sistema de AP implementado por su empresa?
- ¿Cuáles son los criterios técnicos que ustedes utilizan para determinar la variabilidad espacial a nivel predial?

3) Preguntas generales

- ¿Cómo se entera de las novedades en tecnología o cursos de capacitación?
- ¿Asiste regularmente a reuniones, congresos, o eventos técnicos?
- ¿Dispone de asesoramiento técnico? ¿De qué tipo? ¿Con qué frecuencia?
- Mencione 3 referentes técnicos que tiene la empresa, cuando requiere solucionar problemas técnicos o para responder consultas específicas sobre el funcionamiento del sistema.
- Desde su perspectiva, ¿cree usted que le hubiese convenido esperar algún tiempo para implementar el sistema, o se encuentra conforme con la decisión?
- Desde su visión, ¿Cuáles son los desafíos que enfrenta la AP en Chile, y particularmente en su rubro?



ANEXO 2: INTERNATIONAL EXPERT QUESTIONNAIRE

STUDY

**“ANALYSIS OF PRECISION AGRICULTURE IN CHILE:
STATE OF THE ART, APPLICATION AND PERSPECTIVES**

Introduction

Chilean Ministry of Agriculture has programmed an agenda in which it has put special emphasis on information networks and technological knowledge/know how.

Within this context the Bureau of Agricultural Studies and Policies (*Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA*) has requested that the Research and Transference Center for Irrigation and Agroclimatology (*Centro de Investigación y Transferencia de Riego y Agroclimatología, CITRA*) at the Universidad de Talca propose a medium term strategic agenda related to promote Precision Agriculture in the Chilean agricultural sector.

It is hoped that a medium term vision can be developed along with a plan of action permitting public agencies in the agricultural sector to promote and coordinate a policy for innovation in the area of Precision Agriculture.

Concerning methodological aspects, the technical team at the university has considered necessary to know the opinion of international experts in order to form a world vision of the state of the art in precision agriculture.

We are asking you to kindly respond the questions that follow. Your responses will be a valuable contribution to the analysis and implementation of the Chilean proposal for this highly relevant topic.

- **Conceptual Description of Precision Agriculture**

Do you agree with the following definition?:

“Precision Agriculture (PA) is an agronomic concept of agricultural land management based on the existence of variable spatial variability in the country. It requires the use of technology such as Global Positioning Systems (GPS), sensors, satellites and aerial photographs along with Geographic Information Systems (GIS) to estimate, interpret, evaluate and understand said variations”.

YES ____

NO ____

If the answer is NO, what other element would you add to this definition?



- **Description of benefits**

For modern agriculture, what would be the main benefits of implementing precision agriculture? Number your choices (1,2,3...), being '1' the greatest benefit. Include all the options listed and add any others you may consider necessary.

	Economic Benefits (medium term cost reduction and increased profit)
	Environmental Benefits (lesser impact on natural resources)
	Benefits on efficient use of natural resources
	Marketing Benefits (business opportunities and product differentiation)
	Benefits in Technological Leadership (use of technology)
	Benefits in Agricultural Business Management (control systems, leadership, process optimization)

- **Evaluation of the benefits**

What are the indicators used to evaluate the benefits of precision agriculture?

Type of benefit	Indicators
Economic Benefits	
Economic Benefits	
Benefits on efficient use of natural resources	
Marketing Benefits	
Benefits in technological leadership	
Benefits in Agricultural Business Management	

Do you believe there are any **disadvantages** associated with implementing precision agriculture? If there were, which options provided below do you consider pertinent? Number your choices (1,2,3...), being '1' the greatest disadvantage.

	Increased production costs for producers
	Need for highly skilled personnel
	High cost of technology



- **Description of technological advances**

What are the main gaps that are seen in the agricultural sector concerning the massive implementation of precision agriculture? Number your choices (1,2,3...), being '1' the major gap. Include all the options and if necessary, add any others.

	Technological gaps (technical team/equipment)
	Human resource gaps
	Financial gaps (implementation costs)
	The trouble = it depends on the size and the type farms

What are the main challenges facing precision agriculture in the world? Taking into consideration the reduction of the described gaps, please rank your answers by order of importance.

	To train technicians for small holders ,
	To create groups of farmer to share experience (learn by the example)
	To create tools and data processing to apply precision agriculture easily. These tools have to match with growers/ farmers skills and expectations

- **Description of Precision Agriculture as a technological cluster**

I don't understand this concept of cluster, César, what do you want to mean. In your country, is it correct to speak of a Technological Cluster (value chain) associated with the development and implementation of Precision Agriculture?

Whether your answer is YES or NO, please briefly explain the reasons for your response.

Answer:

Who forms part of the Technological Cluster for precision agriculture in your country? Indicate your answers with an 'X'. If necessary, add other participants.

	Farmer associations
	Individual farmers
	Specialized retailer
	Technological brokers
	Universities and research centers
	Advisers
	Public sector (Governmental institutions)



- **Application trends:**

What are the main sectors, agricultural species and livestock production systems using precision agriculture in your country? Number the sectors in order of importance. Indicate the most important species in each sector where applicable. Please rank the species according to their importance.

Sector priority	Sector	Species	Rank
	Fruit growing		
	Viticulture		
	Olive growing		
	Livestock		
	Industrial crops		
	Horticulture		
	Others		

What trends do you visualize for the next decade concerning the implementation of precision agriculture in the world? Number the options in order of importance being '1' the major trend. Please add other trends you think are necessary.

	Massive expansion of areas of production and number of farmers
	Integration of scientific disciplines
	Precision of technological equipment
	Reduction in implementation costs



- **Governmental Policies for promoting precision agriculture**

Is there any governmental policy for promoting precision agriculture in your country?

YES	NO

If you answer YES, indicate the public institution or institutions responsible for designing and implementing policy concerning precision agriculture in your country.

This is not so clear, locally, equipments like DGPS and variable rate technology may be subsidized if proved (for example at the catchments level) that it may improve the application of pesticides -

-
-
-

Are there any incentives or subsidies in your country for farmers who adopt precision agriculture?

YES	NO

If you answer YES, indicate in which of the following areas incentives and subsidies are applied (mark with an 'X'). Add other areas if necessary.

	AREAS
	Computer technology (hardware and software)
	Agricultural machinery and equipment
	Research and development
	Diffusion activities (technological sharing, agricultural extension, exchange programs)
	Technical and professional training

- **Technological transfer in precision agriculture**

Is there any technological transfer system established in your country for the diffusion and promotion of precision agriculture?

YES	NO



If you answer YES, briefly explain the system and those involved in it.

Answer:

Could you suggest a web site where information about this policy can be found?

-
-
-



**ANEXO 3: SÍNTESIS DE RESPUESTAS DE LOS ENTREVISTADOS NACIONALES,
DE ACUERDO A CADA TEMA DE CONSULTA DEFINIDO**

TEMA CONSULTADO	SÍNTESIS DE RESPUESTAS
<p>Factores para la toma de decisiones de implementación de AP</p>	<p>e) Reducción de costos f) La calidad g) Oportunidad climáticas h) Conocimiento de la Gerencia</p>
<p>Aspectos Tecnológicos</p>	<p>En frutales y viñas</p> <p><u>Equipamiento mínimo de campo</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Estación Meteorológica - GPS - SIG - Fotografía aérea - Banderillero - Fertilización asistida - Software de trazabilidad - Software - Sistema de control de almacenamiento <p><u>Precisión en la planta de proceso</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Control de calidad - Control Remoto de clientes <p>En Cereales</p> <p><u>Equipamiento mínimo de campo</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - GPS - SIG - Banderillero satelital - Fotografía aérea <p><u>Mecanización Agrícola</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Información trilladora - Software de trazabilidad
<p>Desarrollo de Cluster Tecnológico</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe definir el concepto de AP en Chile - Se debe definir cluster de AP - Se deben definir los agentes que participan en el cluster - Se debe fomentar el emprendimiento de empresas de servicios - Se debe definir los objetivos de la AP, en función de a realidad nacional
<p>Dificultades de implementación</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Interpretación de la información - Factor económico - Capacitación - Asistencia Técnica - Vinculación con Universidades y Centros de Investigación y TT - Líneas de comunicación en sectores rurales (telefonía IP)
<p>Necesidades en asesoría, asistencia técnica y/o capacitación</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de datos - Mapeo de suelos - Diseño de Riego según características del terreno - Recomendaciones y Sugerencias



<p>Financiamiento para implementación (Instrumentos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se requiere sistematizar y difundir los instrumentos de fomento - Faltan gestores tecnológicos
<p>Métodos de transferencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar días de campo - Fortalecer los GTT, PRODESAL y PDP - Desarrollar la experiencia de Argentina y Brasil - Colegios codesser
<p>Claves de implementación</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Broker tecnológico - Asistencia Técnica - Investigación aplicada - Giras personalizadas por empresa - Difusión de equipamiento y maquinaria - Definir Unidad de superficie mínima por rubro - Capacitación al equipo de trabajo - Transferencia Tecnológica desde el extranjero - Mecanización/Racionalización
<p>Beneficios de la AP</p>	<p>Gestión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permite ver donde están los problemas - Programación del cultivo a cosecha - Estimación de rendimientos - Soporte equipamiento - Modernidad - Permite definir índices de cosecha y manejar la calidad <p>Comerciales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor Calidad del producto - Garantiza calidad - Herramienta de Marketing - Competitividad <p>Ambientales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestión del recurso hídrico - Sustentabilidad y equilibrio del medio - Reducción de la contaminación <p>Económicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de costos
<p>Expectativas de un Política Pública</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Definir la intencionalidad política - Definir acciones concretas - Generar confianza para desarrollar AP - Vinculación Pública, Privada y Centros de Investigación - Entregar información de instrumentos de fomento - Financiamiento - Asistencia Técnica - Fomentar la Investigación Aplicada - Capacitación Técnica en AP - Capacitación empresarial - Trabajar sobre las nuevas generaciones - Incentivos a los servicios de extensión del Estado - Legislar sobre la quema de residuos



ANEXO 4: LISTADO DE ENTREVISTADOS NACIONALES E INTERNACIONALES

Especialistas Extranjeros Entrevistados

- vía encuesta electrónica -

Ing. Agr. Dr. Evandro Montovani	Investigador EMBRAPA, Brasil
Ing. Agr. Mario Bragachini, MSc.	Investigador INTA – Argentina
Dra. Annamaria Castrignano	Investigadora Consejo Nacional de Investigación Agropecuario, Italia
Prof. Dr. Bruno Basso	Universidad de Basilicata, Italia
Prof. Dr. Francesco Morari	Universidad de Padua, Italia
Dr. Veronique Bullon	Agrotic – Montpellier
Prof. Dr. Bruno Tisseyre	Profesor e investigador del Agro-Montpellier,
Prof. Dr. Jess Lowenberg DeBoer	Profesor e Investigador Universidad de Purdue, EUA
Prof. Dr. Lee F. Johnson	Earth Systems Science and Policy, California State University Monterey Bay, Seaside, CA
Prof. Dr. James Arnold Taylor	Australian Centre for Precision Agriculture (University of Sydney), Australia.
Dr. Rob Bramley	CSIRO Land and Water PMB No. 2, Glen Osmond, SA 5064, Australia

Especialistas Nacionales Entrevistados

- entrevista personal-

Entrevistas Realizadas	
Ricardo Marín	Viña Calina, Talca
Ximena Torti	Viña Los Nogales, Curicó
Cristián Ortega	Olivares de Quepu, Talca
Pedro Nickelsen	Agrícola La Selva, Temuco
Jean Pierre Bertholet	Lobert, Temuco
Dr. Staley Best	Inia Quilamapu, Chillán
Gustavo Cobos	División Agrícola de Carozzi, Talca
Prof. Dr. Samuel Ortega	Investigador Citra – Universidad de Talca
César Acevedo	Investigador Citra – Universidad de Talca
Marcelo Pezoa Fuenzalida	Comercial y Asesoría Los Cipreses Limitada, Linares



ANEXO 5: PROPUESTA DE COMISIÓN ASESORA PARA EL FOMENTO DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN CHILE

GOBIERNO DE CHILE
Ministerio de Agricultura

CREA COMISIÓN ASESORA DE LA MINISTRO DE AGRICULTURA PARA EL FOMENTO DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN CHILE

SANTIAGO,

DECRETO N° _____/

VISTOS:

CONSIDERANDO:

- 1.-** Que uno de los desafíos que el Gobierno se ha planteado en materia de competitividad y desarrollo, es conducir al país hacia su consolidación como "Potencia Alimentaria y Forestal" a nivel mundial, para lo cual se requiere impulsar una estrategia nacional integrada y remover los obstáculos o restricciones que impidan la sustentabilidad de dicha estrategia.
- 2.-** Que la producción agrícola moderna requiere optimizar el uso de los recursos naturales, para lo cual se hace indispensable un manejo agronómico de alto nivel tecnológico, tanto para la obtención de altos rendimientos y calidad de los productos agrícolas, como por la necesidad de reducir los costos de producción frente a mercados cada vez más competitivos.
- 3.-** Que lo anterior es posible a través de la utilización de un conjunto de tecnologías avanzadas que permiten medir y manejar la variabilidad espacial y temporal presente en los campos, aumentando su eficiencia productiva y disminuyendo el impacto ambiental.
- 4.-** Que para enfrentar este desafío se requiere integrar y aunar los esfuerzos de diversos sectores y organismos públicos, coordinando y dirigiendo sus políticas y acciones hacia el diseño e implementación de una estrategia nacional para el fomento de la Agricultura de Precisión.



5.- Que para dichos efectos, se requiere contar con una comisión asesora ministerial integrada por todos los sectores y organismos vinculados en el fomento y desarrollo de la Agricultura de Precisión, que preste su colaboración al Ministerio de Agricultura en el diseño e implementación de dicha estrategia nacional.

DECRETO:

Artículo 1.- Créase una Comisión asesora de la Ministra de Agricultura para el fomento de la Agricultura de Precisión, que tendrá la misión de asesorarla en todo cuanto diga relación con la identificación, formulación y ejecución de una estrategia nacional y de las políticas, planes, programas, medidas y demás actividades relativas al desarrollo e implementación de la Agricultura de Precisión en Chile. Dicha comisión servirá de instancia de coordinación entre los organismos con competencias asociadas a dichas materias.

Artículo 2°.- Para el cumplimiento de su función, corresponderá a la Comisión, en especial, las siguientes tareas:

- a) Formular y proponer una Estrategia Nacional para el fomento de la Agricultura de Precisión, así como las medidas, planes y programas tendientes a su ejecución y cumplimiento.
- b) Servir de instancia de coordinación para la aplicación de la estrategia nacional y de los programas, planes y medidas que en ese marco se implementen.
- c) Servir de instancia de coordinación de los organismos públicos que tengan competencias asociadas al fomento de la Agricultura de Precisión
- d) Las demás tareas que sean necesarias y pertinentes para el cumplimiento de su cometido de asesoría a la Ministra de Agricultura.

Artículo 3°.- La Comisión para el Fomento de la Agricultura de Precisión será presidida por la Ministra de Agricultura y estará integrada por los siguientes miembros:

- a) El Subsecretario de Agricultura.
- b) El Director Nacional del Instituto de Investigación Agropecuario.
- c) El Director Nacional del Instituto de Desarrollo Agropecuario
- d) El Director Ejecutivo del Centro de Información de los Recursos Naturales
- e) El Director Ejecutivo de la Fundación para la Innovación Agraria



- f) El Director Ejecutivo del Programa INNOVA de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).
- g) El Director del Servicio Nacional de Capacitación y Empleo
- h) El Presidente del Consejo de Decanos de las Facultades de Ciencias Agrarias del Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas.
- i) El Presidente de la Federación de Productores de Frutas de Chile (FEDEFruta)
- j) El Presidente de la Sociedad Nacional de Agricultura.
- k) El Presidente del Movimiento Unitario Campesino y Etnias de Chile.

Sin perjuicio de lo anterior, la Comisión podrá invitar a participar a otros funcionarios de la Administración del Estado, así como a personalidades de reconocida competencia de los ámbitos científico-tecnológico y académico, funcionarios públicos de alto nivel, expertos o personas, nacionales o extranjeras, relacionadas con la temática de la Agricultura de Precisión.

Artículo 4°.- La conducción de la Comisión corresponderá a su Presidenta, quien impulsará las actividades necesarias para el cumplimiento de las tareas de la Comisión.

La Comisión contará, además, con un Secretario Ejecutivo nombrado por su Presidenta, quien le asistirá en el cumplimiento de sus funciones, asumirá las tareas que se le encomienden y actuará como coordinador de la Comisión ante los organismos de la Administración del Estado.

Para apoyar el cumplimiento de su cometido, la Comisión constituirá grupos operativos interinstitucionales por área o especialidad, cuya integración y cometido específico serán definidos por acuerdo de la Comisión.

Los integrantes de la Comisión y de los grupos operativos que aquella constituya, desempeñarán sus funciones ad honorem.

Artículo 5°.- La Comisión se reunirá con la periodicidad que acuerde y cuando la convoque su Presidenta. En todo caso, celebrará a lo menos tres sesiones ordinarias en el año.

La Comisión fijará las demás normas para su funcionamiento, por unanimidad de sus integrantes, en la sesión constitutiva.



Artículo 6°.- El apoyo técnico y administrativo que se requiera para el funcionamiento de la Comisión será proporcionado por el Ministerio de Agricultura, a través de su Subsecretaría.

Artículo 7°.- Los órganos de la Administración del Estado y sus directivos y funcionarios deberán prestar, dentro del ámbito de sus respectivas competencias y atribuciones, la colaboración que la Comisión les solicite para el cumplimiento de su cometido.

TÓMESE RAZÓN, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE.

**MARIGEN HORNKOHL VENEGAS
MINISTRA DE AGRICULTURA**



ANEXO 6: COSTOS OPERACIONALES PARA UNA EXPLOTACIÓN DE MAÍZ, CON Y SIN AGRICULTURA DE PRECISIÓN

SIN AP				CON AP					
ITEM	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Total	ITEM	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Total
ARRIENDO					ARRIENDO				
Costo arriendo	400	Ha	150.000	60.000.000	Costo arriendo	400	Ha	150.000	60.000.000
				Total					Total
				60.000.000					60.000.000
				154.639					154.639
MAQUINARIA					MAQUINARIA				
Rastras	276,5	Ha	14.000	7.742.000	Rastras	276,5	Ha	14.000	7.742.000
Staras	166,4	Ha	25.000	8.320.000	Staras	166,4	Ha	25.000	8.320.000
Rotura de pretiles	58,05	Ha	14.000	1.625.400	Rotura de pretiles	58,05	Ha	14.000	1.625.400
Roto fresadora 1	104,9	Ha	25.000	5.245.000	Roto fresadora 1	104,9	Ha	25.000	5.245.000
Roto fresadora 2	61,5	Ha	28.000	3.444.000	Roto fresadora 2	61,5	Ha	28.000	3.444.000
Roto fresadora 3	16,4	Ha	24.000	787.200	Roto fresadora 3	16,4	Ha	24.000	787.200
Pinochío	117,1	Ha	20.000	4.684.000	Pinochío	117,1	Ha	20.000	4.684.000
Siembra 1	60,8	Ha	22.000	2.675.200	Siembra 1	60,8	Ha	22.000	2.675.200
Siembra 2	177,9	Ha	2.000	711.600	Siembra 2	177,9	Ha	2.000	711.600
Arreguadora	224,9	Ha	5.000	2.249.000	Arreguadora	224,9	Ha	5.000	2.249.000
Fumigación	125,75	Ha	14.000	3.521.000	Fumigación	125,75	Ha	14.000	3.521.000
Cultivador 1	57,25	Ha	13.000	1.488.500	Cultivador 1	57,25	Ha	13.000	1.488.500
Cultivador 2	36,2	Ha	75.000	5.430.000	Cultivador 2	36,2	Ha	75.000	5.430.000
Cosecha 1	82,1	Ha	60.000	9.852.000	Cosecha 1	82,1	Ha	60.000	9.852.000
Cosecha 2	59,6	Ha	65.000	7.748.000	Cosecha 2	59,6	Ha	65.000	7.748.000
Cosecha 3	141,7	Ha	15.000	4.251.000	Cosecha 3	141,7	Ha	15.000	4.251.000
Arriendo tractores para cosecha	52	hrs	13.000	1.352.000	Arriendo tractores para cosecha	52	hrs	13.000	1.352.000
Arriendo retroexcavadora					Arriendo retroexcavadora				
				Total					Total
				71.913.100					71.913.100
				Costo maquinaria/ha					Costo maquinaria/ha
				185.343					185.343
INSUMOS					INSUMOS				
Semilla	375	Bolsa	47.791	35.843.250	Semilla	375	Bolsa	47.791	35.843.250
Mezcla Fertilizante (17-20-20)	117	ton	228.900	53.562.600	Mezcla Fertilizante (17-20-20)	81,9	ton	228.900	37.493.820
Urea	112,2	ton	230.000	51.612.000	Urea	78,54	ton	230.000	36.128.400
Urea	3,8	ton	260.000	1.976.000	Urea	2,86	ton	260.000	1.383.200
On Duty	2.394	Kg	223.003	1.067.738	On Duty	1.6758	Kg	223.003	747.417
Dash	145	Lt	3.471	1.006.590	Dash	101,5	Lt	3.471	704.613
Convey	12.3875	Kg	181.453	4.495.498	Convey	8,67125	Kg	181.453	3.146.849
Gesaprim	240	Kg	2.987	1.433.760	Gesaprim	168	Kg	2.987	1.003.632
Touchn IQ	100	Lt	2.877	575.400	Touchn IQ	70	Lt	2.877	402.780
MTD600+Decis	1	Lt	207.515	415.030	MTD600+Decis	0,7	Lt	207.515	290.521
Option pro	4,2	Kl	124.112	1.042.541	Option pro	2,94	Kl	124.112	729.779
N-boron, Poly zn				3.480.476	N-boron, Poly zn				3.480.476
Option pro				1.498.450	Option pro				1.498.450
On duty	5,13	kg	218.890	2.245.811	On duty	3,591	kg	218.890	1.572.068
				Costo total insumos					Costo total insumos
				160.255.145					124.425.254
				Costo insumos/ha					Costo insumos/ha
				413.029					320.684
FLETES					FLETES				
Fletes 1	1649750	Kg	3	8.578.700	Fletes 1	1649750	Kg	3	8.578.700
				Costo total fletes					Costo total fletes
				8.578.700					8.578.700
				Costo flete/ha					Costo flete/ha
				22.110					22.110



MAMO DE OBRA		MAMO DE OBRA	
Sueldos Agosto	703.629	Sueldos Agosto	703.629
Sueldos Septiembre	703.629	Sueldos Septiembre	703.629
Sueldos octubre	887.432	Sueldos octubre	887.432
Sueldos Noviembre	2.589.013	Sueldos Noviembre	2.589.013
Sueldos Diciembre	3.310.338	Sueldos Diciembre	3.310.338
Sueldos Enero	2.956.366	Sueldos Enero	2.956.366
Sueldos Febrero	3.243.495	Sueldos Febrero	3.243.495
Sueldos Marzo	616.572	Sueldos Marzo	616.572
Sueldos Abril	893.082	Sueldos Abril	893.082
Sueldos Mayo	1.044.933	Sueldos Mayo	1.044.933
Sueldos Junio	1.227.754	Sueldos Junio	1.227.754
Sueldos Julio	3.306.570	Sueldos Julio	3.306.570
Costo total mano de obra		Costo total mano de obra	
21.482.813		21.482.813	
Costo mano de obra/ha		Costo mano de obra/ha	
55.368		55.368	
MATERIALES Y OTROS		MATERIALES Y OTROS	
Acetfe y combustible motobomba	24.000	Acetfe y combustible motobomba	24.000
Contribuciones	183.657	Contribuciones	183.657
Pago Plan telefono Trabajador	12.047	Pago Plan telefono Trabajador	12.047
Medidor luz=Mantenccion motor	12.103	Medidor luz=Mantenccion motor	12.103
Arriendo aguas	120	Arriendo aguas	72
Pagos de luz	992	Pagos de luz	992
Gastos Administrativos	21.770.772	Gastos Administrativos	21.770.772
Administrador de Campo	13.407.278	Administrador de Campo	13.407.278
Costo total materiales		Costo total materiales	
37.648.449		33.321.249	
Costo materiales /ha		Costo materiales /ha	
97.032		85.880	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
Kilos humedos	Rend x Ha. 3.299.500	Kilos humedos	Rend x Ha. 3.299.500
qqm/ha humedos	Unid. \$ Maiz 160	qqm/ha humedos	Unid. \$ Maiz 160
Kilos secos	85 qq/ha 16.000	Kilos secos	85 qq/ha 16.000
Kilos/has	2.901.518 KILOS	Kilos/has	2.901.518 KILOS
	7.478 Kilos/ha		7.478 Kilos/ha
qqm/ha secos	75 qq/ha 16.000	qqm/ha secos	75 qq/ha 16.000
Costo total	359.878.207	Costo total	319.721.116
qq/ha. A PAGO	75	qq/ha. A PAGO	75
Costo total/ha	927.521	Costo total/ha	824.023
MARGEN EJERCICIO		MARGEN EJERCICIO	
927.521		824.023	
COSTO TOTAL / Ha.		COSTO TOTAL / Ha.	
1.196.502		1.196.502	
INGRESO TOTAL / Ha		INGRESO TOTAL / Ha	
268.981		372.479	
UTILIDAD POR HECTAREA		UTILIDAD POR HECTAREA	
104.364.654		144.521.745	



ANEXO 7: COSTOS DE INVERSIÓN PARA UNA EXPLOTACIÓN DE MAÍZ

ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
1. Equipos de Recolección de Datos				
Posicionador satelital DGPS Csi GBX 12	Un	1	1.584.000	1.584.000
Monitor de Rendimiento				
- Consola Ag Leader PF 3000	Un	1	1.512.500	1.512.500
- Kit de Monitoreo	Un	1	2.035.000	2.035.000
- Instalación	Un	1	500.000	500.000
Estaciones meteorológicas con telemetría y conexión Internet				8.190.000
Equipo NIR				20.308.000
Moto 4 ruedas				1.989.000
Pistola termal				9.683.000
Computadores				1.700.000
Sistema de captura información PDA y cámara				4.792.000
Monitor rendimiento + dgps				14.334.000
Compilador Borland C++ v6				1.332.000
Cámara Digital (NIKON D200 Kit c/18-70mm)				1.790.000
2. Equipos de Aplicación				
Kit de Fertilización Variable				
- Monitor de fertilización	Un	1	1.182.500	1.182.500
- Motor Accu-Rate	Un	1	2.029.500	2.029.500
- Consola Accu-Rate	Un	1	709.500	709.500
- Radar	Un	1	330.000	330.000
- VRT	Un	1	660.000	660.000
- Instalación	Un	1	440.000	440.000
3. Equipos de Almacenamiento y Procesamiento de datos				
Hardware para procesamiento de datos				
- Tarjeta de memoria SRAM PCMCIA Centennial de 1 MB	Un	1	82.500	82.500
- Lector de tarjetas de memorias externas	Un	1	148.500	148.500
4. Análisis geoinformación				
Honorarios Especialista AP	Hrs	160	15.000	2.400.000
Personal de apoyo (carga de datos, manejo de datos)	Hrs	80	5.000	400.000
Capacitación	Hrs	96	3.000	288.000
Vuelos aéreos				4.500.000
Desarrollo de software para sistemas de captura				4.000.000
Desarrollo de software volumen vegetativo				4.000.000
Desarrollo de software Estimación rendimiento				2.000.000
Desarrollo de madures por videografía inteligente				2.000.000
Desarrollo de sistema de gestión geográfica				15.000.000
Frecuencia Diferencial DGPS				2.226.000
			TOTAL	112.146.000



ANEXO 8: FLUJO DE CAJA CULTIVO DE MAÍZ: MODELO AGRICULTURA TRADICIONAL

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
							Los costos aumentan anualmente 1,00%		
							Impuesto a la Renta (Renta Presuntiva) 17%		
INGRESOS (+)		464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861
EGRESOS (-)									
ARRIENDO		60.000.000	60.600.000	61.206.000	61.818.060	62.436.241	63.060.603	63.691.209	64.328.121
MAQUINARIA		71.913.100	72.632.231	73.358.553	74.092.139	74.833.060	75.581.391	76.337.205	77.100.577
INSUMOS		160.255.145	161.857.696	163.476.273	165.111.036	166.762.146	168.429.768	170.114.065	171.815.206
FLETES		8.578.700	8.664.487	8.751.132	8.838.643	8.927.030	9.016.300	9.106.463	9.197.528
MANO DE OBRA		21.482.813	21.697.641	21.914.618	22.133.764	22.355.101	22.578.652	22.804.439	23.032.483
MATERIALES Y OTROS		37.648.449	38.024.934	38.405.183	38.789.235	39.177.127	39.568.898	39.964.587	40.364.233
TOTAL CO		359.878.207	363.476.989	367.111.759	370.782.876	374.490.705	378.235.612	382.017.968	385.838.148
Utilidad antes de Impuesto		104.364.654	100.765.872	97.131.102	93.459.985	89.752.156	86.007.249	82.224.893	78.404.713
IMPUESTO (-)		17.741.991	17.130.198	16.512.287	15.888.197	15.257.867	14.621.232	13.978.232	13.328.801
Utilidad NETA		86.622.663	83.635.674	80.618.815	77.571.787	74.494.290	71.386.017	68.246.661	65.075.912
INVERSION		0							
Flujo de caja Anual		86.622.663	83.635.674	80.618.815	77.571.787	74.494.290	71.386.017	68.246.661	65.075.912
Flujo de caja Acumulado		0	170.258.337	250.877.152	328.448.940	402.943.229	474.329.246	542.575.907	607.651.819



ANEXO 9: FLUJO DE CAJA CULTIVO DE MAÍZ: MODELO AGRICULTURA DE PRECISIÓN

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	
										Los costos aumentan anualmente 1,00% Impuesto a la Renta (Renta Presuntiva) 17%
INGRESOS (+)		464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861	464.242.861	
EGRESOS (-)										
ARRIENDO		60.000.000	60.600.000	61.206.000	61.818.060	62.436.241	63.060.603	63.691.209	64.328.121	
MAQUINARIA		71.913.100	72.632.231	73.358.553	74.092.139	74.833.060	75.581.391	76.337.205	77.100.577	
INSUMOS		124.425.254	125.669.507	126.926.202	128.195.464	129.477.418	130.772.192	132.079.914	133.400.714	
FLETES		8.578.700	8.664.487	8.751.132	8.838.643	8.927.030	9.016.300	9.106.463	9.197.528	
MANO DE OBRA		21.482.813	21.697.641	21.914.618	22.133.764	22.355.101	22.578.652	22.804.439	23.032.483	
MATERIALES Y OTROS		33.321.249	33.654.462	33.991.006	34.330.916	34.674.225	35.020.968	35.371.177	35.724.889	
TOTAL CO		319.721.116	322.918.327	326.147.511	329.408.986	332.703.076	336.030.106	339.390.407	342.784.311	
Utilidad antes de Impuesto		144.521.745	141.324.534	138.095.351	134.833.875	131.539.786	128.212.755	124.852.454	121.458.550	
IMPUESTO (-)		24.568.697	24.025.171	23.476.210	22.921.759	22.361.764	21.796.168	21.224.917	20.647.953	
Utilidad NETA		119.953.048	117.299.363	114.619.141	111.912.117	109.178.022	106.416.587	103.627.537	100.810.596	
INVERSION		-112.146.000								
Flujo de caja Anual		-112.146.000	119.953.048	117.299.363	114.619.141	111.912.117	109.178.022	106.416.587	103.627.537	
Flujo de caja Acumulado		-112.146.000	7.807.048	125.106.411	239.725.552	351.637.669	460.815.691	567.232.278	670.859.814	
Tasa de Descuento		10%	12%	15%	20%					
Valor Actual Neto (V.A.N.)		440.420.851	396.988.504	341.222.976	267.878.345					
Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)		104,39%								
Período de Recuperación del Capital (P.R.C.)		1 Año	Primer año en que flujo acumulado es positivo							