



# Informe final técnico y de difusión

## Proyecto INIA-FIA

### "Optimización del Rendimiento, Calidad y Rentabilidad en la Producción de Trigo a través del Uso más Eficiente de Fertilizantes, Mediante la Metodología de Agricultura de Precisión"

CODIGO FIA-PI-L-2005-1-A-006

Chillán, agosto de 2009

OFICINA DE PARTES 2 FIA RECEPCIONADO	
Fecha	31 AGO 2009 8:30
Hora	.....
Nº Ingreso	6956

## Índice general

<b>I. ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	2
<b>II.RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	4
<b>III.- INFORME TÉCNICO (TEXTO PRINCIPAL).....</b>	5
1.Objetivos del Proyecto.....	5
2. Metodología del Proyecto.....	6
3. Actividades del Proyecto.....	33
4. Resultados del Proyecto.....	43
5. Fichas Técnicas y Análisis Económico.....	75
6. Impactos y Logros del Proyecto.....	113
7. Problemas Enfrentados Durante el Proyecto.....	114
<b>iv.- INFORME DE DIFUSIÓN.....</b>	114
<b>V. ANEXOS.....</b>	125

# I. ANTECEDENTES GENERALES

- Código  
CODIGO FIA-PI-L-2005-1-A-006

- Nombre del Proyecto

"Optimización del Rendimiento, Calidad y Rentabilidad en la Producción de Trigo a través del Uso más Eficiente de Fertilizantes, Mediante la Metodología de Agricultura de Precisión

- Región o Regiones de Ejecución

Las regiones de ejecución (VIII y IX) originalmente propuestas corresponde a las que en definitiva se desarrolló el proyecto. En las figuras a continuación presentadas, se muestra la ubicación e de los predios.

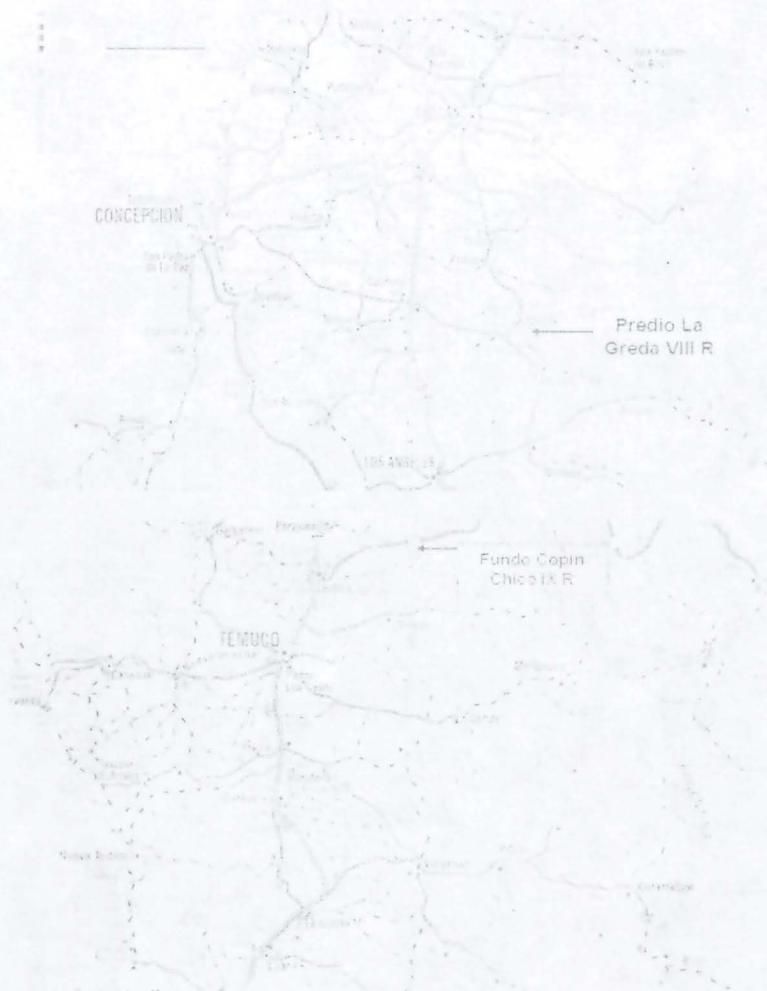




Fig. 1. Ubicación de zonas de ensayo en el proyecto, VIII y IX regiones.

- Agente Ejecutor  
**Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)**
- Agente(s) Asociado(s) (*Originalmente planteados en la propuesta y los efectivos*)  
Corresponden a los mismos agentes asociados (productores) propuestos en el proyecto original, esto son:

Empresa Lobert S.A. (Temuco)  
 Empresa Agromaster S.A. (Valdivia)  
 Agricultor. Sr. (José Gabriel Muñoz Muñoz)

- Coordinador del Proyecto  
Ing. Agr. Lorenzo Francisco León Gutiérrez., sucediendo al Sr. Marcelino Claret M., quien realizó la presentó la propuesta original, habiendo realizado además la gestión del mismo durante la primera temporada. Dicho reemplazo se produjo por la iniciación de estudios de postgrado del Sr. Claret.

- Costo Total (*Programado y Real*)

El costo total de la iniciativa tanto programado como real asciende a \$ 243.560.265.-

(Extraído de Contrato para la ejecución del proyecto de innovación, firmado entre INIA y FIA con fecha 2 de octubre de 2006)

- Aporte del FIA (en pesos; porcentaje del costo total) (*Programado y Real*)

El aporte final de FIA, tanto programado como real asciende a \$ 95.127.648.-

- Período de Ejecución (*Programado y Real*)

El período de ejecución (programado en el contrato de ejecución)

- FECHA DE INICIO ORIGINAL/final: 02 de octubre de 2006 (firma de contrato)
- FECHA DE TÉRMINO ORIGINAL/FINAL: 28 de agosto de 2009 (entrega de informe final).

## II. RESUMEN EJECUTIVO

La problemática general que da origen a la presente propuesta reside en el hecho que el cultivo del Trigo necesita de una renovación tecnológica, utilizando nuevas herramientas en su manejo, que permitan mejorar algunos de los problemas coyunturales actuales, tales como: rendimiento y calidad heterogénea, ausencia de trazabilidad e impacto sobre el ambiente, por uso ineficiente de fertilizantes. La respuesta a estas necesidades la puede entregar la Agricultura de Precisión (en adelante AP), tecnología aplicada con éxito a la agricultura por varios países del mundo. Atendiendo al carácter piloto y exploratorio que expresa esta convocatoria, se han seleccionado tres agricultores en tres regiones (VIII, IX y X), dos tipos de trigo (primaverales e invernales) y dos condiciones hídricas (riego y seco), que puedan expresar la variabilidad propia de este cultivo en el país, eligiendo para ello tres regiones que aportan aproximadamente el 70 % de la producción de trigo harinero nacional.

Como conclusiones y análisis generales de la iniciativa desarrollada, en relación a los objetivos propuestos., podemos señalar:

- Ha sido posible el evaluar con éxito la aplicación de la AP, en relación a la optimización del rendimiento y la calidad del trigo, en particular, referido a la comprobación de la variabilidad espacial del rendimiento y de la calidad y, cuya estructura espacial (diferenciación de zonas) determina la posibilidad cierta de hacer manejo diferenciado. Por otra parte, se ha comprobado que el uso eficiente de los fertilizantes a través de AP conduce a una importante reducción en la carga de fertilizantes, sin comprometer el rendimiento y la calidad en el cultivo, y disminuyendo asimismo el impacto que actualmente tiene sobre los acuíferos la fertilización nitrogenada convencional. Este estudio de carácter exploratorio no tiene precedentes en Chile, por lo que la multiplicidad de temas abordados en la iniciativa, lo que contribuye notablemente en sentar las bases para nuevas metodologías de trabajo y la entrada de la aplicación técnica por parte de compañías de servicio en el ámbito de la maquinaria, fertilización, entre otras.

- En términos productivos, ha sido posible el determinar zonas con comportamiento diferencial en el crecimiento del cultivo, condiciones propicias para un manejo diferenciado a través del uso de maquinaria. Los protocolos de medición resultan ser replicables toda vez que corresponden a equipamientos que pueden ser arrendados a empresas de servicios (como es el caso de la fotografía multiespectrales, rastra electromagnética y crop circle), en conjunto con nuevas herramientas de análisis emergentes en el último año (fotografía satelital, entre otras). El análisis de la información llevada a un contexto espacial es un tema permanente mente abordado (y que seguirá siendo trabajado) en orden a que la información base sirva para un uso de los productores / técnicos, independientemente; sin dejar de contar con el respaldo que puede brindar INIA u otra entidad en el tema.
- En relación a los parámetros asociados a La Calidad de grano en términos espaciales (zonificación según categorías de proteínas) ha sido analizada en el proyecto, mostrándose altamente variable, lo cual justifica la intervención mediante AP para optimizar los tenores de proteína. En este sentido los factores que influyen, al igual que en la variable rendimiento son diversos, los que, sin embargo pueden ser definidos y manejados mediante la incorporación de las tecnologías asociadas a la AP.
- En el presente proyecto se ha obtenido un resultado del Impacto ambiental altamente favorable a la aplicación de tecnologías asociadas a la AP, al poder realizar una fertilización optimizada, en donde la carga de fertilizantes nitrogenados es menor, sin comprometer rendimiento y calidad y con el consiguiente beneficio en términos de menor percolación hacia las napas subterráneas.
- A través del proyecto se generaron distintas instancias de extensión de la tecnología de AP aplicada, la que ha correspondido a difusión en días de campo, charlas a los agricultores, paginas web entre otras, las que suscitaron el interés del medio y se cumplió con la meta de realizar una extensión de la tecnologías en términos de sus aplicaciones y potencialidades.

### **III. INFORME TÉCNICO (TEXTO PRINCIPAL)**

#### **1. Objetivos del Proyecto:**

##### **Objetivos Generales**

Optimizar el rendimiento, calidad y rentabilidad de la producción de trigo, a través del uso más eficiente de fertilizantes mediante la metodología de AP, evaluar su

viabilidad técnico-económica, difundir la tecnología a los productores y evaluar su impacto sobre las aguas subterráneas.

### **Objetivos Específicos**

1. Introducir y adaptar a las condiciones del manejo del cultivo los equipos y principios de la AP, para un manejo diferencial de la fertilización, identificando zonas de alto y bajo potencial productivo, que derive en una metodología replicable, para optimizar el rendimiento del trigo harinero.
2. Analizar parámetros de calidad del grano, en el cultivo del trigo harinero, con el fin determinar la heterogeneidad en la producción actual y evaluar la mejor forma de homogenizar estos parámetros utilizando la tecnología de AP aplicada a la fertilización.
3. Evaluar el impacto ambiental de la innovación versus el manejo tradicional de la fertilización, analizando concentración de nitratos en las aguas subterráneas.
4. Difundir la nueva metodología introducida al sector triguero, mediante seminarios, boletines, días de campo, e-learning y página web y capacitar a productores en el uso de principios y equipos de la AP.

## **2.- Metodología del Proyecto:**

### **Marco General**

Las áreas de estudio estuvieron localizadas en tres regiones, VIII, IX y X. El agricultor de la octava región produce trigo bajo riego con pivote central. El pivote cubre una superficie de 70 ha, la cual se usó como área de estudio. Las empresas de la IX y X región, producen trigo esencialmente de invierno en condiciones de secano, las áreas de estudio determinadas para ellos son 50 ha físicas.

### **Implementación de SIG para las Áreas de Estudio**

La tecnología a utilizar requirió de la incorporación de los predios de las áreas de estudio a un sistema digital. Para ello se usó el sw SIG ArcView, de amplio uso en

el mundo para ingresar la información del proyecto, tales como límites y divisiones internas del predio e información de suelos .

Se estableció para el SIG de cada predio una escala de trabajo, que se estima en 1:20.000. Se digitalizó el material cartográfico recopilado y se ingresó directamente los de formato digital, tales como fotos aéreas, ortofotos, o imágenes satelitales.

La información alfanumérica fue ingresada mediante la digitación a tablas con formato dbf de excell o directamente al SIG utilizando las tablas de atributos del SW.

Las bases de las tres áreas pilotos fueron implementadas y manejadas por el coordinador principal y alterno con sede en el INIA - Quilamapu en la VIII región, y los de la IX y X regiones con el apoyo de una investigadora también especialista en SIG del INIA Carillanca en Temuco.

La base SIG implementada permitió por un lado, una rápida visualización de los potreros en estudio y sus características y por otro el ingreso de los datos generados por la rastra eléctrica, las imágenes aéreas multiespectrales, monitores de rendimiento, análisis de calidad, muestreos y monitoreos de fertilidad de suelos, ensayos de fertilidad y lixiviación de nitrógeno. Esto permitió además manejar toda la información integrada y generar nueva información como mapas de NDVI, de rendimiento y calidad y clases de suelo.

El SIG tiene como ultimo fin el mostrar a los socios las ventajas de manejar la información espacial y temporalmente, para motivar el interés que permita traspasar conocimiento en AP mediante una capacitación continua el manejo de la base de datos de su predio.

## **Evaluaciones del Suelo**

### **Rastra Eléctrica**

Se evaluó la Conductividad Eléctrica (en adelante CE) del suelo, utilizando una "Rastra Eléctrica" o "EM38". Este equipo es nueva herramienta que actualmente es utilizada para la subdivisión de suelos en áreas de propiedades semejantes. La CE de los suelos puede definirse como la aptitud de éstos para transmitir la corriente eléctrica. Múltiples factores contribuyen a la variabilidad de la CE, tales como los que afectan la conductividad de agua en el suelo, agregación del suelo (agentes cementantes tales como la arcillas, materia orgánica, y estructura del suelo), electrolitos en la solución del agua (salinidad, iones, contenido de humedad del suelo, y temperatura del suelo), y la conductividad de la fase mineral (tipo y cantidad de minerales). A pesar de las múltiples causas que producen la variabilidad de la CE, mediciones de CE han podido ser relacionadas a factores

individuales que limitan el uso y productividad de los suelos tales como salinidad, contenido de arcilla, profundidad de suelos, humedad del suelo, entre otras.

Este equipo entregó datos de CE que fueron procesados estadísticamente e interpolados con el módulo de Análisis Espacial de ArcView, para obtener mapas que mostraron como estos factores están distribuidos en un potrero. Lo anterior permitió zonificar áreas homogéneas dentro del potrero, que permitirán focalizar los muestreos físicos y químicos propios de la metodología de AP.

### **Análisis Químicos de Suelos**

Para la metodología AP al igual que los muestreos físicos, se seleccionaron en el SIG, una zona homogénea de suelo, se introdujeron las coordenadas de cada zona a un GPS diferencial montado en una moto de cuatro ruedas, extrayéndose las muestras en los puntos seleccionados.

A partir del primer año de proyecto se evaluó la fertilización tradicional, los rendimientos y calidad obtenidas por el agricultor. A partir del segundo año y en adelante se aplicó la fertilización con AP, y se evaluaron sus resultados en rendimiento y calidad. En parcelas experimentales que consideraron el esquema de trabajo de AP

Es importante señalar que se ha considerado que el segundo año de proyecto la fertilización con AP se realizó en un potrero distinto al del inicio, considerando la rotación de cultivos. Solo el tercer año se evaluó el mismo potrero del inicio de proyecto, sin embargo, el equipo técnico de AP ha considerado que las evaluaciones son igualmente válidas desde el punto de vista implementación de un protocolo metodológico para la aplicación de la fertilización con AP.

### **Evaluaciones de Planta**

#### **Muestreo de plantas para balance de nutrientes**

Para realizar un adecuado balance de nutrientes, que permitieran evaluar, la eficiencia del uso del nitrógeno en el sistema tradicional versus AP, fue necesario realizar además de los análisis de fertilidad de suelos, análisis de extracción de nutrientes, para lo cual se extrajeron plantas de trigo completas para analizar contenido de nutrientes totales.

Las plantas fueron analizadas en el Laboratorio de Fertilidad de INIA – Quilamapu, siendo lavadas y secadas en horno con flujo forzado, posteriormente molidas y analizadas. Los análisis comprenderán los macronutrientes esenciales NPK, más el micronutriente azufre.

## **Muestreos para obtención de índices y mapas de área foliar**

Como ya se señaló en Antecedentes y Justificación de proyecto, el IAF es una buena expresión del estado general de la planta dado que controla muchos procesos vitales de la planta como la fotosíntesis, respiración y mantenimiento del equilibrio térmico (transpiración) de la planta.

Baret y Guyot y otros investigadores han definido la alta correlación que presenta el IAF con la refracción espectral de la vegetación en el rojo e infrarrojo cercano. Los muestreos para IAF, se utilizaron entonces para correlacionar con las fotos multiespectrales, que se tomaron en los meses que el servicio estuvo disponible en el país.

## **Evaluación de plagas y enfermedades**

Durante el desarrollo del proyecto los, realizarán observaciones del desarrollo fenológico y presencia de plagas o enfermedades en el cultivo. Estos datos de campo serán valiosos para el análisis general del manejo tanto de tipo tradicional como con la metodología AP. La información permitirá tomar algunas decisiones técnicas que contribuyan a mantener cultivos sanos que no enmascaren los resultados de la variable principal, cual es, la fertilización del cultivo.

En este punto es muy relevante la participación de los socios, con permanencia en la zona de estudio, lo que informaron al coordinador principal y/o alterno, de cualquier problema de esta naturaleza que se presente. También el técnico del proyecto fue adecuadamente capacitado por los especialistas en manejo de trigo, de tal forma que aprovechando sus trabajos en las zonas de estudio.

## **Desarrollo vegetativo diferencial del cultivo**

Otros dos métodos para zonificar que probaron este proyecto, han sido:

- Las imágenes multiespectrales (plataforma aérea)
- Uso de Crop circle (proximal sensing, plataforma terrestre)

Ambas metodologías utilizan el mismo principio ya explicado anteriormente sobre la respuesta de la vegetación en el rojo y el infrarrojo cercano de las bandas espectrales de la radiación solar.

Las imágenes serán fueron por una empresa de servicio con una cámara multiespectral Duncan Tech, en aquellos períodos en que la cámara estuvo disponible en nuestro país (desde octubre hasta marzo).. Para enfrentar el

problema de cubrir los periodos en que no había disponibilidad de vuelos y captura de imágenes multiespectrales, el proyecto hizo uso de un instrumento denominado "crop circle", que es un equipo de uso en tierra, tanto en forma manual como también montado sobre un tractor o una moto cuatro ruedas.

Ambos métodos pueden registrar la refracción de luz solar incidente sobre las plantas en el rojo e infrarrojo cercano.

En el caso de la cámara, las imágenes multiespectrales, son corregidas radiométricamente, georeferenciadas y mosaiqueadas, mediante software especializados de percepción remota. Luego son procesadas mediante sw de análisis espacial, donde son clasificadas en distintos niveles de vigor, mapeadas y representadas en mapas según su estado de desarrollo y estrés.

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

Ambas metodologías presentan ventajas y desventajas en las condiciones geográfico-climáticas del estudio.

Las imágenes cubren mayor superficie, pero están sujetas a que el avión pueda volar en días, sin lluvia y libres de nubes durante el desarrollo de los dos primeros tercios del cultivo, lo que es menos probable en la IX y X, dado que a medida que avanzamos hacia el sur del país aumenta la precipitación.

Por otra parte el CropCircle, se puede utilizar en condiciones climáticas más adversas, por que no necesita del avión, sin embargo, se puede cubrir bastante menos superficie en una misma unidad de tiempo.

Los resultados de clases de vigor del cultivo serán correlacionados con rendimiento y calidad del trigo obtenido

## **Ensayos y Evaluaciones**

### **Trigo en Condiciones de Riego (VIII región)**

#### **Riego con pivote central y mediciones de humedad de suelo**

Las condiciones del área de estudio de trigo en la VIII región, son de riego bajo pivote central. El equipó fue manejado el primer año por el agricultor en la forma habitual, sin interferencia de los investigadores.

## **Información meteorológica**

La información meteorológica, necesaria para una buena evaluación del cultivo fue obtenida desde una estación meteorológica Campbell CR10X (perteneciente al programa de meteorología del INIA), instalada en el mismo predio del agricultor. De esta estación se obtuvo información de: T°, Humedad Relativa, velocidad y dirección del viento, precipitación y radiación solar.

## **Trigo en Condiciones de Secano (IX y X regiones)**

### **Monitoreo de la humedad del suelo e información meteorológica**

En las áreas de estudio del secano (IX y X), la humedad del suelo tubo monitoreos durante todo el desarrollo del cultivo, con la sondas TDR y FDR, para cubrir adecuadamente las necesidades de estas áreas. Las sondas han sido un aporte al proyecto del programa de AP del INIA.

En las dos áreas de secano las condiciones meteorológicas cumplen un rol fundamental, por cuanto la eficiencia del uso de los fertilizantes por el cultivo depende en forma crítica de las condiciones de humedad del suelo. El no tener control sobre el agua, hacen aún más necesario un control riguroso de las condiciones climáticas, para ello se adquirió información meteorológica histórica y de cada temporada. Para ello se contó con 4 estaciones de monitoreo meteorológico en cada región; modelos Campbell CR10 X. Estas estaciones dieron de valiosa información de parámetros de precipitación, T°, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento, en cada región que adecuadamente analizada permitió determinar perfiles de años (lluviosos, secos), para extraer conclusiones respecto de la mejor época de aplicación de los fertilizantes con el fin de obtener su máxima eficiencia.

## **Ensayo lixiviación de nitrógeno**

Hasta hace poco el foco mundial de atención en relación a la contaminación de cursos de agua era la contaminación directa de estos, sin embargo en la actualidad existe una creciente preocupación por la contaminación difusa, que proviene, principalmente, de predios agrícolas.

En la actualidad existe una preocupación creciente por la contaminación de las napas freáticas. Una de las principales vías de pérdida de nitrógeno en sistemas de producción agrícola es la lixiviación del Nitrógeno hacia aguas subterráneas. Estudios han mostrado que las pérdidas en praderas con pastoreo animal son 5,6 veces más altas que en praderas de corte y similares a las obtenidas en suelos con cultivos (Ryden et al., 1984).

Con frecuencia se menciona que la AP produce menor carga de Nitrógeno, por un uso más eficiente de los fertilizantes, sin embargo, no existe datos científicos que respalden esta tesis. El proyecto evaluará en forma preliminar por primera vez en el país el impacto de los dos sistemas productivos, es decir, manejo de la fertilización nitrogenada en forma tradicional versus manejo de la fertilización nitrogenada con AP.

## **Metodología ensayo lixiviación**

Los ensayos fueron realizados durante dos temporadas agrícolas 2007/08 y 2008/09, en el predio "Peña Negra" ubicado en la comuna de Máfil, Provincia de Valdivia. Región de Los Ríos. El tipo de suelo en esta área pertenece a la serie Llastuco caracterizándose por ser de suelo profundo, derivado de cenizas volcánicas, que se presentan en posición de terrazas remanentes, en la depresión intermedia a una altura entre 30 y 45 msnm. Se presenta en una topografía casi plana con pendientes de 1% a 3% y con drenaje moderado (Tosso, 1985).

Los sectores seleccionados para cada periodo experimental fueron aislados para evitar el acceso de animales mayores y menores y manejados de manera paralela, pero independiente a las actividades desarrolladas por el agricultor en lo que se refiere a la siembra y posterior manejo del cultivo.

Durante ambas temporadas se evaluaron dos condiciones de fertilidad de suelo:

- Sitio de baja fertilidad: evaluación de tres tratamientos (control, fertilización convencional, fertilización agricultura de precisión) con tres repeticiones ordenados en un diseño de bloques completo al azar, en parcelas de 3x3 m.
- Sitio de alta fertilidad: evaluación de tres tratamientos (control, fertilización convencional, fertilización agricultura de precisión) con tres repeticiones ordenados en un diseño de bloques completo al azar en parcelas de 3x3 m.

Las siembras de trigo se realizaron los días 16 y 17 de agosto del año 2007 y el 13 de agosto del 2008, utilizando el mismo manejo que empleó el agricultor para su siembra (definición de convencional), a excepción de la fertilización inicial y las posteriores aplicaciones de nitrógeno (N), que variaron según los tratamientos impuestos. Se utilizó semilla Otto Baer C2 y C1 (200 kg ha<sup>-1</sup>) cada año, respectivamente, que fue desinfectada con ®Galmano (450 cm<sup>-3</sup> 100 kg<sup>-1</sup> de semilla. IA: Fluquinconazole+Prochloraz, 167 y 31,22 g L<sup>-1</sup>, respectivamente).

Durante la temporada 2007/08, la fertilidad química de suelos en los sectores de alta y baja fertilidad fue similar, con niveles adecuados de fósforo Olsen (15 ± 0,6 mg kg<sup>-1</sup>), pH al agua (5,8 ± 0,10), potasio (179 ± 19,4 mg kg<sup>-1</sup>), azufre (40 ± 2,4 mg kg<sup>-1</sup>) y saturación de aluminio (1,6 ± 0,23%). Una situación similar se observó durante la temporada 2008/09. Así, la fertilidad promedio de ambos sectores fue

de  $13\ 15 \pm 0,6\ \text{mg kg}^{-1}$  de fósforo Olsen,  $5,9 \pm 0,05$  de pH al agua,  $140 \pm 7,1\ \text{mg kg}^{-1}$  de potasio,  $35 \pm 2,4\ \text{mg kg}^{-1}$  de azufre y  $2 \pm 0,4\ \%$  de saturación de aluminio. Como se ha discutido en informes previos, las diferencias entre ambos sectores corresponden a la variación en las características físicas de suelo, más que en sus propiedades químicas.

La fertilización base para todos los tratamientos, en ambos sectores incluyó  $196\ \text{kg P}_2\text{O}_5\ \text{ha}^{-1}$  y  $105\ \text{kg K}_2\text{O}\ \text{ha}^{-1}$ , aplicados al momento de la siembra como una mezcla de fertilizantes (4-28-15), en ambas temporadas. El tratamiento control no recibió fertilización nitrogenada, mientras que los sectores de fertilización convencional y precisión recibieron  $28\ \text{kg N}\ \text{ha}^{-1}$  al momento de la siembra, y una fertilización nitrogenada total que varió según el tratamiento, distribuida durante el periodo inicial de desarrollo del cultivo, según sector de fertilidad (Cuadro 1). La aplicación de N en el tratamiento convencional se realizó según el manejo cultural realizado por el agricultor. La parcialización del N en el tratamiento agricultura de precisión fue estimada de acuerdo a la demanda de N del cultivo evaluada de manera semanal con el spad meter, en relación a una parcela de referencia, sin déficit de N. Las parcializaciones de N posteriores a la siembra fueron aplicadas como urea el primer año y como urea y CAN 27, el segundo.

**Cuadro 1.** Fertilización ( $\text{kg nutriente ha}^{-1}$ ) aplicada por tratamiento y sector de fertilidad en el sitio experimental de Máfil durante las dos temporadas de estudio.

Sector	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta
Tratamientos	Control		Convencional		Precisión	
<b>Temporada 2007/08</b>						
Siembra (16 al 17 de agosto 2007)						
Nitrógeno	0	0	28	28	28	28
Fósforo	196	196	196	196	196	196
Potasio	105	105	105	105	105	105
Macolla (2-3)			21 de septiembre		10 de octubre	
Nitrógeno			183	183	102	102
Nudo (1)					24 de octubre	
Nitrógeno					50	60
Bota					13 de noviembre	
Nitrógeno					20	30
Total N	0	0	211	211	200	220

### Temporada 2008/09

Siembra (13 de agosto 2008)						
Nitrógeno	0	0	28	28	28	28
Fósforo	196	196	196	196	196	196
Potasio	105	105	105	105	105	105
Macolla						
			3 de octubre		8 de octubre	
Nitrógeno			180	180	100	100
Bota						
					12 de noviembre	
Nitrógeno					100	100
Total N	0	0	208	208	228	228

En el primer año no se realizó control químico de malezas, ni se requirió aplicación de fungicidas para el control de enfermedades. Durante la temporada 2008/09 se controló malezas con Lográn ( $8 \text{ g ha}^{-1}$ , Aliado 1 sobre  $\text{ha}^{-1}$  y Axial 1 L  $\text{ha}^{-1}$ ; 8 de octubre). Además se aplicó un regulador de crecimiento ( $2,5 \text{ L ha}^{-1}$ ).

Como una forma de evaluar el efecto de los tratamientos en el desarrollo de los estadíos iniciales del cultivo, durante ambas temporadas se contabilizó el número de plantas por metro lineal y el número de macollos por planta.

### Lixiviación de nitrógeno ensayos Mafil

La lixiviación de N fue evaluada con cápsulas cerámicas de acuerdo a la metodología descrita por Lord y Shepherd (1993). Esta técnica es apropiada y ampliamente utilizada en suelos de drenaje libre (Webster et al., 1993).

En cada parcela se instalaron tres cápsulas, con 9 cápsulas porosas por tratamiento ( $n=54$ ), distribuidas aleatoriamente. Las cápsulas fueron instaladas previo a la siembra del cultivo en ambas temporadas en los sectores de alta y baja fertilidad, respectivamente, siendo ubicadas en un ángulo de  $30^\circ$  con respecto al eje vertical y a 100 cm de profundidad.

Los muestreos de las cápsulas fueron realizados una vez iniciado el drenaje a 100 cm de profundidad, fecha estimada de acuerdo a información obtenida a partir de estaciones meteorológicas. Los muestreos fueron realizados cada  $\pm 100 \text{ mm}$  de drenaje y hasta que no hubo más lixiviados. El período de evaluación fue entre el 09 de julio y el día 26 de octubre del 2007 y entre el 14 de julio y el 29 de agosto durante el 2008, respectivamente.

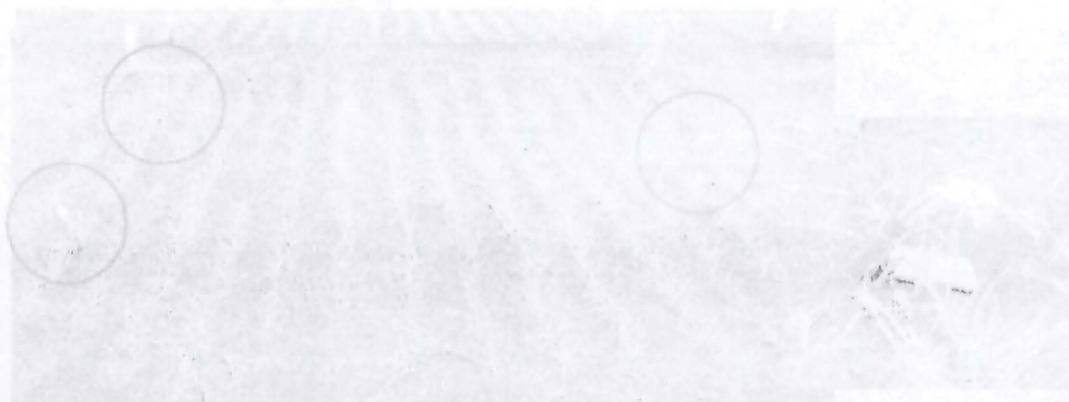
En cada muestreo, a las cápsulas se les aplicó un vacío de 0,7 bar con una bomba de vacío manual, dejándola herméticamente cerrada por un periodo mínimo de tres horas. Posteriormente la muestra de lixiviado fue colectada y congelada a  $-10^\circ\text{C}$  hasta la determinación de N, previo a lo cual se descongeló a temperatura ambiente.

La cantidad total de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  lixiviados fue calculada de acuerdo a la regla trapezoidal propuesta por Lord y Shepherd (1993), usando la siguiente fórmula:

$$\text{NO}_3\text{-N lixiviado (kg ha}^{-1}\text{)} = 0,5 (c1 + c2) v / 100$$

Dónde  $c1$  y  $c2$  son las concentraciones de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ) en sucesivos períodos de muestreo y  $V$  es el volumen total de drenaje producido (mm) en el período. El volumen total drenado en el período de drenaje fue calculado sumando los parciales de cada fecha de muestreo. La concentración media de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  en el agua lixiviada durante el período de drenaje fue obtenida dividiendo la pérdida total de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  por el volumen total de agua drenada (Lord y Shepherd, 1993). Para el año 2008 se utilizaron datos de precipitación colectados en la Estación Meteorológica de Valdivia. Para evaporación se utilizó información de evaporación de bandeja de INIA-Remehue, Osorno, ya que no se pudo obtener información diaria del área de Valdivia. Estudios realizados por CNR/CIREN (1997) han mostrado similitud en los valores de evaporación mensuales y anuales de Valdivia y Osorno. Para determinar la evapotranspiración potencial se utilizó el coeficiente de cultivo (Penman, 1948; FAO, 1998) y con estos datos se calculó el drenaje como la diferencia entre la precipitación y precipitación potencial.

Los análisis de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  fueron realizados en el laboratorio central de INIA utilizando un autoanalizador (Skalar SA1050) de acuerdo a metodologías estándar establecidas por Kamphake et al. (1967), Ananth y Moraghan (1987) y Searle (1984).



Detalle de la distribución de cápsulas cerámicas porosas por parcela, empleadas para la determinación de las pérdidas de N por lixiviación.

### Otras evaluaciones

Durante ambas temporadas se evaluaron los siguientes parámetros: número de plantas por metro lineal, número de macollos por planta, rendimiento (grano, paja y capotillo), peso de 1000 granos, concentración de N en el cultivo (grano,

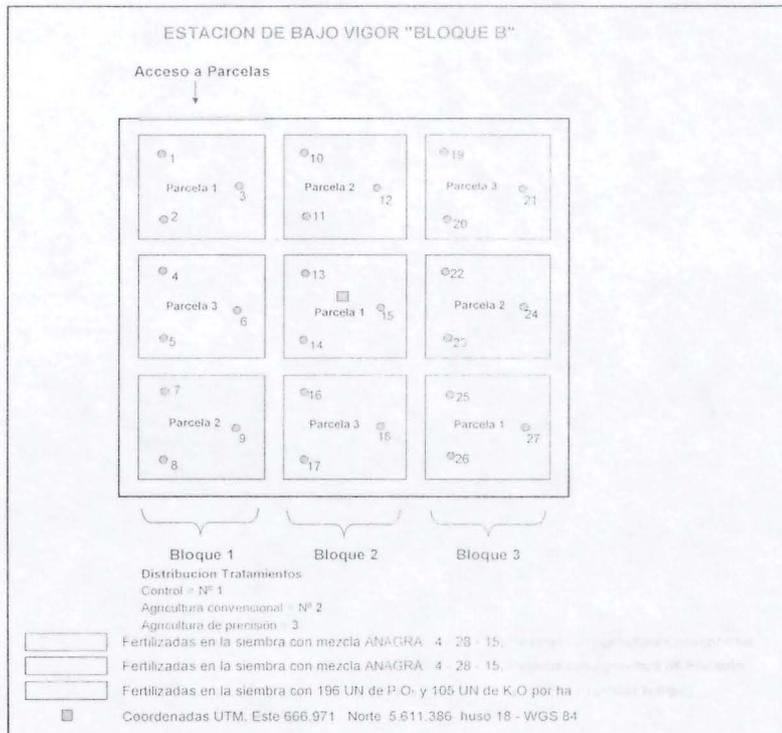
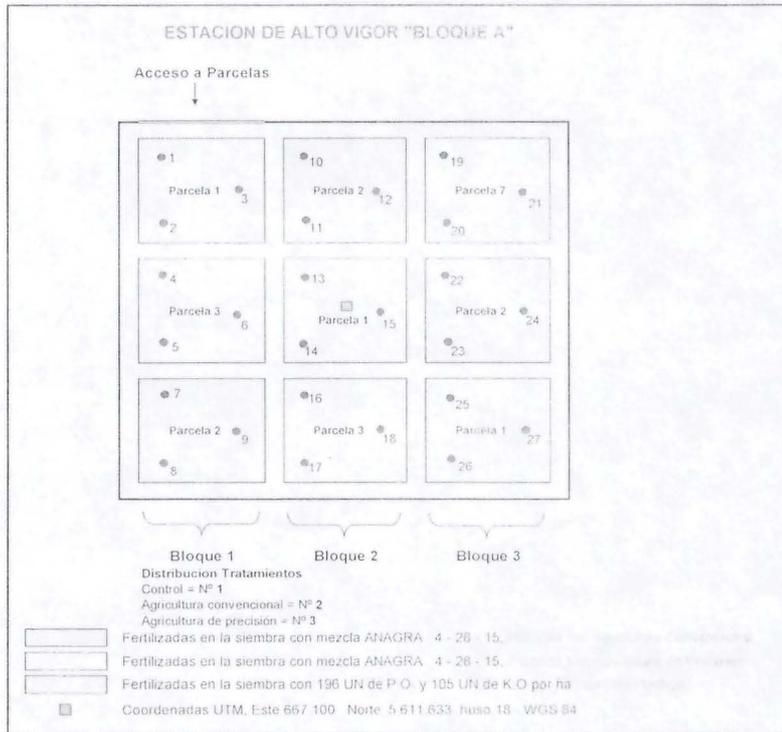
capotillo más paja), aporte de N del suelo (estimado como la extracción de N del cultivo en las parcelas control) y balances de N de suelo.

Para determinar el balance de N del suelo se consideró el aporte de N en lluvia 5 kg N ha<sup>-1</sup>; Alfaro *et al.*, 2009), ingreso en fertilizante y mineralización de N del suelo (estimado a través de la extracción del cultivo) como ingresos, y la extracción de N del cultivo en grano, la extracción de N en paja más capotillo y las pérdidas de este nutriente por lixiviación, como salidas.

### **Análisis estadístico**

La comparación entre tratamientos para cada parámetro indicado se realizó a través de un ANDEVA y análisis de diferencia de medias. Se utilizó Genstat 7.0 como software estadístico.

## DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS



El círculo azul y Nº que está a su lado corresponde al orden de las cápsulas de cerámica y el Nº del centro de la parcela corresponde a la distribución de los tratamientos.

Distribución de tratamientos en cada sector evaluado y de cápsulas cerámicas al interior de cada parcela.

## **INFORME PARCIAL DE TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES. Ensayo de lixiviación bajo riego zona Yungay**

### **Justificación y metodología**

El proyecto de Agricultura de Precisión (AP) en trigo contempló un objetivo específico que consistió en probar si efectivamente el manejo diferencial de los suelos que conlleva el uso de la AP, significa realmente un uso más eficiente de los fertilizantes nitrogenados ocasionando una menor carga ambiental, de nitratos.

Es frecuente entre los especialistas de AP en el mundo escuchar la frase "Como la AP pone el fertilizante justo donde se necesita, es más eficiente y contamina menos", sin embargo no existe información científica que corrobore o desestime dicha información, surge entonces la pregunta; ¿es la aplicación de fertilizantes con principios de AP, realmente más eficiente que las aplicaciones homogéneas que en la actualidad realizan un gran porcentaje de los agricultores en este y otros cultivos?; ¿esta hipotética mayor eficiencia, significa una menor contaminación con nitratos de las aguas subterráneas.

Los nitratos derivados de la agricultura por un uso deficiente de los fertilizantes nitrogenados son un problema mundial de contaminación del agua subterránea, la normativa de muchos países del mundo contempla un límite máximo en el agua para consumo humano de 10 mg l<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> (USA, UE, Chile). Algunos de los problemas a la salud que justifican la normativa son Metahemoglobinemia, enfermedad que afecta principalmente a niños y ancianos, y consiste en que los nitratos interfieren el transporte de oxígeno por hemoglobina en la sangre, produciendo cianosis que le da al piel un aspecto azulado, también producen depósitos excesivos de almidón en el organismo y problemas hepáticos entre otros.

Es práctica común en la agricultura de muchos países un uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en cultivos extensivos como maíz y trigo, con el objetivo de aumentar rendimientos, sin embargo, las recomendaciones de fertilización por especialistas se basan a menudo en muestreos de grandes áreas en el campo que no contemplan la variabilidad natural del suelo. Los suelos por sus características físicas de textura, capacidad de retención de humedad, densidad aparente y otras aún en áreas tan pequeñas como una hectárea son en muchos casos distintos. Cuando el agricultor aplica la fertilización nitrogenada sin considerar la variabilidad del suelo, determina que áreas que necesitaban menor cantidad de fertilizantes reciban más y viceversa. Determinando un uso menos eficiente, generando

nitratos que no son absorbidos en su totalidad por las plantas derivando en una contaminación potencial del agua subterránea.

Otro problema reside en la oportunidad de aplicación de los fertilizantes nitrogenados, es una costumbre extendida fertilizar en determinados estados fenológicos del cultivo del trigo, sin considerar la demanda fisiológica de nitrógeno por las plantas, esto determina que más nitratos sean lixiviados por cuanto no siempre la aplicación va acorde con la demanda de la planta.

Es relevante innovar con nuevas formas de aplicación de los fertilizantes nitrogenados y contrastarlos con las prácticas habituales del agricultor en cultivo como el trigo, el más importante a nivel nacional concentrando aproximadamente un 80 % de su producción de la VII a la X, siendo la VIII región la segunda en el país por superficie sembrada (sitio del ensayo). Este cultivo significa extensas superficies agrícolas del país, que utilizan toneladas de fertilizantes nitrogenados y otros anualmente produciendo un gran impacto sobre el medio ambiente, por lixiviación de nitratos. Utilizar métodos que mejoren la eficiencia de uso de estos fertilizantes se vuelve entonces un objetivo imperativo, cuyo desarrollo puede ser un aporte significativo en la disminución de la contaminación de aguas subterráneas por estos compuestos, redundando además en una disminución de costos para el agricultor que puede hacer más atractivo su uso y adopción.

Este estudio tuvo por objetivo analizar si dos métodos de fertilización alternativos al usado por el agricultor, tales como, el considerar la variabilidad natural del suelo y la demanda fisiológica de las plantas pueden mejorar significativamente la eficiencia de uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura con el consiguiente beneficio ambiental.

## **Materiales y Métodos**

El ensayo de campo se desarrollo en una zona rural ( $37^{\circ} 9'35''$  lat S;  $72^{\circ}0'47''$  long O), en el Predio La Greda, de propiedad del Sr. Gabriel Muñoz en comuna de Yungay, Región del Bío Bío, Chile. Es un área de precordillera dedicada principalmente al cultivo de cereales y especies forrajeras, es agrícola su clima es Mediterraneo. El suelo presenta una textura Franco arcillosa a Franco arenosa. El ensayo se estableció en un área regada por un Pivote Central Tomando clases puras de AV y BV de la imagen multiespectral se definieron para el ensayo parcelas de 3x3 m, para todos lo tratamientos. Las parcelas fueron sembradas con *Triticum aestivum*, variedad Ciko, con 300 kg ha<sup>-1</sup> de semilla usando cultivador manual, luego siembra manual en chorro continuo con una distancia de 15 cm entre hileras, emulando la siembra con máquina del agricultor. En cada parcela se ubicaron tres tubos enterrados a un metro de profundidad con una inclinación de  $30^{\circ}$ , con cápsulas porosas, para recoger lixiviados según metodología ad-hoc. Las cápsulas se instalaron a la profundidad señalada considerando que la las raíces de

este cultivo se concentran en un 70% en los primeros 40 cm de suelo, extendiéndose en un suelo Franco una media de 90 cm. Esto garantizó con una seguridad razonable que los nutrientes disueltos en agua recogidos por las cápsulas, eran excedentes no absorbidos por las raíces de las plantas.

El diseño del ensayo fue de Bloques al Azar con tres tratamientos de fertilización nitrogenada más un testigo con cero nitrógeno, como sigue:

Tratamientos	Descripción
T 1	Fertilización Nitrogenada del Agricultor
T 2	Fertilización Nitrogenada con concepto de AP
T 3	Fertilización Nitrogenada con uso de Medidor de Clorofila (SP)
T 4	Testigo Sin fertilización Nitrogenada

Todas las fertilizaciones nitrogenadas aplicadas durante el ensayo a los tratamientos T1 y T3, fueron formuladas por un especialista en fertilidad de suelos. Para el tratamiento T3 la recomendación de fertilización fue solo para la siembra y las posteriores fueron indicadas por el medidor de clorofila. Las fertilizaciones de todos los tratamientos solo consideraron la fertilidad del suelo y no el potencial productivo del cultivo.

La fuente nitrogenada utilizada para las fertilizaciones nitrogenadas de todos los tratamientos con excepción de la siembra, fue el producto comercial UREA.

En el área de ensayo AV para todos los tratamientos se aplicó a la siembra 31,2 kg de N ha<sup>-1</sup> mediante una mezcla comercial (Soquimich), utilizada por el agricultor, excepto al testigo cero nitrógeno. En el área BV, a los tratamientos T1 y T3 se les aplicó los 31,2 kg de N ha<sup>-1</sup>, al tratamiento T2, se le aplicó 38,7 kg de N ha<sup>-1</sup>, siguiendo la recomendación de fertilización del especialista.

Para el tratamiento T1 la fertilización utilizada por el agricultor, se basó en un muestreo realizado en un área de 15 ha, sin considerar diferencias de suelo, obteniendo una muestra para análisis de laboratorio y una recomendación de fertilización nitrogenada entregada por un especialista en fertilidad de suelo. La fertilización nitrogenada fue aplicada en tres estados fenológicos del cultivo; Siembra, 4 a 5 hojas y fin de Macolla. T2 Fertilización utilizando el concepto de Agricultura de Precisión, este asume que en el área hay diferencias de suelo que influyen en la respuesta del cultivo a múltiples variables, entre ellas la fertilización nitrogenada, para encontrar estas diferencias no perceptibles, se utilizó una imagen multispectral, tomada al cultivo desde un avión la temporada anterior, cuando el cultivo estaba en pleno desarrollo. Se obtuvo mediante análisis computacional el Índice Diferencial Vegetacional Normalizado (NDVI) de la imagen, que responde a la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Banda Roja del Espectro Visible} + \text{Banda Infra roja}}{\text{Banda Roja del Espectro Visible} - \text{Banda Infra roja}}$$

Esto permite obtener una imagen de vigor del cultivo, la imagen fue clasificada en cuatro clases; Alto Vigor (AV), Medio Vigor Superior (MVS), Medio Vigor Inferior (MVI) y Bajo Vigor (BV) . Dado que la temporada donde se obtuvo la imagen, todo el cultivo tuvo los mismos patrones de siembra y manejo (preparación de suelos, aplicación de plaguicidas y riegos) con una fertilización nitrogenada homogénea para toda el área, se deduce que las diferencias de vigor que expresa la imagen se deben a diferencias del suelo. Este tratamiento T2 plantea que áreas distintas de suelo, deben tener una análisis de fertilidad y recomendación de fertilización apropiada para cada área, lo cual se expresará en el cultivo y finalmente en el rendimiento. Para el ensayo de investigación se utilizó el AV y el BV, con el criterio de la mayor certeza de los resultados al usar valores extremos, por que el suelo reúne en estos niveles de vigor su características más óptimas y sub óptimas para el cultivo, por lo tanto si se analiza el suelo en forma separada para estas áreas, la menor demanda de fertilizantes debería ocurrir en el área de AV y la mayor demanda en el área de BV. Las dos áreas (AV y BV) fueron muestreadas en forma diferencial y se obtuvo para cada una la recomendación de fertilización nitrogenada adecuada, que fue aplicada a este tratamiento en los mismos estados fenológicos que T1.

Para el tratamiento T3 se utilizó un instrumento para medición de clorofila (Spad Meter), para la adecuada aplicación de la metodología de uso de este instrumento, se establecieron dos parcelas de referencia de las mismas dimensiones de las parcelas de ensayo (3 x 3 m), una ubicada en la zona de AV y otra en la zona de BV. Las parcelas fueron fertilizadas con 368 kg de N ha-1 (cantidad de fertilizante nitrogenado en exceso), para asegurar una buena calibración del equipo. El Spad Meter permite mediante una ecuación calcular el índice de suficiencia de Nitrógeno, el índice obtenido, indica cuando aplicar el fertilizante, como sigue:

$$\text{ÍNDICE DE SUFICIENCIA DE N} = \frac{\text{Medición de la Parcela de Referencia}}{\text{Medición de Parcela objetivo}}$$

El tratamiento T4 fue el testigo de referencia sin nitrógeno.

La fertilización nitrogenada total recibida por cada tratamiento, se puede observar en la tabla siguiente:

Tratamientos AV	Kg N ha-1
T 1 (Agricultor)	215,2
T 2 (Agricultura de Precisión)	160
T 3 (Medidor de Clorofila)	91,2
T 4 (Testigo Cero Nitrógeno)	0

Tratamientos BV	Kg N ha-1
T 1 (Agricultor)	215,2
T 2 (Agricultura de Precisión)	270,1
T 3 (Medidor de Clorofila)	121,2
T 4 (Testigo Cero Nitrógeno)	0

Se realizaron mediciones de número de riegos, carga de agua aplicada y agua caída mediante pluviómetro ubicado a corta distancia del sitio de ensayo, nitratos lixiviados, rendimiento y nitrógeno extraído por la planta.

### **El Cálculo de N-NO<sub>3</sub> lixiviado se realizó como sigue:**

Se convirtió lo valores de NO<sub>3</sub> entregados por el laboratorio a N-NO<sub>3</sub>, se obtuvo la evapotranspiración real con información de CIREN para la zona de ensayo se calculó la carga de agua de los riegos más el agua caída, luego se calculó el volumen de agua lixiviada como la diferencia entre el volumen total aplicado y el volumen evapotranspirado utilizando un Kc promedio del cultivo (obtenido de estudios en baja California, USA), obteniendo finalmente un volumen de agua lixiviada por m<sup>2</sup>. Para obtener el lixiviado de nitrógeno como N-NO<sub>3</sub> se convirtió los valores de NO<sub>3</sub> por cálculo de porcentaje de N en el peso molecular de NO<sub>3</sub>, luego se promedio de N-NO<sub>3</sub>, de todas las fechas de muestreo. Se obtuvo el producto del volumen de agua lixiviada por el valor promedio de N-NO<sub>3</sub>, obteniendo como resultado kg de N-NO<sub>3</sub> ha-1.

### **Cálculo de Eficiencia de Recuperación de Nitrógeno del Fertilizante (ERNF)**

Se estimó la materia seca (MS), utilizando los índices de humedad y de cosecha para el cultivo del trigo, luego se calculó el nitrógeno extraído, del producto de la MS por el porcentaje de nitrógeno de cada parcela de tratamiento obtenido del análisis planta completa de laboratorio. Finalmente para el cálculo de ERNF, se obtuvo del nitrógeno extraído menos el nitrógeno del testigo cero nitrógeno (se

entiende este último como el aporte del suelo) y luego el cociente de este resultado con el nitrógeno aplicado.

## **Análisis Estadísticos**

Se aplicó análisis estadísticos con sw SAS System para windows. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y Test de Duncan, a las variables de:

- Kg de N-NO<sub>3</sub> lixiviados
- Rendimientos
- ERNF

## **Evaluaciones de Cosecha:**

### **Rendimiento**

Para evaluar los rendimientos del cada cultivo en las tres áreas de estudio se instalaron monitores de rendimiento (ya descritos en "Antecedentes y Justificación del proyecto") conectados a GPS en la maquinaria de cosecha de los agricultores, lo que permitió obtener la distribución espacial de los rendimientos en cada zona homogénea, por un lado, del manejo tradicional del agricultor (año 1) y por otro del manejo con AP durante todo el desarrollo del proyecto.

Los mapas obtenidos en cada cosecha con la distribución espacial de los rendimientos por zonas permitieron un análisis temporal, que aportó información de gran utilidad para determinar zonas de rendimientos altos, medios y bajos en las áreas de estudio. Este último aspecto se considera de gran relevancia para el trigo de secano

## **Calidad de grano. metodología**

Los cereales son un grupo de plantas cultivadas pertenecientes a las familias de las gramíneas, cuyos granos, objetivo esencial de su producción, son ricos en almidón, tienen propiedades farináceas y contienen proteínas. De fácil recolección por la estricta y disposición de su inflorescencia, conservan, una vez maduros durante largo tiempo sus cualidades y valor alimenticio. Constituyen un alimento energético rico en calorías, que es consumido tanto por el hombre como por el ganado, siendo en muchos casos su alimentación básica. Sin embargo la mayor importancia del trigo radica en que se considera como un alimento básico en Chile. En el último decenio, el trigo ha contribuido con el 34% de la ingesta calórica y el 50% de las proteínas que consume en promedio un habitante chileno. Es por esta razón que cualquier aumento en el contenido de proteína que se obtenga en este cereal,

representa un significativo aumento desde el punto de vista nutricional y de la calidad panadera.

La expresión de "calidad" es muy compleja puesto que muchas características del grano de trigo pueden influir en los procedimientos de molienda y panificación, siendo algunos de ellos característicos de la variedad, mientras que en otros, son influidos por el medio ambiente en que se produce.

La calidad depende del uso que se le va a dar al producto, por ejemplo, lo importante para el agricultor es que el trigo sea de un alto rendimiento; para el molinero, que tenga una buena calidad molinera, buen almacenamiento y capaz de rendir el máximo en harina; por su parte, para el panadero, que la harina sea óptima para hacer pan, galletas o queques; finalmente el consumidor exige un producto de buen sabor y adecuado valor nutritivo.

Muchos coinciden en señalar que la calidad panadera del trigo depende, en mayor medida de la composición y cantidad de las proteínas en el endosperma, que es el primer parámetro determinado genéticamente, el cual puede ser fácilmente seleccionado por mecanismos de mejoramiento genético; mientras que el segundo, esta altamente influenciado por el ambiente, el cual puede ser modificado por prácticas de manejo, especialmente en lo referente a la fertilización nitrogenada.

Con el fin de evaluar el comportamiento y respuesta del manejo y incidencia del suelo sobre la producción y calidad del trigo, cuatro localidades fueron incorporadas a esta propuesta, cada una de las cuales incluyó una sementera manejada en forma comercial por el propio agricultor empleando variedades de distintas características, todas incluidas en el sistema de certificación.

Estas variedades son las siguientes:

Chillan, se utilizó Pandora-INIA, variedad de primavera, de excelente tipo agronómico, buena sanidad y calidad de tipo superior clasificada como trigo para panificación directa (Tabla 1, Norma Chilena 1237-2000).

En la Novena Región, en la localidad de Vilcun, la variedad estudiada fue Kumpa-INIA, trigo de hábito de desarrollo invernal, de excelente tipo agronómico, buena sanidad y alto potencial productivo, clasificado como un trigo del tipo suave a intermedio, siendo muy utilizado en mezclas con trigos fuertes o para la elaboración de galletes y masas que no requieren de volumen.

En la Décima Región, en la localidad de Mafil, dos variedades fueron utilizadas, ambas en siembras de primavera por ser del tipo alternativo, Otto-BAER y Crac-BAER, la primera de ellas es una variedad consolidada en el sur, de buen tipo, sensible a roya colorada y septoria, rendimiento superior y de calidad adecuada para utilizarla directamente en elaboración de pan, da harina muy blanca y fina. La segunda variedad, de tipo un poco más tardío, de buen tipo agronómico, sensible a manchas foliares, buen rendimiento y de tipo galletera.

En general, las cuatro variedades utilizadas como material experimental reflejan en gran parte los tipos de plantas que se están utilizando en la producción triguera

respecto a sus características morfo fisiológicas, potencial productivo, adaptación y niveles de calidad.

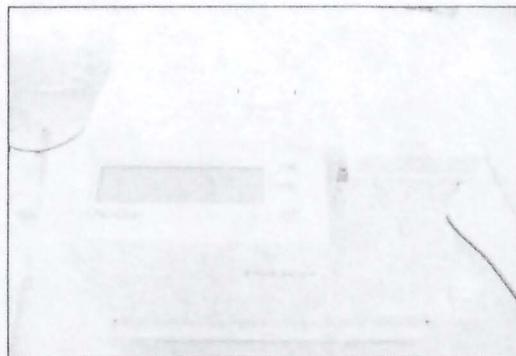
Tabla 1. Clases de trigo en base a parámetros de calidad (Norma Chilena 1237 del 2000)

Clases de Trigo	Gluten Húmedo (%) (Base 14%)	Sedimentación (cc) (base 14%)	Proteína (%) (opcional)
FUERTE	30	33	10,5
INTERMEDIO	25-29,9	27-32,9	9,0-10,4
SUAVE	18-24,9	17-26,9	7,0-8,9

Los parámetros de calidad que fueron analizados durante el desarrollo de esta actividad son los siguientes: contenido de proteína y dureza del grano, gluten index, contenido gluten húmedo, contenido gluten seco, peso hectolitro y alveograma.

Determinación del contenido de proteína y del valor de dureza del grano.

El análisis de calidad utilizado corresponderá al valor de dureza del grano NIR (Near Infrared), y del contenido de proteína NIR (%). Para llevar a cabo este análisis se utilizará el equipo NIR como método de determinación indirecta de los parámetros de calidad.



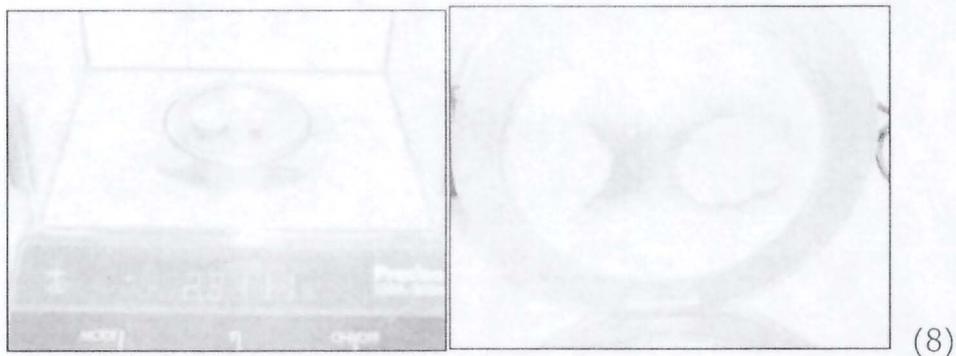
Determinación del contenido de gluten index, gluten húmedo y gluten seco.

Estas pruebas se basaran en la metodología señalada por la American Association of Cereal Chemists AACC 38-12 (Anónimo 3, 1988), en donde se obtiene el contenido de gluten index, gluten húmedo, y gluten seco básicamente por eliminación del almidón, las ecuaciones, 2.1, 2.2 y 2.3 se utilizaran para conocer estos valores.

$$\text{Gluten index (\%)} = \frac{\text{Gluten que permanece en el tamiz (g)} \times 100}{\text{Gluten total (g)}} \quad (2.1)$$

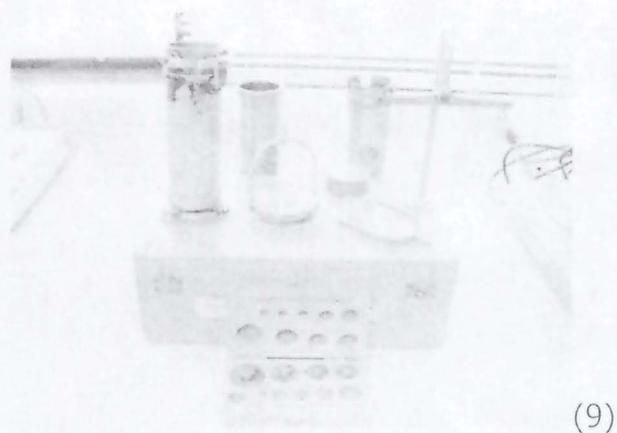
$$\text{Gluten húmedo (\%)} = \frac{\text{Gluten total (g)} \times 100}{10 \text{ (g)}} \quad (2.2)$$

$$\text{Gluten seco (\%)} = \frac{\text{Gluten seco (g)} \times 100}{10 \text{ (g)}} \quad (2.3)$$



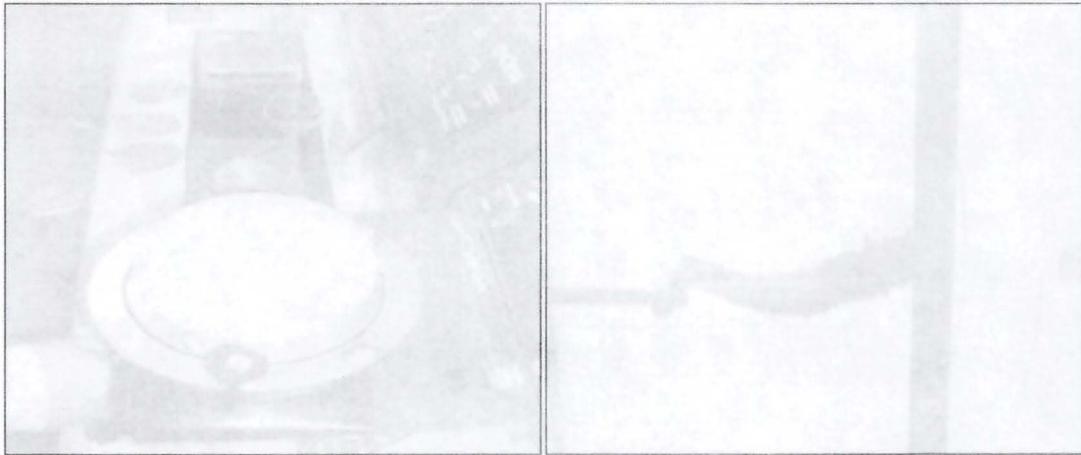
Determinación del peso hectolitro.

El peso hectolitro es una medida de densidad, que se define como el peso por unidad de volumen bajo condiciones estándares de llenado y se expresa en Kg/hL. Se procederá a pesar 1/4 gr. (Determinador Shopper de peso hectolitro) y luego el valor obtenido se transformará según la tabla de peso hectolitro.



Alveógrafo.

Permite obtener información relativa a las propiedades mecánicas de la masa. Sus índices son: altura máxima de la curva o resistencia al estiramiento (P), longitud de la curva o extensibilidad de la masa (L), y área debajo de la curva (W).



(10)

### **Análisis de la información obtenida en el proyecto.**

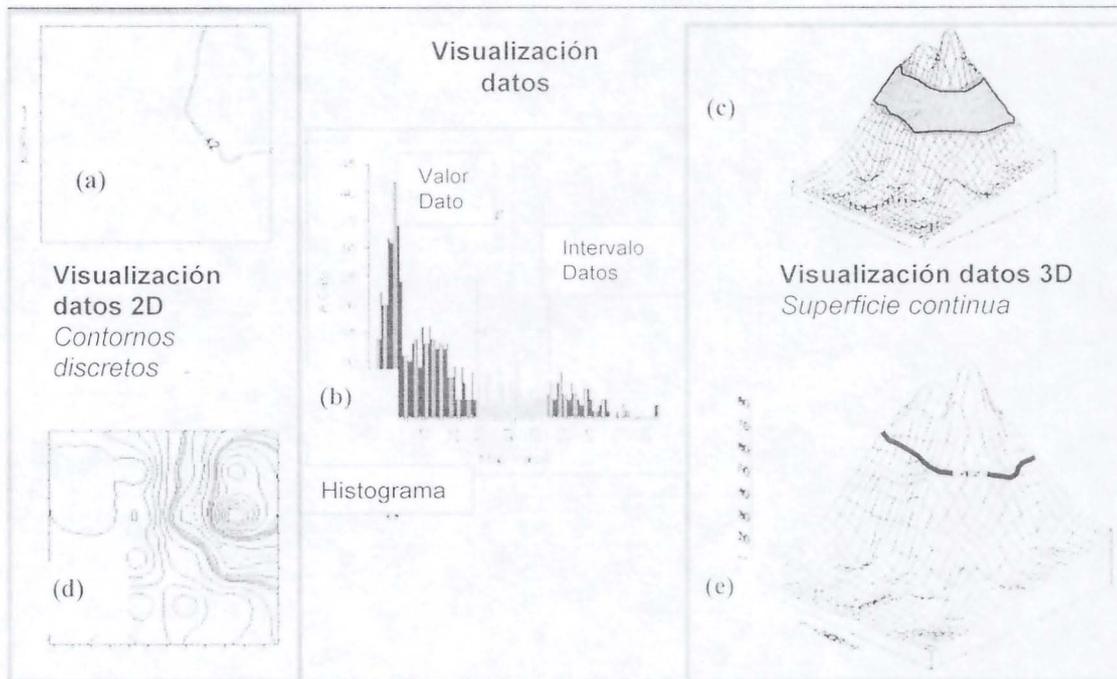
Existen distintas herramientas para evaluar asociaciones espaciales, las cuales se caracterizan principalmente por poseer un enfoque cuantitativo, es decir, contestar en términos numéricos si una variable posee alguna especie patrón espacial de tal manera que pueda ser representada o, si esta misma variable puede ser asociada a otra(s) para de esta manera explicar el comportamiento productivo y de calidad de un cultivo en términos espaciales y temporales. Estas evaluaciones son la principal temática del área denominada "geoestadística". El objetivo de la presente sección es dar a conocer las características fundamentales de distintos elementos de análisis de datos que serán empleados en el contexto del presente proyecto aplicados a la agricultura de precisión y el cultivo del trigo.

REPRESENTACIÓN gráfica de la información (mapas) y resumen numérico de la información (histograma de frecuencias)

Antes de iniciar la descripción de los distintos elementos cuantitativos que son utilizados con la finalidad de obtener una descripción cuantitativa de las variables que influyen sobre la calidad y rendimiento, es necesario destacar la importancia del mapeo de los datos dentro del contexto de la AP.

Sin duda, la representación gráfica de los datos tiene claras implicancias en la capacidad de entender mediante una primera aproximación cuales son las posibles asociaciones que hay entre una determinada variable(s) y la calidad/rendimiento de un cultivo. De la misma forma, cuando ya se ha analizado la información, obteniendo determinados índices de asociación entre las variables y correlaciones

de tipo espacial, la visualización de los datos en los mapas complementa dichos análisis desarrollados.



El Histograma (distribución numérica) (b) está vinculada a un mapas de superficies (a, c, d, e), ya sean estos correspondientes a representaciones bidimensionales (a, d) o tridimensionales (c, e) de la variable bajo estudio.

### Representación de muestreos continuos y discontinuos de las variables

Los datos a ser representados en un mapa, pueden variar en su densidad de muestreo. Tal es el caso de los datos que son tomados en terreno para análisis de propiedades físicas de suelo o de concentraciones de fósforo, por ejemplo, en donde la captura se realiza considerando distintos tipos de grillas en el terreno. Tomando en consideración que dichos muestreos son puntuales dentro del terreno, por lo tanto discretos, el tipo de grilla puede variar en cuanto a su forma, siendo unas más útiles que otras. Para el caso de este proyecto como ya se ha definido, se realizaron dichos analisis sobre la base de muestras localizadas según un patrón de segregación definido por la información de los índices vegetacionales o planos de suelo.

### Condiciones fundamentales para el análisis de mapas

Cabe mencionar que existen dos condiciones fundamentales para que cualquier paquete computacional sea capaz de realizar un análisis de los datos, las que

corresponden a (i) una estructura consistente de datos y (ii) a un ambiente de procesamiento iterativo, lo que involucra cuatro operaciones principales:

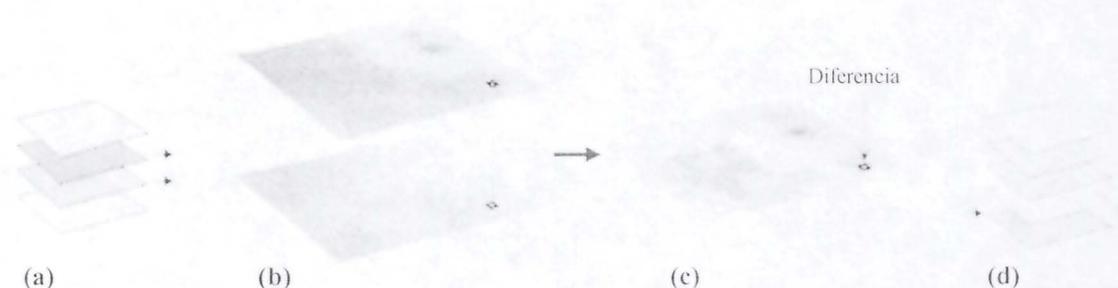
Recuperación de una o más capas de mapa desde una base de datos.

Procesamiento de los datos, según especificaciones del usuario.

Creación de un nuevo mapa conteniendo los resultados del proceso.

Almacenaje del nuevo mapa en una base de datos para posteriores.

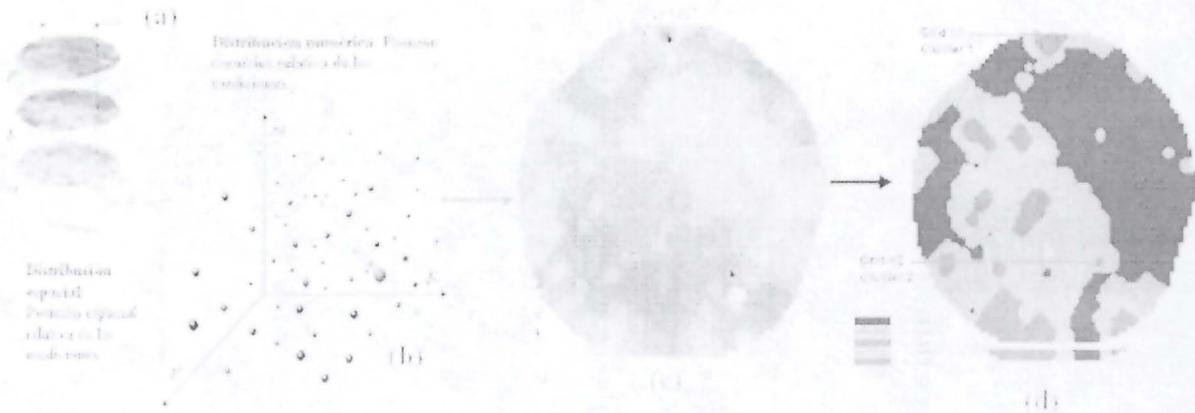
Lo antes mencionado será una de las premisas al momento de captura y formulación de información obtenida en terreno. Un ejemplo de lo anterior puede se aprecia en proxima figura.



Ejemplo de un medioambiente iterativo de procesamiento, usado para derivar nuevas variables de mapa: (a) Recuperación de capas de mapa desde una base de datos; (b) Procesamiento de los datos, en este caso se combinan celdas específicas, para obtener una diferencia; (c) Nuevo mapa creado, en donde la celda resultado se indica con una flecha; (d) almacenaje del nuevo mapa en base de datos (Berry, 1999).

### Visualización de las variables espaciales

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



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

## REGRESIONES ESPACIALES

El objetivo primordial del análisis de regresión es estimar el valor de una variable aleatoria (la variable dependiente: el rendimiento), dado que los valores de una o más variables asociadas (la o las variables independientes: dosis de N, tipo de suelo, elevación, etc.) son conocidos. La ecuación de regresión es la fórmula algebraica por la cual se determina el valor estimado de la variable dependiente o de respuesta.

Los monitores de rendimiento están en el mercado desde hace unos diez años, pero ha sido difícil encontrar la relación entre los rendimientos y las condiciones del cultivo (Ej.: análisis de suelo, aplicación de insumos, topografía, etc.).

Los análisis de rentabilidad realizados en otros países indican que la DV de fertilizantes en cultivos extensivos no es rentable. Una hipótesis sobre esta falta de rentabilidad es que para realizar DV se están usando las mismas recomendaciones de fertilización que existen para dosis uniforme, las que no reflejan las diferencias de respuesta sitio-específica porque se basan en ensayos de parcelas realizados en diversas estaciones experimentales de una amplia área de influencia. Por diseño, se omiten las características específicas de cada sitio, lo que las desacredita para prescribir aplicaciones sitio-específicas de insumos. El problema clave, tanto para el análisis de rentabilidad como para la estimación de la respuesta sitio-específica es que no se ha tenido debidamente en cuenta la estructura espacial de los datos georeferenciados.

Los rendimientos del cultivo se deben a una respuesta a los insumos que se aplican, a las características predeterminadas del sitio, y a los factores climatológicos aleatorios. Nunca es posible incluir todas las variables relevantes de la respuesta del rendimiento de un cultivo en un modelo de regresión. Se sabe que la omisión de variables relevantes reduce la eficiencia estadística de los modelos de estimación; y peor aún, si las variables que se omiten están correlacionadas con las variables que se incluyen en un modelo, los estimadores pueden estar sesgados. Dado que los estimadores de insumos aplicados se usan para desarrollar las recomendaciones de fertilización, el sesgo estadístico de dichos estimadores puede ocasionar costosos errores.

Las características de cada sitio representan un grupo importante de variables que tienden a ser omitidos en los modelos de respuesta agronómica de rendimiento. Por definición, estas variables están distribuidas espacialmente, y los sitios que están más cerca entre sí tienden a ser más parecidos que los sitios que están más separados. Por lo tanto, aún cuando se omitan variables sitio-específicas relevantes de un modelo de regresión espacial, puede haber una correlación en esas variables omitidas con los sitios que las rodean. La regresión espacial proporciona herramientas para diagnosticar y tratar los casos de correlación espacial. Así, para evaluar la utilidad de la información de los planos desarrollados en relación a los rendimientos y calidades obtenidos en las áreas de estudio, se realizará una regresión espacial utilizando el Modelo espacial de LAG. Es importante destacar la necesidad de utilizar modelos espaciales que sopesen la vecindad de cada elemento ya que la manifestación del rendimiento y calidad de las plantas es producto de la acción combinada de todos los factores productivos y acción directa del manejo del predio, hecho que complica la separación de los sectores.

## **ANÁLISIS DE CLUSTERS (GRUPOS)**

El término análisis de clusters agrupa a una serie de algoritmos de clasificación. Básicamente el análisis de cluster consiste en una serie de algoritmos que lo que realizan es el agrupamiento de datos en grupos. Normalmente estas técnicas son utilizadas cuando no tenemos a priori ninguna hipótesis referente al problema que está estudiando y se está en la etapa de exploración de los datos. El rol de estas técnicas es el agrupamiento de los datos en "clusters" teniendo en cuenta algún tipo de medición de similitud dentro de los grupos conformados y de diferencia entre los mismos. El algoritmo se optimiza buscando la conformación de diferentes grupos de manera tal de minimizar la varianza dentro de los grupos y maximizar la varianza entre los grupos. El algoritmo básicamente mueve datos de un grupo a otro hasta encontrar la conformación de los mismos que minimice la varianza dentro de ellos y maximice la varianza entre los grupos. La aplicación de esta técnica en este proyecto será para la delimitación de zonas de comportamiento productivos diferentes dentro de las áreas de estudio. La delimitación de zonas con

comportamientos productivos diferentes de una serie de mapas constituye el entendimiento de la variabilidad espacial y temporal del rendimiento dentro de la misma.

### **Evaluación e integración técnico económica de la tecnología AP**

Las variables espaciales y temporales asociadas a los rendimientos, fueron integradas con una evaluación económica que considerara, los rendimientos y calidad obtenidos por temporada durante el proyecto y todos los costos inherentes al uso de la metodología AP.

### **Principales problemas metodológicos enfrentados.**

En general no existieron problemas metodológicos de mayor complejidad y que no hayan permitido alcanzar adecuadamente los resultados propuestos en el proyecto original. En términos de analítica, han debido abordarse nuevos procedimientos, habiendo sido esta labor previsible, tomando en cuenta la complejidad y cuantía de la información recopilada a través del proyecto.

Uno de los problemas enfrentados y que puede haber dado pie a mostrar resultados incluso más concluyentes para la presente iniciativa dice relación con que la elección de predios o potreros a ser estudiados contara con una variabilidad espacial que contara con una estructura espacial (diferencias entre sitios específicos) de mayor contundencia. Estos problemas fueron de especial relevancia en el caso de Valdivia, en donde los paños bajo estudio fueron especialmente uniformes, pero en donde tras el análisis desarrollado, también se justifica la intervención técnica haciendo uso de elementos de AP.

### **Adaptaciones o modificaciones introducidas durante la ejecución del proyecto, y razones que explican las discrepancias con la metodología originalmente propuesta.**

Las principales modificaciones correspondieron a la cantidad de análisis de material vegetal, en tanto que se puso un especial énfasis sobre el escaneo del cultivo tomando en cuenta las herramientas de proximal sensing, todo lo que involucró una mayor frecuencia de movilización del equipo de investigación hacia las zonas de ensayo. Todo lo anterior se compensa con haber evaluado los beneficios de las herramientas empleadas dado que presentan un escalamiento hacia remote sensing (aéreo y satelital), con lo que se pueden cubrir áreas de mayor extensión en cultivo.

### 3. Actividades del Proyecto:

- Carta Gantt o cuadro de actividades comparativos entre la programación planteada en la propuesta original y la real.

Si se revisa las distintas etapas del proyecto, se presento una detallado análisis de brecha, que puede ser revisado en los informes respectivos. Al finalizar la presente iniciativa se puede afirmar que existe una absoluta concordancia entre las actividades propuestas y las finalmente desarrolladas en termino de los plazos que fueron ellas comprometidas.

Así, se puede ver los análisis de brecha para los informes técnicos que han sido presentados (1 al 3).

A continuación las actividades propuestas originalmente y una posterior revisión de las mismas.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES POR MES FIA TRIGO

Item	Actividades
1 SIG areas de estudio	11 Recopilación Cartografía
	12 Obtención de Distribución Puntos (DGPS)
	13 Digitalización y Georeferenciación Cartografía
	14 Incorporación Cartografía a SIG Productores
	15 Recuperación de posible información histórica
	Actualización de los SIG productores
2 Contratación Personal y Compra de Equipos	21 Contratación de Técnico para el proyecto
	22 Green Seeker y Crop Circle (índice de vigor)
	23 Monitores de rendimiento
	24 Equipo DGPS
	25 Bandereño Satelital
	26 Capzula Precipita (Trabajo en línea de N)
	27 Notetaker (Análisis Previsional y Trabajo en Terreno)
	28 Audífono y Cámara web equipo de trabajo
3 Suelo	31 Obtención de Conduct. Eléctrica en Terreno
	32 Clasificación de la Int. Conductividad Elec
	33 Zonificación de capas de suelo (Mapas)
	34 Construcción de Calibrar en tres zonas de estudio
	35 Descripción de Suelos
	36 Obtención Análisis Físicos de Suelos (Laboratorio)
	37 Obtención de Muestras Fertilidad Tradicional (Muestra compuesta)
	38 Muestreo de suelos para Fertilización por Zonas de Homogeneidad
	39 Formulación de Recomendaciones de Fertilización
	40 Aplicación de Recomendaciones de fertilización con AP
4 Planta:	41 Obtención Lectura y de Clorofila (Inst. SPADMeter)
	42 Muestreo para Análisis de Fertilidad (Plantas Completas)
	43 Muestreo para análisis Foliar
	44 Muestreo para obtención de Área Foliar (Inst. Fish Eye)
	45 Obtención de índice Área Foliar
	46 Obtención de mapas por zonas IAP
	47 Muestreo poblaciones de malezas
	48 Análisis de competencia por nutrientes
	49 Evaluación de plagas y enfermedades

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES POR MES FIA TRIGO**

<b>4.1</b>	<b>Evaluación Desarrollo vegetativo diferencial</b>		
<b>4.1.1</b>	<b>Imagen Multiespectral</b>	4.1.1.1	Captura de Imágenes Multiespectrales
		4.1.1.2	Corrección y Georeferenciación de imágenes.
		4.1.1.3	Confección de Mosaicos por predio
		4.1.1.4	Obtención de Índices Vegetacionales (Mapas NDVI)
		4.1.1.5	Análisis de Información
		4.1.1.6	Zonificación de clases de Vigor
<b>4.1.2</b>	<b>Green Seker</b>	4.1.2.1	Captura de Datos en terreno
		4.1.2.2	Interpolación de datos
		4.1.2.3	Análisis de Información
		4.1.2.4	Zonificación de Clases de Vigor (Mapas)
		4.1.2.5	Comparación Green Seker / Imágenes Multiespectrales
<b>5</b>	<b>Ensayos y Evaluaciones</b>		
<b>5.1</b>	<b>Trigo en Riego (VIII)</b>	5.1.1	Calibración de Pivote, por Evap. De Bja. Histórica
		5.1.2	Evaluación de la Aplicación mediante pluviómetros.
		5.1.3	Monitoreo Humedad Suelo (TDR)
		5.1.4	Captura de Inf. Meteorológica.
		5.1.5	Establecimiento de ensayo cruzado de fertilidad por Clases de Vigor
		5.1.6	Muestreo Rendimiento y calidad (ensayo de fertilidad)
<b>5.2</b>	<b>Trigo en Secano (IX y X)</b>	5.2.1	Evaluación Humedad Suelo (FDR)
		5.2.2	Captura de Inf. Meteorológica.
		5.2.3	Establecimiento de Ensayo de Lixiviación de <b>N (X región)</b>
		5.2.4	Muestras de lixiviación
		5.2.5	Análisis químico de aguas subterráneas
<b>5.3</b>	<b>Cosecha:</b>		
<b>5.3.1</b>	<b>Rendimiento</b>	5.3.1.1	Obtención del rendimiento espacial con monitores tecnología AP
		5.3.1.2	Establecimiento de zonas de rendimientos altos, medios y bajos.
<b>5.3.2</b>	<b>Calidad</b>	5.3.2.1	Obtención de muestras para análisis de calidad por zonas homogéne.
		5.3.2.2	Análisis de calidad por Zonas homogéneas (laboratorio)
		5.3.2.3	Obtención de índice de homogeneidad de Granos Por Zonas homog
		5.3.2.4	Establecimiento de zonas de calidad alta, media y baja
<b>6</b>	<b>Análisis de la información</b>	6.1	Estadístico
		6.2	Espacial
		6.3	Temporal
		6.4	Económico
		6.5	Integración técnico - económica del proyecto
<b>7</b>	<b>Coordinación De Proyecto</b>		
<b>7.1</b>	<b>Reuniones equipo de trabajo</b>	7.1.1	Reuniones anuales para coordinación, análisis y discusión resultados
<b>7.2</b>	<b>Comunicación del equipo de trabajo</b>	7.2.1	Bajar de la web sw Skype (gratis)
		7.2.2	Ensayos de comunicación: audio y videoconferencias
<b>7.3</b>	<b>Reuniones técnicas con productores</b>	7.3.1	Visitas técnicas a las áreas de estudio para mostrar resultados
<b>8</b>	<b>Transferencia Tecnológica</b>	8.1	Seminario
		8.2	Creación de Plataforma web
		8.3	Curso e-learning
		8.4	Día de campo
		8.5	Boletín
<b>9</b>	<b>Entrega de informes</b>	9.1	Elaborar informes

A continuación se presenta un detalle de distintas actividades enumeradas en los cuadros mostrados anteriormente.

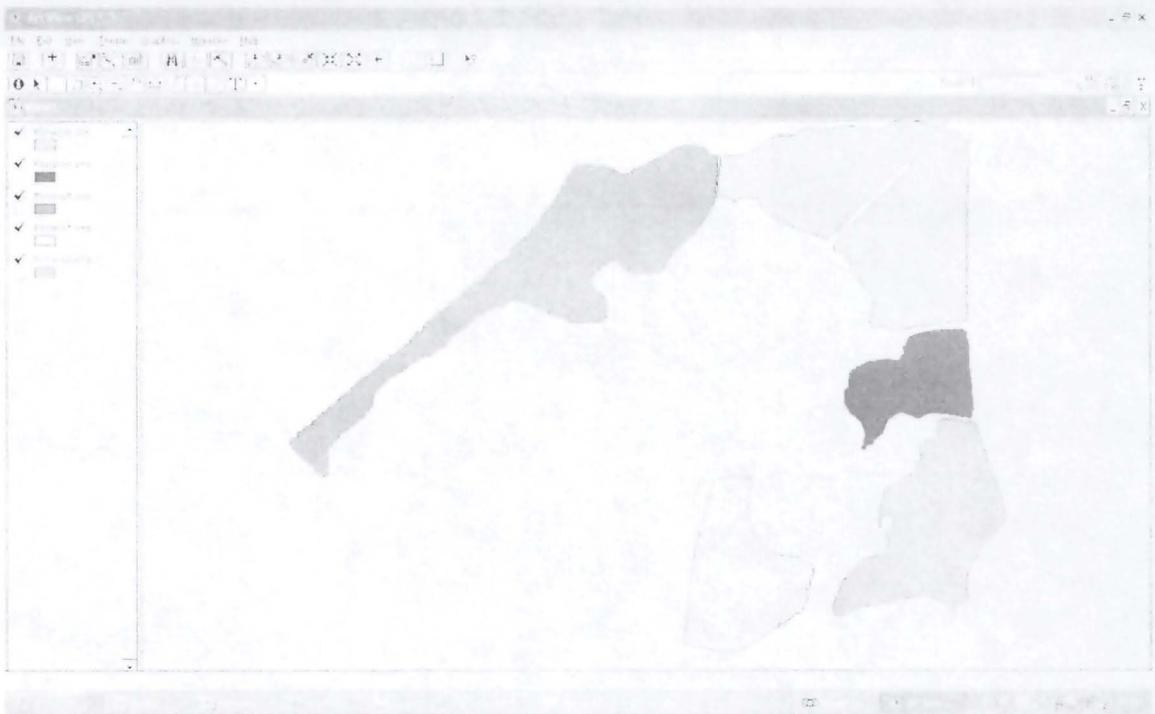
### **Implementación de SIG para las Áreas de Estudio:**

La tecnología a utilizar ha requerido de la incorporación de los predios de las áreas de estudio a un sistema digital. Para ello se ha usado el sw SIG ArcView, de amplio uso en el mundo para ingresar la información que ha generado el proyecto, tales como límites y divisiones internas del predio, información de suelos y también el manejo histórico del cultivo (en el caso de que los productores tengan registros). Como base de captura de información de los potreros, se ha utilizado un sistema DGPS.



Sistema DGPS empleado para la georreferenciación de los potreros en los predios involucrados en el proyecto.

Se ha establecido para el SIG de cada predio una escala de trabajo, que se estima en 1:20.000.



Ejemplo de SIG base para el caso del predio de valdivia, en donde se pueden apreciar 5 cuarteles.

Las bases de las tres áreas pilotos han sido implementadas y manejadas por el coordinador principal y alerno con sede en el INIA -Quilamapu en la VIII región, y los de la IX y X regiones con el apoyo de una investigadora también especialista en SIG del INIA Carillanca en Temuco.

La base SIG implementada ha permitido, una rápida visualización de los potreros en estudio y sus características y por otro el ingreso de los datos generados, las imágenes aéreas multiespectrales, los datos de mediciones de clorofila, monitores de rendimiento, análisis de calidad, muestreos y monitoreos de fertilidad de suelos, ensayos de fertilidad y lixiviación de nitrógeno. Lo anterior permite manejar toda la información integrada y generar nueva información como mapas de NDVI, de rendimiento y calidad y clases de suelo.

## **Evaluaciones del Suelo**

### **Construcción de Calicatas, Descripción y Análisis Físico de Suelos.**

Para las dos áreas de estudio de secano (IX y X), de 50 ha físicas de cultivo cada una, dentro de la variabilidad natural encontrada se seleccionaron zonas con un índice vegetacional (NDVI) homogéneo presenten las mayores superficies, en función del cual se realizaron calicatas para la descripción del perfil de suelo .

Definidas las zonas homogéneas de los potreros en estudio en SIG, se procedió a establecer los puntos de construcción de calicatas para cada una de las zonas diferenciales. Establecidas los puntos con coordenadas geográficas éstas fueron ingresadas a un GPS diferencial y se navegó a cada uno de los puntos. En cada punto se construirá una calicata de 1x1x1m y se describió el suelo (profundidad y límites de los horizontes, color con tabla Munsell y usando malla en acetato de

20x20 cm reticulada cada 1 cm, se evaluará la presencia de concreciones, piedras y raíces en el perfil).



Construcción de calicata para descripción de perfil de suelo.



Localización de calicatas en sitios de estudio y su análisis mediante el estudio del perfil de suelos

Luego, mediante pala ad-hoc se obtuvo muestras por estratas, la primera de 0-20 cm, segunda de 20-40 cm y tercera de 40 a 60 y 60 y más cm, para análisis físicos de laboratorio, a saber, Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchites Permanente, Humedad Aprovechable, Textura, Densidad Aparente y Porosidad.

### **Análisis Químicos de Suelos**

Se realizó un muestreo para análisis de fertilidad completo (macro y micro nutrientes), en relación a puntos de monitoreo, los cuales fueron establecidos según la variabilidad mostrada por la imagen multiespectral.



Muestreo de suelos para determinación de propiedades químicas antes de siembra.

A partir del año 2007, los resultados de fertilidad inicial del laboratorio, obtenidos de los muestreos con metodología AP, derivarán en una recomendación de fertilización específica para cada zona homogénea realizadas por especialistas en fertilidad de suelos, uno para las áreas de secano y otro para el área de riego.

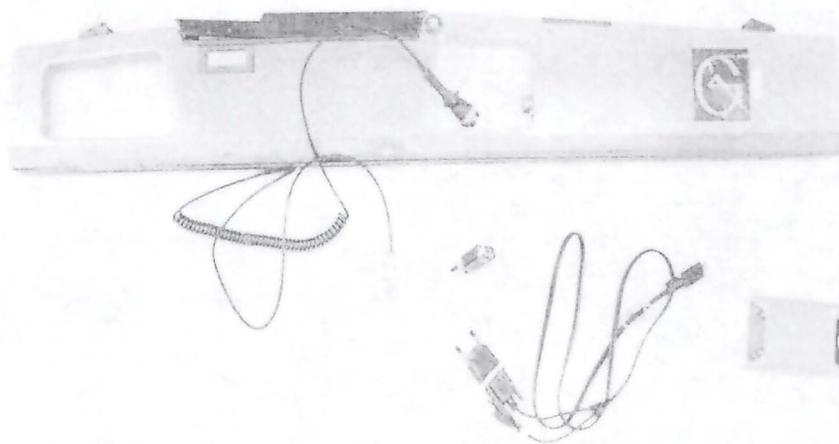
En este sentido, ya se ha hecho la primera experiencia en la siembra del cultivar de trigo invernal Kumpa durante la actual temporada 2007-2008. El estudio se realizó en el predio Monterrey, a cargo del Sr. Jean Pierre Bertholet, en cuyos potreros se sembró el cultivar de trigo invernal Kumpa durante la temporada 2006-2007. La zona en estudio comprendió una superficie total de 42,9 ha. las cuales fueron clasificadas de acuerdo al vigor del cultivo obtenido de fotos aéreas multiespectrales. Se realizó un muestreo de suelos (0-20 y 20-40 cm) de los potreros considerados a fin de establecer una recomendación de fertilización diferencial en sectores delimitados dentro de cada potrero. Además en el sitio donde se llevó a cabo el cultivo de trigo en 2006, Previo a la siembra del cultivar de avena grano durante la actual temporada 2007-2008, se realizó un muestreo de suelos (0-20 y 20-40 cm) de los potreros considerados a fin de establecer una recomendación de fertilización diferencial en sectores delimitados dentro de cada potrero. Del análisis de los mapas de vigor y de rendimiento de trigo Kumpa de la temporada 2006-2007, se realizó un muestreo de suelo dirigido en función de las distintas zonas que pudieron diferenciarse dentro del potrero. Estas zonas fueron agrupadas como nivel Alto, Medio y Bajo.

Todos los muestreos de suelo para análisis de fertilidad, han sido realizados por el técnico de terreno contratado por el proyecto, con ayuda de personal de los socios que han aportado en cada visita. El técnico contratado fue capacitado en su primera semana de funciones por personal del Laboratorio de Fertilidad de Suelos de INIA - Quilamapu, con amplia experiencia en las técnicas de muestreo tradicional, actividades que estarán bajo la responsabilidad del coordinador principal y alterno.

### **Evaluaciones del Suelo usando CE**

En la presente etapa del proyecto, se ha producido una mejora ostensible en la capacidad de obtención de información de las variables de textura y capacidades físico hídricas n función de la construcción de planos de conductividad electro magnética mediante el uso del instrumento EM38 (o "rastra electromagnética") . Con ella se han podido diferenciar antes de siembra sectores de interés sobre los cuales realizar el muestreo tradicional de suelo. Esto tiene aparejada la ventaja de que no se depende de la evolución del NDVI para determinar estas zonas de interés, obteniéndose con ello una optimización en la oportunidad de muestreo

como primer elemento para el establecimiento de las fertilizaciones nitrogenadas diferenciales.



Equipo Em38 para la determinación de conductividad electromagnética de suelo.

De esta manera, se ha identificado la variabilidad de suelo, utilizando el equipo EM38, con lo que se planifican los mapas de CE a una profundidad de 0.75 m., a través de esto se permitió determinar puntos de interés específicos para realizar análisis químico y físico de suelo.

## **Evaluaciones de Planta**

### **Uso del Spad Meter**

Se utilizó el instrumento Spad Chlorophyll meter, para evaluar deficiencias de nitrógeno en los cultivos de trigo de las tres zonas de estudio. Los primeros muestreos con el Spad Meter, fueron realizados por el coordinador principal y alterno, con el fin de capacitar al técnico del proyecto en terreno en el uso del equipo y la forma adecuada de realizar las lecturas. Los datos generados por las actividades descritas están siendo analizados estadísticamente en conjunto con otras variables de cultivo y edafoclimáticas (análisis multivariado).

### **Muestreo de plantas para balance de nutrientes**

Para realizar un adecuado balance de nutrientes, que permitan evaluar la eficiencia del uso del nitrógeno en el sistema tradicional versus AP, fue necesario realizar además de los análisis de fertilidad de suelos, análisis de extracción de

nutrientes, para lo cual se sacaron plantas de trigo completas para analizar contenido de nutrientes totales.

Las plantas fueron analizadas en el Laboratorio de Fertilidad de INIA – Quilamapu y siendo lavadas y secadas en horno con flujo forzado, posteriormente molido y analizado. Los análisis comprenden los macronutrientes esenciales NPK, más el micronutriente azufre.

### **Muestreos para análisis foliar**

Los muestreos para análisis foliar permitirán definir adecuadamente las curvas de extracción de nutrientes, que serán chequeadas durante los años de desarrollo del proyecto y analizadas con la información climática, de la temporada y la histórica. Esto permitirá definir sobre todo en la zona de secano las posibles fluctuaciones de la curva de extracción dependiendo de la pluviometría. En el área de riego las curvas permitirán ubicar eficientemente los riegos durante el desarrollo del cultivo.

En la zona de riego y secano se tomaron muestras distribuidas proporcionalmente en las zonas homogéneas de manejo determinadas por AP.

La mejor oportunidad para realizar los muestreos es materia de análisis de los especialistas en fertilidad junto al coordinador principal y se utilizará información de trabajos de investigación previamente desarrollados en INIA, para determinar los puntos de desarrollo vegetativo del trigo más convenientes (desde el punto de vista de representatividad) de cada variedad durante el desarrollo del proyecto.

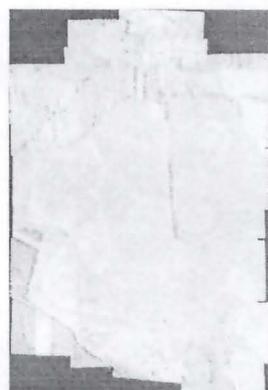
### **Evaluación de plagas y enfermedades**

En este punto ha sido muy relevante la participación de los socios, con permanencia en la zona de estudio, lo que debían informar al coordinador principal y/o alterno, de cualquier problema de esta naturaleza que se presente. También el técnico del proyecto ha sido adecuadamente capacitado por los especialistas en manejo de trigo, de tal forma que aprovechando sus trabajos en las zonas de estudio, el también pudiera detectar cualquier anomalía en el buen desarrollo del cultivo en las distintas áreas de estudio.

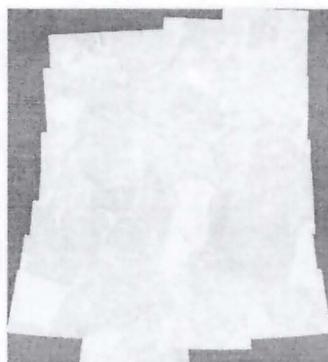
### **Desarrollo vegetativo diferencial del cultivo: Obtención de imágenes multiespectrales**

Las imágenes fueron tomadas por una empresa de servicio con una cámara multiespectral Duncan Tech, en aquellos períodos en que la cámara esté disponible en nuestro país (en octubre-noviembre 2006).

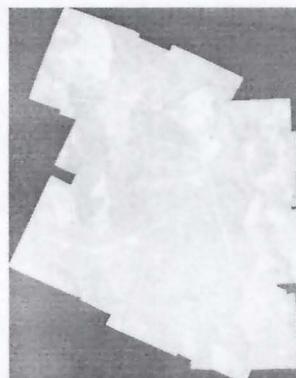
Las imágenes multiespectrales capturadas, fueron corregidas radiométricamente, georeferenciadas y mosaiqueadas, mediante software especializados de percepción remota. Luego fueron procesadas mediante sw de análisis espacial, y clasificadas en distintos niveles de vigor, mapeadas y representadas en mapas según su estado de desarrollo y estrés. En la figura próxima, se presenta un mosaico de los predios de estudio obtenido tras el procedimiento antes descrito.



Mosaico  
Octava  
Región



Mosaico  
Novena  
Región



Mosaico  
Décima  
Región

Mosaicos de los predios de estudio obtenido tras la captura de la imagen multiespectral

Los resultados de clases de vigor del cultivo fueron correlacionados con rendimiento y calidad del trigo obtenido.

## Evaluaciones de Cosecha:

### Rendimiento

#### i) monitores de rendimiento

Para evaluar los rendimientos de cada cultivo adquirió dos monitores de rendimiento los que son conectados a GPS en la maquinaria de cosecha de los agricultores Fig 6 a,b, lo que permitió obtener la distribución espacial de los rendimientos en cada zona homogénea, por un lado, del manejo tradicional del agricultor (año 1) y por otro del manejo con AP durante todo el desarrollo del proyecto. Los Monitores de rendimiento son marca ag Leader,. Modelo "Pf\_advantage", uno de ellos fue instalado en la Octava Región y el otro en la Décima Región para la cosecha 2006-2007. en ambos casos se procedió a realizar una calibración del sensor mediante un método de pesada.

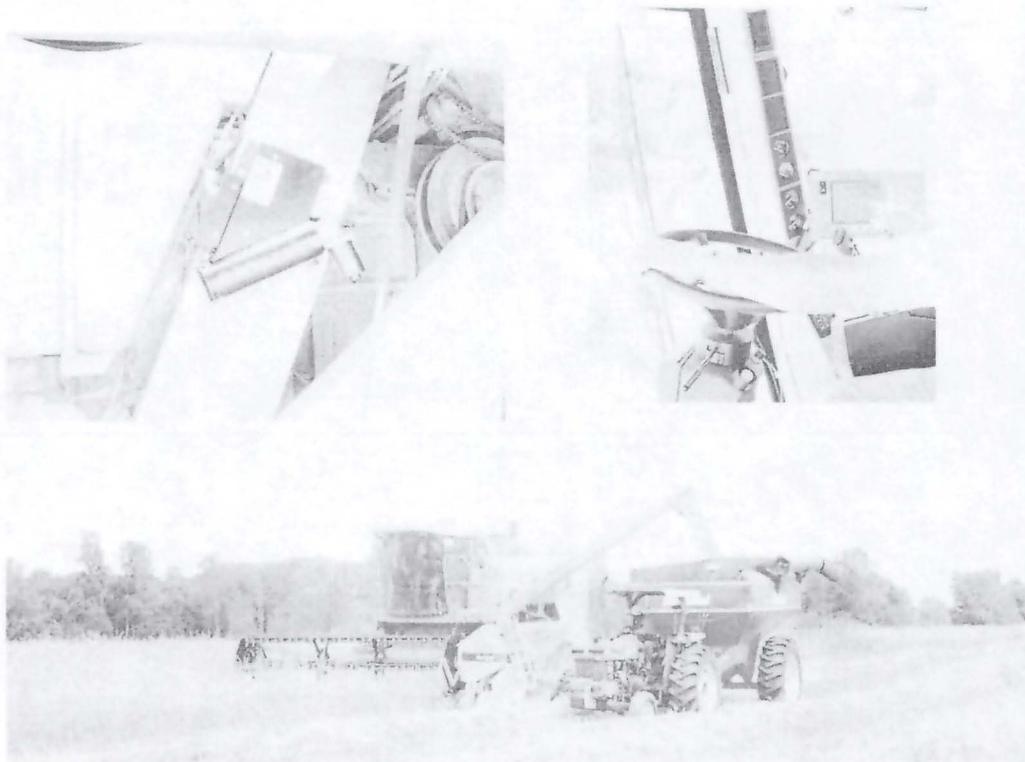


Fig 6 (a.b) monitor de rendimiento instalado en maquinaria. C. cosecha de trigo con monitor incorporado.

Los mapas obtenidos en cada cosecha con la distribución espacial de los rendimientos por zonas permitirán un análisis temporal, que aportará información de gran utilidad para determinar zonas de rendimientos altos, medios y bajos en las áreas de estudio. Este último aspecto se considera de gran relevancia para el trigo de secano, dado que después de la evaluación técnico-económica, la información obtenida le permitirá al agricultor determinar si conviene o no invertir dinero en determinados sectores de su superficie de siembra.

Dado un problema suscitado con la maquinaria del prestador de servicios durante la temporada, en la zona de Temuco, se cosechó manualmente parcelas de 1.5\*1.5m, con lo cual se pudo obtener un mapa interpolado de este sitio.

## 4. Resultados del Proyecto:

### Índice de vigor vegetativo.

En todos los potreros en los que se llevó a cabo la presente propuesta se apreció una importante variabilidad del índice de vigor vegetativo o NDVI, lo que dio cuenta de una variación en el estado de crecimiento del cultivo en los distintos sectores de cada potrero, con lo que se pudo luego desarrollar una base metodológica para los muestreos de suelo, planta, rendimiento y calidad que siguieron en la temporada.

A continuación se presentan algunos ejemplos de la variabilidad obtenida en este índice para las distintas zonas de estudio.



Índice de vigor vegetativo (NDVI) obtenido para los distintos potreros de estudio para las tres localidades consideradas en el proyecto. las zonas que representan de menor a mayor vigor vegetativo están representadas en cuatro categorías, en orden ascendente por el color rojo, amarillo, verde claro y verde oscuro para el mayor vigor.

En función de estos planos se realizó la zonificación para el muestreo de suelos y cultivo, en donde se desarrollaron esquemas de muestreo como el que es mostrado a continuación.



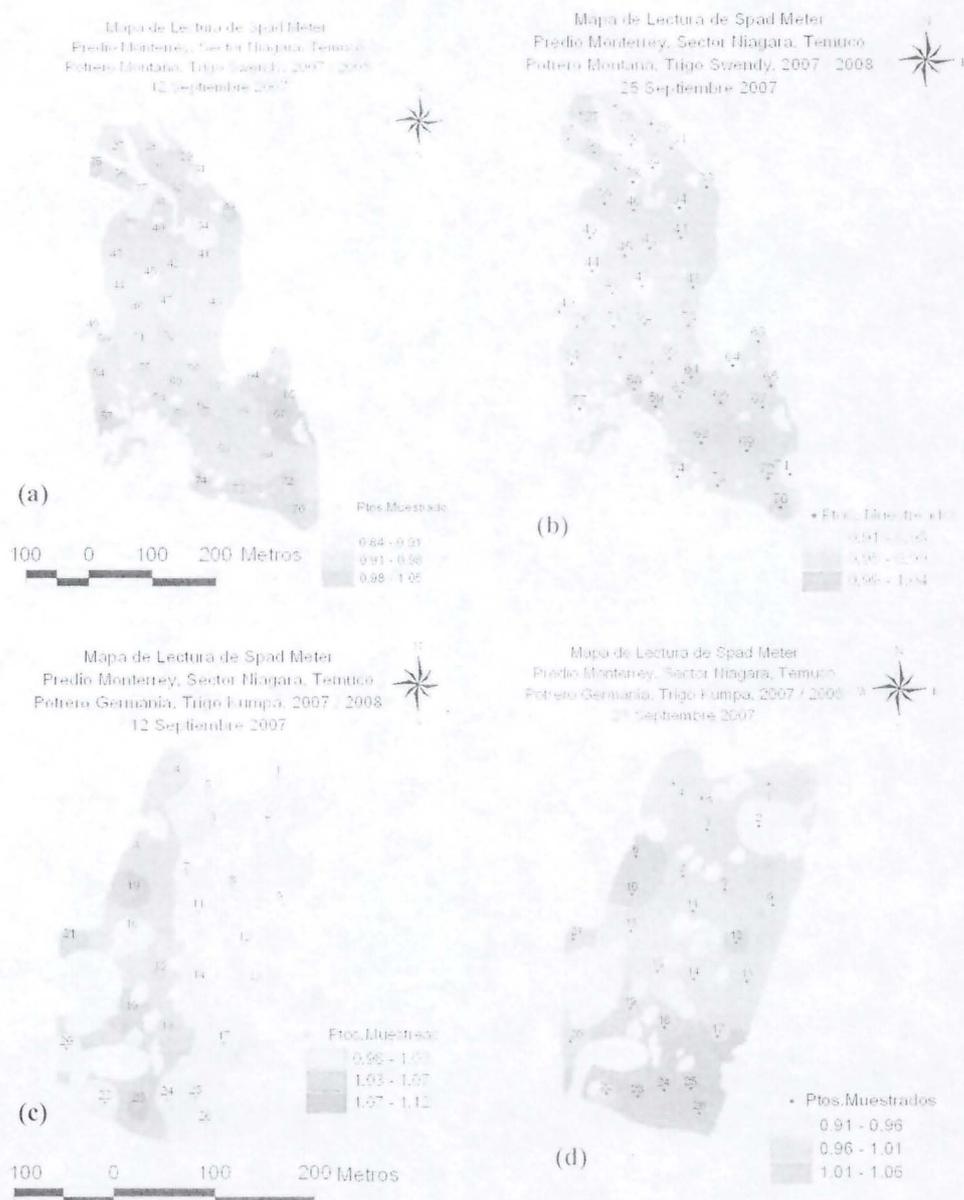
Puntos de muestreo de suelo (en azul) y planta para cuartel de trigo ubicado en la IX Región

Estos resultados de variabilidad en el muestreo mediante imágenes multiespectrales están siendo comparados (análisis geoestadístico) con aquellos que se obtuvieron mediante la medición con el instrumento SpadMeter, que sirve para establecer el estatus de suficiencia de N en el cultivo. Un ejemplo de mapa interpolado, obtenido a partir de lecturas de spadmeter es mostrado a continuación



Mapa de lecturas de spad meter para trigo ubicado en Yungay, VIII región

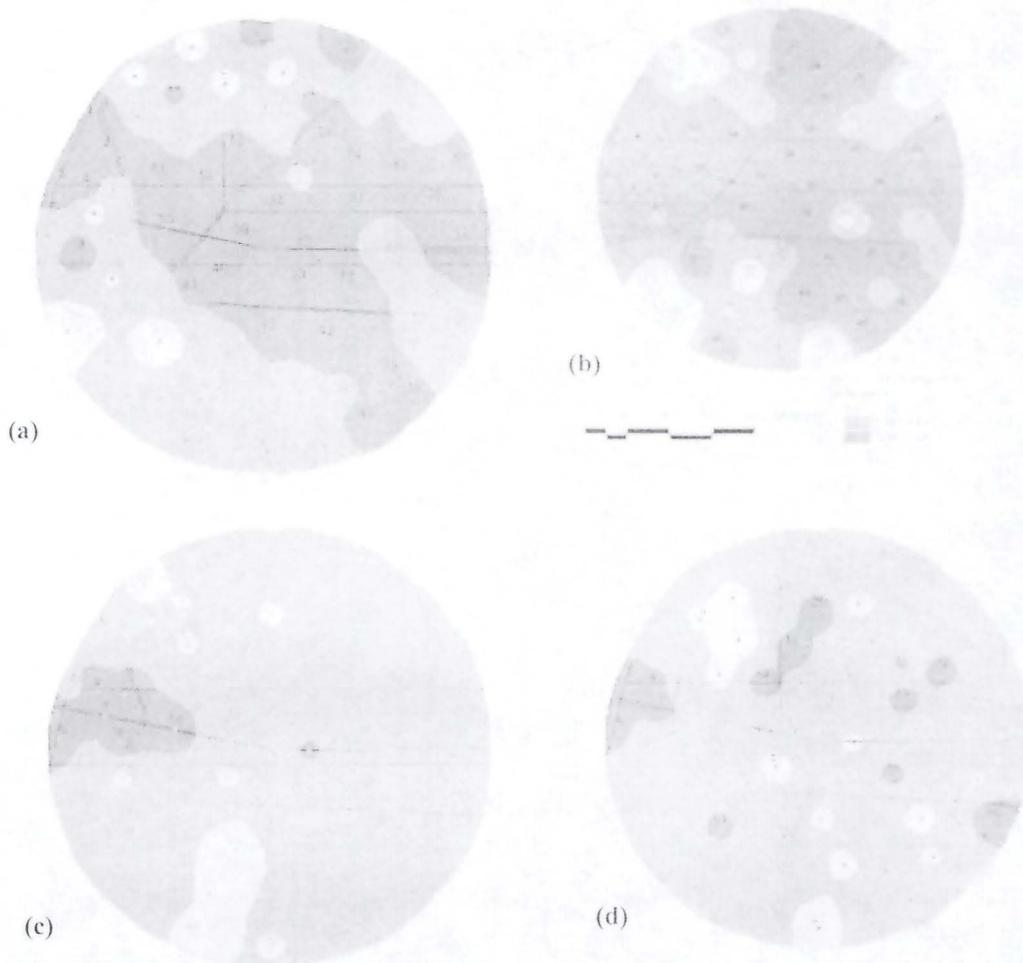
Otros ejemplos de los resultados de lecturas de spad meter son presentadas en las siguientes figuras. Los datos generados por las actividades descritas fueron analizados estadísticamente en conjunto con otras variables de cultivo y edafoclimáticas (análisis multivariado).



Ejemplos de evolución de lecturas de spad meter para dos potreros ubicados en Temuco. (a y b) "potrero montaña", para 12 y 25 de septiembre de 2007 y (c, d) para las mismas fechas en potrero "germania". Los rangos amarillo, verde claro y oscuro, indican insuficiencia, moderada suficiencia y suficiencia de N en la hoja según la lectura de spad meter.

En la figura anterior, se ven dos tendencias temporales, en donde en a y b se aprecian en general una mantención de los niveles de deficiencia moderada en términos generales en el potrero bajo estudio. Por otra parte en el caso del potrero Germania (b y c), se observa entre ambas fechas un aumento en el estatus de clorofila (N) en la hoja.

En la fig. se aprecia la evolución detectada con spad meter para el pivote central de la zona de Yungay,

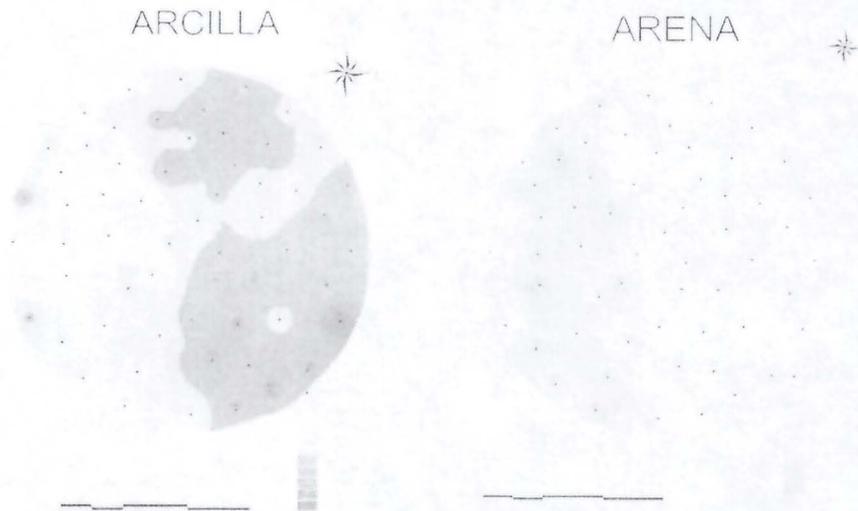


Evolución de lecturas de spad meter para potrero ubicado en Yungay. (en a, b, c y d) se muestran las lecturas para los días 8/10/2007;13/10; 23/10 y 30/10. Los rangos amarillo, verde claro y oscuro, indican insuficiencia, moderada suficiencia y suficiencia de N en la hoja según la lectura de spad meter.

La figuras anteriores confirma la gran variabilidad encontrada en el estatus de N del cultivo, para un mismo potrero de cultivo.

En la anterior evolución es notable el hecho que al contrario que los casos anteriormente mostrados, la tendencia de suficiencia en el índice de spad meter fue a la baja

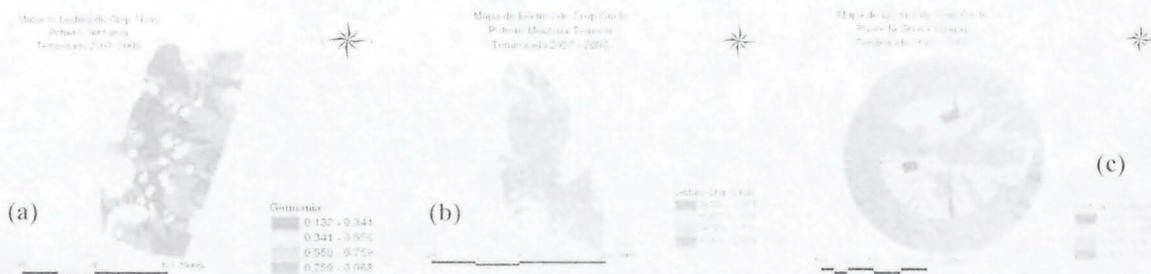
Por otra parte, no mostró un patrón definido en función de los estudios de suelo, pH y contenido de materia orgánica que tenían una espacialidad muy marcada, con dos "mitades" perfectamente delimitadas en el eje norte-sur del potrero



Caracterización de suelo de cultivo en pivote central, Yungay.

**Determinación con instrumento crop circle.**

Además de la determinación con spad meter, (e imagen multiespectral), se caracterizó el cultivo en cuanto a su vigor vegetativo mediante el uso del instrumento "crop circle". Algunas de las coberturas generadas tras su empleo se pueden apreciar a continuación.

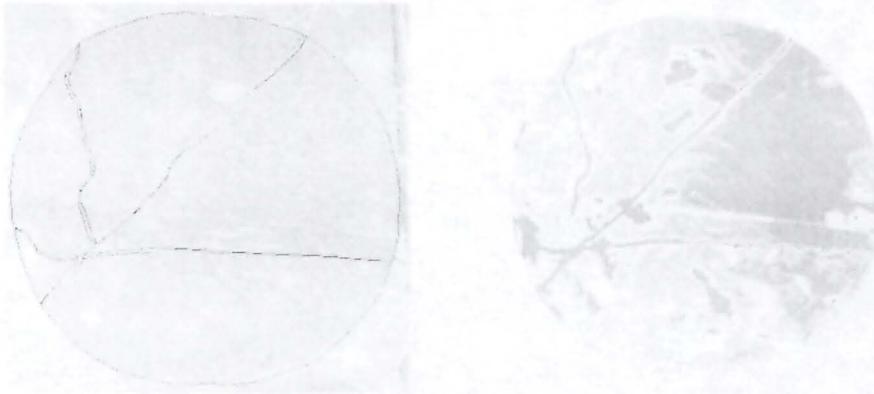


Determinaciones de NDVI mediante crop circle en distintos potreros bajo estudio. (a) y (b) Temuco y (c) Yungay. Diciembre de 2007

En la figura anterior se puede apreciar que el patrón que muestra el crop circle no es claro espacialmente (aparición de zonas claramente delimitadas), al contrario de lo que aparece con las lecturas de spad meter en otros casos, los valores y patrones están en mayor concordancia a sus homólogos obtenidos con spad meter, sin embargo es necesario una revisión de la metodología, tal como queda refrendado luego de visualizar en el caso del pivote la imagen de NDVI obtenida a principios de Diciembre de 2007.

### 3.3.6 Captura NDVI Imagen aérea captura NDVI

Como puede ser visualizado en la próxima figura, se desarrolló un mapa de NDVI para el cultivo de trigo, en donde se pueden observar con gran claridad las diferencias de NDVI en los distintos sectores del potrero, lo que se diferencia notoriamente de lo obtenido con el instrumento crop circle.



Mapa de NDVI de trigo temporada 2007/08 (diciembre 07), derivado de fotografía mostrada en fig. 2. capturada en sitio de Yungay.

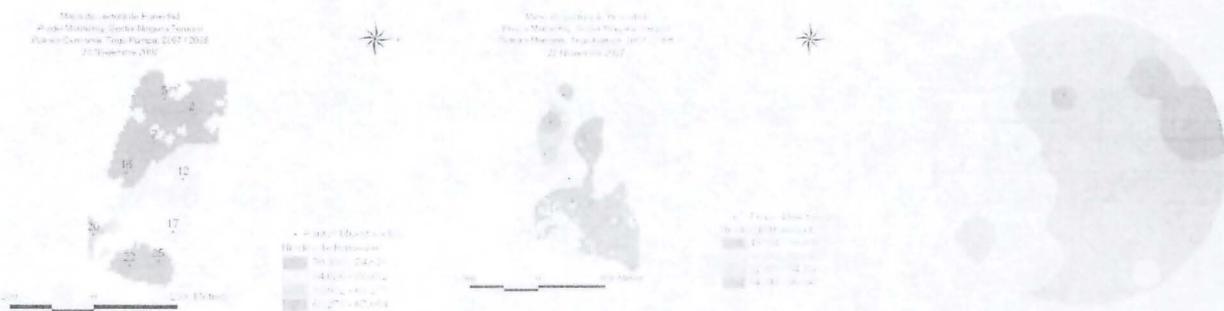
Lo anterior implica que es necesario el ajustar la técnica de muestreo/análisis espacial con crop circle. Lo anterior viene reforzado en tanto que la fotografía multispectral aérea fue tomada en condiciones óptimas y según los cánones metodológicos ya establecidos hace varias temporadas, siguiendo además los patrones de variabilidad espacial una lógica en función de la distribución de suelos en el cuartel, en conjunto con la topografía del mismo. Así por ejemplo, en la figura que se muestra arriba, se pueden ver los mayores NDVI en los sectores bajos y más arcillo/limosos, en relación a los sectores con mayor arena en el potrero. Esto coincide con el antecedente de que en la presente temporada no ha existido un superávit de lluvias, con lo que estos sectores bajos y de mayor capacidad de retención de humedad se ven más favorecidos.

Una de las soluciones posibles para el empleo de este sensor es que se utilice en conjunto a las actividades del cultivo sobre maquinaria antes de encañado, a que de esta forma será posible el tener una grilla mucho más densa

de información en terreno, contando con la ventaja que el "cropcircle" es un sensor activo, por lo que no requiere condiciones de cielo despejado para su empleo como sí lo requiere la cámara aérea, lo cual es relevante bajo las condiciones de nubosidad del sur de Chile. De esta manera, se seguirá trabajando sobre la aplicación de este instrumento para la obtención de NDVI, definiendo finalmente un protocolo de muestreo que sea práctico y robusto en cuanto a la información recopilada.

### Medición de Humedad de suelos en el cultivo.

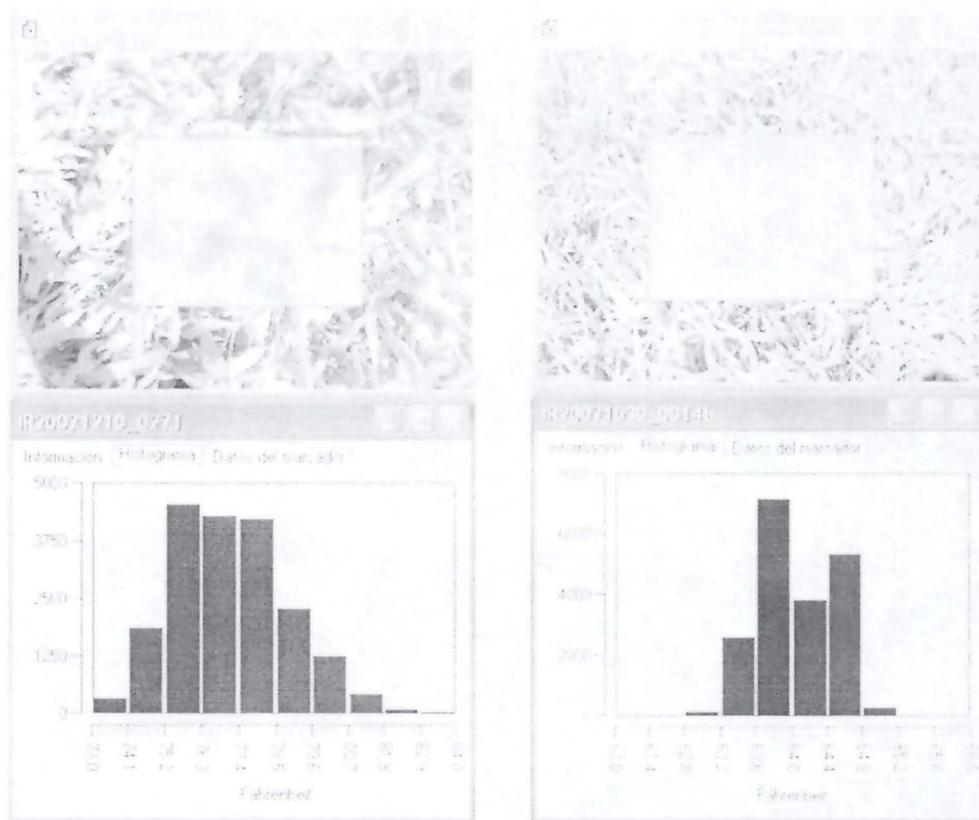
La medición de humedad se llevó mediante el método gravimétrico. Los patrones mostrados finalmente muestran una concordancia con el tipo de suelo (capacidad de retención de humedad) que existe en cada cuartel bajo estudio.



Determinación de humedad de suelos en potreros bajo estudio, evaluada semana 8-10-2007.

### Metodología alternativa en estudio: termografía infrarroja

Como es bien sabido, la determinación gravimétrica de humedad de suelos es laboriosa, costosa en términos de mano de obra y no cuenta con la posibilidad de hacer un chequeo en tiempo real objetivo de la situación del cultivo. Mirando estas limitantes, se ha incorporado el trabajo con termometría infrarroja para obtener índices de estrés hídricos en el cultivo de trigo, los cuales no son destructivos, correspondiendo a un índice directo de planta y que se puede dar en forma rápida un diagnóstico en tiempo real. En la figura se presentan dos ejemplos de termografías tomadas en los sitios de estudio, las cuales están actualmente siendo analizadas para determinar el protocolo de obtención de los índices de estrés hídrico del cultivo antes mencionados.



**Ejemplos de la** evaluación de termografía para la obtención de un índice de estrés hídrico del cultivo en potreros bajo estudio, evaluada semana 8-10-2007.

### Evaluación de malezas

Se muestrearon regularmente las cuatro localidades pre establecidas, Yungay Temuco y dos siembras de Valdivia. Se extrajeron tres cuadrantes de 0,5 m x 0,5 m para cada vigor de trigo, desde puntos pre establecidos. Las plantas se identificaron por especies y se secaron por 72 horas en estufa de aire forzado a 65°C.

### Conductividad electromagnética de suelos

En la fig. a continuación se muestra un plano generado a partir de la información del equipo EM-38. Se puede apreciar según la escala de colores, la importante variabilidad espacial de la variable determinada del suelo del potrero (en este caso, Temuco) .

## Mapa Conductividad Electrica (CE) Zr= 0,75m



Plano de conductividad electromagnética a 75 cm de profundidad para la zonificación de suelos y establecimiento de fisico-químicas en laboratorio. Cuartel zona de Temuco.

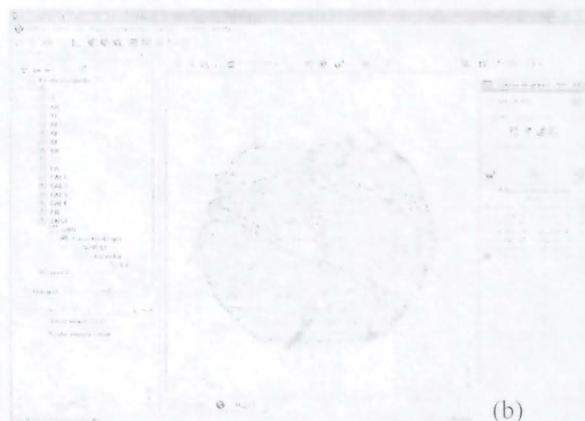
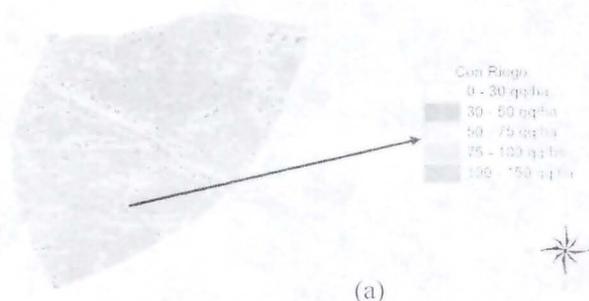
### **Identificación de variabilidad de rendimiento y calidad.**

#### **Rendimiento**

En cada uno de los campos de estudio, se establecieron mapas de rendimiento (ya sea, mediante sensor de rendimiento montado en máquina cosechadora o mediante un muestreo de parcelas determinado en una grilla, para aquellos campos en que no se haya podido establecer un mapa de rendimiento utilizando máquina cosechadora.

En la figura próxima, se ejemplifica la variabilidad obtenida mediante el monitor de rendimiento instalado en la máquina cosechadora de la cosecha de trigo para el cultivo de Yungay. En 15(a) se puede apreciar que para un mismo sector en el potrero fue posible encontrar diferencias entre 50 qq/ha (límite inferior rango zona amarilla) y 100 qq/ha (límite superior rango zona verde claro) en 15(b), se puede apreciar un mapa del potrero completo, generado en el software propietario del instrumental de monitoreo de rendimiento.

MAPA DE MASA DE RENDIMIENTO,  
DE LA ZONA CON RIEGO, OCTAVA REGION  
TEMPORADA 2006 - 2007  
TRIGO VARIEDAD CIKO



Mapa de rendimiento de un sector (bajo riego) del cultivo ubicado en Yungay. (b) mapa del potrero completo, observado en el sw propietario del equipo de medición de rendimiento.

Además se presenta el plano interpolado de rendimiento y el de este potrero ubicado en Valdivia, habiéndose cosechado dicho potrero según puntos de monitoreo, en forma manual.

Rendimientos QQ/ha

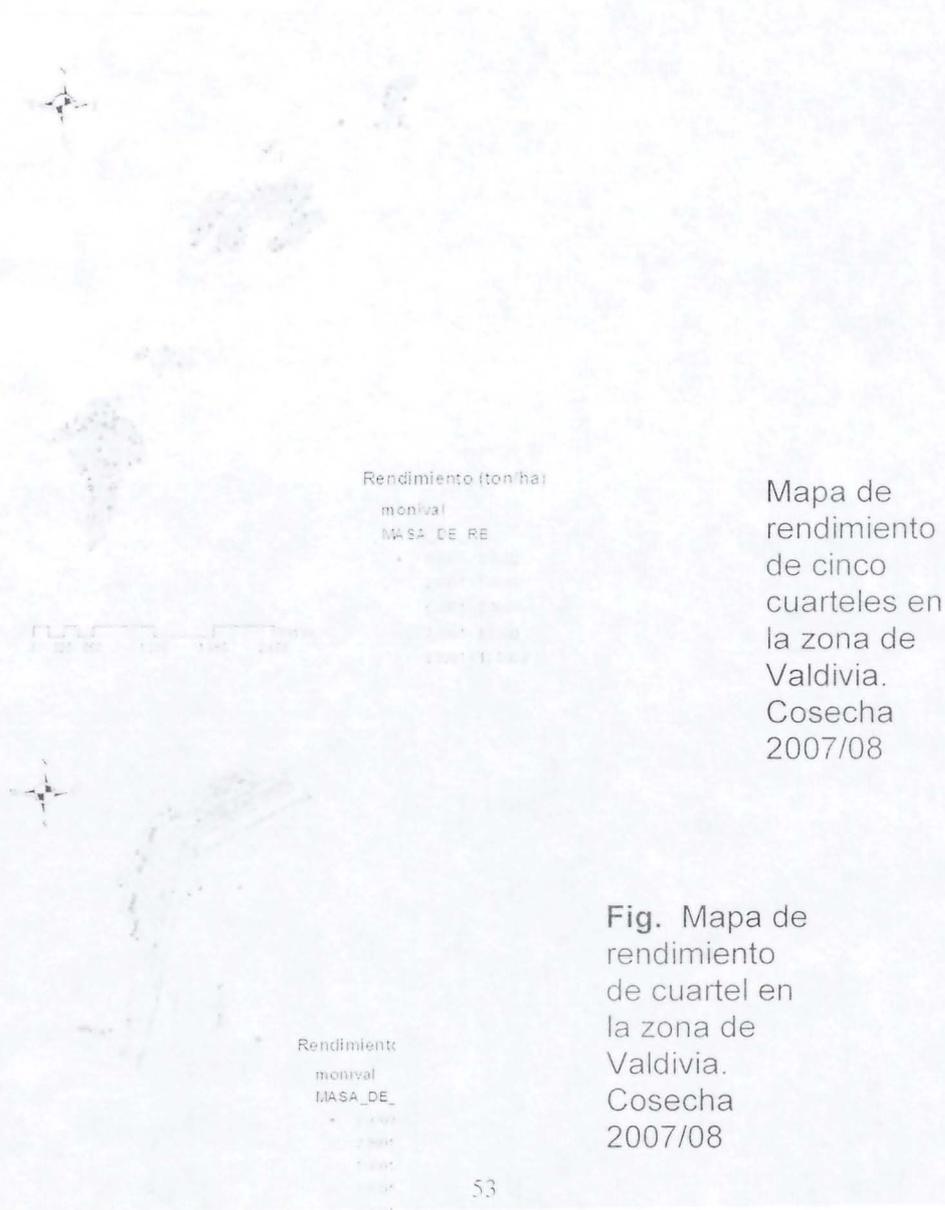


Plano interpolado de rendimiento para cultivo desarrollado en zona de Valdivia

En el caso de la anterior, es posible apreciar, grandes diferencias en rendimiento para un mismo potrero de cultivo. De esta forma en este caso se encontraron diferencias entre 64 qq/ha hasta 114qq/ha, lo que da cuenta de que es muy

posible el optimizar el manejo de cultivo ya sea aumentando rendimientos en zonas que no hayan alcanzado su potencial y/o estableciendo fertilizaciones diferenciales, con lo cual se espera obtener un aumento de retorno a productor mediante la aplicación de la tecnología de AP.

Las evaluaciones de rendimiento han mostrado sistemáticamente que existe en los predios bajo estudio una variación espacial. En la figura a continuación se aprecian distintos cuarteles evaluados, que no estaban contemplados originalmente en el proyecto, pero que se aprovechó de cosechar y hacer un registro de la información. Se puede apreciar en que entre los cuarteles existe una variación importante en rendimiento, apreciándose la predominancia de tonos verdes (sobre 70 qq/ha y hasta 130 qq/ha) en un cuartel específico frente a otro en que predominan las tonalidades rojas (menores a 70 qq/ha), lo cual marca una clara diferencia en la rentabilidad para sectores que fueron manejados a costos similares.

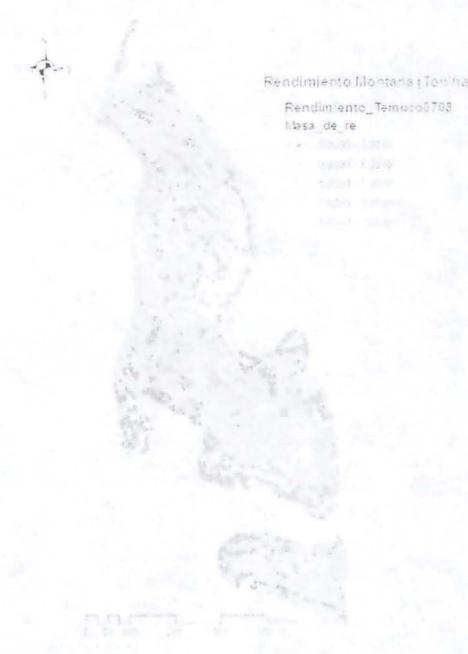


En la fig. Anterior, se aprecia para el caso del cuartel ubicado en la posición más al norte de 2, que existe una diferencia ostensible en rendimiento dentro del mismo, en este caso sin ser necesario un análisis de "índice de oportunidad", se puede asegurar que el manejo de la zona donde predominan los tonos verdes ha de ser distinta a la zona donde predominan los tonos amarillos y rojos.



En el caso de cuarteles evaluados en el proyecto si bien es cierto no se aprecian diferencias tan sustanciales en el rendimiento, es posible también apreciar zonas de alta variación. Para distinguir claramente la oportunidad de aplicar AP en cuarteles con esta variación espacial es necesario integrar indicadores como "índices de oportunidad" en AP.

En el caso de la figura a continuación, se presenta la variabilidad encontrada para el caso del potrero "Montaña" de Temuco, en donde se observa una consistente nada de rendimiento hacia la parte sur de dicho potrero, pero en donde en general se alcanzaron valores sobre los 70 qq/ha



Mapa de rendimiento en cuarteles "montaña" zona Temuco. Cosecha 2007/08

Finalmente en el caso del potrero "Germania" del sitio experimental de Temuco, se apreció que los valores de menor rendimiento, se asociaron fuertemente a los lugares donde están localizados los arboles que están ubicados en el cuartel, y en el sector bajo del mismo (sector S-W), en donde hubo una alta presencia de malezas en la temporada



Fig. 6. Mapa de rendimiento en cuarteles "Germania" zona Temuco. Cosecha 2007/08

## Calidad general de grano

A continuación se presenta un análisis de la calidad del grano para cada localidad, considerando la variedad que estaba en cada zona y el rendimiento obtenido, discutiendo el comportamiento del cultivo en términos generales, para cada variable asociada a calidad

En base a los resultados obtenidos de las diferentes muestras provenientes de diferentes localidades confirman la aptitud molinera y panadera de las variedades en estudio sobre la base de los antecedentes que lo propios creadores han entregado.

Pandora-INIA, es un trigo panadero, de excelente calidad, clasificado de acuerdo a la Norma Chilena 1237 del 2000 como un trigo fuerte y de panificación directa sin la necesidad de mezclas para mejorar tanto su extensibilidad como elasticidad, tal como lo reflejan los resultados de gluten húmedo, y alveograma (mas de 32,2% gluten húmedo, sobre 200 valor de W). y con excelente peso del hectolitro (85,65 Kg/Hl) (Tabla 2).

Kumpa-INIA, trigo de alto nivel productivo, buen peso del hectolitro (83,4), y un nivel de gluten húmedo superior a 25% clasificándolo como trigo casi intermedio con valores W del alveografo que oscilaron entre 92 a 193, con una media de 149,2. En este trigo se observan amplias variaciones en el contenido de gluten húmedo, proteína y valor W, situación que podría indicar una heterogeneidad del suelo en cuanto a fertilidad, humedad y profundidad del mismo. La curva del alveografo lo muestra tal cual es, trigo de masa tenaz y poco extensible (P/L =2,88)

Otto-BAER, es el trigo que mas se siembra en la Décima Región, mas por su adaptación a suelos ácidos que a su nivel productivo. Sin embargo es un trigo de muy buena adaptación en general, de un peso hectolitro relativamente bajo (78,15Kg/Hl) y su calidad se asemeja a un trigo de tipo intermedio, con un gluten húmedo fluctuante (24,2 a 36,9) y también una fuerte variación del valor W (172 a 259), lo que incide en su real clasificación, entre un trigo fuerte a un trigo intermedio. Las razones pudiesen estar relacionadas al suelo y condición de drenaje de los mismos.

Crac-BAER, es un trigo galletero, así lo confirman los resultados de calidad, de un peso del hectolitro aceptable (80,37), un nivel de gluten húmedo que lo ubica dentro de un trigo suave (24,9) y un valor W muy variable pero no superando los 143.

En general todos los trigos presentaron bajos valores de dureza, lo que significa que son de textura dura y un nivel de proteína acorde a los observados para la zona sur y sus niveles productivos.

Tabla 2. Resultados de calidad de variedades por localidad.

Localidad	Variedad	Peso Hectolitro	Glúten Húmedo	Glúten Seco	Glúten Index	Proteínas (%)
-----------	----------	-----------------	---------------	-------------	--------------	---------------

		(Kg/Hl)	(%)	(%)		(N x 5,7)
Yungay	Pandora-INIA	85,65	32,26	11,07	86,30	9,50
Vilcún	Kumpa-INIA	83,44	25,17	8,26	84,58	8,63
Valdivia	Crac-BAER	80,37	24,92	8,67	85,96	10,24
Mafil	Otto-BAER	78,15	32,60	11,00	76,98	10,58

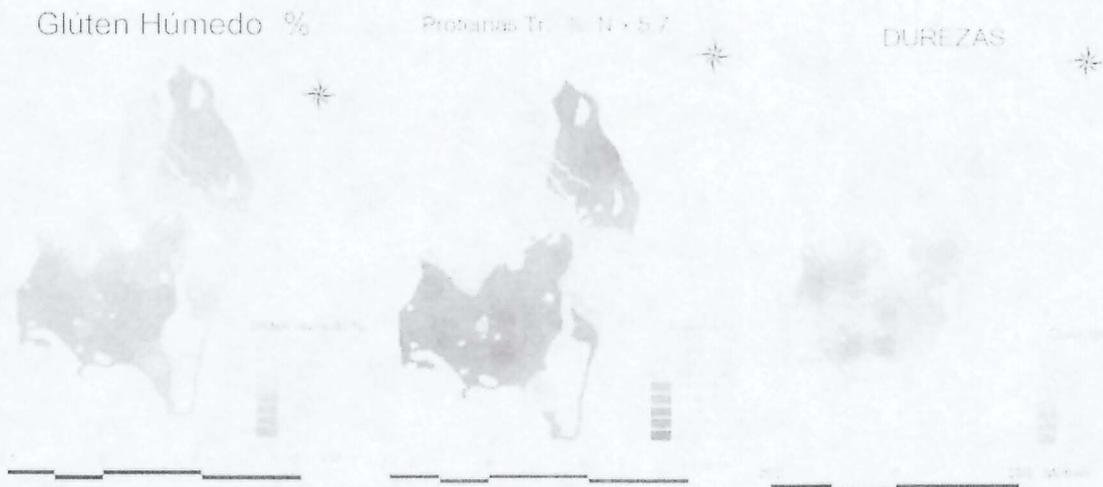
Localidad	Variedad	Dureza	W x 10,4 julios	P n/m	L n/m	P/L
Yungay	Pandora-INIA	16,94	200,32	80,99	104,02	0,82
Vilcún	Kumpa-INIA	18,22	149,17	96,26	38,40	2,88
Valdivia	Crac-BAER	0,00	142,99	48,98	116,95	0,42
Mafil	Otto-BAER	16,61	202,29	75,99	110,87	0,76

Nota: No se presentan valores de dureza para Otto-Baer. El numero de muestras fue variable respecto a la localidad

### Variabilidad y Calidad de grano

En conjunto a las diferencias en el estado de crecimiento de planta, status de N del cultivo y (debido a su vez a la variabilidad a las características edafoclimáticas de crecimiento), se pudo observar diferencias en los campos bajo estudio en rendimiento y parámetros de calidad de grano.

Para todos los casos (potreros) en estudio, ha sido posible establecer diferencia en las variables asociadas a la calidad panadera del grano. Así, en la figura a continuación, es posible apreciar un ejemplo de la variabilidad de los factores de gluten húmedo, proteínas y durezas para el potrero de estudio ubicado en Valdivia



Factores de calidad de grano, y su variabilidad espacial para potrero ubicado en Valdivia.

En la figura anterior, se puede apreciar para el caso del gluten, (importante factor de calidad en el trigo destinado a la producción de harina para elaboración de pan) puede variar de 15% (zonas café claro) a más de 30% (zonas café oscuro), con lo cual tenemos según la norma chilena (NCh 1237. Of. 2000) trigo fuerte (> a 30) a trigo suave (18 a 24,9%). Esta característica ha tomado mucha relevancia, dado que prácticamente todos los molinos realizan esta medición cuando se recibe el grano.

### **Evaluaciones de calidad**

A continuación se presentarán las distribuciones de calidad encontradas para el caso del ensayo del sitio de Yungay como una ejemplificación del trabajo con estas variables.

El grano de trigo contiene principalmente almidón, proteínas, agua, y en menor proporción grasas, minerales, celulosa y vitaminas. Aun cuando el almidón es el componente que se encuentra en mayor proporción en el grano, representando el 70% del peso seco de éste, la calidad industrial y sus propiedades funcionales dependen preferentemente por proteínas almacenadas insolubles denominadas colectivamente gluten, las cuales inciden fuertemente en la variación que pueden detectarse entre diferentes cultivares con respecto a su calidad molinera y panadera. Estas proteínas interactúan en presencia de agua para formar la parte insoluble de la harina y que, de acuerdo a sus características de calidad, permiten obtener masas de mayor o menor fuerza y elasticidad, características altamente deseables en el proceso de elaboración de pan.

La calidad está determinada por una variada gama de características a las cuales se le pueden asignar diferentes niveles de importancia dependiendo del uso final o tipo final del producto que se quiera obtener. Por ejemplo, lo importante para el agricultor es que el trigo sea de un alto rendimiento; para el molinero, que tenga una buena calidad molinera, buen almacenamiento y capaz de rendir el máximo en harina; por su parte, para el panadero, que la harina sea óptima para hacer pan, galletas o queques; finalmente el consumidor exige un producto de buen sabor y adecuado valor nutritivo. El criterio de calidad resulta más complejo aun si consideramos que una variedad de trigo para panificación podría tener calidad adecuada para la producción mecanizada de pan de molde pero no para la producción semi mecanizada o manual de pan francés. Por lo tanto, es posible

hablar de calidad de una variedad cuando se ha definido el tipo de producto que se elaborará y el proceso que se utilizará.

Se ha establecido que, si bien es cierto, las diferentes proteínas pueden determinar la calidad panadera de un trigo, existen otros factores que permiten también establecer una clasificación de esta categoría como es el caso de dureza del grano y elasticidad o calidad del gluten.

**la calidad industrial del trigo tiene un importante impacto en los costos que ahorra o que ocasiona en cada uso, y por ende en su precio de mercado.** Los **principales parámetros** de la calidad del grano son:

## **Evaluaciones**

### ***Determinación de humedad del trigo***

Se tomaron 10 g de cada tratamiento y se molieron en un molino Perten 3100. Para la determinación de humedad se pesaron 3,0 g de muestra molida, se colocaron durante 1 hora a 131 °C en una estufa Binder con aire forzado, se dejaron enfriar en un desecador y se volvieron a pesar. Por diferencia de pesada se determinó el porcentaje de humedad del trigo.

### ***Peso del hectolitro***

Se pesaron 250 mL de trigo libre de impurezas, con un equipo ELE International 2174 y una balanza de sensibilidad 0,01 g.

### ***Proteína del grano***

Se usó el método Kjeldahl (AOAC, 1997) y se informaron como %N\*5,7, base 14% de humedad. Rendimiento en harina Se acondicionó 500 g de las muestras de trigo a 15,5% de humedad, durante 24 horas. Posteriormente, se molieron en un molino Chopin CD-1, realizando una pasada por la sección de trituración y tres pasadas por la sección de compresión. Se recogieron las fracciones de harina y afrecho para determinar rendimiento en harina. Los resultados se expresaron como la suma de los porcentajes de extracción de harina de trituración y compresión.

### ***Volumen de sedimentación- SDS***

Se determinó mediante el método de Preston *et al.* (1982) en 4,5 g de trigo molido. Los resultados se informaron en mL, corregidos a 14% de humedad.

## Norma Chilena de Calidad NCh 1237. Of2000

Clase	Protéina (%)	Gluten Húmedo (%)	Sedimentación Corregida (ml)
Fuerte	≥ 10,5	≥ 30	≥ 33,0
Intermedio	9,0 – 10,4	25,0 – 29,9	27,0 – 32,9
Suave	7,0 – 8,9	18,0 – 24,9	17,0 – 26,9

Norma chilena de calidad de grano

### Gluten Húmedo

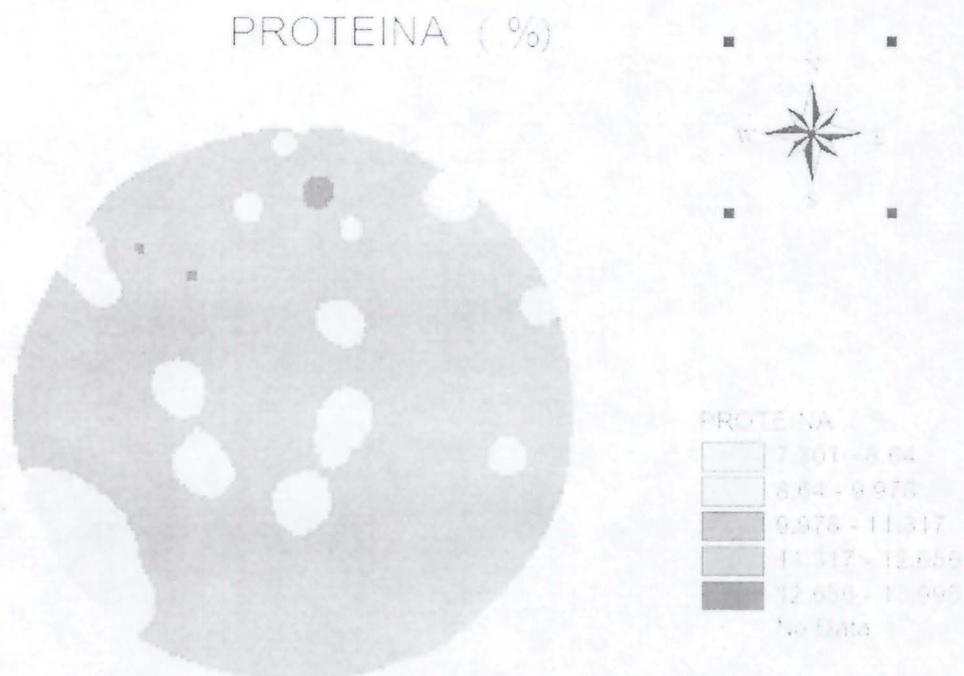


Distribución de % de gluten húmedo en grano para trigo de lugar de ensayo Yungay. Temporada 2007/08

En relación a la información obtenida e los ensayos a nivel de terreno, podemos identificar para el caso de Yungay el mapa de distribución del % de Gluten húmedo, nos indica que el rango de calidad "Fuerte" cubre mas del 70% de la superficie del cuartel. De esta manera habría un 30% que tiene un margen de ser mejorado (categoría "intermedio") mediante manejo diferencial. Sin embargo la conveniencia de este manejo está supeditada al precio diferencial que a futuro se pague por un trigo de esta segunda categoría.

## Análisis Proteico:

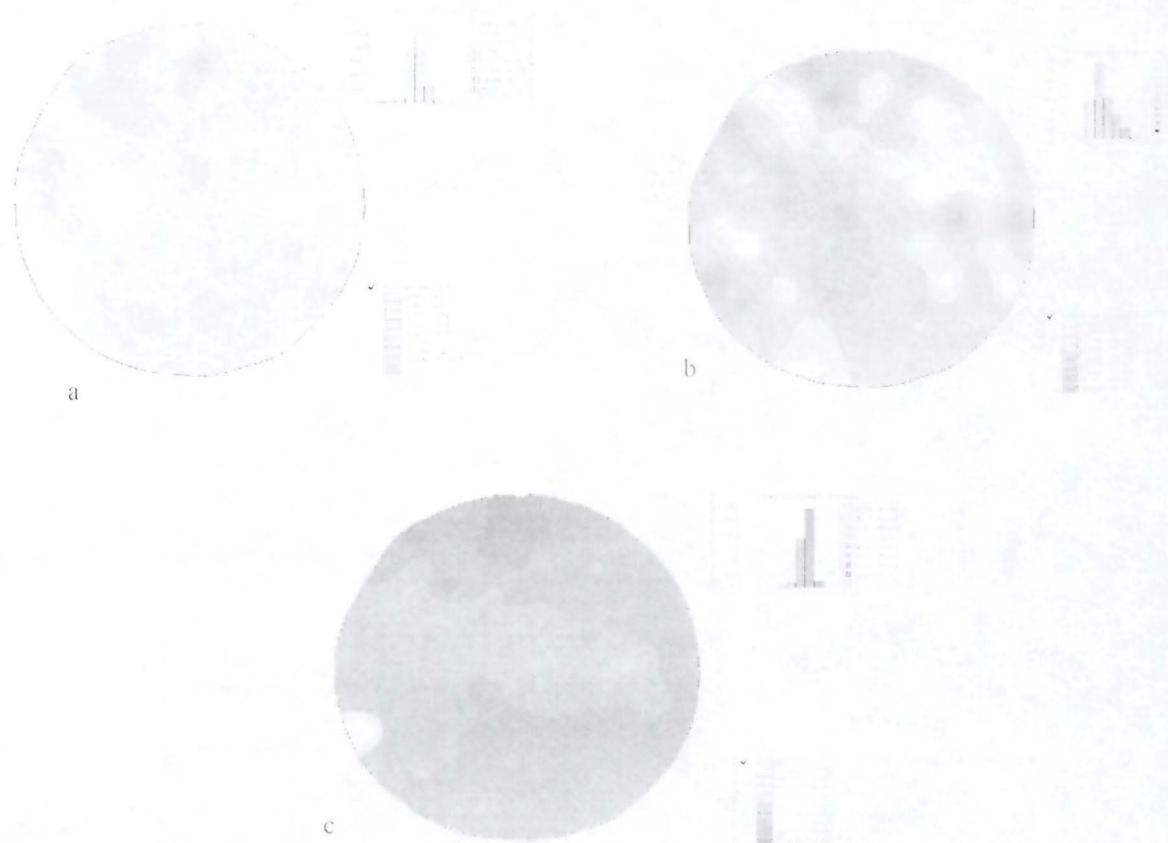
La proteína es un factor determinante en las características tecnológicas del trigo, tanto en cantidad como en calidad. En la calidad desempeñan un rol relevante las proteínas de reserva, específicamente las gliadinas y las gluteninas, que durante el mezclado por acción del agua forman el gluten. Las gliadinas (cadena monomérica, de bajo peso molecular) presentan propiedades de plasticidad y las gluteninas (cadenas poliméricas, de alto y bajo peso molecular) de elasticidad. Ambas contribuyen a las propiedades viscoelásticas necesarias para un buen comportamiento de la masa durante la panificación, por la formación de una red tridimensional continua, llamada gluten.



Distribución de % de gluten húmedo en grano para trigo de lugar de ensayo Yungay. Temporada 2007/08

Al igual que en el caso anterior, el mapa de distribución del % de Proteínas, nos indica que el rango de calidad "Fuerte" cubre mas del 70% de la superficie del cuartel. De esta manera habría un 30% que tiene un margen de ser mejorado (categoría "intermedio") mediante manejo diferencial.

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



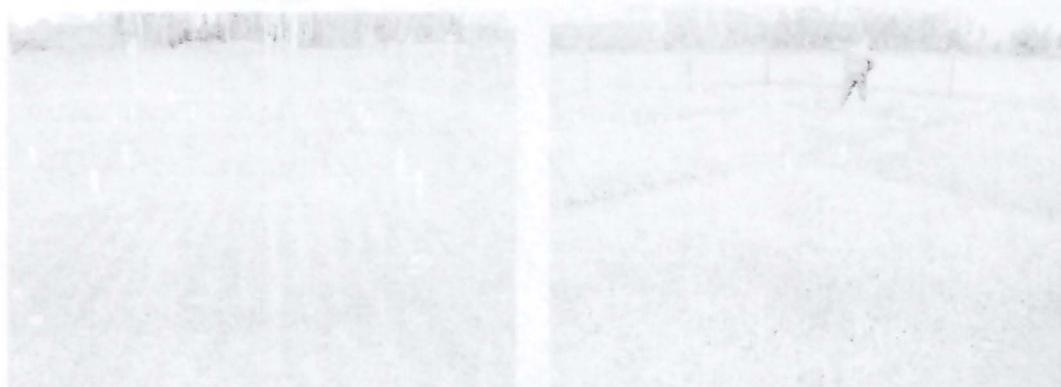
Distribución de variables asociadas a calidad de grano (a) gluten seco (%); (b) índice de gluten y (c) dureza para trigo de lugar de ensayo Yungay. Temporada 2007/08

## I. Resultados ensayo lixiviación Mafil

### Desarrollo del cultivo

Los resultados indican que existió un adecuado establecimiento y desarrollo del cultivo durante ambas temporadas (Foto 2), aunque sólo se observó un efecto de los tratamientos de fertilización en relación al tratamiento control (Cuadro 2). No existió interacción entre los tratamientos de fertilización y sector de fertilidad, ni de la fertilidad de los sectores sobre el desarrollo del trigo ( $P > 0,05$ ), lo que indica que

para el estado vegetativo del cultivo, la diferenciación de la fertilización nitrogenada entre sectores de baja y alta fertilidad no tuvo un efecto significativo en el desarrollo del trigo.



**Foto 2.** Vista parcial del ensayo, 30 y 50 días durante la temporada 2007/08.

Durante la temporada 2007/08, la fertilización nitrogenada incrementó el número de macollos por planta, aunque no afectó el número de plantas por metro lineal en el sector de baja fertilidad ( $P \leq 0,05$ ; Cuadro 2). Similar situación se observó en el sector de alta fertilidad, en donde además se observó una compensación al menor número de macollos del tratamiento control, existiendo un mayor número de plantas por metro lineal en este tratamiento. Esta respuesta, no observada en el sector de baja fertilidad, pudo estar asociada al mayor nivel de fertilidad natural del suelo, que le permitió al tratamiento control compensar la falta de N en fertilizante inorgánico por aquel proveniente de la mineralización del suelo, en coincidencia con Alfaro et al. (2006) para sectores con praderas o de rotación.

Durante la temporada 2008/09 no se observó un efecto de los tratamientos sobre estos parámetros.

**Cuadro 2.** Efecto de los tratamientos en dos factores del rendimiento, por sector de fertilidad en ambas temporadas (n=3,  $\pm$  eem).

Sector/tratamiento	Control	Convencional	Precisión
<b>Temporada 2007/08</b>			
Sector de baja fertilidad			
Macollos planta <sup>-1</sup> (n°)	4 $\pm$ 0,6 b	6 $\pm$ 0,3 a	5 $\pm$ 0,9 a
Plantas m <sup>-1</sup> (n°)	18 $\pm$ 2,5 a	18 $\pm$ 0,7 a	19 $\pm$ 1,7 a
Sector de alta fertilidad			
Macollos planta <sup>-1</sup> (n°)	3 $\pm$ 0,1 b	5 $\pm$ 0,4 a	5 $\pm$ 0,3 a
Plantas m <sup>-1</sup> (n°)	22 $\pm$ 1,1 a	19 $\pm$ 0,7 b	20 $\pm$ 0,5 b
<b>Temporada 2008/09</b>			
Sector de baja fertilidad			
Macollos planta <sup>-1</sup> (n°)	3 $\pm$ 0,3 a	4 $\pm$ 0,4 a	4 $\pm$ 0,7 a
Plantas m <sup>-1</sup> (n°)	20 $\pm$ 0,5 a	19 $\pm$ 0,3 a	19 $\pm$ 1,0 a
Sector de alta fertilidad			
Macollos planta <sup>-1</sup> (n°)	4 $\pm$ 0,3 a	4 $\pm$ 0,1 a	4 $\pm$ 0,2 a
Plantas m <sup>-1</sup> (n°)	21 $\pm$ 0,7 a	20 $\pm$ 0,5 a	20 $\pm$ 1,0 a

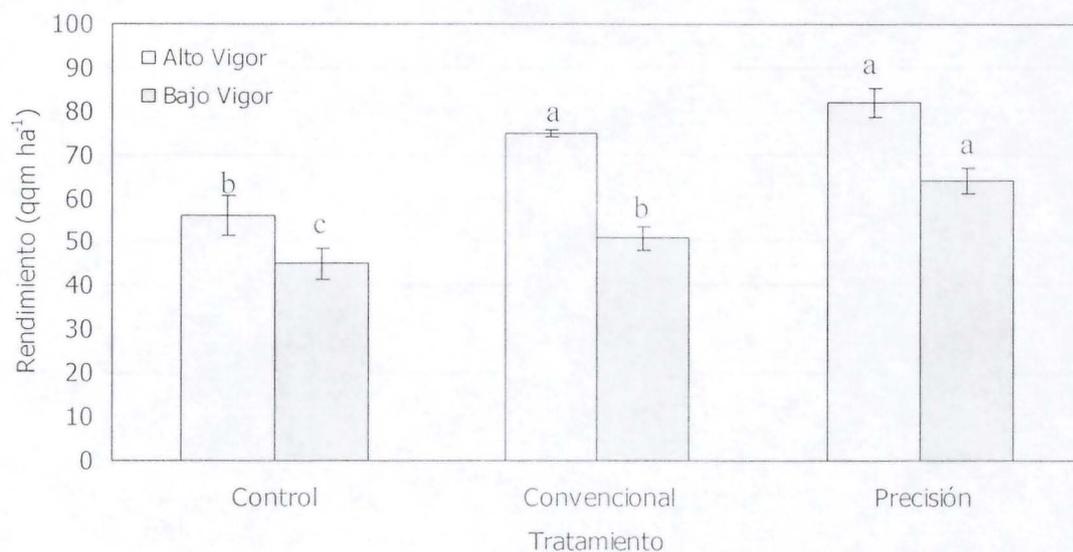
Letras significativas en columnas indican diferencias significativas entre tratamientos (P $\leq$ 0,05).  $\pm$ : error estándar de la media

## 2.2 Rendimiento del cultivo

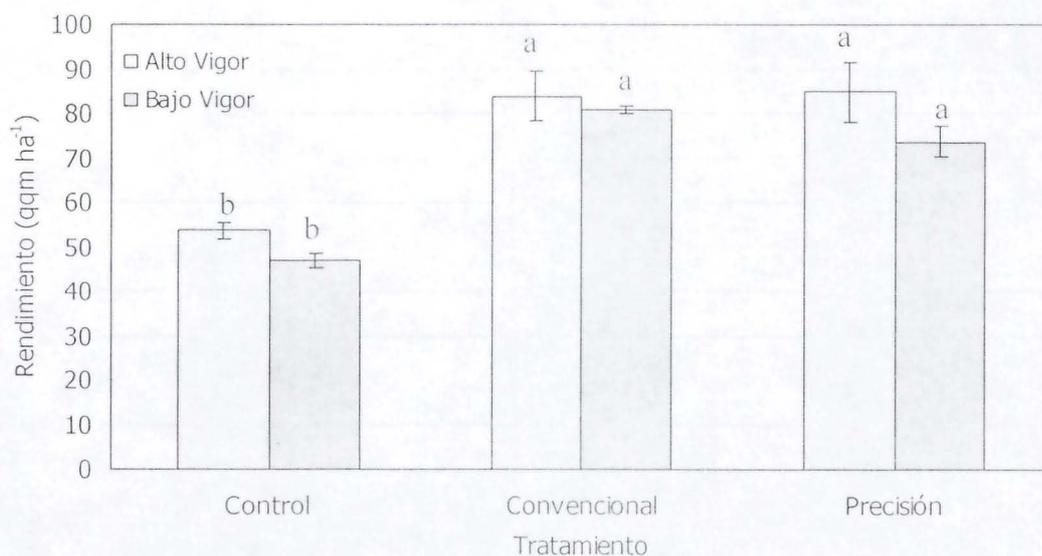
Durante la temporada 2007/08 hubo un efecto positivo del tratamiento agricultura de precisión sobre el rendimiento del cultivo en el sector de bajo vigor (p $\leq$ 0,05) (Fig 2a). No se observó dicho efecto en el sector de alta fertilidad. Esto pudo estar asociado a que no hubo diferencias significativas en las fertilizaciones de N aplicadas entre ambos tratamientos para cada sector y al aporte de N del suelo vía mineralización, que pudo enmascarar el efecto de los tratamientos de fertilización impuesto (ver más adelante), situación que ha sido descrita previamente para el aporte de azufre del suelo en un cultivo de trigo sobre suelos trumao (Alfaro et al., 2006).

Durante la temporada 2008/09 no hubo diferencias en el rendimiento del cultivo entre las áreas cultivadas con agricultura de precisión o agricultura convencional. Esto pudo estar asociado a la falta de diferencias en el manejo de la fertilización nitrogenada y al aporte de mineralización de N del suelo, como se indicó previamente.

(a)



(b)



Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo (qqm ha<sup>-1</sup>) para las temporadas (a) 2007/08 y (b) 2008/09.

### 2.3 Producción de paja y capotillo del cultivo

La producción de paja más capotillo del cultivo no varió significativamente entre los tratamientos de agricultura convencional y de precisión durante ambas temporadas de estudio. Sólo el tratamiento testigo presentó menores producciones

( $P > 0,05$ ; Cuadro 3). Esto coincide con los resultados de rendimiento de grano medidos.

**Cuadro 3.** Efecto de los tratamientos en la producción de paja del cultivo ( $t\ ha^{-1}$ ), por sector de fertilidad en ambas temporadas ( $n=3$ ,  $\pm eem$ ).

Sector/tratamiento	Control	Convencional	Precisión
<b>Temporada 2007/08</b>			
Sector de baja fertilidad	$6,2 \pm 0,66\ b$	$9,1 \pm 0,15\ a$	$7,8 \pm 0,47\ ab$
Sector de alta fertilidad	$7,4 \pm 0,87\ a$	$11,8 \pm 0,79\ a$	$9,8 \pm 0,92\ a$
<b>Temporada 2008/09</b>			
Sector de baja fertilidad	$7,7 \pm 0,51\ b$	$9,6 \pm 0,27\ a$	$9,3 \pm 0,34\ a$
Sector de alta fertilidad	$8,3 \pm 0,87\ b$	$9,5 \pm 0,39\ a$	$9,6 \pm 1,07\ a$

#### 2.4 Extracción de nitrógeno por el cultivo

La extracción de N por el cultivo correspondió directamente al rendimiento tanto de grana como paja (Cuadro 4). Esto dado que las concentraciones de este nutriente no variaron substancialmente entre tratamientos.

**Cuadro 4.** Extracción de nitrógeno por el cultivo ( $kg\ ha^{-1}$ ), por sector de fertilidad en ambas temporadas ( $n=3$ ,  $\pm eem$ ).

Sector/tratamiento	Control	Convencional	Precisión
<b>Temporada 2007/08</b>			
Sector de baja fertilidad			
Grano	$92 \pm 7,1\ b$	$110 \pm 1,3\ ab$	$136 \pm 9,3\ a$
Paja más capotillo	$24 \pm 3,0\ b$	$44 \pm 4,1\ a$	$32 \pm 2,1\ ab$
Sector de alta fertilidad			
Grano	$122 \pm 13,9\ b$	$173 \pm 1,2\ a$	$186 \pm 9,6\ a$
Paja más capotillo	$30 \pm 3,8\ a$	$56 \pm 7,0\ a$	$47 \pm 7,8\ a$
<b>Temporada 2008/09</b>			
Sector de baja fertilidad			
Grano	$94 \pm 7,9\ b$	$186 \pm 1,6\ a$	$179 \pm 6,7\ a$
Paja más capotillo	$33 \pm 2,1$	$64 \pm 8,3$	$59 \pm 9,3$
Sector de alta fertilidad			
Grano	$122 \pm 13,7\ b$	$209 \pm 14,0\ a$	$223 \pm 14,7\ a$
Paja más capotillo	$44 \pm 2,3\ b$	$57 \pm 2,3\ a$	$57 \pm 10,8\ a$

La extracción de N en los tratamientos control de cada sector, correspondió al aporte de N del suelo, cuando no se fertiliza con este nutriente el cultivo. Dependiendo del nivel de fertilidad del suelo, el aporte de N vía mineralización varió entre  $116$  y  $165\ kg\ N\ ha^{-1}$ , respectivamente, dependiendo del año. Esto hace suponer, que el efecto de las fertilizaciones agregadas de manera inorgánica

podiera ser enmascarado por el alto aporte de este nutriente que realiza el suelo. Esto podría explicar la falta de diferencias significativas entre los tratamientos de agricultura convencional y de precisión.

### 2.5 Balances de suelo de nitrógeno

Los balances de suelo fueron negativos sólo en el tratamiento control, debido a que en este tratamiento no se aplicó N. El balance negativo indica que en estos sectores, aún considerando el aporte de N del suelo, el cultivo de trigo no es viable en el tiempo (Cuadro 5).

En los tratamientos fertilizados, los balances fueron positivos variando entre 67 y 154 kg N ha<sup>-1</sup>. La mayor acumulación de N en el suelo se observó durante la primera temporada, asociado probablemente a menores rendimientos (y por ende menores extracciones de este nutriente), en relación a la temporada 2008/09 (Cuadro 5).

No se observó un efecto del tratamiento agricultura de precisión sobre el balance de N del suelo, a excepción del sector de baja fertilidad durante el año 2008/09, lo que sugiere que en esto sectores la fertilidad debiera ajustarse con mayor exactitud en relación al potencial productivo del cultivo.

Los resultados obtenidos en ambas temporadas sugieren que la adición de N al cultivo fue excesiva en todos los casos, y que no existió un efecto del tratamiento agricultura de precisión en aumentar la eficiencia de uso de este nutriente.

**Cuadro 5.** Balance de nitrógeno en los tratamientos (kg N ha<sup>-1</sup>), por sector de fertilidad en ambas temporadas (n=3).

Sector/tratamiento	Control	Convencional	Precisión
<b>Temporada 2007/08</b>			
Sector de baja fertilidad	-65 ± 10,2 b	154 ± 13,0 a	105 ± 30,9 a
Sector de alta fertilidad	- 28 ± 2,8 b	103 ± 8,0 a	123 ± 14,6 a
<b>Temporada 2008/09</b>			
Sector de baja fertilidad	-20 ± 15,6 c	67 ± 11,6 b	95 ± 6,6 a
Sector de alta fertilidad	-44 ± 16,6 b	69 ± 20,3 a	80 ± 19,8 a

### Lixiviación de nitrógeno

#### Precipitación, evaporación y drenaje

Durante el año 2008 se registró una precipitación de 2.315 mm en la estación meteorológica cercana al sitio de estudio de Valdivia, cercana al sitio de estudio. El período evaluado de drenaje comprendió entre el 04 de Junio al 28 de Agosto del 2008, determinándose 22,3 mm evaporados y 1.228 mm de drenaje.

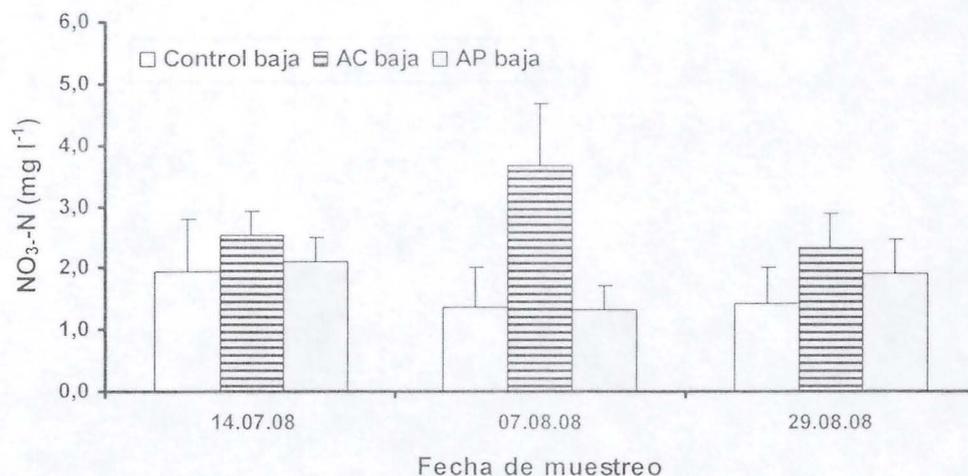
### Pérdidas de N por lixiviación

El N se perdió principalmente en la forma de  $\text{NO}_3^-$ , y las concentraciones de  $\text{N-NH}_4$  estuvieron por debajo del límite de detección del equipo ( $< 0,1 \text{ mg N-NH}_4 \text{ L}^{-1}$ ).

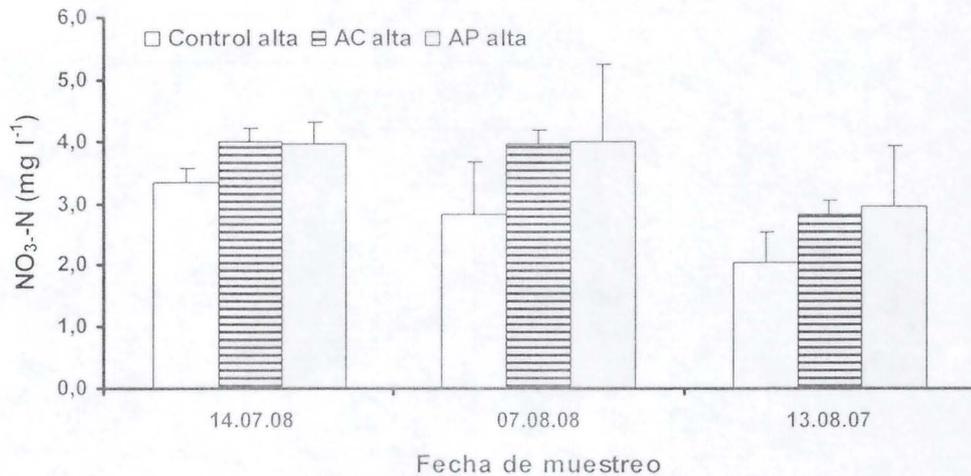
Los valores promedio de concentración de  $\text{NO}_3^-$ -N en lixiviados para los distintos tratamientos y bajo las condiciones de fertilidad alta y baja fueron menores a c.  $6 \text{ mg L}^{-1}$  para todos los tratamientos, valor por debajo del límite máximo para agua de bebida de  $11,3 \text{ mg L}^{-1}$  (EC, 1991).

Las concentraciones encontradas no fueron estadísticamente distintas entre los tratamientos, para los sectores de baja y alta fertilidad, por lo que de manera preliminar es posible concluir que el tipo de fertilización no afectó las pérdidas de N por lixiviación.

Las pérdidas de N acumuladas en el año 2008 fueron bajas para todos los tratamientos, no existiendo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), variando entre  $23,1$  a  $27,7$  y  $39,0$  a  $49,1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  para la condición bajo y alto vigor, respectivamente.



**Figura 2.** Concentraciones de  $\text{NO}_3^-$ -N en los distintos tratamientos para las distintas fechas de muestreo en el sector de baja fertilidad.



**Figura 3.** Concentraciones de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N en los distintos tratamientos para las distintas fechas de muestreo en el sector de alta fertilidad.

Pérdidas totales de nitrato ( N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ) en tratamientos de alto y bajo vigor.

Tratamiento	Bajo vigor pérdidas de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Alto vigor pérdidas de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )
Control	25,4 a ± 6,74	49,1 a ± 8,38
Convencional	23,1 a ± 6,21	43,7 a ± 5,49
Precisión	27,7 a ± 9,45	39,0 a ± 6,60

Letras distintas indican diferencias significativas según test de Tuckey ( $p \leq 0,05$ )

No se presentan diferencias significativas en pérdidas de nitrato, tanto en el sector de bajo como en el alto vigor ( $p > 0,05$ ).

### 3. Comentarios generales

- Los tratamientos de agricultura convencional y de precisión lograron rendimientos similares de trigo y paja más capotillo. Las diferencias estadísticas se lograron solamente en comparación a los tratamientos control.
- La extracción de N en grano siguió el mismo patrón observado para los rendimientos, dado que la concentración de N en el grano no varió substancialmente entre tratamientos fertilizados.

En pérdidas de nitratos por lixiviación, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos tanto en el sector de alto como el de bajo vigor ( $p > 0,05$ ). Las pérdidas de amonio estuvieron por debajo del límite de detección del equipo.

Las pérdidas de N acumuladas en el año 2008 fueron bajas para todos los tratamientos, variando entre 23,1 a 27,7 y 39,0 a 49,1 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para la condición bajo y alto vigor.

Las pérdidas promedio de nitrato no superaron los 6 mg L<sup>-1</sup>, por debajo del límite máximo permitido para el agua de consumo humano (10 mg L<sup>-1</sup>), de acuerdo a la norma chilena.

- En periodos de primavera seca como la observada durante los dos años de estudio, las pérdidas de N por lixiviación fueron bajas.
- El aporte de N vía mineralización de la materia orgánica fue alto, pudiendo haber enmascarado el efecto de la fertilización nitrogenada aplicada.

No se observó un efecto significativo del tratamiento agricultura de precisión sobre el balance de suelo de N.

### 4. Conclusiones

- El uso de agricultura de precisión en el cultivo de trigo en un suelo trumao no resultó en un incremento productivo del mismo, ni en un aumento de la eficiencia de uso de este nutriente.
- El alto aporte de N del suelo pudo haber enmascarado el efecto de la fertilización nitrogenada aplicada artificialmente. Este aporte además influyó en la obtención de balances de suelo de N muy positivos en los tratamientos con aplicación de N.
- Los resultados sugieren que la fertilización de N en este cultivo podría reducirse substancialmente.

## 5. Referencias bibliográficas

1. Alfaro, M.; Bernier, R.; Iraira, S. 2006. Efecto de la fuente de azufre en el rendimiento y calidad proteica de trigo y pradera. *Agricultura Técnica* 66(3): 283-294.
2. Alfaro, M.; Salazar, F.; Oenema, O.; Iraira, S.; Teuber, N.; Villarroel, D. and Ramírez, L. D. 2009. Nutrients balances in beef cattle production systems and their implications for the environment. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* 9 (1):40-54.
3. Ananth, S. and Moraghan, J.T. (1987). The effect of calcium and magnesium on the soil nitrate determination by automated segmented-flow methods. *Soil Science Society of America Journal* 51: 664-667.
4. CNR/CIREN. 1997. Cálculo de cartografía de la evapotranspiración potencial en Chile. Comisión Nacional de Riego y Centro de Información de Recursos Naturales. 54 p
5. FAO, Food and Agriculture Organisation (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage papers, FAO Technical Paper No. 56.
6. Ledgard, S.F.; Penno, J.W. and Sprosen, M.S. (1999). Nitrogen inputs and losses from clover/grass pastures grazed by dairy cows, as affected by nitrogen fertilizer application. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 132: 215-225.
7. Lord, E.I. and Shepherd, M.A. (1993). Development in the use of porous ceramic cups for measuring nitrate leaching. *Journal of Soil Science* 44: 435-449.
8. Penman, H.L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society, London A*193: 120-146.
9. Searle, P.L. (1984). The Berthelot or Indophenol reaction and its use in the analytical chemistry of nitrogen. *Analyst* 109: 549-568.
10. Tosso, J. 1985. Suelos volcánicos de Chile. 723 p. INIA, Santiago, Chile.
11. Webster, C.P.; Shepherd, M.A.; Goulding, K.W.T. and Lord, E. (1993). Comparison of methods for measuring the leaching of mineral nitrogen from arable land. *Journal of Soil Science* 44: 49-62.

## Resultados tesis doctoral en lixiviación de nitratos (DR (c\_) Marcelino Claret)

Tratamiento	Repetición	Muestras (N trogenio como ppm Nitrato)						Media Kg N-NO3/ha	Kg de N/ha	Rend (q/ha)	fert (Kg de N/ha)	ERNF	
		f1nit mg/l	f2nit mg/l	f3nit mg/l	f4nit mg/l	f5nit mg/l	f6nit mg/l						
T1	P1	78.1	87.3	79.5	84.1	77.1	81	71.2	18.2	19.4	51.5	215.2	21.3
	P2	63.9	73.5	71.6	65	62.9	68	69.3	13.5	13.2	37.9	215.2	20.1
	P3	67.4	81.8	75.6	72.4	75.2	71	72	14	17.7	44.4	215.2	20.8
	P4	91.5	91.3	91.6	94.1	96.3	93	93	19.1	22.9	54.5	215.2	20.5
T2	P1	73.8	84.9	83.3	84.7	82	85.7	82.1	12.7	15.9	45.1	190.9	23.9
	P2	84.9	81.1	78.9	86.7	85.6	84.9	83.9	13.7	16	45.7	190.9	23.1
	P3	83.3	85.1	88.9	83.8	87.6	86.4	87.7	9.9	11.9	41	190.9	23.6
	P4	87.3	84.9	82.6	88.7	85.9	89	86	7.4	8.9	40.4	190.9	24.1
T3	P1	85.4	74.2	89	76.5	85	85	81	11	11.9	39.9	212	23.8
	P2	89.7	74.2	87.7	85.1	89	85	86	13.2	15.8	51.9	212	23.7
	P3	89.1	88.4	89.9	87.1	85.5	89	88	7	9.3	34.4	212	23.1
	P4	88.3	85.4	89.1	82.8	81.9	85	81.1	11.8	14.1	50.3	212	23.5
T4	P1	88.4	87.7	87.7	89.7	89.6	89.7	89.6	8.1	7.4	42.2	9.9	3.9
	P2	81.5	89.9	88.5	87.9	87.2	88	88.9	7.9	8.4	39.9	9.9	3.9
	P3	82.8	86.9	81.2	82	84.5	84.8	84	5.9	6.7	42.2	9.9	3.9
	P4	86.1	86.4	84.9	82.9	82.2	85	84.9	7	9.2	42.8	9.9	3.9

### Análisis Estadísticos

Lixiviación de kg de N-NO3 / ha

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	tra
A	19.000	4	1
B	13.250	4	3
B	13.000	4	2
C	7.750	4	4

Duncan Grouping	Mean	N	tra
A	19.000	4	1
B	13.250	4	3

B	13.000	4	2
C	7.750	4	4

Rendimiento

t Grouping	Mean	N	tra
A	65.500	4	2
A	64.000	4	3
A	58.250	4	1
B	44.250	4	4

Duncan Grouping	Mean	N	tra
A	65.500	4	2
A	64.000	4	3
A	58.250	4	1
B	44.250	4	4

Eficiencia de Recuperación de Nitrógeno del Fertilizante (ERNF)

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	tra
A	36.250	4	3
B A	25.250	4	2
B	21.250	4	1

Duncan Grouping	Mean	N	tra
A	36.250	4	3

A	25.250	4	2
A	21.250	4	1
B	0.000	4	4

## Discusión

Los resultados preliminares en el área de AV, muestran diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ), en los kg de  $N-NO^3$  lixiviados por ha, entre el tratamiento T1 del Agricultor y los tratamientos propuestos T2 de Agricultura de Precisión y T3 de acuerdo a las demandas de la Planta, es decir, los tratamientos que usaron menos fertilización nitrogenada perdieron menos nitratos lo que sugiere una relación directa entre los fertilizantes aplicados y los recogidos con los dispositivos de lixiviación que no fueron utilizados por las plantas.

El tratamiento T2 utilizó 55,2 kg de N por ha, menos que el T1 y el T3 utilizó 124,0 kg de  $N\ ha^{-1}$ , menos que T1, si consideramos que el rendimiento de T2 y T3 fue de 7,1 qq  $ha^{-1}$  y 6 qq  $ha^{-1}$  respectivamente que T1, aún cuando el aumento de rendimiento resulta estadísticamente significativo con  $p < 0,2$ , permite afirmar que a lo menos se puede en ese suelo y condiciones a lo menos igualar el rendimiento del agricultor, con una reducción altamente significativa de la carga ambiental de nitratos sobre el agua subterránea.

Igualar los rendimientos del agricultor reduciendo significativamente los fertilizantes nitrogenados utilizados, implica una importante reducción en los costos de producción cuando se considera cientos de hectáreas que podrían presentar condiciones similares a las del área de ensayo.

La mejor ERNF la presentó T3, lo cual parece lógico si consideramos que es el tratamiento cuya fertilización consideraba la demanda de la planta durante su desarrollo el cual le fue entregado en parcialidades distintas a T1 y T2. Los nitratos lixiviados por T3, fueron levemente superiores a T2, sin embargo, si consideramos que T3 utilizó 68,8 kg de  $N\ ha^{-1}$  menos que T2, esto vuelve altamente significativo y resulta congruente con el análisis ERNF que muestra para este tratamiento la mejor recuperación de nitrógeno aplicado.

## ***OBSERVACIÓN FINAL***

***Es importante señalar que los presentados son resultados preliminares de una tesis doctoral en desarrollo y que por lo tanto los mismos pueden variar por la incorporación de nuevos análisis.***

Marcelino Claret M.  
Dr. en Ciencias Ambientales (c)  
INIA Quilamapu

Resultados generales según hitos establecidos:

i.1 identificación de variabilidad de cultivo, especialmente referido a las condiciones de vigor vegetativo (NDVI, mediante imágenes multiespectrales) y de condición de cultivo (medición de spadmeter)

i.2 identificación de variabilidad de rendimiento y calidad.

En cada uno de los campos de estudio, se establecieron mapas de rendimiento (ya sea, mediante sensor de rendimiento montado en máquina cosechadora o mediante un muestreo de parcelas determinado en una grilla, para aquellos campos en que no se haya podido establecer un mapa de rendimiento utilizando máquina cosechadora.

i.3 identificación de factores explicativos de variabilidad de rendimiento y calidad.

En sentido, el presente período se está avanzando en la recopilación base para establecer análisis más integrado de las variables que se han recopilado (explicativas: fertilidad de suelo, variabilidad de cultivo) y variables a ser explicadas y optimizado (rendimiento y calidad de producción, en conjunto con una fertilización nitrogenada diferencial).

## **5. Fichas Técnicas y Análisis Económico:**

### **Análisis de Económico del Proyecto utilizando herramientas de Agricultura de Precisión.**

#### **Situación del mercado de trigo.**

La temporada pasada 2007/2008 los productores de trigo vendieron su producción a un precio en torno a los \$20.000 por quintal, que les generó una rentabilidad que no veían hace años.



productor con rendimientos cercanos a los 70 quintales por hectárea, sus costos serán 40% más elevados y su margen bruto caerá a 360 mil pesos por hectárea, la mitad de lo experimentado el año pasado.

### Situación de los precios mundiales de cereales

Hay diversos motivos que explican el incremento del precio del cereal y las proyecciones de mediano y largo plazo, de las cuales las más relevantes son:

- La percepción de que la producción mundial de alimentos está fuertemente afectada por las condiciones climáticas, las cuales estarían incorporando en cada temporada altos grados de incertidumbre y volatilidad en la disponibilidad de cada uno de ellos.
- 
- La mayor presencia de nuevos inversores financieros en los mercados mundiales de futuros de cereales, que otorgan una mayor dinámica a la comercialización tradicional, operada anteriormente casi exclusivamente por empresas tradicionales.
- 
- Una demanda creciente, por los aumentos en el nivel de ingreso de la población en China y la India, junto con el mejoramiento económico de otras economías emergentes (Brasil, Rusia, los países del este europeo, Vietnam, etc.).

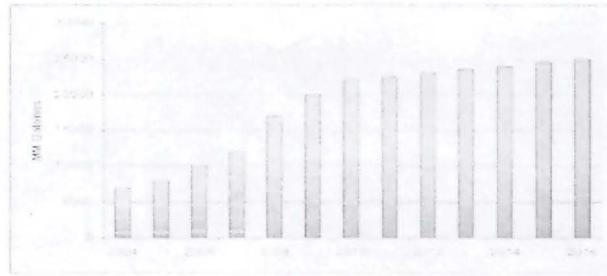
Figura Producción y consumo de trigo (1999-2009)



Fuente: USDA/AGOC-2009

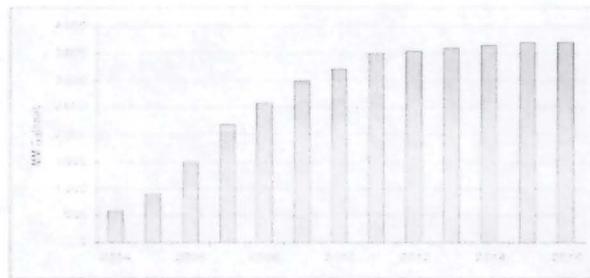
El incremento de la demanda de maíz en Estados Unidos, para la producción de bioetanol.

Figura Producción mundial de etanol (2004-2016)



Fuente: FAO, Agricultura mundial 2017

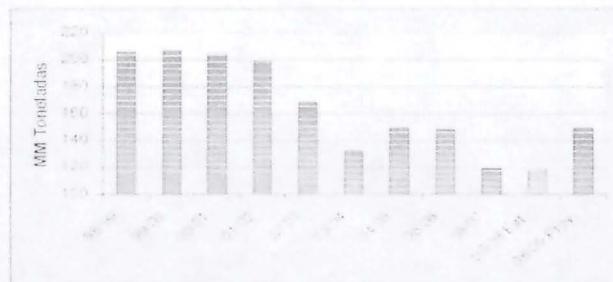
Figura Producción mundial de Biodiesel (2004-2016)



Fuente: FAO, Agricultura mundial 2017

- La reducción de los stocks mundiales de cereales hasta mínimos históricos, lo que crea incertidumbre en las principales potencias, no acostumbradas a ese tipo de situaciones.

Figura Stock mundiales de trigo (1998-2009)



Fuente: FAO, Agricultura mundial 2017

- El aumento del costo del transporte, tanto terrestre como marítimo, por el alto precio del petróleo.

Figura Evolución del precio del petróleo (1984-2008)



Figura 1: Precio del petróleo (USD/Barrel)

- Las alzas en el precio del petróleo y la caída récord del dólar frente al euro, que impulsan el incremento de los valores de los futuros en las distintas bolsas del mundo.

Figura Tasa real del dólar de intercambio respecto del valor monedas de 19 países

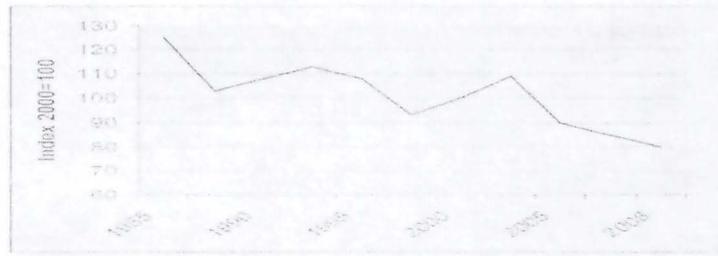


Figura 2: Tasa real del dólar de intercambio respecto del valor monedas de 19 países

- Las alzas en el precio de los fertilizantes nitrogenados y mezclas básicas, que impulsan el incremento de los valores futuros.

Figura: Costo de Fertilización en trigo (2007-2008)

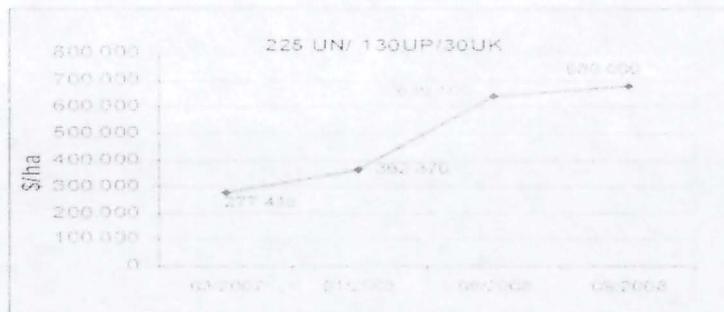
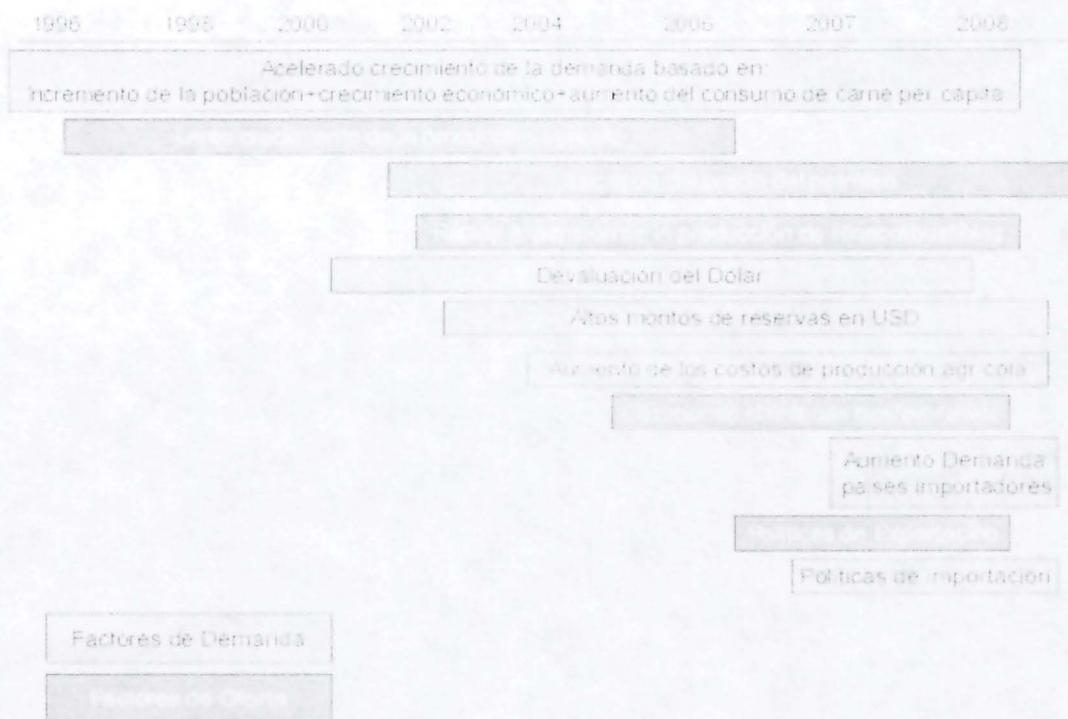


Figura 3: Estimación propia con el supuesto de un mercado de fertilizantes 2-0-0/20-0-0

Algunas de las consecuencias de esta situación histórica de reducción de existencias, en el mediano y posiblemente en el largo plazo, son:

- Se ha valorado y fundamentado la necesidad de asegurar el abastecimiento de granos, lo cual requiere de mayor transparencia en los mercados dentro de la OMC (Organización Mundial del Comercio). Actualmente, países proteccionistas y predispuestos a los subsidios comienzan a identificar el costo y los efectos para la economía mundial que provocan las permanentes y profundas distorsiones en los mercados ocasionadas por ellos mismos.
- Adicionalmente, el 26 de septiembre de 2007, en Bruselas, los ministros de agricultura de la Unión Europea aprobaron la propuesta de la Comisión Europea de fijar en 0% el porcentaje obligatorio de retiro de tierras para las siembras de otoño de 2007<sup>4</sup> y la primavera de 2008. Esta modificación obedece a la situación cada vez más difícil del mercado de los cereales y se espera que haga aumentar el área de siembra entre 1,6 y 2,9 millones de hectáreas, con lo cual se obtendría en la próxima temporada una cosecha de cereales superior en, al menos, 10 millones de toneladas.
- La mantención de un nivel de precios altos de los cereales en el corto, mediano y largo plazo. Cuando los precios relativos del maíz caigan, el consumo de trigo disminuirá y, según el USDA, esto se observaría después de 2010/2011.

## Resumen General de los factores de Cambio del precio de los cereales.



La situación nacional de la producción de trigo, resulta un problema complejo por cuanto involucra una serie de variables de mercado que redundan en una rentabilidad cada vez menor. Es indudable que la rentabilidad de cualquier cultivo no será mejorada solo con el hecho de fijar bandas de precios, sino por la sumatoria de una serie de factores dentro de los cuales los más relevantes son mejorar los factores de producción, utilizar eficientemente los insumos, disminuir costos de producción, innovar en el manejo del cultivo y mejorar la calidad del producto para generar nuevas alternativas y oportunidades de mercado, en suma incorporar al cultivo nuevas herramientas tecnológicas capaces de producir una renovación en todos los aspectos de producción, lo cual finalmente redundará en mejores precios para el productor.

Para atacar este punto se hace necesario adoptar tecnología para mejorar la eficiencia, por lo cual la Agricultura de Precisión (AP) es una herramienta vital para estos efectos.

La AP, se presenta como una buena alternativa para producir un cambio tecnológico en el cultivo del trigo, ya ampliamente desarrollados en países como USA, Canadá y Argentina en el Cono sur para así poder también generar un nuevo escenario en la forma como se produce y se gestiona el cultivo en nuestro país.

El desarrollo y la utilización de tecnologías de la información orientadas a mejorar la eficiencia productiva en términos agronómicos, económicos y ambientales ha conducido al surgimiento de la Agricultura de precisión, estas tecnologías permiten manejar la variabilidad espacial y temporal asociada con los aspectos de la producción agrícola, con el propósito de mejorar el rendimiento de los cultivos.

La fertilización de cultivos se realiza habitualmente en forma uniforme dentro de los lotes, donde la variabilidad natural o adjunta de la fertilidad del suelo y/o en la productividad potencial causa que las dosis aplicadas sean excesivas o insuficientes.

La clave para que el manejo específico del N sea ventajoso es que: los factores que regulan su dinámica como la topografía y la calidad del suelo varíen en su espacio, los cultivos demanden el nutriente en gran cantidad y exhiban una alta variabilidad de rendimiento, entre otros factores.

En general la idea es cambiar el sistema tradicional de aplicación de insumos, desde uno que se hace bajo la suposición de que los terrenos tienen un potencial de rendimiento homogéneo, por otra suposición de mayor precisión, en que el aprovechamiento de los insumos se hace basado en el conocimiento de la variabilidad de respuestas dentro de un potrero, lo que permitiría maximizar la respuesta económica en cada sitio. Según esto, ahorraríamos insumos en las áreas de bajo rendimiento potencial sin disminuir el rendimiento (que ya era bajo), para

trasladarlo a las áreas con mayor potencial, que si pueden aumentar la producción aprovechando los insumos correctamente.

### **Determinación cuantitativa y económica de fertilización nitrogenada en forma diferencial en zonas de ensayo.**

La función de producción, es una descripción cuantitativa de las diferentes posibilidades de producción, representa la relación técnica entre un factor de producción variable y un producto, y brinda el o los productos esperados, en términos físicos, para cada nivel de insumo(s), también en términos físicos.

Si bien es cierto que es imposible hacer una lista completa de todos los factores que intervienen en la producción de un cultivo en particular, la función de producción es una simplificación que nos permite estimar la cantidad de la producción alcanzada con relación a cantidades variables de insumos. Asume que: (1) hay una relación causal entre insumos ( $x_i$  por ejemplo N), y productos ( $y$ , por ejemplo trigo); (2) hay rendimientos decrecientes para cada insumo ( $x_i$ ), de modo tal que el aumento de producto que se logra por agregar más insumos se hace cada vez menor, y que pasado el punto de máximo rendimiento, cantidades adicionales de  $x_i$  pueden tener un efecto negativo sobre el rendimiento; y (3) hay retornos a escala decrecientes, por lo que un incremento proporcional de todos los insumos resultará en un incremento menos que proporcional en el producto.

La función de producción permite controlar el nivel de insumos para alcanzar un objetivo deseado, que por lo general es el de maximizar la rentabilidad ( $\pi$ ), es decir, maximizar la diferencia entre el valor del producto y el costo de los insumos. La máxima rentabilidad se da cuando el valor marginal de una unidad de nitrógeno insumo es igual a la relación inversa de precios ( $p_{trigo}/p_N$ ), o bien, cuando el valor marginal del producto trigo es igual al costo del insumo marginal..

Esta igualdad implica que el costo de la última unidad de insumo debe ser igual al valor del producto extra obtenido por el uso de esa unidad de insumo, o que para máxima rentabilidad, la última unidad de insumo se debe pagar por sí misma. Esta igualdad significa que el uso de una menor cantidad de insumo estaría sobre pagando ese insumo, y que una mayor cantidad de insumos no alcanzaría a cubrir su costo. Por ejemplo, en el caso de la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada, la rentabilidad es máxima cuando la respuesta marginal a un kg de N se iguala a los kg de grano que deben venderse para pagar por ese kg de N. Si la cantidad de N es mayor a esa igualdad, los kg de N que se agreguen no producirán un aumento de rendimiento suficiente como para pagar su costo. Si el N se reduce por debajo de esa igualdad, se pierden ganancias. En el punto de máximo rendimiento físico, el producto marginal del insumo es cero, por lo que no puede pagar el costo de insumos.

La forma funcional cuadrática es la más usada para estudiar los procesos de producción agrícola (especialmente la respuesta del cultivo a los nutrientes), porque es la que presenta la mayor significancia estadística, se ajusta mejor a la teoría biológica y económica del proceso de respuesta, y es una de las más fáciles

de computar. Para la fertilización nitrogenada, la rentabilidad con una respuesta cuadrática es:  $\pi = p_y (a + \beta N + \gamma N^2) - p_N N - F$ . En base a esta función, la cantidad óptima de N es:  $N^* = [(p_N / p_{\text{trigo}}) - \beta] / 2\gamma$ .

En el análisis de rentabilidad de la respuesta del cultivo al N, el riesgo en la rentabilidad ocurre porque los rendimientos, los precios, o ambos a la vez son inciertos. La incertidumbre sobre el rendimiento ocurre porque algunas variables (por ej.: el clima) no están bajo el control del productor y porque sus niveles no se conocen al momento en que se toma la decisión sobre el insumo que está bajo control del productor (por ej.: la dosis de N). A pesar de que no se conoce el rendimiento que se va a lograr, se le puede asignar una distribución de probabilidad, con relación a la combinación de determinados niveles de las variables inciertas. Esta probabilidad de distribución del rendimiento es relevante en un análisis de rentabilidad siempre y cuando haya alguna interacción en la respuesta entre cualquiera de las variables controladas y las inciertas. Por otro lado, la incertidumbre sobre el precio del producto también ejerce influencia al momento de tomar la decisión, ya que este precio es incierto al momento en que se toma la decisión sobre las variables controladas (por ej.: la dosis de fertilizante).

### **Ensayo de fertilización diferenciada del Nitrógeno en el suelo**

El nitrógeno es quizás el más importante de los nutrientes esenciales para las plantas, debido a las elevadas cantidades en que es demandado durante el crecimiento de los cultivos, a que habitualmente es deficitario en los suelos agrícolas y a la creciente preocupación por la preservación del ambiente. Por ello, en la búsqueda de prácticas de manejo que permitan un uso más eficiente de los insumos, aplicándolos en los lugares y en las cantidades que los cultivos los requieren, se presenta una invaluable oportunidad para esta herramienta.

La idea fundamental es que se debe aplicar los insumos en cantidades que se puedan aprovechar en su totalidad, y que cada área del lote exprese el máximo potencial económicamente posible. Según esto, ahorraríamos insumos en las áreas de bajo rendimiento potencial sin disminuir el rendimiento (que era bajo), para trasladarlo a las áreas con mayor potencialidad, que si pueden aumentar la producción aprovechando los insumos correctamente.

Advirtiendo que el suelo de este potrero presenta variabilidad espacial, al comenzar a interpretar esa variabilidad, caracterizarla y manejarla, a través de las herramientas de Agricultura de Precisión, se pueden lograr otros resultados que no se consiguen si se trata el potrero como un promedio y este manejo diferencial puede traer aparejado como consecuencia la disminución de la contaminación, el aumento de la producción por la mejora de los suelos y también podría lograr un mejor resultado económico debido a que las recomendaciones promedio, provocan

una sobre aplicación en algunos sectores con el consiguiente riesgo ambiental y una sub-aplicación en otros provocando una pérdida de rendimiento.

El objetivo es optimizar mediante la aplicación de AP, los rendimientos y calidad mediante la reducción de la variabilidad natural de los sitios del estudio (Temuco, Valdivia y Yungay), aplicando la fertilización en forma diferencial para contrastar con el manejo homogéneo que se hace en la actualidad.

Para ello se utilizaron sensores y equipos propios de esta tecnología (imágenes multiespectrales, GPS Diferencial y el dispositivo Cropcircle, rastra electromagnética EM38), para identificar la variabilidad intrínseca del suelo y factores fenológicos, que permitirán asociar estas diferencias a la expresión del cultivo en terreno (niveles de vigor) y posteriormente al rendimiento. Para un adecuado registro de la producción se utilizaron monitores de rendimiento para obtener mapas que permitan obtener zonas de altos, intermedios y bajos rendimientos, asociados a rentabilidad por zonas.

En una primera se identificó la variabilidad de suelo, utilizando el equipo EM38, que trabaja en base a la conductividad eléctrica. Con ello se construyeron los planos de CE, a una profundidad de 0.75 m., a través de esto permito realizar análisis químico y físico. La recolección de datos de las muestras de suelo, fue previo a la siembra, de las cuales se evaluó materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, pH y conductividad eléctrica.

### **Ensayo Temuco.**

Durante la temporada 2008/2009, se utilizó el potrero el bosque.

La figura muestra el plano generado de la información del equipo EM-38, donde se aprecia la variabilidad del suelo del potrero.

Figura Mapa de Conductividad eléctrica del suelo (CE)



En base a esto se escogió dos zonas ampliamente representativas, donde se realizaron los ensayos de fertilización diferenciada. Cada sector contempla una dimensión de 150\*60 mts, en la cual se dividieron en 3 partes por iguales. Además de utilizar la información generada del plano de conductividad eléctrica, se agregó a la información para la toma de decisión del sitio de ensayo, es el plano de vigor de la temporada anterior, y los planos de textura y de fertilidad.

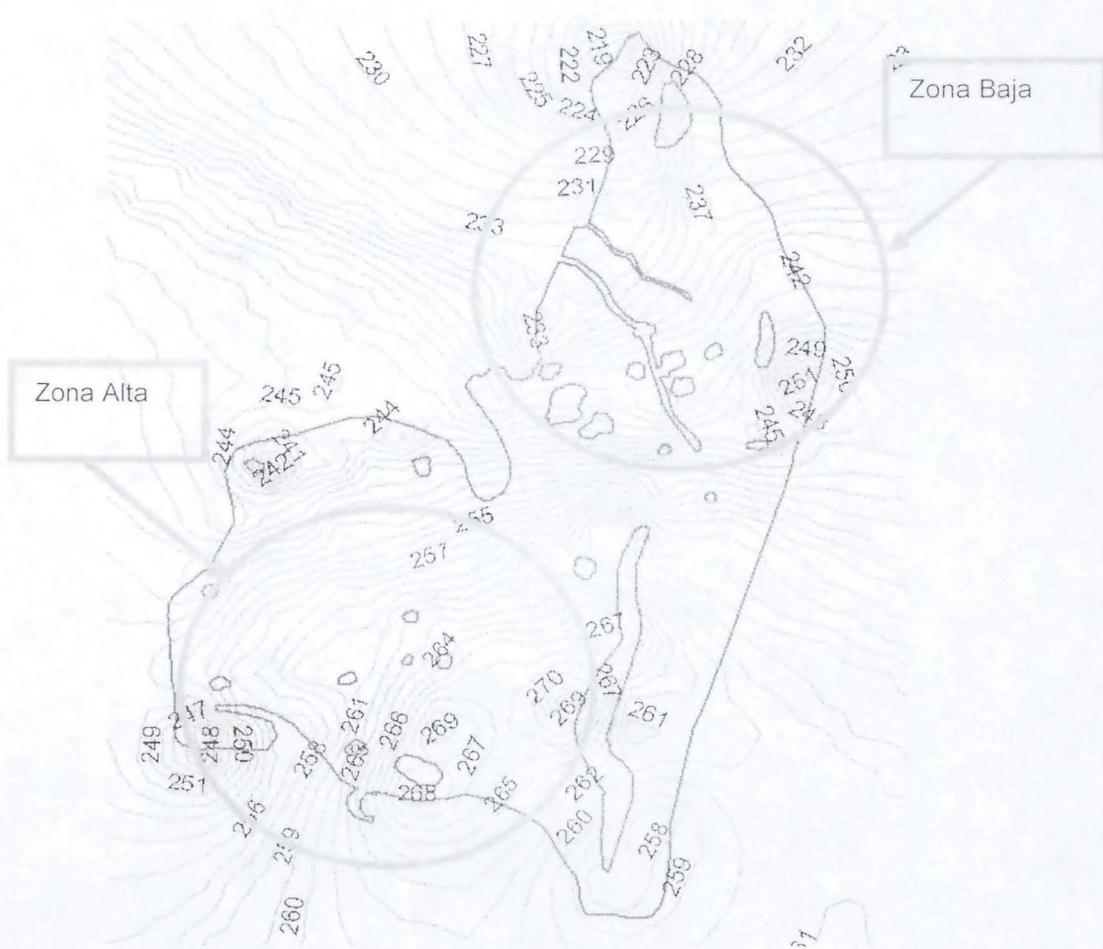
Figura: Mapa de CE y de Vigor año 2006



Se aprecia una tendencia del Plano de vigor con respecto al plano de conductividad eléctrica, el sector más verdoso es una zona de cota más baja que la anterior, por lo cual la textura y la humedad marcan una tendencia en los sectores de vigor.,

## Plano Topográfico

Figura Plano Topográfico potrero El Bosque



Se aprecia dos zonas ampliamente demarcadas topográficamente, que se diferencian en su nivel de altitud. Esto coincide directamente con el plano de conductividad eléctrica de suelo. Por tanto bajo esta información se decidió ubicar las zonas de ensayo

## Planos de Textura de Suelo

Figura: Plano textura Arcillosa

% Arcilla



Figura: Plano textura Arenosa

% Arena





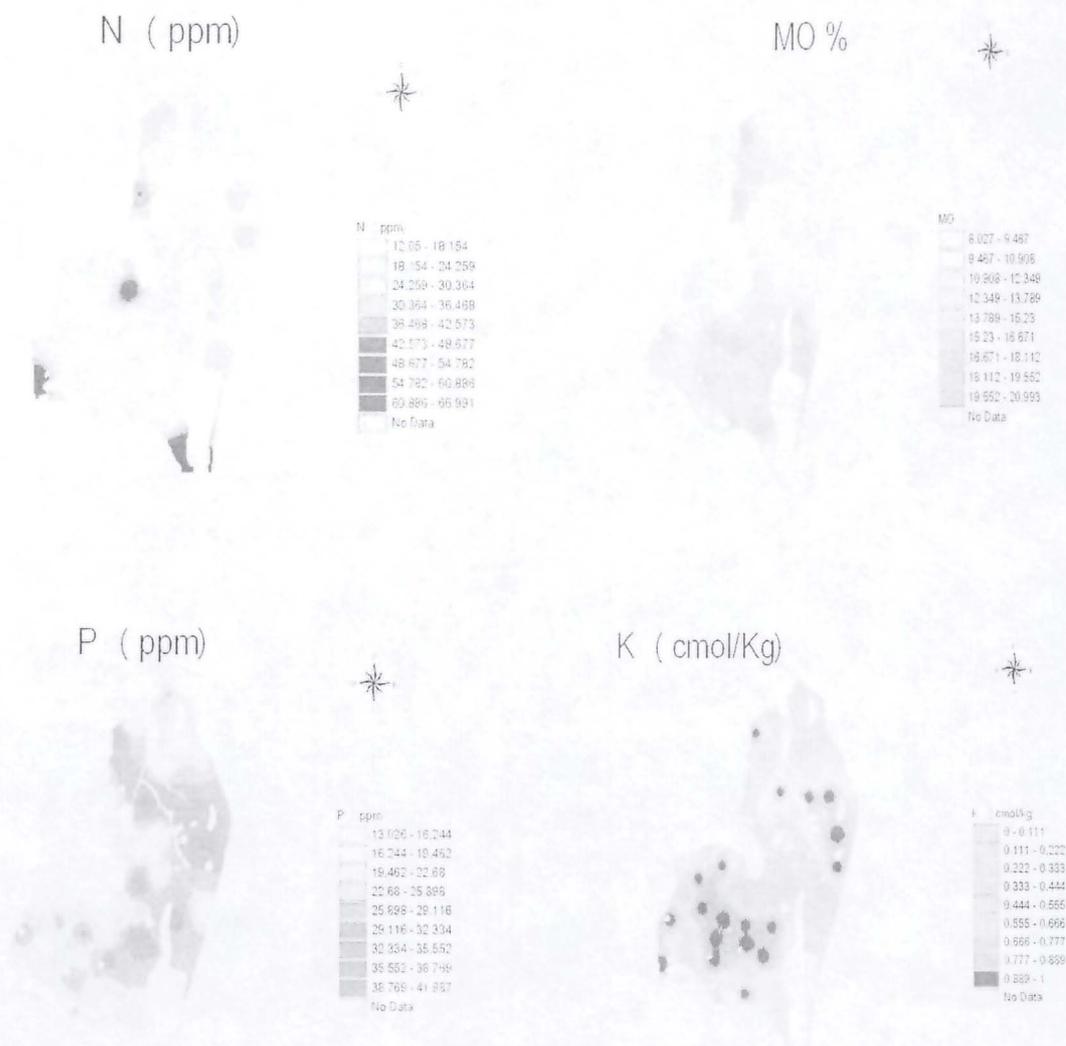
## Análisis de fertilidad

Para este caso se analizó la información de los mapas de Materia Orgánica MO %, Nitrógeno (ppm), P (ppm), K (cmol/Kg).

Los resultados obtenidos indican que el predio no tiene déficit de fertilidad, a pesar de las diferencias a que se ven, por lo cual el sitio de ensayo busca aplicar lo justo y necesario para obtener rendimientos económicamente aceptables.

Los niveles de Materia Orgánica en el predio están dentro de valores aceptables, según escala que entrega el Laboratorio del INIA, lo cual nos indica que el potrero dispone de un buen sustrato para que el cultivo se desarrolle.

Figura: Mapas de Nutrientes.



## Metodología de ensayo.

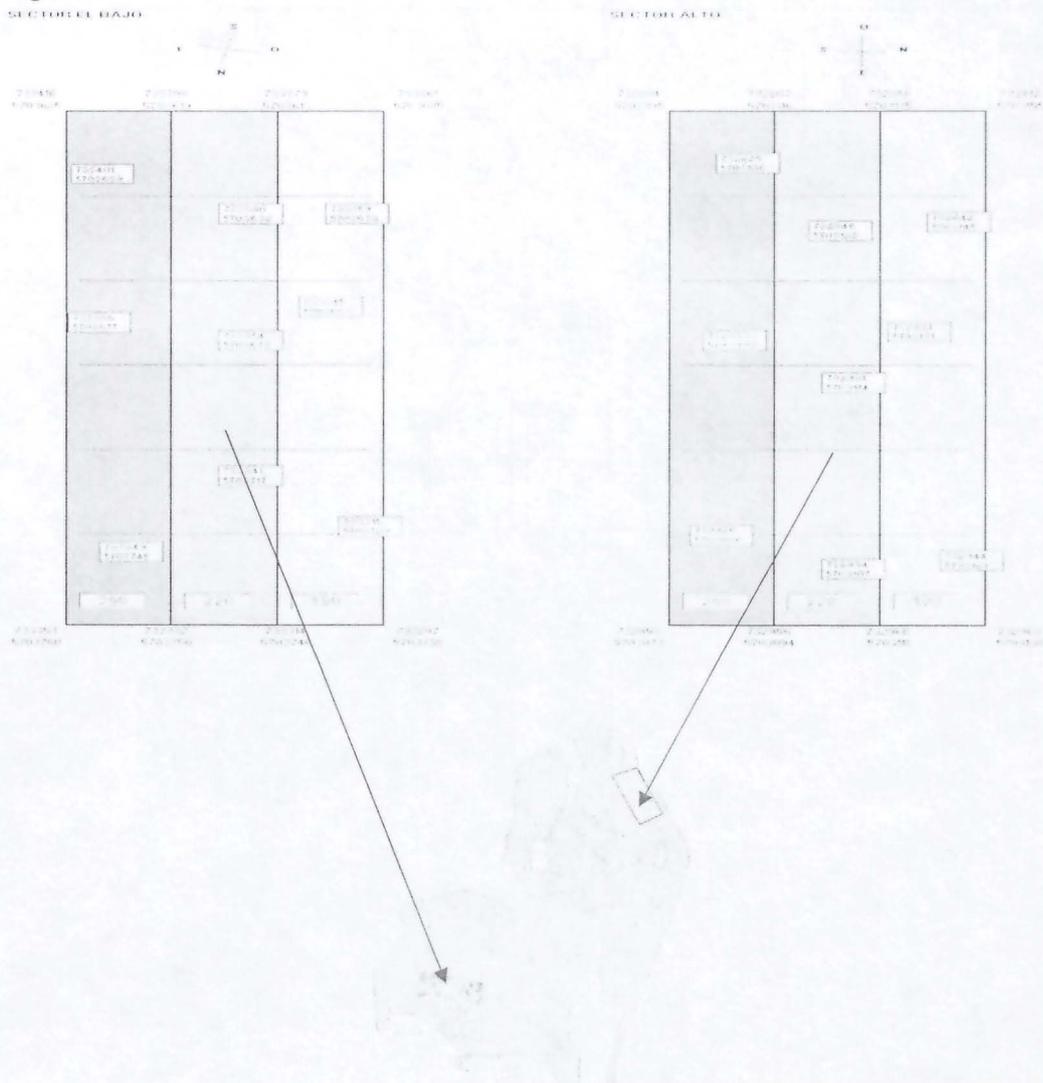
Advirtiendo que el suelo de este potrero presenta variabilidad espacial, dosificación variablemente del nitrógeno dependiendo los sitios del potrero para cada tratamiento de dosis variable, estos cuentan con 2 repeticiones (120 y 220 unidades de nitrógeno) siempre teniendo un testigo a su lado (250 unidades) el

TRAT AM	DOSIS ANUAL N KG/HA	SIEMBRA N KG/HA	INICIO MAC N KG/HA	FINAL MAC N KG/HA
1	240	30	90	120
2	220	30	80	110
3	190	30	80	80

**FUENTE N: CAN 27 (INICIO MACOLLA) Y UREA (FINES MACOLLA)**

El diseño de la aplicación de diferencia Nitrogenada se detalla en la figura.

Este ensayo busca la respuesta de la planta a la diferencia Nitrogenada por zonas de vigor.



## Resultados Temuco.

Análisis temporal de Vigor y Rendimiento bajo respuesta de diferencias de dosis de Nitrógeno en las Parcelas de ensayo.

### Parcela I. Sector Alto. Durante la temporada 2008-

Valores promedios de NDVI con sus respectivas dosis de nitrógeno.

Tabla: Resultados análisis de Varianzas

Dosis	Dosis Anual (Nitrógeno) Unidades de N <sub>2</sub> /há	Valores Promedios NDVI (Septiembre)	Valores Promedios NDVI (Octubre)	Valores Promedios NDVI (Noviembre)	Rendimiento Promedios qq/há
1	240	0.772 a	0.98 a	0.99 a	61.66 a
2	220	0.753 b	0.98 a	0.99 a	58.69 a b
3	190	0.749 b	1 a	0.98 a	53.73 c

a\*Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba LSD ( $P \leq 0,05$ ).

Los análisis estadísticos representados en las tablas expresan las diferencias entre valores de NDVI en las distintas fechas con sus respectivas dosis de nitrógenos, además los rendimientos promedios de cada uno de ellos.

Las diferencias de vigor entre cada una de las dosis de nitrógeno, no reflejaron diferencias significativamente importantes. Lo que explica que a cantidades más altas de fertilizante la respuesta de vigor de éste no refleja mayores diferencias.

Los rendimientos finales obtenidos, entre los tratamientos bajo el análisis estadístico expuesto, muestra un grado de similitud entre las dosis 1 y 2, en cambio con la dosis 3 presenta diferencia estadística, importante.

Este sector es topográficamente mas alto con respecto al otro sector de ensayo, lo que implica que la retención de humedad fue bastante menor, donde se aprecia en la tabla siguiente, además las precipitaciones promedios de la temporada fueron bastante menores a un año normal.

Evolución de Humedad de suelo promedio en las distintas etapas fonológicas.

Dosis	FECHAS			
	Inicio Macolla 30-09-2008	Fines Macolla 17-10-2008	2-3 Nudos 05-11-2008	Z-41 10-11-08
250	59,67	23,67	22,33	30,00
220	57,00	28,33	18,67	29,00
190	49,67	34,33	19,33	25,47
Promedio	55,44	28,78	20,11	28,16

Todo lo anterior explica el porque de la respuesta de las dosis de nitrógeno con respecto al rendimiento final. Las variaciones de rendimiento final entre los tratamientos nos muestran una gran diferencia estadística entre los tratamientos. El agua es en elemento esencial para que se produzca la mineralización de los fertilizantes en el suelo, con ello permite a su vez la absorción de los nutrientes hacia las plantas. Es lo que sucede en las parcelas, la dosis 1 y 2 fueron los sitio de mayor retención de humedad, permitiendo así mejor respuesta de absorción de los nutrientes.

### Parcela II. Sector Bajo. Durante la temporada 2008

Resultados análisis de Varianzas

Dosis	Dosis Anual (Nitrógeno) Unidades de N2/HA	Valores Promedios NDVI (Septiembre)	Valores Promedios NDVI (Octubre)	Valores Promedios NDVI (Noviembre)	Rendimiento o Promedios Qq/há
1	250	0.47 b	1 a	0.99 a	61,14 a
2	220	0.51 a	1 a	0.98 a	62.19 a
3	190	0.52 a	1 a	0.98 a	57.97 a

a\*Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba LSD ( $P \leq 0,05$ ).

Al igual que lo anterior, las diferencias de vigor entre cada una de las dosis de nitrógeno, no reflejaron diferencias significativamente importantes.

Al analizar los rendimientos totales no se encontraron diferencias significativamente entre los tratamientos. Esto se debe a que la humedad retenida en cada una de las parcelas no reflejó diferencias significativa, todo esto conlleva a una mejor absorción de los nutrientes por lo tanto a una mejor respuesta de la planta y por tanto a un aumento del rendimiento.

Evolución de Humedad de suelo promedio en las distintas etapas fonológicas.

Dosis	FECHAS			
	30-09-2008	17-10-2008	05-11-2008	10-11-08
250	50,00	33,33	25,00	45,27
220	54,00	32,00	22,00	41,87
190	43,33	29,00	29,33	37,67
Promedio	49,11	31,44	25,44	41,60

### Comparación de rendimientos medios entre las distintas zonas.

Dosis	Zona Alta	Zona Baja
Dosis_250	61,66 a	61,14 a
Dosis_220	58.69 a	62.19 a
Dosis_190	53.73 a	57.97 a

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )*

En vista de los resultados obtenidos del análisis estadístico por tratamiento según zonas alta y baja, no se encontraron diferencias significativas. Esto implica que dosis más bajas de fertilizantes no están influyendo en el rendimiento final, por lo que la dosis optima económica, estaría dentro de las 190 unidades de nitrógeno/há.

### Análisis Económico Espacial

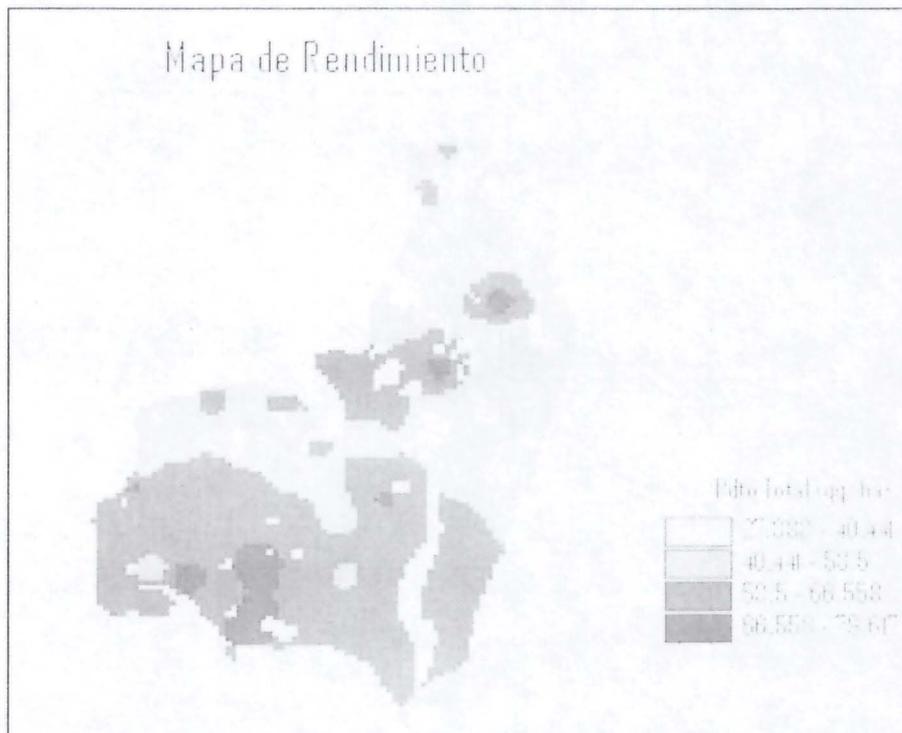
El rendimiento del cultivo es la primera y más importante variable a medir para obtener datos sitio específicos, para lo cual se emplea un monitor de rendimiento. Este equipo se monta sobre la cosechadora, permitiendo evaluar el resultado de una determinada técnica de cultivo, a través del producto final: la cantidad de grano cosechado por unidad de superficie, en cada una de las subzonas que constituyen la explotación. Los datos necesarios son relevados mediante sensores montados en la cosechadora, los cuales reportan a un monitor conectado al DGPS. El monitor es esencialmente una pequeña computadora que procesa y registra la información de rendimiento, almacenándola en su memoria.

Luego, mediante una tarjeta de memoria se transfiere la información a una computadora de escritorio. El resultado es un mapa con distintos colores o tonos que muestra rangos de rendimiento dentro de un lote, y una base de datos que permite analizar los mismos.

Al analizar en forma espacial la información de rendimiento obtenida en todo el predio se observa que los rendimientos fluctuaron entre 27 a 76 qq/há. Para visualizar más en detalle el rendimiento, se dividió en cuatro categorías. Se observa en cada una de ellas que los mayores rendimientos se encuentra en los

sectores más altos, que puede ser por motivos que esta zona concentra mayor porcentaje de nutrientes y materia Orgánica por motivos de textura de suelo y topografía que evita la lixiviación de los nutrientes en el suelo, la que fue señalado anteriormente.

Figura. Mapa de rendimiento potrero El Bosque.



### **Ingresos netos por zonas (\$/há.), aplicando metodologías de Agricultura de precisión.**

En base a los resultados obtenidos del mapa de rendimiento, se decidió analizar la información en dos partes, según potencial de rendimiento y mapa de conductividad eléctrica.

#### 1 Sector Bajo.

Por características ya expuestas anteriormente, este sector presento menor potencial de producción, a su vez se simulo en base a información de costos de adquisición de la tecnología los ingresos netos.

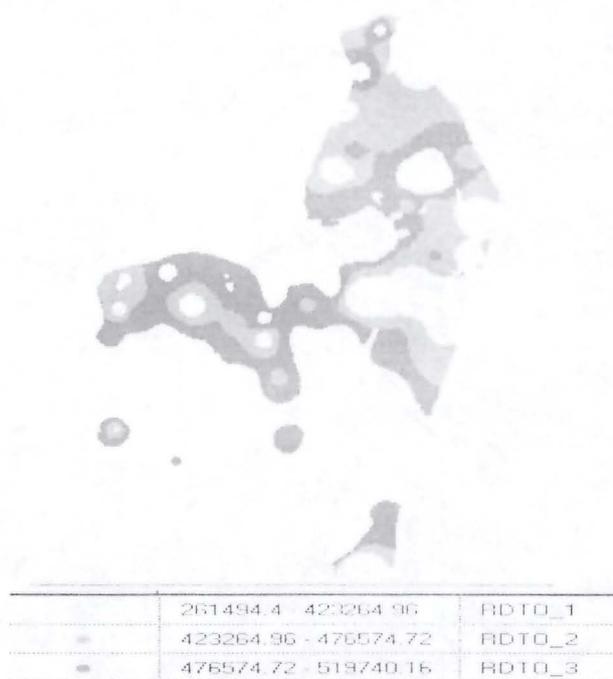
Los resultados obtenidos expresan la disposición espacial de los valores de ingresos.

Además de ello se clasifico los ingresos netos en base al rendimiento total en 3 categorías, para ejemplificar más claramente la distribución de los ingresos.

Los ingresos van de: Ingreso neto\_1 \$261.494 – \$423.264; ingreso neto\_2 \$423.264 - \$476.574 y ingreso neto\_3 \$476.574 - \$519.794.

En conclusión este sector presenta menor potencial de producción por tanto los ingresos obtenidos son menores en comparación con el sector alto, lo que se va a detallar a continuación.

Figura: Mapa Ingresos Netos sector Bajo



## 2. Sector Alto.-

Este sector tal como se señalo anteriormente, presenta características edafológicas que el cultivo se exprese de mejor forma en vigor y rendimiento. Esto hace que los ingresos sean mayores que el anterior. Los ingresos se distribuyeron en tres categorías: Ingreso neto \_1 \$519.761 – 563.717; ingreso neto\_2 563.717 - \$624.564 y Ingreso neto\_3 \$624.564 - \$779.361.

Figura: Mapa de Ingresos Netos, sector Alto

519761.20 - 563717.76	RDTQ_1
563717.76 - 624564.48	RDTQ_2
624564.48 - 779361.6	RDTQ_3

Bajo lo expuesto anteriormente, la única alternativa para incrementar la rentabilidad

de su explotación es reducir los costos unitarios de producción.

Con ésta finalidad, un creciente número de productores, principalmente países desarrollados, están incorporando Agricultura de Precisión (AP) en sus explotaciones.

El objetivo principal de la AP es contribuir a reducir los costos unitarios de producción comparativamente con la Agricultura Tradicional (AT)

Este objetivo es alcanzado principalmente incrementando los rendimientos de la producción

agrícola, y en algunos casos reduciendo los costos totales de los insumos empleados. En general, las prescripciones de utilización de insumos en la AT se basan en las características promedio del total de la explotación. Esta práctica puede no resultar

económicamente conveniente si existe una significativa variabilidad espacial en las características de la explotación. La agricultura sitio específica ha sido la alternativa

estudiada para estos casos. Si bien este tipo de prácticas agrícolas se basa en ideas de larga data, su utilización a gran escala recién fue posible a partir de la década del '90, con la aparición de nuevas tecnologías. Estas tecnologías, entre las que se encuentran diversas herramientas informáticas y sistemas de posicionamiento global, posibilitaron la automatización de las prácticas agrícolas sitio específicas, dando lugar al surgimiento de la AP.

### **Análisis comparativo entre AP y Agricultura Tradicional**

Se realizó un análisis comparativo entre el uso de la tecnología AP y manejo Tradicional, para ello se utilizó información de costos del predio y costos que involucran la labor de AP. Por lo cual se asume que la tecnología AP permite optimizar las dosis de fertilizantes y hace eficiente el uso de los recursos. Por tal razón se explica en la siguiente tabla.

Se considero para estos efectos el mapeo de suelo con un costo de \$20.000/Há, al cual su valor se devaluó a diez años, llevándolo a valor presente de \$2000/ha. También se considero la cosecha mecanizada con monitor de rendimiento, a valor de \$35000/ha considerado con mapas de rendimiento y asesorías técnicas. Por último, gracias a los ensayos se calculo la dosis óptima económica de 190 unidades de nitrógeno, que en comparación con lo que aplican los agricultores de 250 unidades de nitrógeno por hectáreas.

Tabla: Costos con AP y con AT

					+/- \$
			<b>CON AP</b>	SIN AP	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>			<b>647.984</b>	654.984	<b>7000</b>
Gastos Generales e Imprevistos (10%)			<b>64.798</b>	65.498	
Costo Financieros	(12% Anual)	8meses	<b>51.839</b>	52.399	
<b>COSTOS TOTALES</b>			<b>764.621</b>	772.881	
<b>INGRESOS</b>			<b>0</b>		
Rendimiento qqm/ha			<b>90</b>	90	
Precio Trigo \$/qqm			<b>18.000</b>	18.000	
Ingreso Neto/ha	sin arriendo		<b>855.379</b>	847.119	<b>8260</b>

En este contexto, la ganancia extra por usar dosis variable de N sería de \$8260/ha para el año actual. Por lo tanto, sería más que suficiente para pagar

el costo extra de esta herramienta que son de \$7000/ha, que no solo favorece los costos sino que potenciaría otras zona de mayor potencial donde se extraerían mas beneficios.

### Ensayo Valdivia.

Durante la temporada 2008/2009, se utilizo el potrero El Pozo. La figura muestra el plano generado de la información del equipo EM-38, donde se aprecia la variabilidad del suelo del potrero.

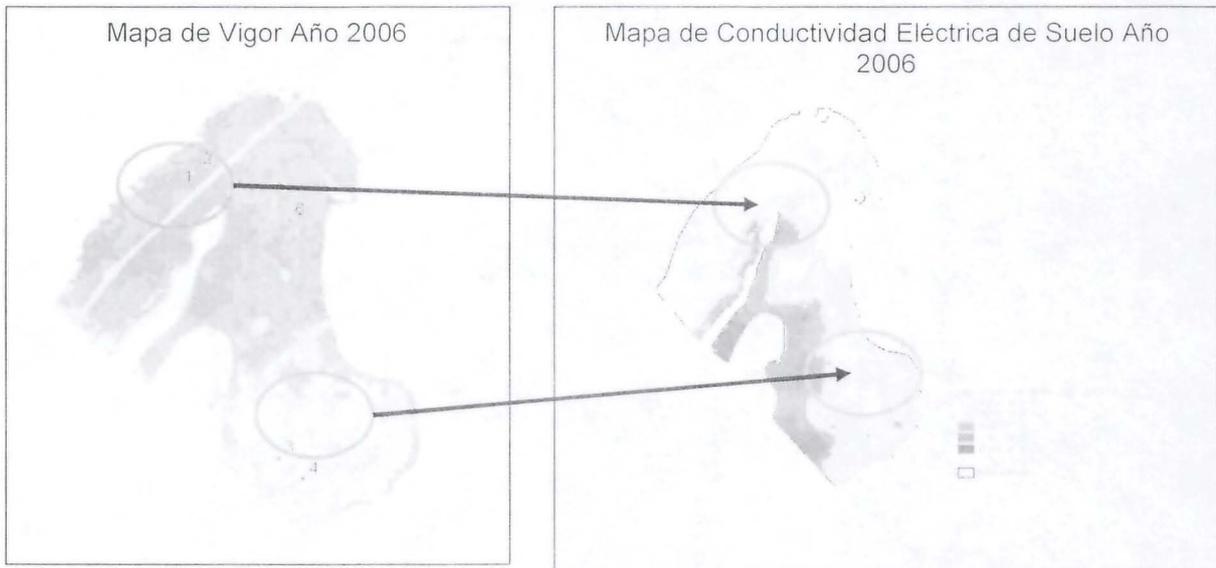
Figura. Mapa de Conductividad eléctrica de suelo.



En base a esto se escogió dos zonas ampliamente representativas, donde se realizaron los ensayos de fertilización diferenciada. Cada sector contempla una dimensión de 150\*60 mts, en la cual se dividieron en 3 partes por iguales. Además de utilizar la información generada del plano de conductividad eléctrica, se agrego a la información para la toma de decisión del sitio de ensayo, es el plano de vigor de la temporada anterior, y los planos de textura y de fertilidad.

## Plano de CE y de Vigor año 2006

Figura: Mapa de Ubicación de los sitios de ensayo.

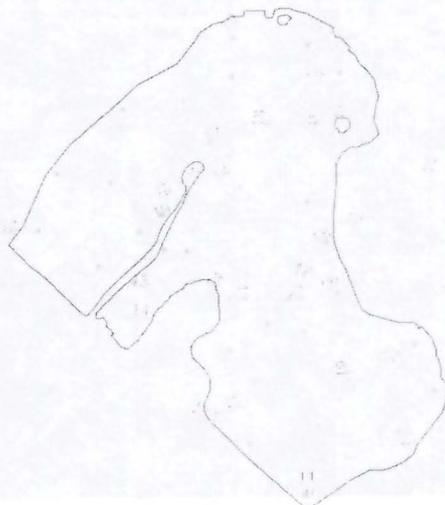


Se aprecia una tendencia del Plano de vigor con respecto al plano de conductividad eléctrica, el sector más verdoso es una zona de cota más baja que la anterior, por lo cual la textura y la humedad marcan una tendencia en los sectores de vigor.,

## Plano Topográfico

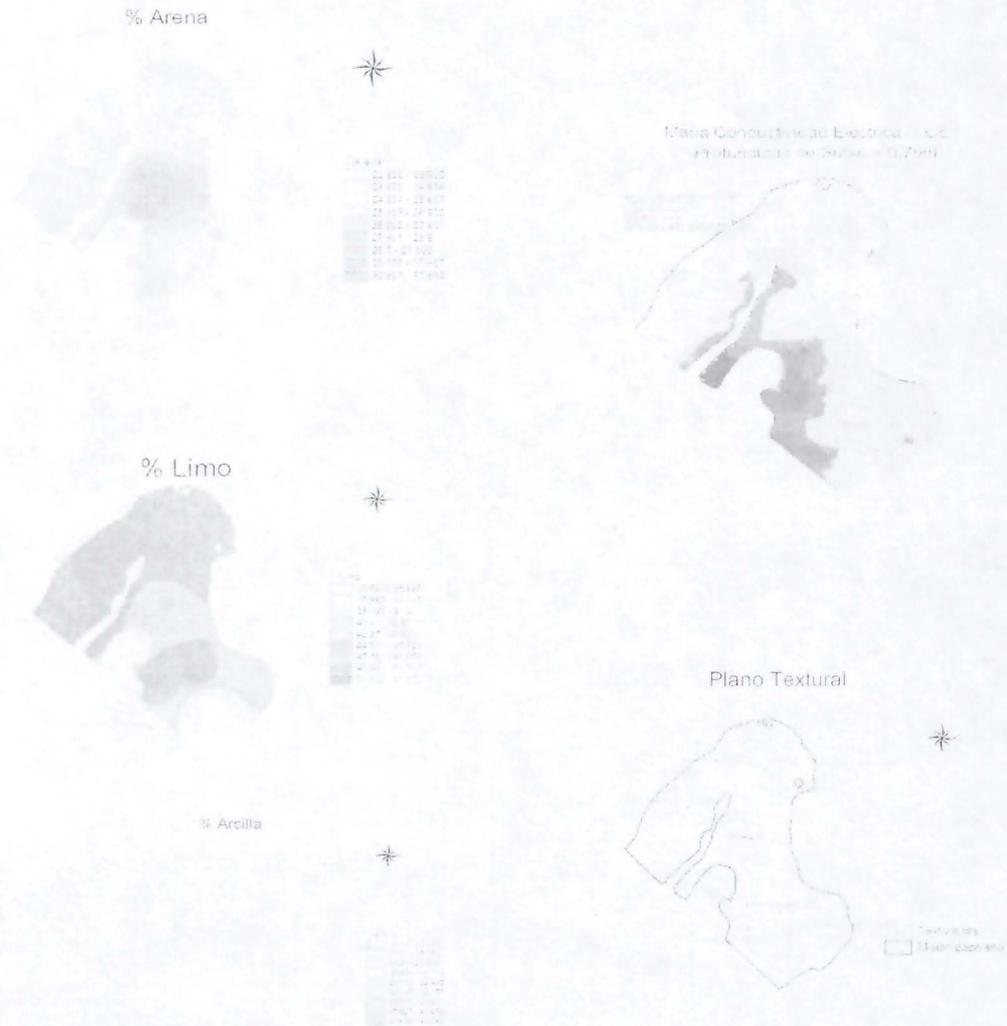
Se aprecia dos zonas levemente demarcadas topográficamente, que se diferencian en su nivel de altitud. Esto coincide con el plano de conductividad eléctrica de suelo. Por tanto bajo esta información se decidió ubicar las zonas de ensayo

Figura: Plano topográfico.



## Planos de Textura de Suelo

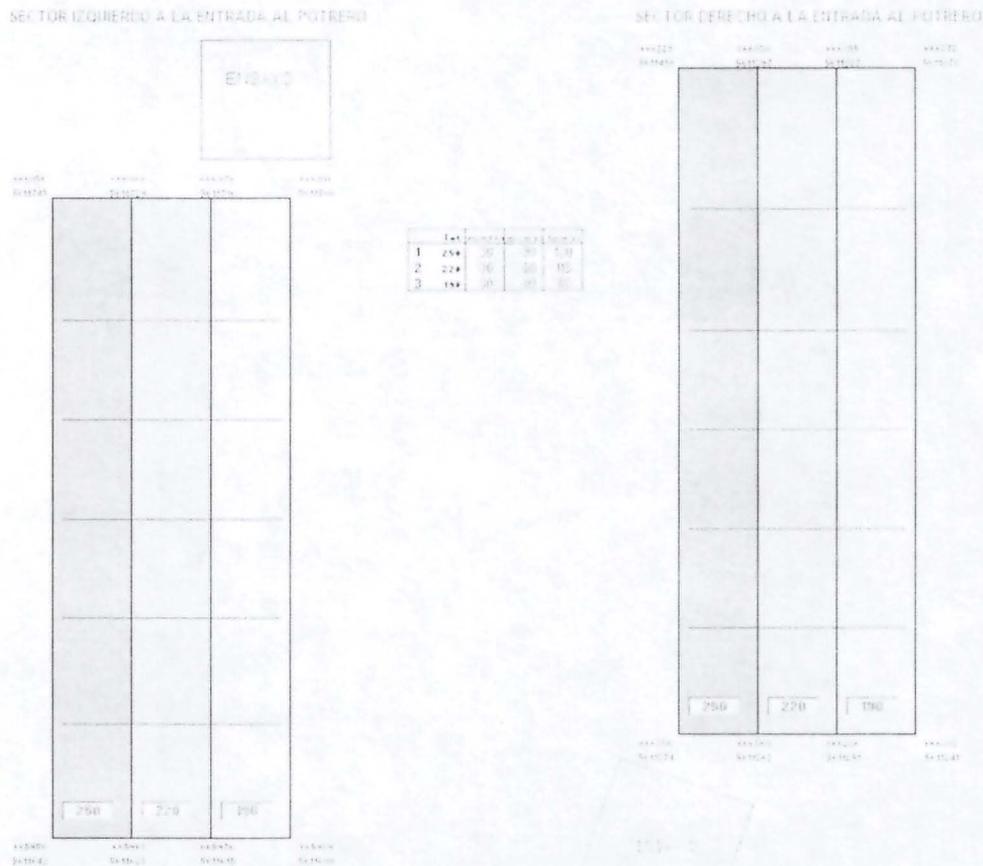
Figuras: Planos de Fertilidad de Suelo.



Se aprecia en ambos casos que los planos texturales coinciden con los planos de CE, por lo cual este tipo de herramientas es de gran importancia a la hora de tomar decisiones para la sectorización, tanto de fertilidad como de densidad de siembra. La siguiente figura expresa la distribución espacial de la textura de suelo, por lo que la zona alta presenta una textura franco limoso y la zona baja franco arcilloso.

Para la elección de los lugares de ensayo, se considero dos sitios ampliamente estables en CE y planos de vigor, figura xxx, para lo cual el marco del ensayo abarco una dimensión de 150\*60mts. Como lo muestra la figura próxima, Las parcelas se dividieron en tres partes iguales, donde cada división resultante se aplicara distintas dosis de Urea. Se espera de todo ello encontrar un rendimiento óptimo económico, así obtener un patrón que nos indique que bajar en cierto punto la dosis no nos afectara en los rendimientos finales.

Figura: Modelo de ensayo por potrero.



**Fig. 28.** Diseño de la aplicación Nitrogenada en bandas para los sitios de ensayo Valdivia, temporada 2008/09.

## Resultados Temuco.

Análisis temporal de Vigor y Rendimiento bajo respuesta de diferencias de dosis de Nitrógeno en las Parcelas de ensayo.

### Parcela I. Durante la temporada 2008-

Valores promedios de NDVI con sus respectivas dosis de nitrógeno.

Tabla: Resultados análisis de Varianzas

Dosis	Dosis Anual (Nitrógeno) Unidades de N2/há	Valores Promedios NDVI (Septiembre)	Valores Promedios NDVI (Octubre)	Valores Promedios NDVI (Noviembre)	Rendimiento Promedios qq/há
1	240	0.38 a	0.85	0.93	73.08 b
2	220	0.35 a	0.86	0.93	76.20 a
3	190	0.35 a	0.79	0.91	75.59 a

a\*Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba LSD ( $P \leq 0,05$ ).

Los análisis estadísticos representados en las tablas expresan las diferencias entre valores de NDVI en las distintas fechas con sus respectivas dosis de nitrógenos, además los rendimientos promedios de cada uno de ellos.

Las diferencias de vigor entre cada una de las dosis de nitrógeno, no reflejaron diferencias significativamente importantes. Lo que explica que a cantidades más altas de fertilizante la respuesta de vigor de éste no refleja mayores diferencias.

Los rendimientos finales obtenidos, entre los tratamientos bajo el análisis estadístico expuesto, muestra un grado de similitud entre las dosis 2 y 3, en cambio con la dosis 1 presenta una diferencia estadística, importante.

Al analizar la información de humedad promedio de suelo en las distintas fechas fonológicas nos indica que este sector posee una importante reserva de humedad, por lo que estaría explicando en cierta forma los buenos rendimientos, además las precipitaciones promedios de la temporada fueron bastante menores a un año normal.

Evolución de Humedad de suelo promedio en las distintas etapas fonológicas.

Dosis	FECHAS		
	Inicio Macolla 30-09-2008	Fines Macolla 17-10-2008	2-3 Nudos 05-11-2008
250	62,42	64,03	54,52
220	61,94	60,28	53,87
190	66,97	62,98	53,62

Promedio 63,78 62,43 54,01

Todo lo anterior explica el porque de la respuesta de las dosis de nitrógeno con respecto al rendimiento final. Las variaciones de rendimiento final entre los tratamientos nos muestran una gran diferencia estadística entre los tratamientos.

El agua es en elemento esencial para que se produzca la mineralización de los fertilizantes en el suelo, con ello permite a su vez la absorción de los nutrientes hacia las plantas. Es lo que sucede en las parcelas, la dosis 1 y 2 fueron los sitio de mayor retención de humedad, permitiendo así mejor respuesta de absorción de los nutrientes.

### Parcela II. Durante la temporada 2008

Tabla: Resultados análisis de Varianzas

Dosis	Dosis Anual (Nitrógeno) Unidades de N2/HA	Valores Promedios NDVI (Septiembre)	Valores Promedios NDVI (Octubre)	Valores Promedios NDVI (Noviembre)	Rendimiento Promedios Qq/há
1	240	0.36 a	0.80 a	0.93 a	74.07 b
2	220	0.35 a	0.79 a	0.95 a	75.28 ab
3	190	0.36 a	0.83 a	0.95 a	76.16 a

a\*Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba LSD ( $P \leq 0,05$ ).

Al igual que lo anterior, las diferencias de vigor entre cada una de las dosis de nitrógeno, no reflejaron diferencias significativamente importantes.

Al analizar los rendimientos totales no se encontraron diferencias significativamente entre los tratamientos. Esto se debe a que la humedad retenida en cada una de las parcelas no reflejó diferencias significativa, todo esto conlleva a una mejor absorción de los nutrientes por lo tanto a una mejor respuesta de la planta y por tanto a un aumento del rendimiento.

FECHAS			
Dosis	30-09-2008	17-10-2008	05-11-2008
250	66,86	65,97	59,32
220	71,08	69,30	59,83
190	64,16	59,61	61,53
Promedio	67,37	64,96	60,23

## Comparación de rendimientos medios entre las distintas zonas.

Dosis	Zona 1	Zona 2
Dosis_190	73.08 a	74.07 a
Dosis_220	76.20 a	75.28 a
Dosis_250	75.59 a	76.16 a

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )*

En vista de los resultados obtenidos del análisis estadístico por tratamiento según zonas alta y baja, no se encontraron diferencias significativas. Esto implica que dosis más bajas de fertilizantes no están influyendo en el rendimiento final, por lo que la dosis óptima económica, estaría dentro de las 190 unidades de nitrógeno/há.

## Análisis Económico Espacial

El resultado es un mapa con distintos colores o tonos que muestra rangos de rendimiento dentro de un lote, y una base de datos que permite analizar los mismos. Al analizar en forma espacial la información de rendimiento obtenida en todo el predio se observa en la figura proxima, donde los rendimientos fluctuaron entre 39 a 95 qq/há. Para visualizar más en detalle el rendimiento, se dividió en cuatro categorías. Se observa en cada una de ellas que los mayores rendimientos se encuentra en los sectores más altos, que puede ser por motivos que esta zona concentra mayor porcentaje de nutrientes y materia Orgánica por motivos de textura de suelo y topografía que evita la lixiviación de los nutrientes en el suelo, la que fue señalado anteriormente.



## Ingresos netos por zonas (\$/há.), aplicando metodologías de Agricultura de precisión.

En base a los resultados obtenidos del mapa de rendimiento, se decidió analizar la información en dos partes, según potencial de rendimiento y mapa de conductividad eléctrica.

Se considero para estos efectos el mapeo de suelo con un costo de \$20.000/Há, al cual su valor se devaluó a diez años, llevándolo a valor presente de \$2000/ha.

También se considero la cosecha mecanizada con monitor de rendimiento, a valor de \$35000/ha considerado con mapas de rendimiento y asesorías técnicas.

Por ultimo, gracias a los ensayos se calculo la dosis óptima económica de 190 unidades de nitrógeno, que en comparación con lo que aplican los agricultores de 250 unidades de nitrógeno por hectáreas.

### 1. Sector II.

Por características ya expuestas anteriormente, este sector presento menor potencial de producción, a su vez se simulo en base a información de costos de adquisición de la tecnología los ingresos netos.

Los resultados obtenidos expresan la disposición espacial de los valores de ingresos.

Además de ello se clasifico los ingresos netos en base al rendimiento total en 3 categorías, para ejemplificar más claramente la distribución de los ingresos.

Los ingresos van de: Ingreso neto\_1 \$367.561 – \$629.038; ingreso neto\_2 \$629.038 - \$724.377 y ingreso neto\_3 \$724.377 - \$896.537.

En conclusión este sector presenta menor potencial de producción por tanto los ingresos obtenidos son menores en comparación con el sector alto, lo que se va a detallar a continuación.

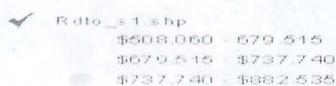
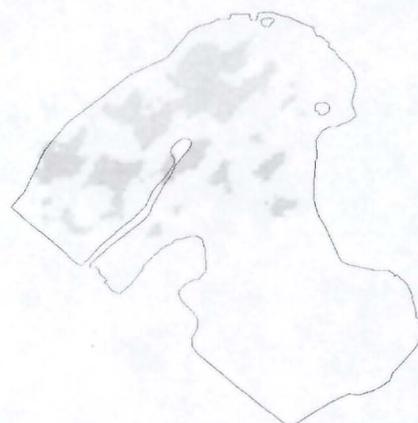
Figura. Mapa de Ingresos Netos Zona 1



## 2. Sector I.-

Este sector tal como se señaló anteriormente, presenta características edafológicas que el cultivo se exprese de mejor forma en vigor y rendimiento. Esto hace que los ingresos sean mayores que el anterior. Los ingresos se distribuyeron en tres categorías: Ingreso neto \_1 \$508.060 – \$679.515; ingreso neto\_2 \$679.515 - \$737.740 y Ingreso neto\_3 \$737.740 - \$882.535.

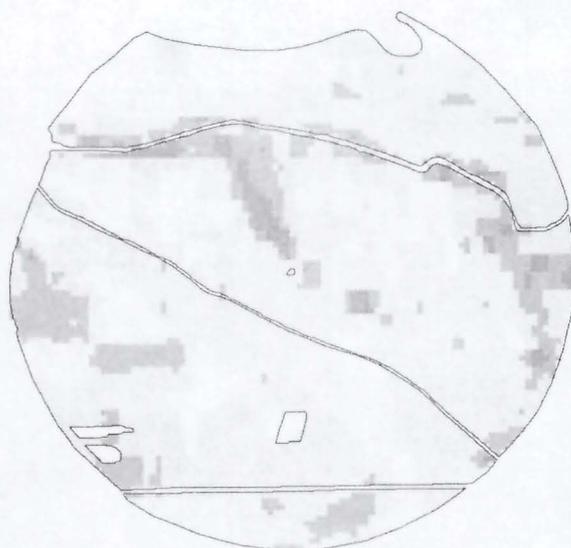
Figura. Mapa de Ingresos Netos Zona 1



## Resultados Yungay.

Durante la temporada 2008/2009, se utilizó el potrero El Roble. La figura muestra el plano generado de la información del equipo EM-38, donde se aprecia la variabilidad del suelo del potrero.

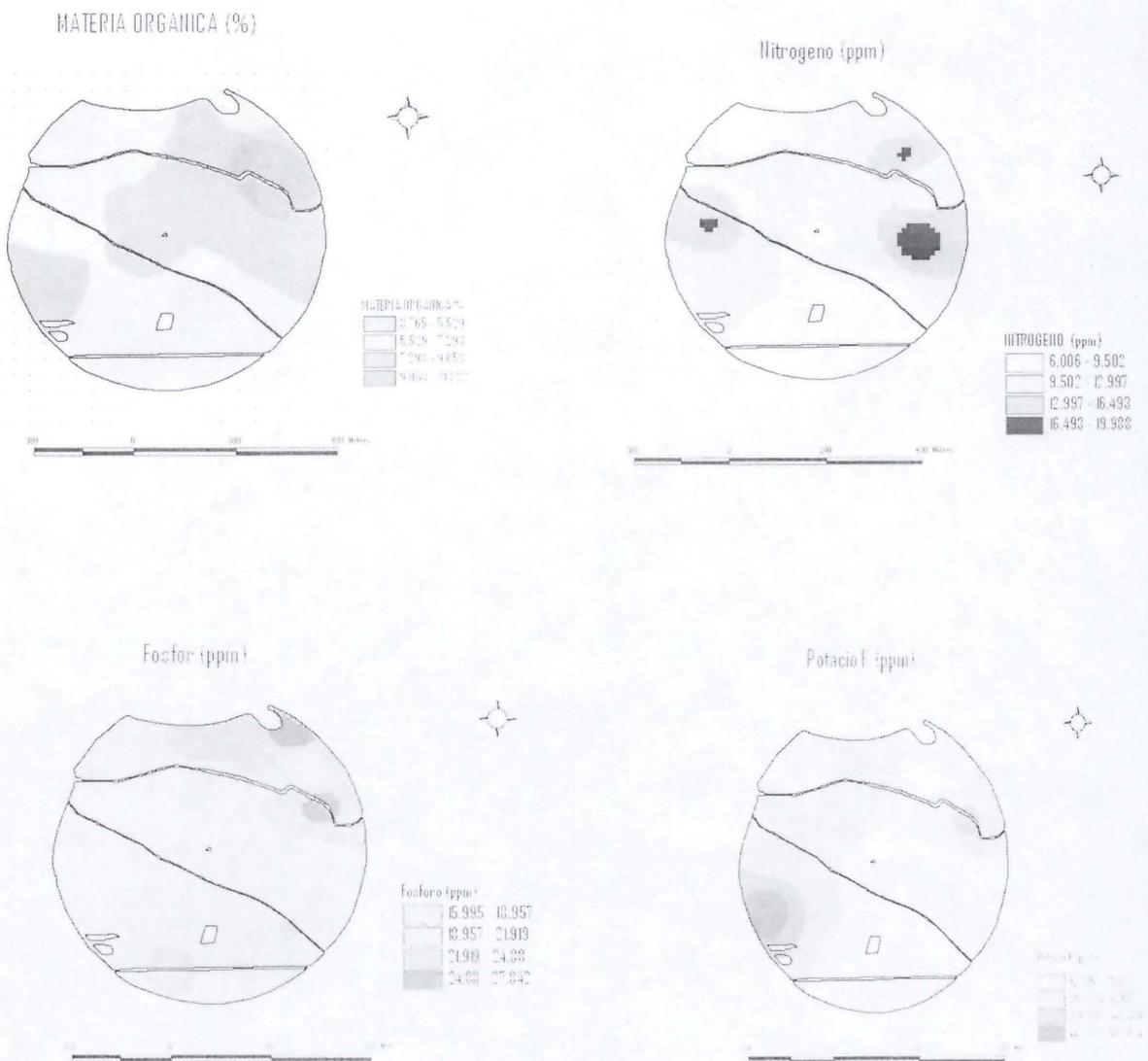
Figura: Mapa de Conductividad eléctrica de suelo.



En base a esto se escogió dos zonas ampliamente representativas, donde se realizaron los ensayos de fertilización diferenciada. Cada sector contempla una dimensión de 150\*60 mts, en la cual se dividieron en 3 partes por iguales. Además de utilizar la información generada del plano de conductividad eléctrica, se agregó a la información para la toma de decisión del sitio de ensayo, es el plano de vigor de la temporada anterior, y los planos de textura y de fertilidad.

### Planos de Fertilidad.

Figura Mapas de fertilidad de suelo



La información obtenida, nos indica que los elementos presentes en el suelo están en su rango óptimo, según información entregado por el laboratorio de suelo, por lo tanto no presenta problemas de nutrientes en el suelo. Por tanto la respuesta del cultivo bajo estas condiciones se espera buenos rendimientos.

### **Metodología de ensayo.**

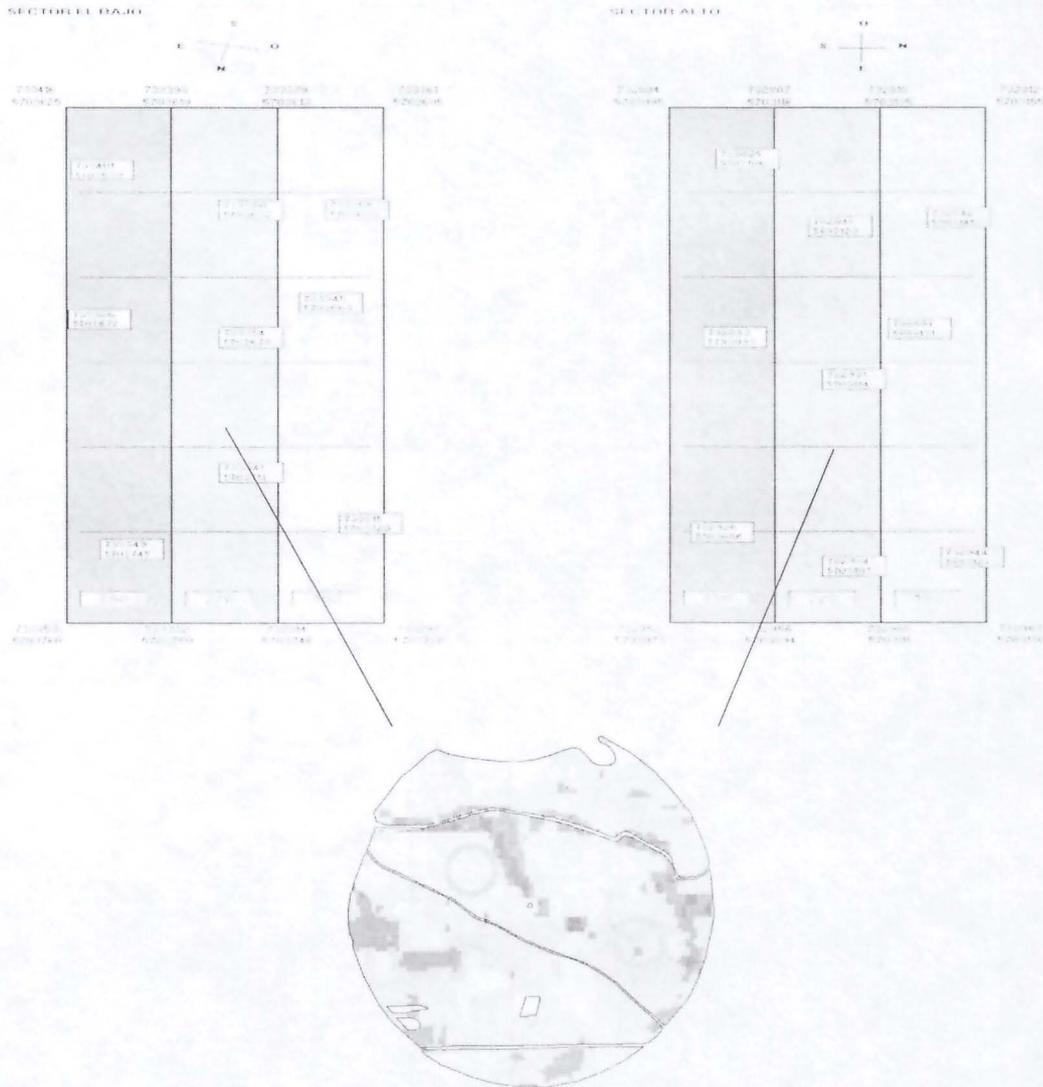
Advirtiendo que el suelo de este potrero presenta variabilidad espacial, dosificación variablemente del nitrógeno dependiendo los sitios del potrero para cada tratamiento de dosis variable, estos cuentan con 2 repeticiones (120 y 220 unidades de nitrógeno) siempre teniendo un testigo a su lado (250 unidades) el

<b>TRATAM</b>	<b>DOSIS ANUAL N KG/HA</b>	<b>SIEMBRA N KG/HA</b>	<b>INICIO MAC N KG/HA</b>	<b>FINAL MAC N KG/HA</b>
1	240	30	90	120
2	220	30	80	110
3	190	30	80	80

**FUENTE N: CAN 27 (INICIO MACOLLA) Y UREA (FINES MACOLLA)**

El diseño de la aplicación de diferencia Nitrogenada se detalla en la figura.

Este ensayo busca la respuesta de la planta a la diferencia Nitrogenada por zonas de vigor.



## Resultados Yungay

Análisis temporal de Vigor y Rendimiento bajo respuesta de diferencias de dosis de Nitrógeno en las Parcelas de ensayo.

### Parcela II. Durante la temporada 2008-

Valores promedios de NDVI con sus respectivas dosis de nitrógeno.

Tabla: Resultados análisis de Varianzas

Dosis	Dosis Anual (Nitrógeno) Unidades de N2/há	Valores Promedios NDVI (28 Octubre)	Valores Promedios NDVI (Octubre)	Valores Promedios NDVI (Noviembre)	Rendimiento Promedios qq/há
1	240	0.768 a	0.80a	0.93 a	57.3 a
2	220	0.760 a	0.80a	0.95 a	55.6 a
3	190	0.758 a	0.85 a	0.95 a	47.7 b

a\*Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba LSD ( $P \leq 0,05$ ).

Los análisis estadísticos representados en las tablas no expresan diferencias entre valores de NDVI en las distintas fechas con sus respectivas dosis de nitrógenos, además los rendimientos promedios de cada uno de ellos.

Las diferencias de vigor entre cada una de las dosis de nitrógeno, no reflejaron diferencias significativamente importantes. Lo que explica que a cantidades más altas de fertilizante la respuesta de vigor de éste no refleja mayores diferencias.

Los rendimientos finales obtenidos, entre los tratamientos bajo el análisis estadístico expuesto, no muestran diferencias las dosis 1 y 2, en cambio con la dosis 3 presenta una diferencia estadística, importante.

Esto es por causas de que en este sector posee un suelo arenoso, por lo que la retención de humedad y nutrientes están menos disponibles para las plantas, por tanto la solución para este caso es poder aumentar la frecuencia de riego.

### Parcela I. Durante la temporada 2008

Tabla: Resultados análisis de Varianzas

Dosis	Dosis Anual (Nitrógeno) Unidades de N2/HA	Valores Promedios NDVI (28 Octubre)	Valores Promedios NDVI (Octubre)	Valores Promedios NDVI (Noviembre)	Rendimiento Promedios Qq/há
1	240	0.782	0.79 a	0.93	53.8 a
2	220	0.756	0.79 a	0.92	53.7 a
3	190	0.748	0.81 a	0.87	53.1 a

a\*Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba LSD ( $P \leq 0,05$ ).

Al igual que lo anterior, las diferencias de vigor entre cada una de las dosis de nitrógeno, no reflejaron diferencias significativamente importantes.

Al analizar los rendimientos totales no se encontraron diferencias significativamente entre los tratamientos. Esto se debe a que la humedad retenida en cada una de las parcelas no reflejó diferencias significativa, todo esto conlleva a una mejor absorción de los nutrientes por lo tanto a una mejor respuesta de la planta y por tanto a un aumento del rendimiento

### **Comparación de rendimientos medios entre las distintas zonas.**

<b>Dosis</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>
Dosis_240	57.3 a	53.8 a
Dosis_220	55.6 a	53.7 a
Dosis_190	47.7 b	53.1 b

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )*

En vista de los resultados obtenidos del análisis estadístico por tratamiento según zonas alta y baja, no se encontraron diferencias significativas para las dosis de 240 y 220 unidades de nitrógeno, en cambio la dosis de 190 sí mostró diferencias estadísticas, que es por motivo que es un sector de suelo de textura franco arcillosa, esto influye en la absorción de nutrientes y mantención de humedad.

### **Conclusiones**

Los resultados de los estudios de fertilización del trigo con N realizados en dos sitios, indican que:

1. La respuesta al N y las dosis óptimas fueron similares entre sitios, por tanto se cumple los objetivos de poder optimizar el uso del nitrógeno.
2. La dosis variable de N es rentable a un costo menor de \$ 8260/ha que cobra el contratista.

Además, el análisis indica que se puede realizar la optimización económica cuando las respuestas difieren entre zonas. Se debe tener en cuenta que se trata de un análisis "ex-post", es decir, se asume que la respuesta del cultivo al N se conoce al momento de realizar la fertilización. A pesar de que la respuesta esperada nunca se va a conocer con certeza, un análisis económico de este tipo es el punto de partida que permite comenzar a comprender las implicaciones del manejo sitio-específico.

La limitante de la agricultura de precisión tiene ciertos problemas de adopción comercial, en parte porque no hay información suficiente como para apoyar las decisiones de tipo sitio-específicas, y porque la información que hay no se usa eficientemente.

A medida que haya más información disponible sobre cómo usar la tecnología de precisión en forma rentable, los productores van a comenzar a demandar más

equipos. Las instituciones públicas como el INIA tienen un rol importante en la generación y desarrollo de esta información, implementando formas de crear mapas de manejo de bajo costo (por ej.: usando topografía, sensores remotos, etc.); y poniendo en práctica métodos económicos de ensayos a campo de productores (usando mapas de rendimiento, sistemas de información geográfica, y programas de regresión espacial).

## 6. Impactos y Logros del Proyecto:

- Ha sido posible el evaluar con éxito la aplicación de la AP, en relación a la optimización del rendimiento y la calidad del trigo, en particular, referido a la comprobación de la variabilidad espacial del rendimiento y de la calidad y, cuya estructura espacial (diferenciación de zonas) determina la posibilidad cierta de hacer manejo diferenciado. Por otra parte, se ha comprobado que el uso eficiente de los fertilizantes a través de AP conduce a una importante reducción en la carga de fertilizantes, sin comprometer el rendimiento y la calidad en el cultivo, y disminuyendo asimismo el impacto que actualmente tiene sobre los acuíferos la fertilización nitrogenada convencional. Este estudio de carácter exploratorio no tiene precedentes en Chile, por lo que la multiplicidad de temas abordados en la iniciativa, lo que contribuye notablemente en sentar las bases para nuevas metodologías de trabajo y la entrada de la aplicación técnica por parte de compañías de servicio en el ámbito de la maquinaria, fertilización, entre otras.
- En términos productivos, ha sido posible el determinar zonas con comportamiento diferencial en el crecimiento del cultivo, condiciones propicias para un manejo diferenciado a través del uso de maquinaria. Los protocolos de medición resultan ser replicables toda vez que corresponden a equipamientos que pueden ser arrendados a empresas de servicios (como es el caso de la fotografía multiespectral, rastra electromagnética y crop circle), en conjunto con nuevas herramientas de análisis emergentes en el último año (fotografía satelital, entre otras). El análisis de la información llevada a un contexto espacial es un tema permanente mente abordado (y que seguirá siendo trabajado) en orden a que la información base sirva para un uso de los productores / técnicos, independientemente; sin dejar de contar con el respaldo que puede brindar INIA u otra entidad en el tema.
- En relación a los parámetros asociados a La Calidad de grano en términos espaciales (zonificación según categorías de proteínas) ha sido analizada en el proyecto, mostrándose altamente variable, lo cual justifica la intervención mediante AP para optimizar los tenores de proteína. En este sentido los factores que influyen, al igual que en la variable rendimiento son diversos, los que, sin embargo pueden ser definidos y manejados mediante la incorporación de las tecnologías asociadas a la AP.
- En el presente proyecto se ha obtenido un resultado del Impacto ambiental altamente favorable a la aplicación de tecnologías asociadas a la AP, al

poder realizar una fertilización optimizada, en donde la carga de fertilizantes nitrogenados es menor, sin comprometer rendimiento y calidad y con el consiguiente beneficio en términos de menor percolación hacia las napas subterráneas.

- A través del proyecto se generaron distintas instancias de extensión de la tecnología de AP aplicada, la que ha correspondido a difusión en días de campo, charlas a los agricultores, paginas web entre otras, las que suscitaron el interés del medio y se cumplió con la meta de realizar una extensión de la tecnologías en términos de sus aplicaciones y potencialidades.

## **7. Problemas Enfrentados Durante el Proyecto:**

No existieron problemas que pusieran en riesgo el alcance de los objetivos propuestos.

## **IV. INFORME DE DIFUSIÓN**

Labor de extensión con los productores participantes en el proyecto. Durante el desarrollo del presente proyecto, se ha hecho una labor permanente de explicación sobre las actividades desarrolladas a los agricultores, a los cuales se les ha explicado en términos prácticos la aplicabilidad de la AP en cada uno de sus cultivos además del estado de avance del proyecto. Esto se realizó en las visitas de rutina a los campos, en donde se dejó en poder de dichos productores material del tipo poster, que es mostrado en el anexo

se desarrollaron actividades de difusión del programa de Agricultura de precisión en distintas instancias, en donde se presentaron los principales objetivos y avances de AP en cultivos anuales, con especial referencia al trigo, haciéndose mención a la presente iniciativa, habiéndose obtenido una muy buena respuesta del publico., entre otras actividades, se puede mencionar las siguientes:

### **a) ExpoINIA 2006.**

Expo INIA 2006, correspondió a actividad organizada por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, a través de su Centro Regional INIA Quilamapu de la Región del Bío Bío. En su primera versión, Expo INIA 2006 ha sido considerada una gran vitrina tecnológica del área agropecuaria que contó con la participación de investigadores del INIA, técnicos, productores, empresas privadas e instituciones ligadas al agro. Este día de campo convocó una gran cantidad de productores, asesores y público en general de la región del Bío Bío.

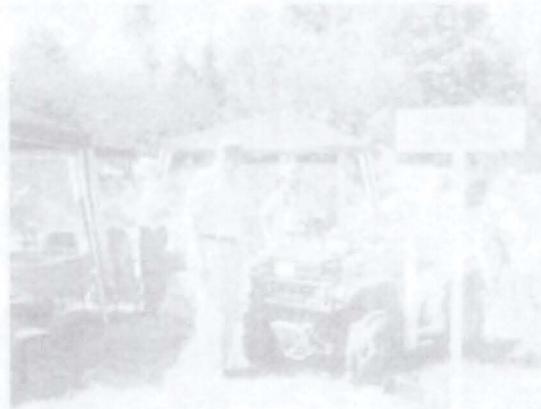


Fig 18. Fotografías del evento expo inia 2006, publicadas en informativo agropecuario Bioleche-INIA Quilamapu (en Noticias. Año 20. n°1 marzo 2007. s, pg.36.)

### **b) Gran Día de campo Human 2007. Los angeles.**

El Día de Campo Humán, es un evento anual organizado por INIA y la Cooperativa Bioleche, con el objetivo de difundir los resultados de ambas instituciones en la investigación en el rubro ganadero, con énfasis en la producción de leche. En un espacio común todos los sectores involucrados participaron activamente. Las empresas agrícolas, por su parte, exhibieron sus nuevas maquinarias y equipos agrícolas. Los productores, aprendieron sobre las últimas técnicas en temas relacionados con alimentación bovina y los cultivos asociados, además compartieron sus experiencias y aprovecharon la ocasión para realizar consultas a los especialistas del INIA que dictaron charlas sobre diferentes temas, en donde la temática de AP presentó un gran interés por parte de la concurrencia.

### **c) Expoagro 2007. San Carlos**

La 29ª versión de la Exposición Ganadera, Agrícola y Artesanal de San Carlos, AGROEXPO 2007, se efectuó entre los días jueves 15 y domingo 18 de Marzo del 2007, en el Recinto Exposición de San Carlos, Provincia de Ñuble, CHILE.

AGROEXPO es un evento regional declarado Oficial, al contar con el patrocinio del Estado. Se ha constituido en el acontecimiento más emblemático dentro de nuestra provincia contando con interesantes Foros, Paneles, Ruedas de Negocios y Seminarios, junto a una Exposición Ganadera, Agrícola y Artesanal. Un encuentro con importantes actividades educativas, culturales y recreacionales.

AGROEXPO, es organizada por la Corporación Privada de Desarrollo y la Asociación Gremial de Agricultores de San Carlos y tiene como objetivo fomentar el desarrollo integral de la zona e incorporar los bienes, equipos y servicios que necesitan las actividades productivas de la Región y sus habitantes.

En AGROEXPO, participan las más destacadas instituciones y empresas públicas y privadas de la Región y el país, organismos y empresas del Estado, Universidades e Institutos, siendo visitada por un número creciente de empresarios, ejecutivos, profesionales y público en general.



Arriba, (fig 19) se puede apreciar el stand de exposición de INIA, en donde el tema principal fue el de AP, el cual concitó gran interés por parte de productores y público en general, además de la visita de la Sra. Subsecretaria del Ministerio de Agricultura.

d) exposición experiencia Ilustre Municipalidad de Pinto.

Correspondió a la presentación de una experiencia piloto desarrollada entre INIA y la I. Municipalidad de Pinto para la aplicación de AP en trigo, en donde también se hizo mención al presente proyecto. La exposición tubo una gran aceptación toda vez que se demostró un aumento en los márgenes de retorno a productor mediante esta tecnología en los productores que la aplicaron. El encuentro contó con la participación de numerosos agricultores, y autoridades, entre las que se encontraba la Sra. Subsecretaria de Agricultura. En el anexo 5 se muestran los incisos de prensa que dieron cuenta de este evento.

e) Exposiciones en el marco del proyecto de difisión de AP, financiado por INNOVA BIO BIO.

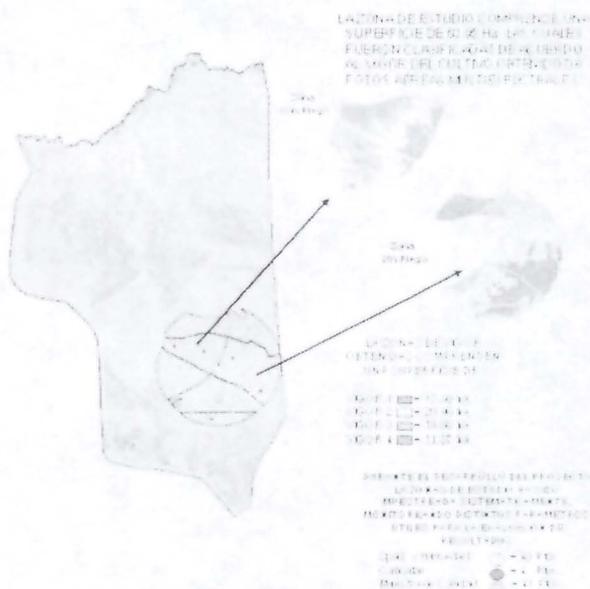




PROYECTO 0206 - FA  
 "Optimización del Rendimiento,  
 Calidad y Rentabilidad en la Producción de Trigo a través  
 del Uso más Eficiente de Fertilizantes,  
 Mediante la Metodología de Agricultura de Precisión"



FRONTERA OREDESA, COMUNA DE TOLUCA, REGIÓN  
 TEMPORADA 2006 - 2007  
 TRIGO SUAVE DE CEREALES



PROYECTO ASOCIADO: JOSÉ GABRIEL MORALES

## Anexo 5. material de prensa actividad de difusión en AP I. Municipalidad de Pinto.

Número 10 junio 2007 Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA Región del Bío Bío

### Subsecretaría de Agricultura destacó en Pinto el trabajo de INIA en agricultura de precisión

La Subsecretaría de Agricultura, Cecilia Leiva, destacó en su reciente visita a la comuna de Pinto, el trabajo que realiza INIA Quilmapú en el área de la agricultura de precisión y la incorporación de nuevas tecnologías en el agro. Esto al conocer la experiencia de productores del Prodesal de Pinto, que gracias a un Convenio con INIA trabajaron en agricultura de precisión en el rubro trigo, con lo que disminuyeron costos y aumentaron rendimientos.

"Es un trabajo innovador que en estos momentos tiene la posibilidad de abrirse a apoyar lo que es la agricultura familiar campesina y puede significar un gran aporte al mejoramiento de los niveles de productividad de este sector, dado que son instrumentos que permiten bajar costos, mejorar rendimientos y producir diferenciación de productos. Por lo tanto, es una herramienta útil y esperamos que con el concurso de INDAP, de sus programas, podamos atraer ese tipo de tecnología para ser usado en forma más masiva por la agricultura familiar campesina. Estamos muy contentos de haber conocido esta experiencia innovadora en la cual ha venido trabajando INIA desde hace tiempo, lo que había estado disponible para la agricultura empresarial pero ahora se abre a la pequeña agricultura", indicó la Subsecretaria.

AGENCIA DE NOTICIAS MINAGRI

## **Subsecretaría de Agricultura se reunió con pequeños agricultores**

• *Subsecretaría de Agricultura, Cecilia Leiva, participó de una reunión con productores de INDAP en la comuna de Pinto, Octava Región, y conoció en terreno las acciones desarrolladas en el área de fomento ganadero y los resultados del trabajo en agricultura de precisión en el rubro trigo.*

**REGION DEL BÍO BÍO, ( 07/06/2007 ).-** Con el fin de conocer los avances alcanzados por los pequeños productores ganaderos y trigueros de Pinto, comuna ubicada en la Región del Bío Bío, la Subsecretaría de Agricultura, Cecilia Leiva, visitó en terreno junto a autoridades locales algunas experiencias productivas en la zona y participó de un dialogo abierto con los productores en dependencias del Municipio.

De ellas, la autoridad destacó los resultados de las acciones realizadas en el área de fomento ganadero con pequeños productores del Programa de Desarrollo Local, Prodesal de INDAP, quienes están mejorando sus condiciones productivas para inscribir predios en registro pecuario PABCO y mejorar los recursos forrajeros.

En la ocasión, la autoridad adelantó que próximamente "nuestro Ministerio implementará un programa fuerte, con más recursos para inseminación artificial, mejoramiento de praderas, riego intrapredial y otras acciones". Leiva recalcó que estas acciones forman parte de los objetivos de Gobierno destinados a "reforzar la coordinación institucional para desarrollar la agricultura campesina en sus diversas potencialidades con miras a que se integren en los mercados nacionales e internacionales sobre la base, principalmente, de la calidad de la producción". En la actividad, Cecilia Leiva también conoció la experiencia de productores que están trabajando con agricultura de precisión en el rubro trigo, con lo que han disminuido costos, aumentado rendimientos, y logrado efectividad en el uso de fertilizantes y segmentación de mercados. Esta incorporación de nuevas técnicas fue posible gracias a un convenio alcanzado con el Instituto de Investigación Agropecuaria, INIA.

Junto con reconocer los avances concretos de este programa, la autoridad resaltó que resulta "indispensable mejorar el tema de calidad y vender productos diferenciados, sabemos que hay una mayor demanda en los mercados internacionales por maíz y trigo para producir combustible, situación que a nosotros como país nos favorece en cuanto a precios".

Hoy, la Subsecretaría de Agricultura, Cecilia Leiva, se trasladará a Las Termas de Chillán para participar, jueves y viernes en el VII Taller "Integración de la cadena de la carne: la competitividad sectorial frente a los nuevos desafíos que será inaugurado esta mañana por el Ministro de Agricultura, Álvaro Rojas. El encuentro reunirá a representantes del sector público y privado que participan en torno a la Mesa de la Carne en pro del desarrollo del sector ganadero.

> INICIO > AGENCIA MINAGRI

Ministerio de Agricultura Page 1 of 1

<http://www.minagri.gob.cl/noticias/detallenoticia.php?noticia=2784>

## **ExpoINIA 2007.**

Expo INIA 2007, correspondió a actividad organizada por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, a través de su Centro Regional INIA Quilamapu de la Región del Bío Bío.

El su día de la Expo INIA 2007 estas actividades estuvieran orientadas a la agricultura familiar campesina en alianza con INDAP y el segundo día a la agricultura empresarial patrocinado por el Consorcio Agrícola del Sur.

Es así como Expo INIA 2007 reunió a productores pequeños, medianos y grandes en torno a los temas de vanguardia en el ámbito agropecuario en Chile como son agricultura de precisión, investigación en cultivos para biocombustibles, control biológico de plagas agrícolas, biotecnología de los alimentos, mejoramiento genético y producción de nuevas variedades de papa y trigo, entre otros.

El trabajo de los investigadores de INIA fué dirigido no sólo a productores sino a técnicos y profesionales para lograr replicar el amplio bagaje de tecnología y conocimientos que ha incorporado el instituto al ámbito agropecuario.

En su segunda versión, Expo INIA 2007 ha sido considerada una gran vitrina tecnológica del área agropecuaria que contó con la participación de investigadores del INIA, técnicos, productores, empresas privadas e instituciones ligadas al agro. Este día de campo convocó una gran cantidad de productores, asesores y público en general de la región del Bío Bío.

Desarrollo de parcela demostrativa. En esta oportunidad se pudo mostrar una parcela de agricultura de precisión en trigo a los productores, dándose 20 charlas a grupos de 30 personas, entre las cuales se generó un especial interés por incorporar esta herramienta metodológica dentro de sus esquemas productivos.

#### **4.- Extensión de la tecnología de AP en trigo**

La principal actividad de extensión se desarrolló en el mes de Febrero de 2008, en donde se desarrolló un día de campo en el sitio experimental de Temuco, al cual asistieron alrededor de 20 importantes productores de la zona. En dicha oportunidad, se expuso el procedimiento de cosecha contando con un monitor de cosecha en la máquina. Se explicaron en terreno, los principios de funcionamiento, pasos de calibración, extracción de datos, discutiéndose asimismo distintos aspectos de carácter técnico. Luego se realizó una exposición en un lugar habilitado del predio una exposición en donde se discutieron las ventajas de la aplicación de la tecnología de AP e trigo, experiencias del presente proyecto y de aquellas recogidas en el extranjero, además de una revisión en un SIG de los datos capturados durante la jornada. Habiéndose constatado la variabilidad intrínseca del rendimiento en el potrero, lo cual implica la justificación de un manejo a través de AP. Finalmente, cabe mencionar que se realizó una nota periodística del día de campo, la cual fue difundida por el televisión abierta en los días posteriores al evento. La evaluación de los productores y del equipo de trabajo fue muy positiva respecto de los resultados de esta actividad, habiéndose cumplido con todas las expectativas fijadas sobre la misma.

A continuación se presentan algunas tomas de algunas alternativas del día de campo

1) Preparación de la maquinaria.



2) Proceso de calibración, consola monitor de rendimiento, guiándose a través de instructivo de monitor de rendimiento.



3) Ingreso de la maquinaria comienza al sector en donde se realizara la cosecha de trigo



4.- Proceso de cosecha y registro para la creación de un mapa de rendimiento del cuartel.



5.- Análisis realizado con el Monitor de rendimiento y obtención de mapas de rendimiento inicial.



6.- Grupos de agricultores, comentando los resultados obtenidos en rendimiento.



## Página web asociada al proyecto.

A continuación se presenta una visualización de la misma.



**Visualización de página web para difusión de AP aplicada en trigo, en donde contempla la presentación los resultados y lineamientos metodológicos desarrollados en el mismo**

## V. ANEXOS

Como fue indicado para los informes de avance técnico, pero en este caso la información no corresponde sólo a la actualización sino a la histórica. Por ejemplo, cambios en el equipo técnico, se debe adjuntar la ficha de todos los participantes que participaron en alguna de las etapas del proyecto aunque hayan sido reemplazados.

Anexo I

### FICHA REPRESENTANTE(S) LEGAL(ES)

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Representante Legal del Agente postulante o Ejecutor como por el Representante Legal del Agente Asociado)

(Completar además los datos personales en la Ficha del Anexo 1)

<i>Tipo de actor en el Proyectto (A)</i>			
<i>Nombres</i>	Leopoldo Sánchez		
Apellido Paterno	Grunert		
Apellido Materno			
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Instituto de Investigaciones Agropecuarias		
RUT de la Organización	61.312.000-9		
Tipo de Organización	<i>Pública</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Director Nacional		
Dirección (laboral)	Fidel Oteiza 1956		
País	Chile		
Región	Metropolitana		
Ciudad o Comuna	Providencia		
Fono	56-2-2252118		
Fax	56-2-2258773		
Celular			
Email	lsanchez@inia.cl		
Web	www.inia.cl		
Género	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
Etnia (B)	Sin Clasificar		
Tipo (C)	Profesional		

### AGENTE POSTULANTE O EJECUTOR

- Nombre : Instituto de Investigaciones Agropecuarias
- RUT : 61.312.000-9

- Dirección : Avenida Vicente Méndez N° 515
- Región : VIII
- Ciudad : Chillán
- Fono : 42 209500
- Fax : 42 209599
- E-mail :
- Web : www.inia.cl

Cuenta Bancaria (Tipo, N°, banco) : Corriente, 22-04595-4 Banco de Santiago

### FICHA COORDINADORES Y EQUIPO TÉCNICO

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Coordinador Principal		
<i>Nombres</i>	Lorenzo Francisco		
<b>Apellido Paterno</b>	León		
<b>Apellido Materno</b>	Gutierrez		
<b>RUT Personal</b>			
<b>Nombre de la Organización o Institución donde trabaja</b>	Intituto de Investigaciones Agropecuarias		
<b>RUT de la Organización</b>	61.312.000-9		
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
<b>Cargo o actividad que desarrolla en ella</b>	Investigador		
<b>Profesión</b>	Ingeniero Agrónomo		
<b>Especialidad</b>	Agricultura de Precisión		
<b>Dirección (laboral)</b>	Vicente Mendez 515		
<b>País</b>	Chile		
<b>Región</b>	VIII		
<b>Ciudad o Comuna</b>	Chillan		
<b>Fono</b>	56 42 209766		
<b>Fax</b>	56 42 209799		
<b>Celular</b>	98190735		
<b>Email</b>	lleon@inia.cl		
<b>Web</b>	Kms.progapinia.cl		
<b>Género</b>	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
<b>Etnia (B)</b>	Sin clasificar		
<b>Tipo (C)</b>	profesional		

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)

### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Coordinador Alterno		
<i>Nombres</i>	Stanley Cecil		
<b>Apellido Paterno</b>	Best		
<b>Apellido Materno</b>	Sepúlveda		
<b>RUT Personal</b>			
<b>Nombre de la Organización o Institución donde trabaja</b>	Instituto de Investigaciones Agropecuarias		
<b>RUT de la Organización</b>	61.312.000-9		
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
<b>Cargo o actividad que desarrolla en ella</b>	Investigador		
<b>Profesión</b>	Ing. Agrónomo PhD		
<b>Especialidad</b>	Agricultura de Precisión		
<b>Dirección (laboral)</b>	Avenida Vicente Méndez N° 515		
<b>País</b>	Chile		
<b>Región</b>	VIII		
<b>Ciudad o Comuna</b>	Chillán		
<b>Fono</b>	56 42 209761		
<b>Fax</b>	56 42 209799		
<b>Celular</b>	08 - 4296851		
<b>Email</b>	sbest@inia.cl		
<b>Web</b>	www.inia.cl		
<b>Género</b>	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
<b>Etnia (B)</b>	Sin Clasificar		
<b>Tipo (C)</b>	Profesional		

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)

### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	EQUIPO TECNICO		
<i>Nombres</i>	RODRIGO ALEXI		
<b>Apellido Paterno</b>	QUINTANA		
<b>Apellido Materno</b>	LOYOLA		
<b>RUT Personal</b>			
<b>Nombre de la Organización o</b>	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS,		

Institución donde trabaja	INIA		
RUT de la Organización	61312000-9		
Tipo de Organización	<i>Pública</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
Cargo o actividad que desarrolla en ella	INVESTIGADOR		
Profesión	INGENIERO AGRONOMO		
Especialidad	Economía Agraria		
Dirección (laboral)	Avada. Vicente Mendez 515		
País	CHILE		
Región	8va		
Ciudad o Comuna	Chillán		
Fono	042-209764		
Fax			
Celular	82182976		
Email	rquintana@inia.cl		
Web	www.inia.cl		
Género	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
Etnia (B)	SIN CLASIFICAR		
Tipo (C)	PROFESIONAL (C)		

### *Ficha Coordinadores y Equipo Técnico*

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Equipo Técnico		
<i>Nombres</i>	Marta Andrea		
Apellido Paterno	Alfaro		
Apellido Materno	Valenzuela		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	INIA Remehue		
RUT de la Organización	61.312.000-9		
Tipo de Organización	<i>Pública</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Privada</i> <input checked="" type="checkbox"/>
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigadora		
Profesión	Ingeniera Agrónoma		
Especialidad	Balances de nutrientes e impacto ambiental		
Dirección (laboral)	Casilla 24-O, Osorno		
País	Chile		
Región	Décima		
Ciudad o Comuna	Osorno		
Fono	64-233515, anexo 737		
Fax	64-237746		
Celular			
Email	malfaro@inia.cl		

Web	www.inia.cl		
Género	<i>Masculino</i>		<i>Femenino</i> X
Etnia (B)	Sin clasificar		
Tipo (C)	Profesional		

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)

### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Equipo Técnico		
<i>Nombres</i>	Nelba Verónica		
Apellido Paterno	Gaete		
Apellido Materno	Castañeda		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS		
RUT de la Organización	61.312.000-9		
Tipo de Organización	<i>Pública</i>		<i>Privada</i> X
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigadora		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Desarrollo Rural y Planificación Territorial con SIG		
Dirección (laboral)	Camino Cajón Vilcún Km. 10		
País	Chile		
Región	IX		
Ciudad o Comuna	Vilcún		
Fono	45-215706 anexo 228		
Fax	45- 216112		
Celular	8-6821338		
Email	ngaete@inia.cl		
Web	http://www.inia.cl/		
Género	<i>Masculino</i>		<i>Femenino</i> X
Etnia (B)	Sin Clasificar		

Tipo (C)	Profesional
----------	-------------

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

*(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)*

### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Equipo Técnico		
<i>Nombres</i>	Ricardo		
<b>Apellido Paterno</b>	Campillo		
<b>Apellido Materno</b>	Rocco		
<b>RUT Personal</b>			
<b>Nombre de la Organización o Institución donde trabaja</b>	INIA - Carillanca		
<b>RUT de la Organización</b>	61.312.000-9		
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
<b>Cargo o actividad que desarrolla en ella</b>	Investigador del Depto. De Recursos Naturales y Medio Ambiente		
<b>Profesión</b>	Ingeniero Agrónomo M. Sc.		
<b>Especialidad</b>	Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas		
<b>Dirección (laboral)</b>	Casilla 58 - D		
<b>País</b>	Chile		
<b>Región</b>	Novena Región de la Araucanía		
<b>Ciudad o Comuna</b>	Temuco		
<b>Fono</b>	45 -215706		
<b>Fax</b>	45 - 216112		
<b>Celular</b>			
<b>Email</b>	rcampill@inia.cl		
<b>Web</b>	http://inia.cl		
<b>Género</b>	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
<b>Etnia (B)</b>	Sin clasificar		
<b>Tipo (C)</b>	Profesional		

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)

### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Equipo Técnico			
<i>Nombres</i>	IVAN ARIEL			
<b>Apellido Paterno</b>	MATUS			
<b>Apellido Materno</b>	TEJOS			
<b>RUT Personal</b>				
<b>Nombre de la Organización o Institución donde trabaja</b>	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS			
<b>RUT de la Organización</b>	61.312.000-9			
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Privada</i>	<input type="checkbox"/>
<b>Cargo o actividad que desarrolla en ella</b>	INVESTIGADOR			
<b>Profesión</b>	INGENIERO AGRONOMO			
<b>Especialidad</b>	MEJORAMIENTO GENETICO/GENETICA			
<b>Dirección (laboral)</b>	VICENTE MENDEZ 515			
<b>País</b>	CHILE			
<b>Región</b>	OCTAVA			
<b>Ciudad o Comuna</b>	CHILLAN			
<b>Fono</b>	42-209715			
<b>Fax</b>	42-209720			
<b>Celular</b>	9/7009195			
<b>Email</b>	imatus@inia.cl			
<b>Web</b>	www.inia.cl/quilamapu			
<b>Género</b>	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>	<input type="checkbox"/>
<b>Etnia (B)</b>	Sin clasificar			
<b>Tipo (C)</b>	Profesional			

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)

### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Equipo Técnico		
<i>Nombres</i>	Isaac Justo		
<b>Apellido Paterno</b>	Maldonado		
<b>Apellido Materno</b>	Araneda		
<b>RUT Personal</b>			
<b>Nombre de la Organización o Institución donde trabaja</b>	Instituto de Investigaciones Agropecuarias CRI Quilamapu		
<b>RUT de la Organización</b>	61.312.000-9		
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
<b>Cargo o actividad que desarrolla en ella</b>	Investigador Meteorología y Riego		
<b>Profesión</b>	Ingeniero Agrónomo		
<b>Especialidad</b>	Meteorología - Riego y Drenaje		
<b>Dirección (laboral)</b>	Avda. Vicente Méndez 515 Chillán		
<b>País</b>	Chile		
<b>Región</b>	Octava		
<b>Ciudad o Comuna</b>	Chillán		
<b>Fono</b>	42-209754		
<b>Fax</b>	42-209799		
<b>Celular</b>	09/5991469		
<b>Email</b>	imaldona@inia.cl		
<b>Web</b>	http://www.inia.cl		
<b>Género</b>	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
<b>Etnia (B)</b>	Sin clasificar		
<b>Tipo (C)</b>	Profesional		

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)

### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Equipo técnico		
<i>Nombres</i>	Francisco Javier		
<b>Apellido Paterno</b>	Salazar		
<b>Apellido Materno</b>	Sperberg		
<b>RUT Personal</b>			
<b>Nombre de la Organización o Institución donde trabaja</b>	INIA-Remehue		
<b>RUT de la Organización</b>	61.312.000-9		
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
<b>Cargo o actividad que desarrolla en ella</b>	Investigador		
<b>Profesión</b>	Ingeniero Agrónomo		
<b>Especialidad</b>	Manejo residuos orgánicos e impacto ambiental		
<b>Dirección (laboral)</b>	Casilla 24-0		
<b>País</b>	Chile		
<b>Región</b>	Décima		
<b>Ciudad o Comuna</b>	Osorno		
<b>Fono</b>	64-233515		
<b>Fax</b>	64-237746		
<b>Celular</b>	09-6434052		
<b>Email</b>	fsalazar@inia.cl		
<b>Web</b>	www.inia.cl/remehue		
<b>Género</b>	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
<b>Etnia (B)</b>	Sin clasificar		
<b>Tipo (C)</b>	Profesional		

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

*(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)*

### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	EQUIPO TECNICO		
<i>Nombres</i>	CLAUDIO ROBERTO		
<b>Apellido Paterno</b>	JOBET		
<b>Apellido Materno</b>	FORNAZZARI		
<b>RUT Personal</b>			
<b>Nombre de la Organización o Institución donde trabaja</b>	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, INIA		
<b>RUT de la Organización</b>			
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
<b>Cargo o actividad que desarrolla en ella</b>	INVESTIGADOR		
<b>Profesión</b>	INGENIERO AGRONOMO		
<b>Especialidad</b>	MEJORAMIENTO DE TRIGO		
<b>Dirección (laboral)</b>	CAMINO CAJON-VILCUN S/N°, CASILLO 58-D, TEMUCO		
<b>País</b>	CHILE		
<b>Región</b>	NOVENA REGION		
<b>Ciudad o Comuna</b>	TEMUCO		
<b>Fono</b>	45-215706		
<b>Fax</b>	45-216112		
<b>Celular</b>	09-96185815		
<b>Email</b>	cjobet@inia.cl		
<b>Web</b>	www.inia.cl		
<b>Género</b>	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
<b>Etnia (B)</b>	SIN CLASIFICAR		
<b>Tipo (C)</b>	PROFESIONAL		

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)

### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Equipo Técnico		
<i>Nombres</i>	José Alberto		
<b>Apellido Paterno</b>	Pedreros		
<b>Apellido Materno</b>	Ledesma		
<b>RUT Personal</b>			
<b>Nombre de la Organización o</b>	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)		

<b>Institución donde trabaja</b>			
<b>RUT de la Organización</b>	61.312.0000-9		
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
<b>Cargo o actividad que desarrolla en ella</b>	Investigador Malherbología		
<b>Profesión</b>	Ingeniero Agrónomo		
<b>Especialidad</b>	Malezas		
<b>Dirección (laboral)</b>	Av Vicente Méndez 515 Chillán		
<b>País</b>	Chile		
<b>Región</b>	Del Bío Bío		
<b>Ciudad o Comuna</b>	Chillán		
<b>Fono</b>	42-209713		
<b>Fax</b>	42-209720		
<b>Celular</b>	9-3435005		
<b>Email</b>	alberto.pedreros@inia.cl		
<b>Web</b>			
<b>Género</b>	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
<b>Etnia (B)</b>			
<b>Tipo (C)</b>	Profesional		

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

*(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)*

#### Ficha Coordinadores y Equipo Técnico

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Coordinador Principal, Coordinador Alterno y cada uno de los integrantes del Equipo Técnico)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (A)</i>	Equipo Técnico		
<i>Nombres</i>	Pablo Emilio Luis		
<b>Apellido Paterno</b>	Undurraga		
<b>Apellido Materno</b>	Díaz		
<b>RUT Personal</b>			
<b>Nombre de la Organización o Institución donde trabaja</b>	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)		
<b>RUT de la Organización</b>	61.312.000-9		
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Privada</i>
<b>Cargo o actividad que desarrolla en ella</b>	Jefe de Laboratorio Suelos INIA		
<b>Profesión</b>	Ingeniero Agrónomo		
<b>Especialidad</b>	Fertilidad de Suelos		
<b>Dirección (laboral)</b>	Vicente Méndez 515		
<b>País</b>	Chile		
<b>Región</b>	VIII Región		

<b>Ciudad o Comuna</b>	Chillán		
<b>Fono</b>	042-209753; 209755		
<b>Fax</b>	042-209755		
<b>Celular</b>	09-680 60 16		
<b>Email</b>	pundurra@inia.cl		
<b>Web</b>	www.laboratoriosuelosinia.cl		
<b>Género</b>	<i>Masculino</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Femenino</i>
<b>Etnia (B)</b>	Sin Clasificar		
<b>Tipo (C)</b>	Profesional		

(A), (B), (C): Ver notas al final de este anexo

(Se deberá repetir esta información tantas veces como números de coordinadores e integrantes del equipo técnico participen)

### Equipo Técnico del Proyecto

Nombre Completo	Profesión	Especialidad	Función y Actividad en el Proyecto	Dedicación al Proyecto (% año)
MARCELINO CLARET INIA-QUILAMAPU	LICENCIADO BIOLOGIA DPLMO. MEDIO AMBIENTE	MEDIO AMBIENTE AGRICULTURA DE PRECISIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA DE AP, EN FERTILIZACIÓN COORDINADOR DEL PROYECTO	30
STANLEY BEST INIA-QUILAMAPU	ING. AGRONOMO Ph.D.	AGRICULTURA DE PRECISION Y RECURSOS HÍDRICOS.	ANALISIS GEOESTADÍSTICOS IMPLEMENTACIÓN DE AP	20
IVÁN MATUS INIA-QUILAMAPU	ING. AGRONOMO Ph.D	MEJORAMIENTO GENÉTICO DE TRIGO	MANEJO TRADICIONAL DEL CULTIVO DEL TRIGO	20
JORGE GONZÁLEZ INIA-QUILAMAPU	ING. AGRONOMO M.G.	ECONOMÍA AGRARIA	EVALUACIÓN ECONÓMICA METODOLOGÍA AP.	10
ISAAC MALDONADO INIA-QUILAMAPU	ING. AGRONOMO M.Sc.	CLIMATOLOGÍA	ANÁLISIS DE PARÁMETROS AGROCLIMATICOS, TRIGO	15
ALBERTO PEDREROS INIA-QUILAMAPU	ING. AGRONOMO Ph.D	MALHERBOLOGÍA	MALEZAS, COMPETENCIA POR NUTRIENTES	10
PABLO UNDURRAGA INIA-QUILAMAPU	ING. AGRONOMO	FERTILIDAD DE SUELOS	FERTILIDAD Y NUTRICIÓN VEGETAL. (ZONA REGADA)	10

CLAUDIO JOBET INIA-CARILLANCA	ING. AGRONOMO Ph.D	CALIDAD DE TRIGO	ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE TRIGO	10
RICARDO CAMPILLO INIA-CARILLANCA	ING. AGRONOMO Ph.D	FERTILIDAD DE SUELOS	FERTILIDAD Y NUTRICIÓN VEGETAL. (ZONA DE SECANO)	10
NELBA GAETE INIA-CARILLANCA	ING. AGRONOMO	DESARROLLO RURAL Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	APOYO IMPLEMENTACIÓN SIG DEL PROYECTO ZONA SUR.	15
MARTA ALFARO INIA-REMEHUE	ING. AGRONOMO Ph.D.	BALANCES DE NUTRIENTES E IMPACTO AMBIENTAL	EVALUACIÓN LIXIVIACIÓN DE NUTRIENTES.	10
FRANCISCO SALAZAR INIA-REMEHUE	ING. AGRONOMO Ph.D.	MANEJO DE RESIDUOS ORGÁNICOS E IMPACTO AMBIENTAL	CÁLCULO DE BALANCES Y EFICIENCIA DE SUO DE NUTRIENTES	10

### 2.3. Participantes o Beneficiarios Directos del Proyecto

Nombre Completo	Profesión o actividad que desarrolla	Lugar de trabajo	Tipo de participación en el Proyecto
José Gabriel Muñoz	Productor de Trigo	Yungay, VIII Región	Facilitar la aplicación de la metodología AP en su predio.
Lobert LTDA.	Empresa productiva	Temuco, IX Región	Facilitar la aplicación de la metodología AP en su predio.
Agromaster s.a.	Empresa productiva	Valdivia, X Región	Facilitar la aplicación de la metodología AP en su predio.

## ANEXO 2 : FICHA DATOS ORGANIZACIÓN

### Ficha Agentes Postulantes y Asociados

(Esta ficha debe ser llenada tanto por el Agente Postulante o Ejecutor, como por cada uno de los Agentes Asociados al proyecto)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (D)</i>	Agente asociado		
<i>Nombre de la organización, institución o empresa</i>	Fundo la Greda		
<b>RUT de la Organización</b>			
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Privada</i> <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Dirección</b>	Yungay		
<b>País</b>	Chile		
<b>Región</b>	VIII		
<b>Ciudad o Comuna</b>	Yungay		
<b>Fono</b>	42 680063		
<b>Fax</b>	42 271586		
<b>Email</b>	josegabrielmunoz@hotmail.com		
<b>Web</b>	-		
<b>Tipo entidad (E)</b>	Empresas Productivas y/o de Procesamiento		

(D), (E) : Ver notas al final de este anexo

### Ficha Organizaciones Participantes o Beneficiarios Directos

(Esta ficha debe ser llenada por cada una de las organizaciones, instituciones o empresas que participan y/o están vinculadas al proyecto)

<i>Tipo de actor en el Proyecto (D)</i>	Beneficiario Directo: Empresa Productiva o Comercial		
<i>Nombre de la organización, institución o empresa</i>	Fundo la Greda		
<b>RUT de la Organización</b>			
<b>Tipo de Organización</b>	<i>Pública</i>		<i>Privada</i> X
<b>Dirección</b>	Yungay		
<b>País</b>	Chile		
<b>Región</b>	VIII		
<b>Ciudad o Comuna</b>	Yungay		
<b>Fono</b>	42 680063		
<b>Fax</b>	42 271586		
<b>Email</b>	josegabrielmunoz@hotmail.com		
<b>Web</b>	-		
<b>Tipo entidad (E)</b>	Empresas Productivas y/o de Procesamiento		

## **VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

1. 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.
2. Baret, F. and G. Guyot..1991. Potential and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*. (35):161-173.
3. Best, S. y L. León and M. Claret 2005. Use of Precision Viticulture Tools to Optimize the Harvest of High Quality Grapes. Paper presentación oral. En 7th edition of Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering Symposium. 12-16 septiembre 2005. En prensa.
4. Best, S. y L. León. 2005. Uso de herramientas de agricultura de precisión para optimizar la rentabilidad en huertos de pomáceas. Lectura presentada en el 3° Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão. 16 a 18 de agosto de 2005 - Embrapa Milho e Sorgo - Sete Lagoas, MG. 11 p.

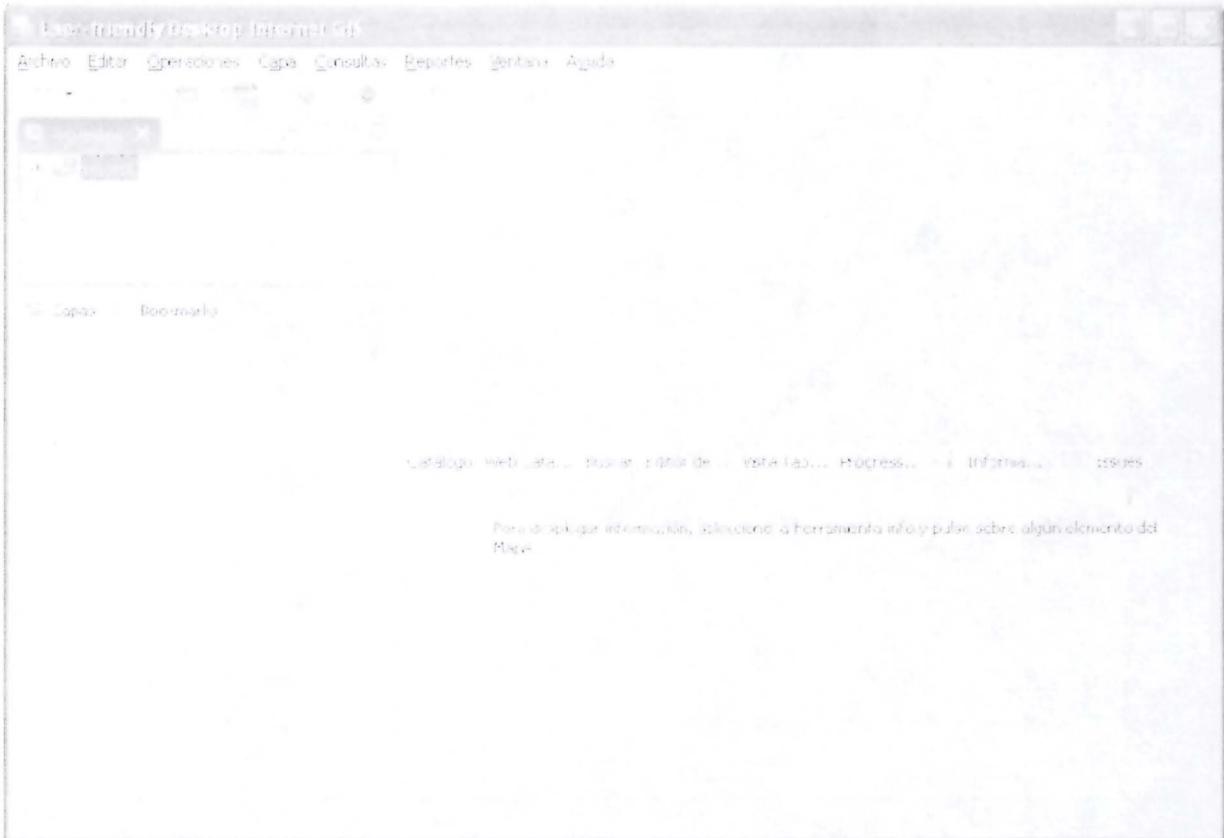
5. Bongiovanni, R. 2002. *ECONOMETRÍA ESPACIAL: UNA HERRAMIENTA CLAVE PARA EL MANEJO SITIO-ESPECÍFICO DE INSUMOS*. Proyecto Agricultura de Precisión, INTA Manfredi (Argentina). Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América. 18p.
6. Bonn, F and Rochon, G. 1992. *Precis de teledetection, Volume 1: Principes et methodes*, Edit. Aupelf-Uref, Presses Universitaires du Quebec, Montreal.
7. Booltink, H.W.G., et al., 2001. Tools for optimizing management of spacially variable fields. *Agricultural Systems*. 70: 445-446
8. Campbell, J.B. 1996. *Remote sensing*. 622p.
9. 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.
10. Chen, J.M. and T.A. Black. 1992. Defining leaf area index for non flat leaves. *Plant, Cell and Environment*. (15): 421-429.
11. 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.
12. Choudhury, B. 1987. Relationships between vegetation index, radiation absorption, and net photosynthesis evaluated by sensitivity analysis. *Remote Sensing Environment*. (22):209-233.
13. CIGANA, C. A 2003. Redução de custos prometida pela agricultura de precisão. <http://www.portaldoagronegocio.com.br/index.php?p=noticia&idN=3665> (Acesso em 16/11/2003).
14. 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
15. Cook S.E. 2003. Is precision agriculture irrelevant to developing countries?.
16. Curran, P.J. 1982. Multispectral photographic remote sensing of green vegetation on biomass and productivity. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*. (48):243.
17. 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.
18. 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. Meterol*. (71):183-207.
19. 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.
20. Fitzgerald, G.J., S.R. Kaffka, D.L. Lesch, and S.J. Maas. 1999. Detection of soil salinity effects on sugar beets using multiespectral remote sensing. *Proc. Agronomy Society meetings*. Salt Lake City.
21. 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.
22. 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.
23. Gilbert, M. A., S. Gandia and J. Melia. 1996. Analyses of spectral-byophysical relationships for a corn canopy. *Remote Sensing Environment*. (55):11-20.
24. 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.
25. 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.
26. Gower, S. and J.M. Norman. 1991. Rapid estimation of leaf area index in conifer and broad-leaf plantations. *Ecology*. (72):1896-1900.
27. Grier, C. and S. W. Running. 1977. Leaf area of mature Northwestern coniferous forests: relation to site water balance. *Ecology*. (58):893-899.
28. Gross, J. 1991. *Pigments in vegetables. Chlorophyls and carotenoids*. Published by Van Nostrand Reinhold, New York, 351 pp.
29. Huete, A.R. 1988. A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing Environment*. (25):295-309.

30. IDC, 2004. Estudio de banda ancha en Chile 2002-2010. International Data Corporation Chile. www.idc.com
31. Jaynes, D.B. 1996. Improved soil mapping using electromagnetic induction surveys. pp. 169-179.
32. 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, W
33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. 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
37. 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.
38. Lillesand T., and Kiefer R. 1997. Remote Sensing and Image Interpretation. 3th Edition, John Wiley & Sons Inc., 750 pp.
39. Maohua W; 2001. Possible adoption of precision agriculture for developing countries at the threshold of the new millennium.
40. 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. Schmugge and F.C. Westin. 1983. Manual of Remote Sensing. 2420 p.
41. 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.
42. 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..
43. Ortega, R. y L. Flores. 2000b. Agricultura de Precisión. En: Revista Informaciones Agronómicas del Cono Sur, N°7 Septiembre de 2000. INPOFOS, PPI-Argentina
44. Pierce, L. and S.W. Running. 1988. Rapid estimation of coniferous forest leaf area index using a portable integrating radiometer. Ecology. (69):1762-1767.
45. Plant, R. E. 2001. Site-specific management: the application of information technology to crop production. Comp. and electr. In agr. 30: 9-29.
46. 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.
47. Robert, P. C. 1999. Precision Agriculture: An Information Revolution in Agriculture. Agricultural Outlook Forum 1999, St. Paul, MN. February 1999. ASA, CSSA, SSSA: Madison, WI.
48. 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.
49. 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.
50. SARAIVA, A.M.; CUGNASCA, C.E.; HIRAKAWA, A.R. 2000. Aplicação em taxa variável de fertilizantes e sementes. Borém, A., et al. (Org.). Agricultura de precisão. Viçosa, MG, 2000, p.108-145
51. 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..
52. 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..

53. 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.
54. Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing Environ*. (8):127-150.
55. 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.
56. 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.
57. 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.

# **Algunos aspectos Programa sistema de información geográfica CORSIG**



Vista del entorno de trabajo de uDig.

Como todo software que trabaja con ventanas, podemos minimizar, maximizar, redimensionar o cerrar uDig usando los botones de la esquina superior derecha. Se cuenta con un menú que permite acceder a las funciones del programa. Así como también cuenta con una barra de botones, para las funciones de uso frecuente.

Archivo Editar Operaciones Capa Consultas Reportes Ventana Ayuda

También se cuenta con ventanas o vistas que permiten visualizar los mapas, ver los proyectos, capas, tablas, etc.

También se cuenta con ventanas o vistas que permiten visualizar los mapas, ver los proyectos, capas, tablas, etc.

Para seleccionar más de un archivo puede dejar presionada la tecla "Ctrl" y dar click en otros archivos, en este caso seleccione todos los archivos de la carpeta y

de click en el botón “Abrir”, espere a que se muestren los temas en la ventana del mapa.  
Ahora uDig debería verse más o menos así:

