



CENTRO DE ESTUDIO DE LA VID  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
[WWW.CEVID.CL](http://WWW.CEVID.CL)



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

777.249.  
4.299.  
2008.  
J-2

# INFORME TÉCNICO FINAL

## PARTE 1

### PROYECTO

"Riego y Fertirrigación. Innovación y cambios tecnológicos en el uso racional del agua de riego y fertilización en la optimización del manejo de parronales en el Valle de Copiapó"

**NOMBRE ENTIDAD BENEFICIARIA RESPONSABLE:**

Universidad de Chile,  
Facultad de Ciencias Agronómicas.

**CODIGO: 04 CR 10 PAD – 01**

Santiago, Junio 2008



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

---

## **ÍNDICE**

### **ACTIVIDADES Y TAREAS EJECUTADAS**

#### **RESULTADOS ACTIVIDADES**

INSTALACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LA FERTIRRIGACIÓN EN LA VARIEDAD "SUPERIOR" EN UN SUELO DE TEXTURA GRUESA (COLUVIAL).

INSTALACIÓN IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL ESTUDIO LA DE LA FERTIRRIGACIÓN EN LAS VARIEDADES "RED GLOBE" Y "FLAME" EN SUELOS DE TEXTURA GRUESA (COLUVIAL).

ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA EXPRESIÓN VEGETATIVA, EN LA PRIMERA ETAPA DE CRECIMIENTO DEL BROTE, COMO REFLEJO DE LA CONDICIÓN DE LAS VIDES EN LAS VARIEDADES "SULTANINA" Y "FLAME"

EVALUACIÓN DEL USO DE TOMA DE MUESTRAS DE SUCCIÓN POR MEDIO DE MINI SONDAS DE EXTRACCIÓN DENOMINADAS "PELOS RADICALES" (SONDAS RHIZON EIJKELKAMP®), PARA EL CONTROL DE LA SOLUCIÓN SUELO.

ESTUDIO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE EXUDADO, GENERADA DURANTE EL PROCESO DEL "LLORO DE LA VID", COMO INDICADOR DE LA CONDICIÓN DE LA PLANTA PREVIO A LA BROTAÇÃO.

EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA RADICAL A TRAVÉS DE LA RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE DE LA SOLUCIÓN SUELO

GENERACIÓN DE ESTÁNDARES DE INTERPRETACIÓN DEL ESTATUS NUTRICIONAL, DE ACUERDO AL SISTEMAS DRIS Y CND EN "SULTANINA"

CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

#### **PRODUCTO Y/O RESULTADO**

PROTOCOLO DE CONTROL DEL ESTATUS NUTRICIONAL DE LAS PLANTAS

PROTOCOLO PARA LA UTILIZACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS DE INTERPRETACIÓN (DRIS Y/O CND) DE NIVELES NUTRICIONALES

PROTOCOLO PARA LA UTILIZACIÓN DE NUEVO INSTRUMENTAL A SER IMPLEMENTADO COMO CONTROL DEL MANEJO DEL RIEGO, SALINIDAD Y FERTILIZACIÓN.

PAQUETE TECNOLÓGICO DE EVALUACIONES DE TEJIDOS COMPLEMENTARIOS AL ANÁLISIS FOLIAR

PROTOCOLO CON CRITERIOS DE MANEJO DEL RIEGO, DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS Y CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.

PROTOCOLO TÉCNICO DE MANEJO DE LOS PARRONES BAJO LOS CRITERIOS DE LA FERTIRRIGACIÓN

PROMOCIÓN REGIONAL Y NACIONAL



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**ACTIVIDADES Y TAREAS EJECUTADAS**

Durante la ejecución del proyecto se realizaron las siguientes actividades:

**Cuadro 1. Actividades realizadas durante las tres temporadas**

Nombre de la Actividad	Estado de Avance		
	Año 1	Año 2	Año 3
INSTALACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LA FERTIRRIGACIÓN EN LA VARIEDAD "SUPERIOR" EN UN SUELO DE TEXTURA GRUESA (COLUVIAL).	80 %	100 %	
INSTALACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LA FERTIRRIGACIÓN EN LA VARIEDAD "SULTANINA" EN UN SUELO DE TEXTURA MEDIA (FRANCO).	50 %	80 %	100 %
INSTALACIÓN IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL ESTUDIO LA DE LA FERTIRRIGACIÓN EN LAS VARIEDADES "RED GLOBE" Y "FLAME" EN SUELOS DE TEXTURA GRUESA (COLUVIAL).	50 %	70 %	100 %
ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA EXPRESIÓN VEGETATIVA, EN LA PRIMERA ETAPA DE CRECIMIENTO DEL BROTE, COMO REFLEJO DE LA CONDICIÓN DE LAS VIDES EN LAS VARIEDADES "SULTANINA" Y "FLAME"	40 %	60 %	100 %
EVALUACIÓN DEL USO DE TOMA DE MUESTRAS DE SUCCIÓN POR MEDIO DE MINI SONDAS DE EXTRACCIÓN DENOMINADAS "PELOS RADICALES" (SONDAS RHIZON EIJKELKAMP®), PARA EL CONTROL DE LA SOLUCIÓN SUELO.	30 %	70 %	
ESTUDIO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE EXUDADO, GENERADA DURANTE EL PROCESO DEL "LLORO DE LA VID", COMO INDICADOR DE LA CONDICIÓN DE LA PLANTA PREVIO A LA BROTAÇÃO.	50 %	70 %	100 %
EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA RADICAL A TRAVÉS DE LA RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE DE LA SOLUCIÓN SUELO	0 %	60 %	100 %
GENERACIÓN DE ESTÁNDARES DE INTERPRETACIÓN DEL ESTATUS NUTRICIONAL, DE ACUERDO AL SISTEMAS DRIS Y CND EN "SULTANINA"	80 %	80 %	100 %
CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN	50 %	60 %	100 %



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**RESULTADOS**

**INSTALACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LA FERTIRRIGACIÓN EN LA VARIEDAD "SUPERIOR" EN UN SUELO DE TEXTURA GRUESA (COLUVIAL).**

**INSTALACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LA FERTIRRIGACIÓN EN LA VARIEDAD "SULTANINA" EN UN SUELO DE TEXTURA MEDIA (FRANCO).**

Los Informes generados de ambas actividades se presentan en el **Cuadro 2**.

**Cuadro 2. Informe generados**

<b>Título del documento</b>	<b>Nombre del archivo digital</b>
EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE FERTIRRIGACIÓN EN UN SUELO DE TEXTURAS GRUESA	INFORME Cantera Manejo Resultados
EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE FERTIRRIGACIÓN EN UN SUELO DE TEXTURAS FINAS	INFORME Turbina Manejo Resultados
CONSECUENCIAS DEL USO EXCESIVO DE AGUA DE RIEGO EN SUELOS DE TEXTURA FINA EN PRODUCCION DE UVA DE MESA EN LA TERCERA REGION	INFORME Uso Excesivo del agua



## EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE FERTIRRIGACIÓN EN UN SUELO DE TEXTURAS GRUESA

Rodrigo Callejas, Carlos Benavides, Rodrigo Rojas y José Tomás Wieczorek

### Resumen

Con el objetivo de asegurar la competitividad de la uva de mesa del Valle de Copiapó por el incremento de los rendimientos y calidad de la fruta, se instaló una unidad de fertirrigación en un sector del valle cultivado con la variedad Superior en un suelo de texturas gruesas. Con esta modalidad de trabajo, se pretendió aclarar algunas dudas básicas que rodean la gestión del riego y fertilización de los parronales de Atacama.

### Introducción

**La fertirrigación:** Es una técnica que integra la distribución simultánea de agua de riego y fertilizantes, a través de un sistema de riego apropiado, por ejemplo: riego por goteo o riego por microaspersión. El criterio se basa en un concepto determinista, donde la dosis de referencia de los nutrientes se determina a partir de un análisis previo (antes que se inicie la temporada).

En la práctica se considera:

Estimación de cosecha

Análisis de suelo

Análisis foliar

Historial de producciones

Calidad y condición de la fruta

**La fertirrigación a la demanda:** a lo anterior se añade como condición básica (en la teoría), el ir generando el programa nutricional y de riego, de acuerdo a un control estricto, riguroso y permanente del sistema suelo, agua y planta. El criterio se basa en un concepto dinámico, donde la dosis de referencia de los nutrientes depende de la respuesta de las plantas, "in situ" y en el momento

En la práctica: a lo anterior, se agrega:

Se persigue máxima productividad de fruta de calidad, bajo los conceptos de agricultura sostenible.

Seguimiento de la dinámica de los iones en el perfil, a través del uso de sondas de extracción de solución suelo, contrastando permanentemente con la analítica foliar.

**TIFA. Tecnologías Integradas de Fertirrigación Aplicada:** se basa en los conceptos anteriores, sin embargo, los componentes Tecnologías, Integradas y Aplicadas, obligan a la determinación de



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

estrategias de manejo que permitan incrementar o mantener, sostenidamente en el tiempo, el potencial productivo de una unidad.

Integradas: el criterio de nutrición/riego, DEBE INTEGRAR las interrelaciones Clima, Suelo, Agua, Planta, Infraestructura y Personal, bajo parámetros de sustentabilidad. Para lo se requiere:

- a) Sólido conocimiento de la fisiología frutal.
- b) Sólidos conocimiento del recurso suelo y agua.
- c) Capacidad de gestión e integración de recursos y conocimiento.

Tecnologías: se requiere de sistemas tecnológicos que permitan mayor eficiencia del proceso de fertirrigación, basado en:

- a) Manejo de precisión: es la plataforma de control del funcionamiento del sistema TIFA.
- b) Desarrollo y aplicación de tecnologías que permitan:
  - 1) Manejo eficiente de los sistemas de riego e inyección de nutrientes.
  - 2) Incrementar la eficiencia funcional de la planta (potencial productivo), como valor agregado al proceso de fertirrigación. Ej: -) aumento de la eficiencia de fertilización (Efn) a través del conocimiento y promoción del sistema radical; -) generar condiciones químicas y físicas de suelo, tendiente a potenciar el funcionamiento del sistema radical; -) óptima condición del follaje (programas fitosanitarios, programas fertilización foliar, programa de reguladores de crecimiento y bioestimulantes naturales, etc.); -) desarrollo de canopias que guarden relación con las cosechas estimadas; Etc...

Aplicadas: el paso de la teoría a la práctica.

- a) Se requiere de una plataforma de investigación y desarrollo de tecnologías, que permitan ir llevando a la práctica todos aquellos aspectos teóricos o conocimiento básico de baja viabilidad práctica, por ejemplo por costos, de manera que puedan ser utilizados por los productores.
- b) Apoyo técnico de profesionales o expertos calificados para implementar el sistema TIFA.
- c) Capacitación permanente de productores, personal de apoyo y profesionales de medio.

A modo de resumen se puede señalar:

Rol fundamental del diagnóstico agronómico de la unidad (Clima, Suelo, Agua, Planta, Estructura y Personal).

Los programas de riego y fertilización se estiman de acuerdo a los parámetros generados en el diagnóstico y se controlan en forma dinámica y periódica. Manejo de precisión.

Todos los años se debe hacer una reflexión y análisis detallado sobre el comportamiento de la planta (unidad productiva), a la luz de los resultados obtenidos. Se requiere del apoyo de un especialista.

### Ventajas de la Fertirrigación

- Reducida fluctuación de los nutrientes en el suelo a través de la temporada.
- Facilidad de adecuar la cantidad y concentración de un nutriente específico, respecto de los requerimientos del cultivo.
- Adecuado uso de mezclas de fertilizantes balanceados con microelementos.



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

- Aplicación precisa de nutrientes de acuerdo a la demanda del cultivo, evitando excesiva fertilización al suelo y lixiviado de nutrientes.
- Aplicación de agua y fertilizantes en un volumen determinado de suelo, donde las raíces están más activa, incrementándose la eficiencia del uso de fertilizantes y reduciendo su impacto ambiental.
- Fabricación de fertilizantes "a la carta", adaptados al cultivo, ciclo anual, agua de riego.
- Automatización de la fertilización.

**Desventaja de la Fertirrigación**

- Costo de la infraestructura
- Obturación de goteros, por mal manejo del sistema
- Personal especializado, ya que se puede provocar lixiviados, acidificación excesiva salinización de los suelo.

**Estudio de caso en suelo de texturas gruesas**

Para llevar adelante el estudio, se eligió un sector en la localidad de Cantera, variedad Superior donde se instaló el Fertirrigador, con 4 sectores de riego (ver **Figura en siguiente página**), generándose los siguientes sitios de prueba:

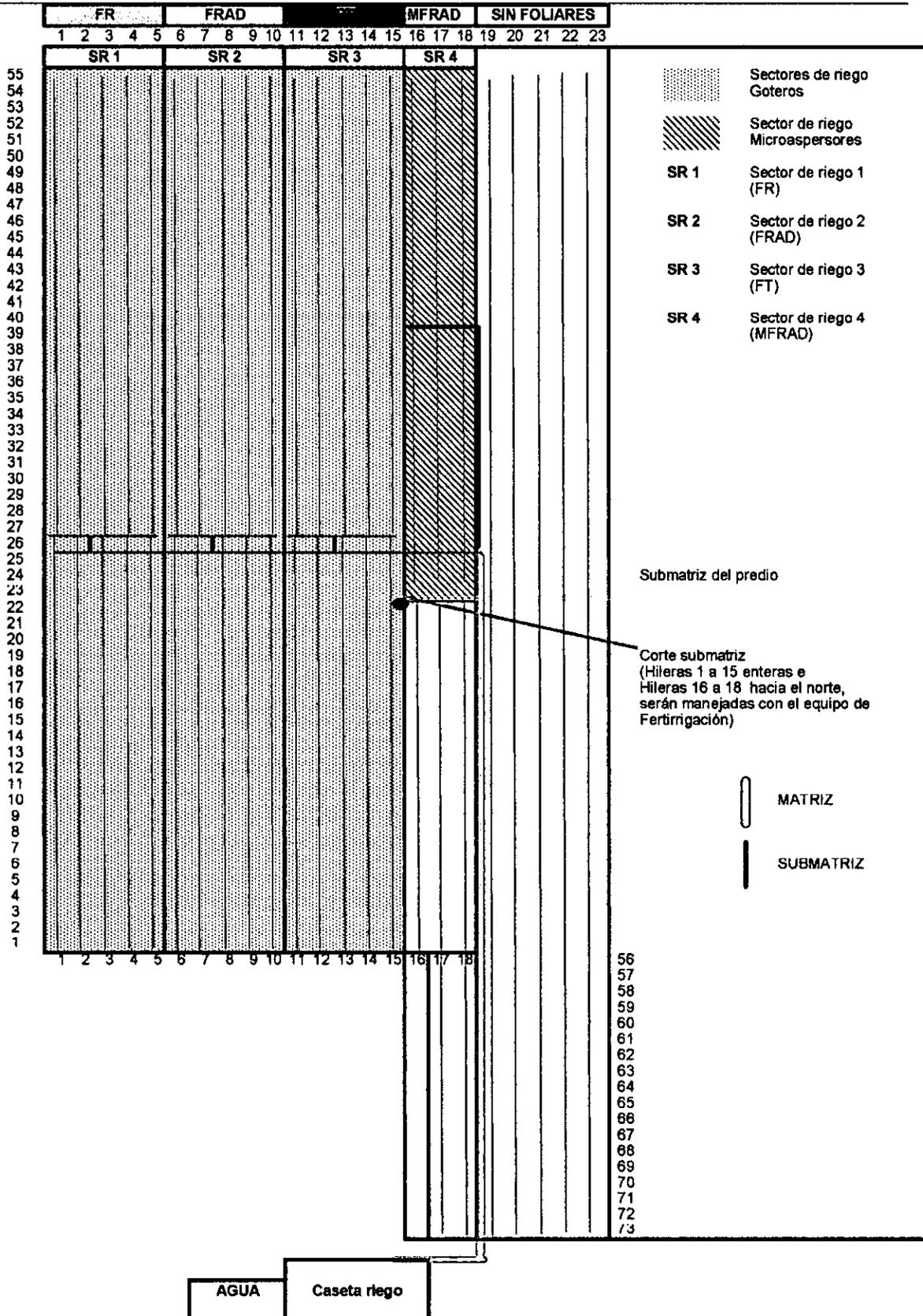
- Fertilización tradicional (FT): fertilización por golpe en las últimas horas de riego.
- Fertirrigación (FR): dosis totales similares a FT, pero distribuidas en el máximo horas de riego,
- Fertirrigación a la demanda (FRAD): fertirrigación con una dosificación de la fertilización atendiendo al diagnóstico de sitio.
- Fertirrigación a la demanda (MFRAD): igual que el FRAD, pero usando microaspersores. Este sector no estaba incluido en el proyecto, pero se estimó importante verificar el comportamiento de las plantas para adquirir experiencia.

Los manejos específicos de cada sector se detallan en el siguiente cuadro.

Sector	Fertilización	Distribución en el riego	Emisor riego	Caudal (mm/h)	Ajuste pH
<b>FR</b> Fertiriego	Tradicional	95%	Gotero 4 L/h	1,33	No
<b>FRAD</b> Fertiriego a la demanda	Demanda	95%	Gotero 4 L/h	1,33	Sí 6,0
	Tradicional	25% final	Gotero 4 L/h	1,33	No
<b>FRADm</b> Fertiriego a la demanda	Demanda	90%	Microaspersor 40 L/h	5,33	Sí 6,0



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
 "RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Manejo general del sector

Dadas las malas condiciones en que se encontraban las plantas en este sector del ensayo y principalmente las raíces, generadas de acuerdo al diagnóstico por el suelo pobre en fertilidad natural, ataque de nematodos y retención de humedad, se realizaron mejoras generales en los sectores que consistieron en las aplicaciones de compost tapado con chips de mandarinas, uso de nematicidas y bioestimulante para promover más crecimiento de las raíces (Cuadro 1).

Cuadro1. Manejo general al suelo, Corte 23, Fundo La Cantera.

Fecha	Manejo/Producto	Sectores de riego			
		FR	FRAD	FT	MFRAD
				$m^3 \cdot ha^{-1}$	
19 enero	Compost			40	
19 enero	Chips mandarina			20	
				$L (Kg)/ha$	
05 enero	Mocap	12	12	12	12
15 enero	Bioradicante	-	15	-	15
02 abril	Nemacur 240	10	10	10	10
09 agosto	Nemacur 240	10	10	10	10

Las aplicaciones se realizaron manteniendo la concentración óptima de los nematicidas, así como el bioestimulante, lo que significó un tiempo de inyección de 20 minutos y un tiempo de lavado de mangueras de 15 minutos. Luego de la aplicación, se dejó actuar por 7 días en verano y más de 15 días en invierno (sin riego).

Posteriormente en las temporadas siguientes, se consideraron 4 aplicaciones por año de nematicida, ocupando en cada ocasión la mitad de la dosis pero siempre manteniendo la concentración.

En invierno se evaluó el crecimiento radical (ver más adelante), constatándose una muy buena respuesta respecto a las mejoras del sistema radical.

Programa nutricional base en cada sector

Considerando que en cada sitio el volumen de agua utilizado fue el mismo, se procedió a implementar los programas de fertilización

**a) Fertilización tradicional (FT):** En este manejo la fertilización se realizó "por golpe" en las últimas horas de riego (ej: últimas dos horas en un riego de 8 horas). En el Cuadro 2 se presenta un resumen del programa realizado en la temporada. Las cantidades estaban acorde a lo realizado en el predio.

**b) Fertirrigación (FR):** dosis totales similares a FT, pero distribuidas en el máximo horas de riego, descartando los periodos de estabilización inicial del gasto y el tiempo final de lavado. En el Cuadro 2 se presenta un resumen del programa realizado en la temporada.



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

**Cuadro 2. Kilos de nutrientes por hectárea y por estado fenológico en el manejo FT y FR.**

Estado Fenológico	Kilos de nutrientes por hectárea									
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Cl	Zn	B	Fe
TOTAL Brotes de 20 cm a Pre-Flor	43	21	18	20	5	4	0	0	0	0
TOTAL Inicio Cuaja - 2 semanas Postcuaja	16	9	37	9	0	0	0	0	0	0
TOTAL 2 semanas Postcuaja - Pinta	56	13	61	0	10	25	0	0	0	0
TOTAL Pinta - Cosecha	0	6	45	0	3	19	0	0	0	0
TOTAL Postcosecha activa	50	0	0	84	0	0	0	0	0	0
TOTAL Postcosecha receso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL BROTAÇÃO A COSECHA</b>	<b>115</b>	<b>48</b>	<b>161</b>	<b>29</b>	<b>18</b>	<b>48</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL TEMPORADA</b>	<b>165</b>	<b>48</b>	<b>161</b>	<b>112</b>	<b>18</b>	<b>48</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

c) **Fertirrigación a la demanda (FRAD) con riego por goteo:** Este manejo de fertilización incluye la estabilización del pH de la solución fertilizante de riego (pH=6,0), situación que se mantuvo durante todo el período. En el Cuadro 3 se presenta un resumen del programa realizado en la temporada. La fertilización se realizó durante todo el tiempo de riego, exceptuando los últimos 15 minutos de riego (enjuague), considerados para lavar el sistema de riego y las diferencias en el programa responden a las necesidades a abordar de acuerdo al diagnóstico y a la experiencia de los especialistas. Adicionalmente, se asumió una mayor ineficiencia del sistema, considerando el tipo de suelo y los probables lavados de los nutrientes, lo que generó un incremento de las dosis respecto de FT y FR.

d) **Fertirrigación a la demanda (MFRAD) con riego por microaspersión:** Este manejo de fertilización incluye la estabilización del pH de la solución fertilizante de riego (pH=6,0), situación que se mantuvo durante todo el período. En el Cuadro 3 se presenta un resumen del programa realizado en la temporada.

La fertilización se realizó durante todo el tiempo de riego, pero en este caso se consideró un mayor tiempo de lavado (30 minutos), considerado para lavar el sistema de riego, e intentar profundizar la solución fertilizante en el suelo.

**Cuadro 3. Kilos de nutrientes por hectárea por estado fenológico en el manejo FRAD y MFRAD.**

Estado Fenológico	Kilos de nutrientes por hectárea									
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Cl	Zn	B	Fe
TOTAL Brotes de 20 cm a Pre-Flor	40	13	41	34	10	8	0	5	0	0
TOTAL Inicio Cuaja - 2 semanas Postcuaja	16	6	23	16	8	7	0	0	0	0
TOTAL 2 semanas Postcuaja - Pinta	101	9	167	10	13	37	0	4	0	0
TOTAL Pinta - Cosecha	7	0	38	3	3	10	0	0	0	0
TOTAL Postcosecha activa	55	24	120	16	10	3	0	9	0	0
TOTAL Postcosecha receso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL BROTAÇÃO A COSECHA</b>	<b>164</b>	<b>27</b>	<b>270</b>	<b>62</b>	<b>34</b>	<b>62</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL TEMPORADA</b>	<b>219</b>	<b>51</b>	<b>390</b>	<b>78</b>	<b>43</b>	<b>65</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Aplicaciones de fertilizantes foliares**

Las aplicaciones de fertilizantes foliares se realizaron en forma parejas para todos los sectores, de acuerdo a diagnóstico. En el Cuadro 4 se detallan estos tratamientos y época del año.

**Cuadro 4. Aplicación de fertilizantes foliares, Fundo La Cantera, Corte 23, variedad "Superior".**

Fecha	Estado fenológico	Producto	Concentración	Mojamiento	Objetivo
			cm <sup>3</sup> / 100 L	L / ha	
25-Ago	Brote 30 cm	Wuxal Zn	200	1000	Nutrición. Se determinaron deficiencias de Zn y Fe
		Wuxal Fe	250		
01-Sep	Brote 40 cm	Citogrower (Citoquinina)	150	1000	Nutrición. Se observó poco crecimiento por lo que se optó por un bioestimulante.
06-Sep	Brote 50 cm	Wuxal top Mg	250	1500	Nutrición
		Wuxal aminocal	150		
14-Sep	Brote 60-70 cm	Wuxal top Mg	110	1800	Nutrición
		Wuxal Zn	110		
		Wuxal Fe	140		
16-Sep	Brote 60-70 cm	Citogrower	150	1800	Nutrición
		Wuxal top Mg			
		Wuxal aminocal			
27-Oct	Cuaja. Bayas 7-9 mm	GA3	20 (ppm)	Inmersión	Crecimiento Bioestimulante Nutrición Coadyuvante
		Crop Plus	150		
		Wuxal Amino Cal	100		
		Break	5		
04-Nov	Cuaja. Bayas 12-13 mm	GA3	20 (ppm)	Electroestática	Crecimiento Bioestimulante Nutrición Coadyuvante
		Crop Plus	150		
		Wuxal Amino Cal	100		
		Break	5		
11-Nov	Pinta	Citogrower	150	1800	Nutrición
		Wuxal top Mg	150		



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

---

		Wuxal aminocal	150		
21-Nov	Pinta	Citogrower	150	1800	Nutrición
		Wuxal top Mg	150		
		Wuxal aminocal	150		

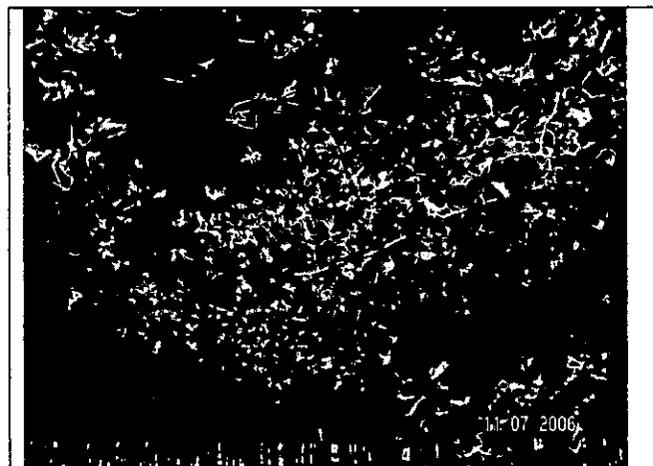
---

Es importante comentar algunos tratamientos en el sector bajo estudio:

1) Uso de Zn foliar. Las condiciones edafoclimáticas del Valle de Copiapó determinan una baja disponibilidad de este elemento, sobre todo en este tipo de suelo. Adicionalmente, esto quedó comprobado a través de las observaciones visuales del follaje de las vides y un ensayo donde se utilizó plantas de maíz.



2) Uso de Fe foliar. Son evidentes las deficiencias de hierro en la zona, por lo que determinó el uso de este elemento vía foliar.



3) Citogrower. Se determinó el uso de citoquinina foliar por la promoción temprana que realizan estas hormonas de la elongación del brote.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Control del riego

En la primera temporada las líneas de riego se ubicaron a ras de suelo, las cuales fueron subidas en la segunda y tercera temporada. La decisión se tomó, dado que se formaban sectores secos entre goteros (ubicados a 1 m) debido a la textura gruesa del suelo.

En un principio, el control del riego se realizaría utilizando el instrumento Diviner, pero se descartó esta posibilidad ya que éste equipo no funciona adecuadamente en estas circunstancias (ver otro informe). Por lo tanto, el programa se ajustó de acuerdo a consideraciones de suelo, retención de agua (muy baja), evapotranspiración, observación de calicatas y condición de las plantas. Los riegos (tiempo y frecuencia), se mantuvieron iguales para todos los sectores de riego por goteo y en el de microaspersión se aplicaron volúmenes de agua que no superaran en un 50% los volúmenes de agua utilizados en el goteo. Inicialmente se usó un diferencial de 30%, pero las plantas mostraron estrés hídrico entorno a la cuaja, parándose el crecimiento de los brotes. En la **Figura 1** se presentan los volúmenes de agua aplicado durante el año v/s la evapotranspiración potencial.

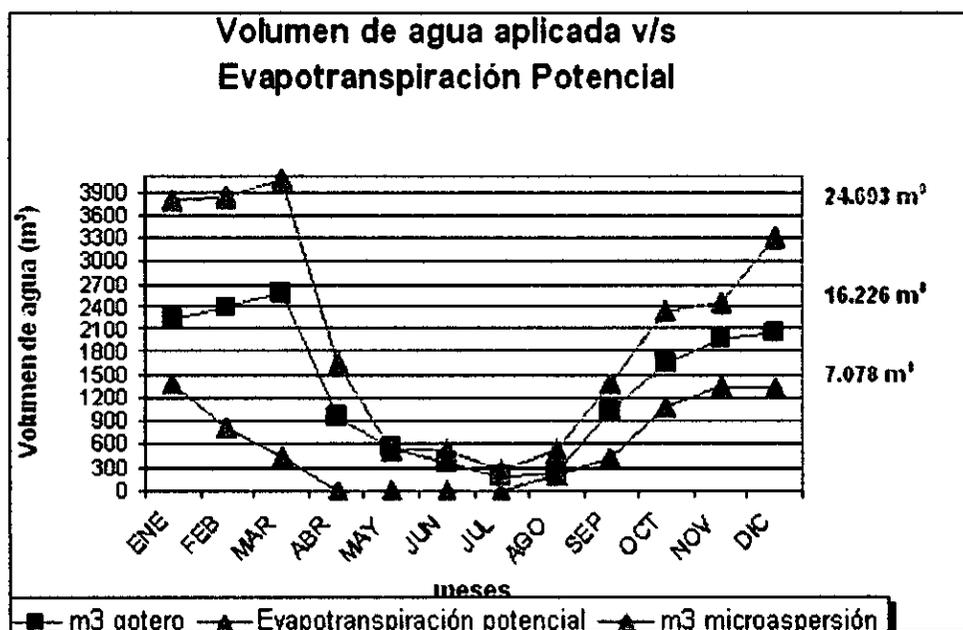


Figura 1. Volúmenes de agua aplicados por tratamiento v/s evapotranspiración potencial. Los sectores de gotero (línea azul) corresponden a los sectores FT, FR y FRAD, y línea verde el tratamiento con microaspersores (mFRAD).

En el Cuadro 5 se muestra para el mes de octubre, la forma de cómo se fueron organizando los riegos.

**Cuadro 5. Representación de la forma de riego en el ensayo.**



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01**  
**“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”**

**Octubre**

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	viernes	sábado	domingo
0:00	s1	s3	s4	s1	s3	s1	s3
1:00	s3	s3	s1	s3	s3	s3	s3
2:00	s3	s3	s1	s3	s3	s3	s3
3:00	s3	s3	s1	s3	s3	s3	s3
4:00	s2	s3	s4	s2	s3	s2	s3
5:00	s2	s3	s3	s2	s3	s2	s3
6:00	s2	s3	s3	s2	s3	s2	s3
7:00	s2	s3	s3	s2	s3	s2	s3
8:00	s2	s4	s4	s2	s4	s2	s4
9:00	s2	s2	s2	s2	s2	s2	s2
10:00	s2	s2	s2	s2	s2	s2	s2
11:00	s2	s2	s2	s2	s2	s2	s2
12:00	s2	s4	s4	s2	s4	s2	s4
13:00	s2	s1	s1	s2	s1	s2	s1
14:00	s2	s1	s1	s2	s1	s2	s1
15:00	s2	s1	s1	s2	s1	s2	s1
16:00	s4	s4	s1	s4	s1	s4	s1
17:00	s1	s3	s1	s1	s1	s1	s1
18:00	s1	s3	s1	s1	s1	s1	s1
19:00	s1	s3	s1	s1	s1	s1	s1
20:00	s3	s4	s1	s3	s1	s3	s1
21:00	s3	s2	s1	s3	s1	s3	s1
22:00	s3	s2	s1	s3	s1	s3	s1
23:00	s3	s2	s1	s3	s1	s3	s1

4

Descarga del sistema  mm/h      Descarga del sistema Micro  mm/h

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	viernes	sábado	domingo	TOTAL Semana	
s1 (hr)	4	3	14	4	11	4	11	51	
s1 mm/h	5,3	4,0	18,6	5,3	14,6	5,3	14,6	51	67,8
s2 (hr)	12	6	3	12	3	12	3	51	
s2 mm/h	16,0	8,0	4,0	16,0	4,0	16,0	4,0	51	67,8
s3 (hr)	7	11	3	7	8	7	8	51	
s3 mm/h	9,31	14,63	3,99	9,31	10,64	9,31	10,64	51	67,8
s4 (hr)	1	4	4	1	2	1	2	15	
s4 mm/h	5,3	21,3	21,3	5,3	10,7	5,3	10,7	15	80,0

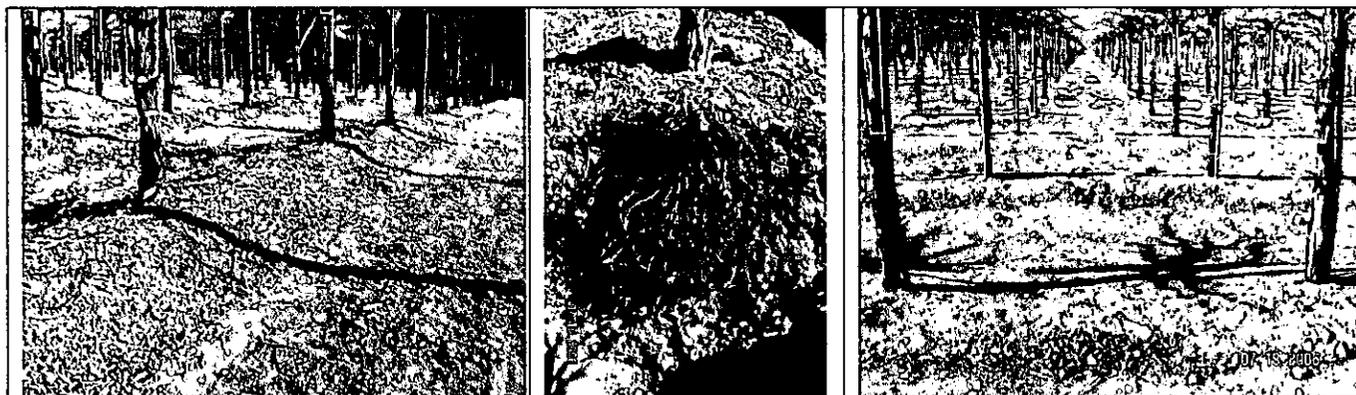


INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Resultados**

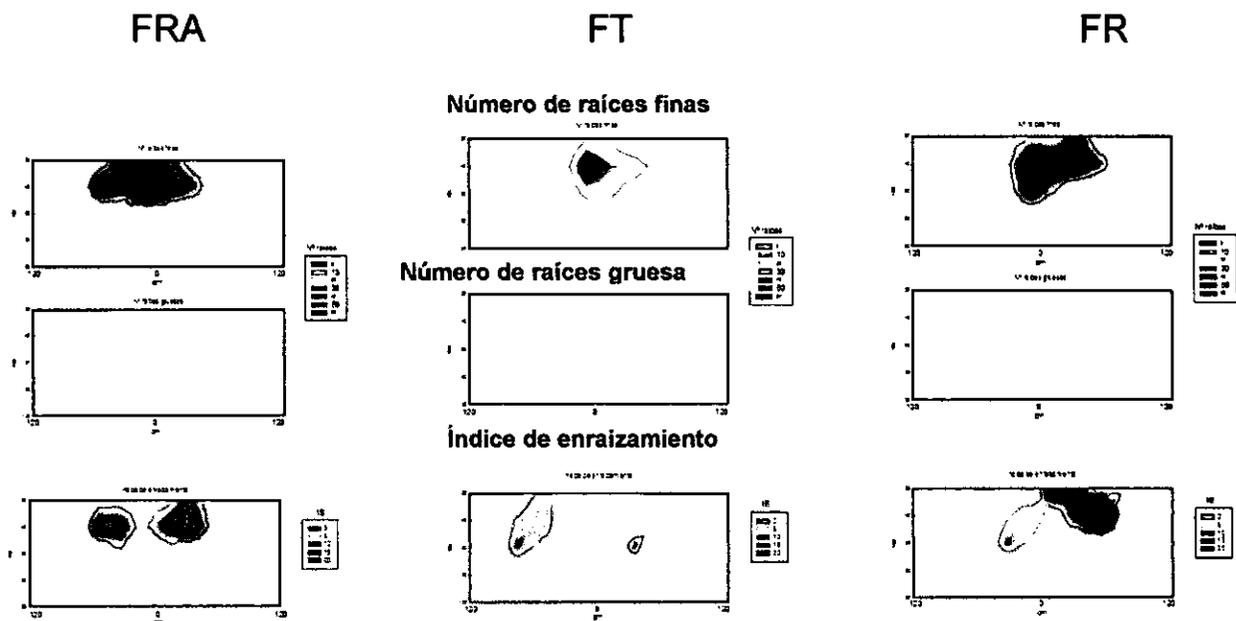
**Raíces**

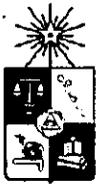
Las evaluaciones se realizaron en invierno, determinándose el efecto del manejo sobre el crecimiento de las raíces. En la foto se observa a la derecha el lugar del ensayo con compost tapado con chips, en el centro, el efecto del crecimiento de las raíces en ese compost y a la izquierda el sector testigo campo, donde se armaron camellones con suelo externo al campo.



Las evaluaciones de raíces se realizaron en calicatas, en 3 repeticiones por sector y se presenta su descripción en las figuras 2, 3, 4 y 5.

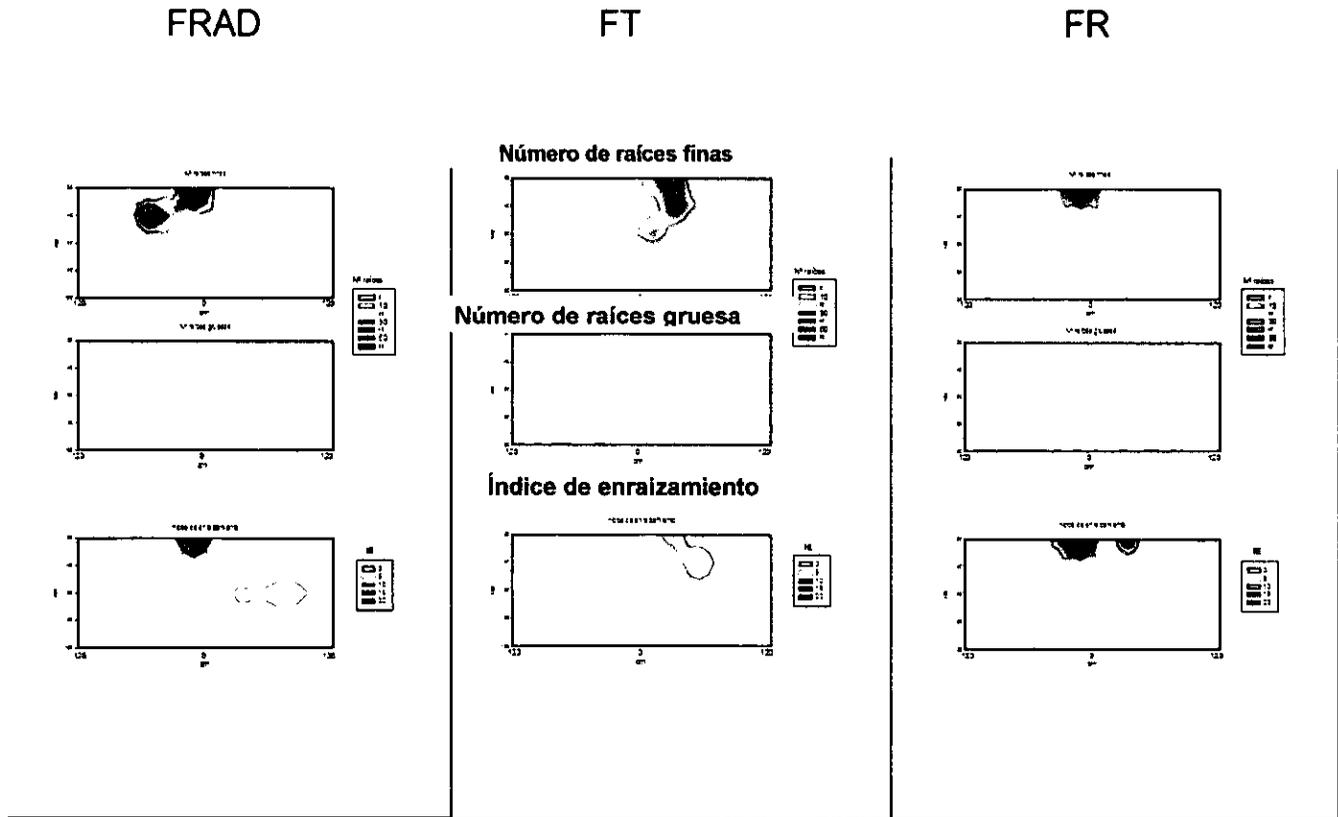
Figura 2. Calicata 1, para cada tratamiento





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

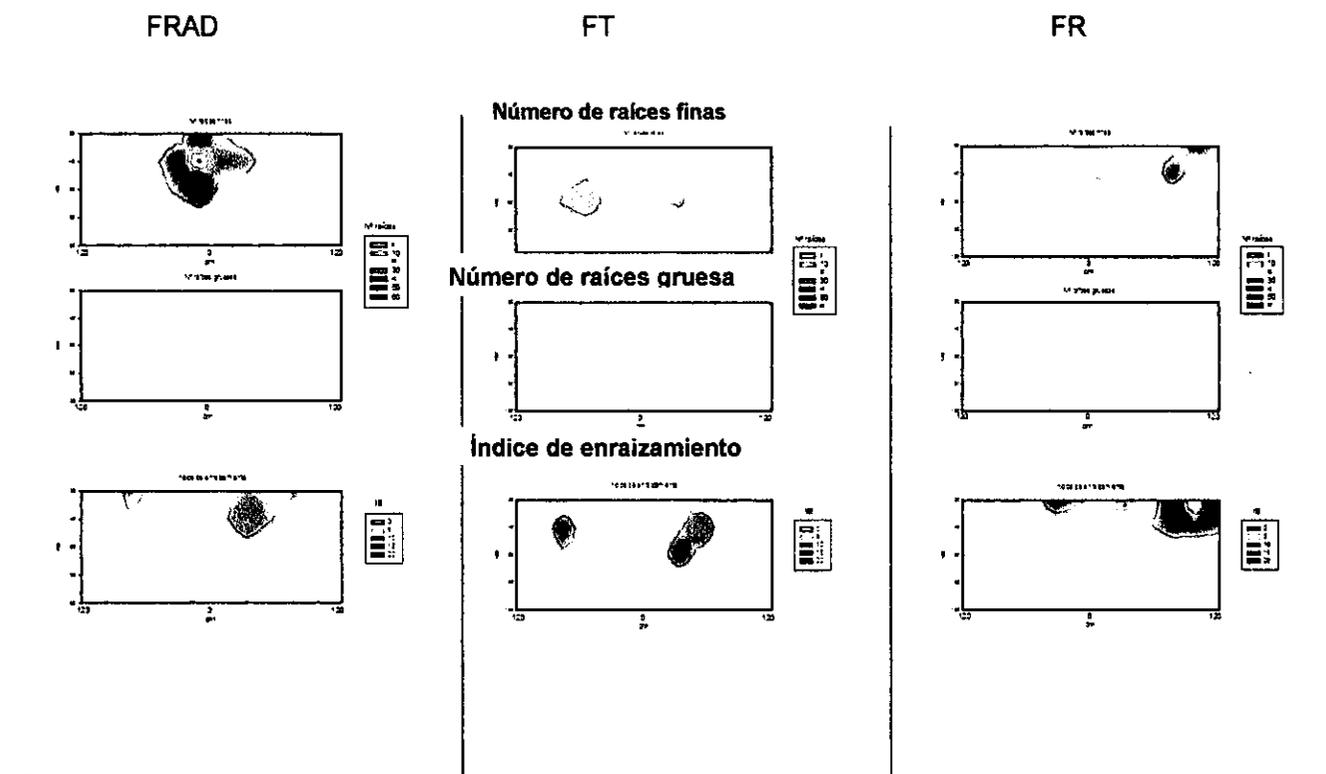
Figura 3. Calicata 2, para cada tratamiento





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Figura 4. Calicata 3, para cada tratamiento



De acuerdo las **figuras 2, 3 y 4**, existe la tendencia en el sector FT a mostrar una menor densidad de raíces en el perfil. Esto podría ser resultado o de una fertilización más balanceada o la forma de aplicación de los productos.

El principal crecimiento se produjo en el sector superior, probablemente influenciado por las aplicaciones de compost.

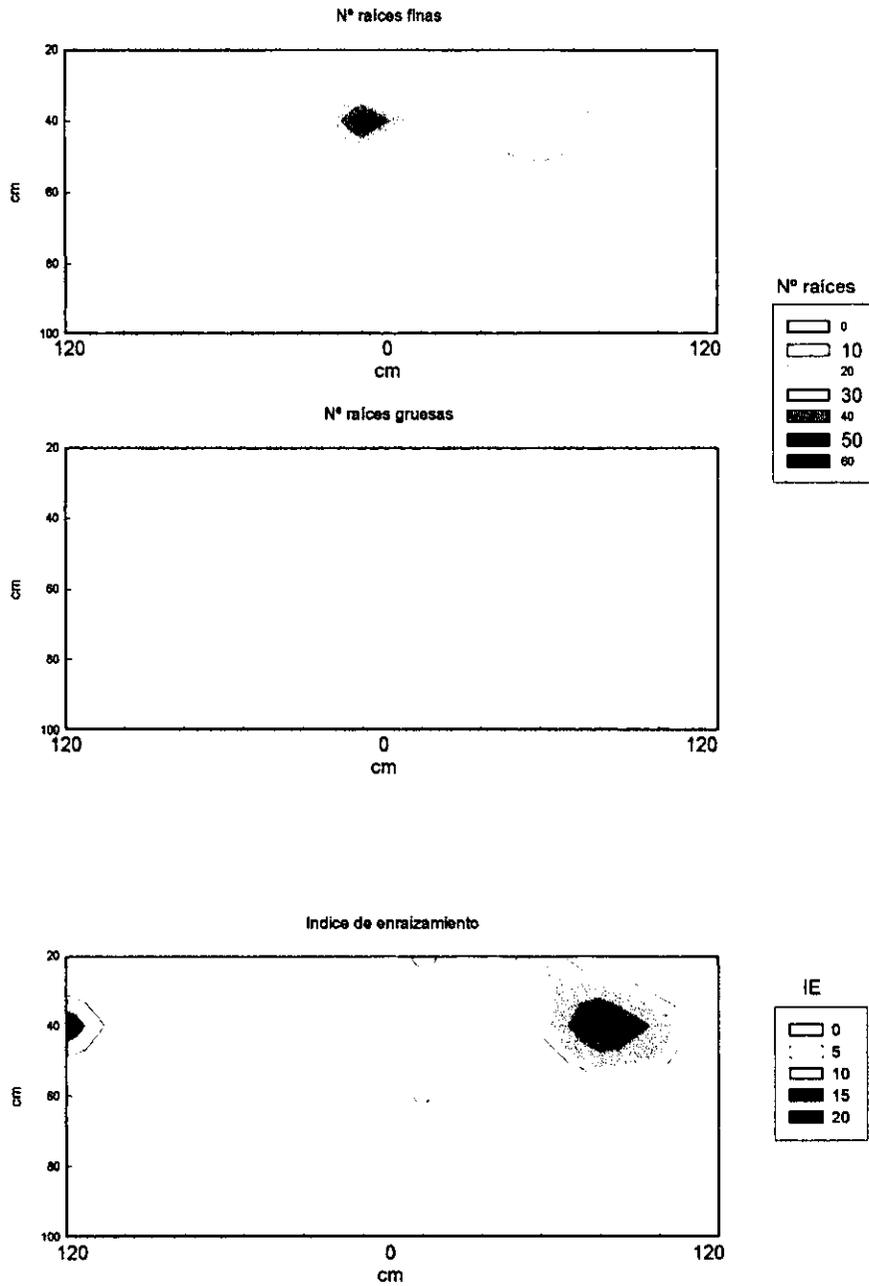
Es notable la ausencia de raíces gruesas, lo que denota un bajo crecimiento anterior al inicio del ensayo. Esta condición maximiza la presencia de raíces finas, evaluadas como índice d enraizamiento.

En la **Figura 5** se rescata el patrón de crecimiento de las raíces afectadas por la forma de distribución del agua de riego, debido a la acción de los microaspersores.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Figura 5. Calicata 4, para cada tratamiento, sector FRADm (microaspersores).





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Producciones**

El sector donde se realizó el ensayo, históricamente era un cuartel de muy bajo rendimiento, racimos cortos y mucha fruta con golpe de sol. De acuerdo al Cuadro 6, en el primer año el FRAD y FR destacaron por su mejoría en los rendimientos, sin embargo, no era tan evidente un incremento en el potencial productivo de las plantas.

En la segunda temporada (Cuadro 6) fue marcada la mejora del sector FRAD, recuperándose de igual forma el sector FT. Sin embargo, FR bajo los rendimientos.

Finalmente en el tercer año (Cuadro 7), el FRAD siguió su proceso de mejoría respecto de los otros sectores, mostrándose una clara respuesta en función del vigor de las plantas.

**Cuadro 6. Evaluaciones de las producciones por sector (kg/planta), en la temporada 2004-2005 y 2005/2006.**

Año	FRAD	FR	FT	mFRAD
2005-2006	8,4	9,9	3,8	3,3
2006-2007	12,7	4,6	11,0	s/d

**Cuadro 7. Estimación de las producciones por sector (kg/ha y cajas 8,2 kg exportación), separadas por cada condición de vigor en la temporada 2007/2008.**

SECTOR	Alto vigor		Medio vigor		Bajo vigor	
	Kg/ha	Cajas 8,2 kg	Kg/ha	Cajas 8,2 kg	Kg/ha	Cajas 8,2 kg
FRAD	30.704	3.744	12.130	1.479	17.119	2.088
FR	21.018	2.563	3.704	476	3.902	452
FT	22.159	2.702	2.832	344	1.207	147
mFRAD	22.821	2.783	7.647	933	4.987	608

**Calidad de la fruta**

En la temporada 2006-2007 se realizó una evaluación en detalle de la calidad de la fruta de la unidad bajo estudio

**Primer floreo**

En este primer floreo, la evaluación se amplió a un sector contiguo correspondiente a un testigo campo.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Color de la fruta:** La distribución de colores muestra una clara dominancia del color ámbar por sobre el amarillo y verde en todos los tratamientos, con niveles mayores a 73%, si se suman los racimos amarillos queda en evidencia la condición de parrón de la unidad bajo estudio (pobre crecimiento vegetativo). Solamente en los tratamientos de microaspersores (FRADm) y FRAD de presentaron racimos verdes. (Figura 6).

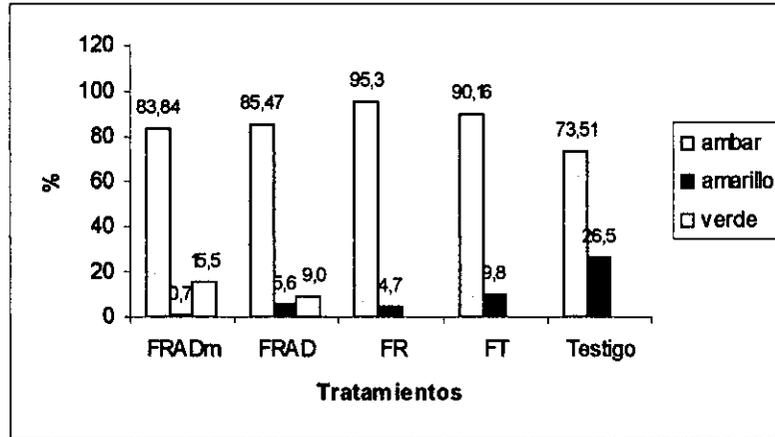


Figura 6. Clasificación por colores de los racimos.

**Conformación de los racimos.** Todos los tratamientos presentaron un alto porcentaje de racimos atubados o cilíndricos, otra forma de verificar la inadecuada condición del parrón para optar a racimos grandes y bien desarrollados. (Figura 7). Para optar a altos rendimientos, se debe tener una mayor proporción de racimos cónicos y alados (esféricos).

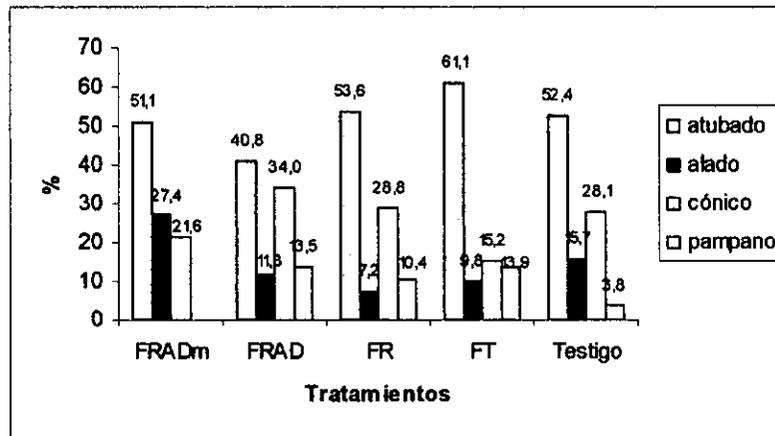
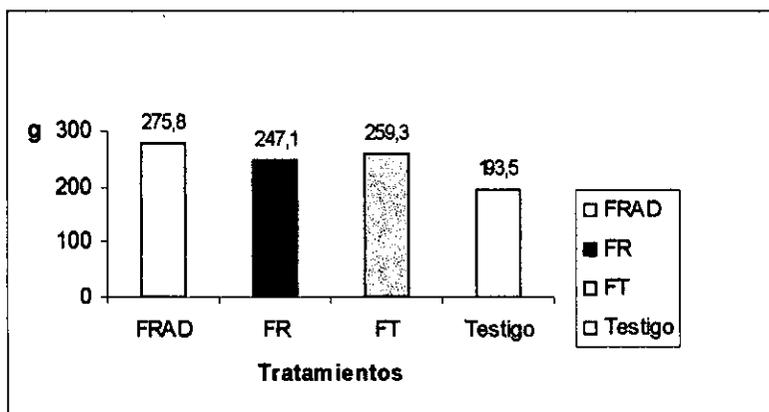


Figura 7. Formas de los racimos.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Peso de racimos:** En la evaluación del primer floreo, ningún racimo del FRADm tenían la madurez adecuada para ser cosechados, por eso no se indica en la **Figura 8**. Se observa la tendencia a un mayor peso de racimos en el tratamiento FRAD y en general los racimos del ensayo se empinaron entre un 28% a un 42% más que el testigo campo.

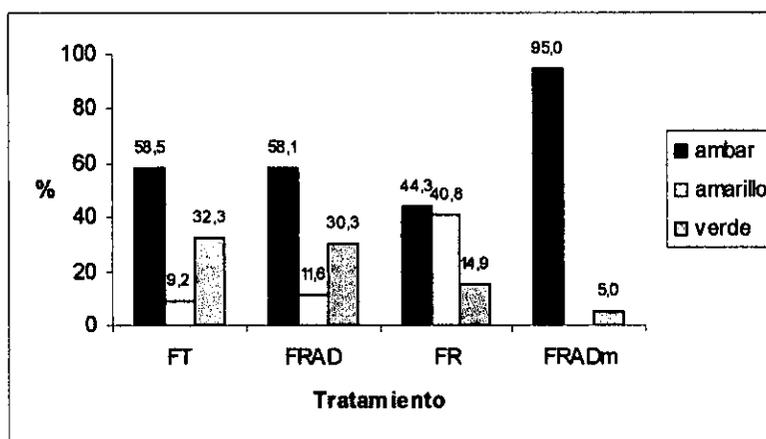


**Figura 8. Peso promedio de los racimos (sin considerar pámpanos).**

**Segundo floreo**

En este segundo, la evaluación solamente se realizó en el sitio bajo estudio.

**Color de la fruta:** La distribución de colores nuevamente muestra una clara dominancia del color ámbar por sobre el amarillo y verde en todos los tratamientos. En esta segunda evaluación se constataron racimos verdes en los tratamientos que no lo había manifestado en el primer floreo (**Figura 9**).



**Figura 9. Clasificación por colores de los racimos.**



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Conformación de los racimos. Se ratifica la necesidad de mejorar la condición de las plantas, de manera que se permita la generación de racimos alados y cónico, principalmente (Figura 10).

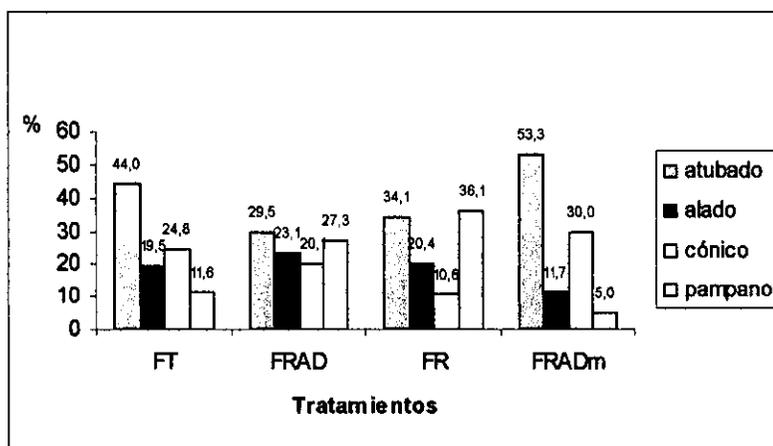


Figura 10. Formas de los racimos.

Peso de racimos: En general los racimos y tal como se evaluó en el primer floreo, son chicos de poco peso y desarrollo Figura 11.

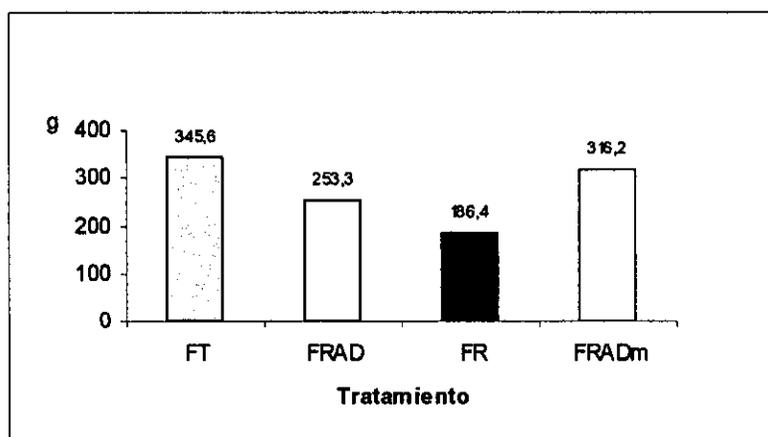


Figura 11. Peso promedio de los racimos (sin considerar pámpanos).



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Peso de poda**

Respecto al peso de poda, en el Cuadro 8 se muestra la tendencia del sector FRAD a presentar un mayor vigor. Es importante considerar que el peso de poda puede que no sea una buena forma de evaluación de las mejoras de la condición de las plantas, dado que el criterio de poda involucraba una poda mínima, de manera de dejar el máximo material en la planta.

**Cuadro 8 Evaluación del peso de poda (kg/planta) en dos temporadas (invierno 2006 e invierno 2007).**

SECTOR	Alto vigor		Medio vigor		Bajo vigor	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
FRAD	7,19	5,99	2,28	1,81	1,65	1,59
FR	7,05	5,01	2,12	1,46	1,34	1,10
FT	4,93	4,60	1,67	1,28	1,28	0,87
mFRAD	4,75	3,29	2,79	1,46	1,7	0,94

**Calidad del follaje**

Tanto el sector FRAD como el mFRAD presentan visualmente un color más verde (mayor intensidad) de las hojas, situación que se vio reflejada en las evaluaciones realizadas por el instrumento SPAD (Cuadro 9). Dado que las aplicaciones foliares eran parejas en todos los sectores, es factible pensar que esta condición la generó la mayor dosis de nutrientes incluido el zinc, que no fue utilizado en el FT y FR.

**Cuadro 9. Condición del follaje evaluado mediante el instrumento portátil de estimación de clorofila, CCM-20; año 2006. (16 hojas por planta en un total de 5 parras por sector)**

SECTOR	Índice CCI
FRAD	23,6
FR	17,1
FT	18,9
mFRAD	21,9

En una oportunidad (enero, postcosecha), se procedió a estimar adicionalmente el contenido de clorofila a partir de las lecturas obtenidas de dos sectores del ensayo, uno con aplicaciones foliares durante la temporada y otro libre de ellas. En la **Figura 12**, queda en evidencia la importancia del uso de estos productos para mejorar la condición de las hojas y con esto el funcionamiento completo de las plantas, en condiciones evidentes de estrés.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

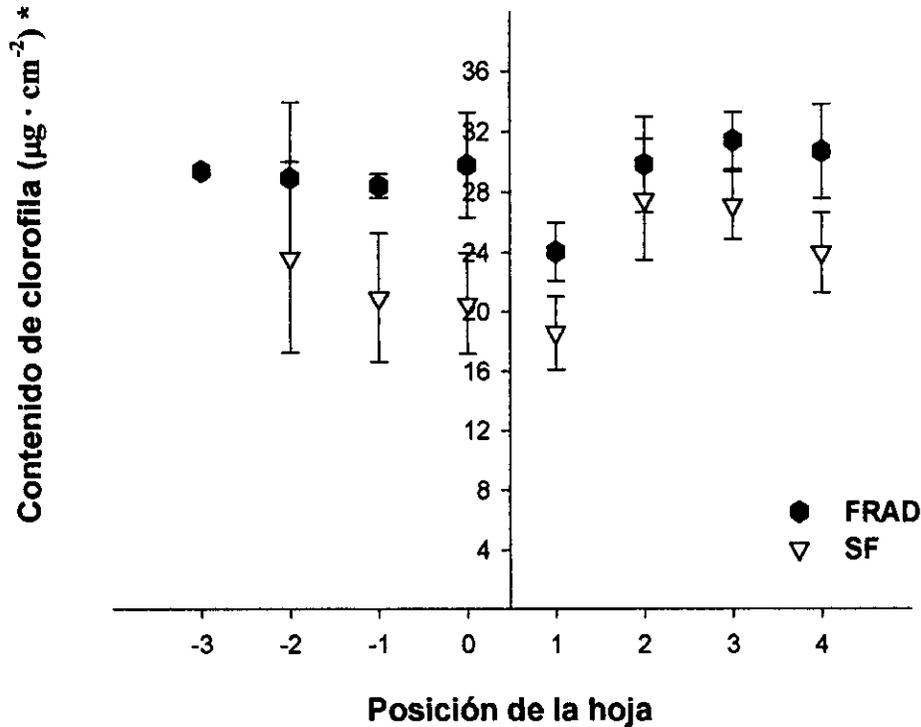


Figura 12. Estimación del contenido de clorofila en un sector tratado con fertilizantes foliares y otro libre de ellos.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

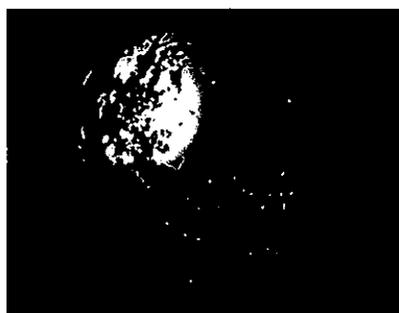
**Cantidad de follaje**

El follaje en general era muy pobre, hojas pequeñas e internudo cortos. Este parrón era un típico parrón desvigorizado de la zona de Copiapó. En el Cuadro 10 se presenta la evaluación indirecta realizada con el instrumento "ojo de pez", donde se evaluó la radiación fotosintéticamente activa (PAR). Los datos muestran una mejor desarrollo del sector FRAD.

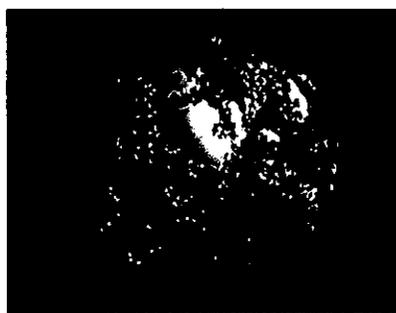
**Cuadro 10. Expresión del follaje, evaluado indirectamente con el instrumento "ojo de pez", a través de los niveles PAR, bajo el follaje. (a mayor sombra, menor PAR)**

SECTOR	PAR (umol fotones m <sup>-2</sup> x s <sup>-1</sup> )
FT	836,17 b
FRAD	694,79 a
FR	786,63 b

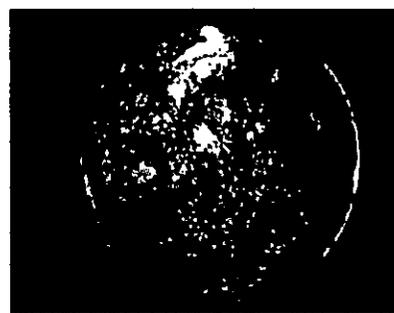
En la Figura 13, se muestra la imagen obtenida con este equipo paralelamente a las evaluaciones de PAR.



FT



FR



FRAD

**Figura 13. Fotografías obtenidas con el equipo "ojo de pez".**



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

---

### **Conclusiones**

Bajo las condiciones que se realizó el estudio, se concluye lo siguiente:

- 1) Las condición inicial de las plantas (devigorizadas y sin reservas), mala calidad de las raíces, tipo de suelo y condición no adecuada del sistema de riego para este suelo, limitaron la expresión del tipo de fertilización implementado en los ensayos.
- 2) No se encontraron grandes diferencias entre FR y FT. La tendencia en algunos parámetros en FR a ser mejores, se podría explicar por el tipo de absorción que se favorece en este caso, principalmente N, P y C.
- 3) El sector FRAD fue, en la mayoría de los parámetros evaluados, el de mejor condición, lo que muestra que una fertilización integral de acuerdo al diagnóstico edafoclimático siempre generará mejor calidad de planta y fruta. Esta mejor condición se percibió visualmente durante el desarrollo del estudio.
- 4) El uso foliar de Zn y Fe, mejoró el color de las hojas (verde más oscuro), en todos los sectores tratados.



## EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE FERTIRRIGACIÓN EN UN SUELO DE TEXTURAS FINAS

Rodrigo Callejas, Carlos Benavides, Rodrigo Rojas y José Tomás Wieczorek

### Resumen

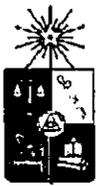
Con el objetivo de asegurar la competitividad de la uva de mesa del Valle de Copiapó por el incremento de los rendimientos y calidad de la fruta, se instaló una unidad de fertirrigación en un sector del valle cultivado con la variedad Sultanina en un suelo de texturas fina y potencial productivo catalogado como medio (sectores con síntomas de sales en las hojas, mal follaje, fruta de calidad media, ambar y amarilla). Se trabajó durante 2 temporadas definiendo las condiciones que se deberían abordar en este tipo de suelo con el objetivo de mejorar las condiciones de los parrones.

### Introducción

El 13 de julio de 2005 se realizó un diagnóstico de los suelos en el sitio experimental Turbina, lugar donde se ubicó el ensayo en la variedad Sultanina. El estudio consistió en tres tratamientos dispuestos en 3 franjas de 5 hileras c/u, orientadas de oriente (camino de acceso) a poniente. Se instaló en el extremo sur-oriente del cuartel Sultanina N° 35, ocupando una superficie de 2 hectáreas.

### Informe Agrológico

Cartográficamente en el área bajo ensayo se presentan dos suelos aluviales con ligera influencia coluvial, correspondientes a dos fases de dos series distintas, las que se denominaron Turbina franco arcillosa y Tres Soles franco arcillosa. Los rasgos diferenciadores principales entre ambos suelos a nivel de serie son la uniformidad textural y la permeabilidad del subsuelo. El suelo Turbina, distribuido hacia el sector poniente del sitio experimental, corresponde a una fase profunda de la serie y se caracteriza por presentar perfiles estratificados de textura moderadamente fina a fina que descansan sobre una estrata de textura moderadamente gruesa a profundidades superiores a los 90 cm, presentando perfiles sin grandes variaciones texturales contrastantes entre estratas contiguas en la zona de arraigamiento. En cambio, el suelo Tres Soles, ubicado en el sector nororiente del sitio experimental, corresponde a una fase semi profunda de la serie constituida por perfiles estratificados con clases texturales contrastantes en el perfil, que descansan sobre un sustrato aluvio-coluvial pedregoso con matriz arcillo arenosa de baja permeabilidad. Este sustrato restringe el drenaje interno del suelo, induciendo saturación hídrica y consecuentemente fuertes rasgos redoximorficos en la estrata adyacente superior. Esta condición limita el crecimiento de raíces y controla la profundidad efectiva del suelo. Por lo tanto, si la permeabilidad de los perfiles es moderada en el suelo Turbina, en el suelo Tres Soles la permeabilidad está claramente limitada por las características del sustrato.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**A) SUELO TURBINA, FRANCO ARCILLOSA**

**Caracterización general.**

Son suelos sedimentarios de origen aluvial, estratificados, desarrollados en posición de terraza aluvial remanente de posición intermedia, topografía plana, profundos y moderadamente bien drenados. presentan textura franco arcillosa y color pardo oscuro en el tono 7,5 YR en superficie y en profundidad, texturas finas a moderadamente finas, con colores dominantes en los tonos 5 YR, 7,5 YR y 10 YR, presentando rasgos redoximórficos asociados a las variaciones en la permeabilidad a partir de los 50 cm. Los perfiles descansan sobre una estrata masiva de textura franco arenosa, la que aparece por debajo de los 90 cm y que limita el arraigamiento en profundidad. Hay presencia de nódulos de carbonato de calcio en los primeros 50 cm del perfil y filamentos salinos por debajo de los 40 cm. Son suelos sin fragmentos gruesos.

**Características físicas y morfológicas del pedón.**

- 0 – 25 cm Pardo a pardo oscuro ( 7,5 YR 4-3/2, h); franco arcillosa; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; plastico y ligeramente adhesivo ; friable, raices finas comunes. nodulos de carbonato de calcio comunes.; fuerte reaccion al HCl. Límite lineal difuso.
- 25 – 30 Pardo a pardo oscuro ( 7,5 YR 4-3/2, h); franco arcillosa; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; plastico y ligeramente adhesivo ; friable, grava sub angular escasa.; raices finas y medias comunes. poros vesiculares escasos; nodulos de carbonato de calcio comunes.; fuerte reacción al HCl. Límite lineal difuso.
- 30 – 43 Pardo oscuro ( 7,5 YR 3/2, h); franco arcillo arenosa; bloques sub angulares, medios , debiles; plastico y adhesivo ; friable; raices finas y medias comunes. Nódulos de carbonato de calcio escasos.; fuerte reaccion al HCl. Límite lineal difuso.
- 43 – 51 Color variegado, con bandas semi melanizadas (color negro), dominante pardo a pardo oscuro ( 7,5 YR 4-3/2, h); franco arcillo limosa; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; plástico y adhesivo ; friable, raices finas y medias escasas. manchas de carbonato y filamentos salinos, comunes; poros no visibles.; moderada reacción al HCl. Límite lineal difuso.
- 51 – 70 Gris rojizo oscuro (5 YR 4/2,h); limosa; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; plastico y muy adhesivo ; friable, raices gruesas y medias ausentes, finas ocasionales. poros no visibles.; oxidaciones rojo amarillentas (5 YR 5/6,h) comunes; fuerte reaccion al HCl. Límite lineal difuso.
- 70 – 79 Color variegado; con bandas de melanización en la base; arcillo limosa; bloques sub angulares, finos , debiles; muy plástico y muy adhesivo ; muy friable, raices escasas. poros no visibles; fuerte reacción al HCl. Límite lineal difuso.
- 79 – 125 Pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3, h), arcillo arenosa con gravilla fina común; bloques sub angulares, medio , debiles; plástico y ligeramente adhesivo ; friable; raices finas escasas; oxidaciones rojo a rojo oscuro (2,5 YR 4-3/6,h) abundantes; filamentos salinos,



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

abundantes; poros gruesos aislados.; fuerte reacción al HCl.  
Límite lineal claro.

125 – 180 + Pardo grisáceo muy oscuro ( 10 YR 3/2,h); franco arenosa fina;  
masiva; ligeramente plástico y no adhesivo ; friable; raíces  
medias, ocasionales; oxidaciones pardo amarillentas (10 yr 5/6,h),  
gruesas, comunes; filamentos salinos abundantes; poros no  
visibles.; fuerte reacción al HCl.

**Rango de variaciones**

La variación edafológica de mayor importancia observable en el área de distribución de este suelo se refiere a la profundidad del cambio textural asociado a la estrata franco arenosa sub yacente, la cual es visible sólo en algunos perfiles, ya que se presenta por debajo de los 90 cm de profundidad. El horizonte superficial puede presentar texturas que varían entre franco arcillosa, franco arcillo arenosa y franco arcillo limosa. Sobre la estrata sub yacente franco arenosa, la textura puede fluctuar entre arcillo arenosa y arcillosa (arcilla densa).

**Observaciones**

En algunos sectores del área de distribución de este suelo, aparecen lentes de gravilla (estratas extras) por debajo de los 40 cm. Algunos perfiles pueden presentar el primer horizonte con rasgos de compactación. El arraigamiento se concentra en el suelo superficial, con un alcance lateral de hasta 90 cm. Las raíces en el perfil pueden profundizar ocasionalmente hasta los 180 cm.

**Unidad cartográfica**

**TUR- C1 w4** Turbina, franco arcillosa , profundo, moderadamente bien  
**A** drenado, 0-2% pendiente.

Esta unidad ocupa aproximadamente un 75% de la superficie bajo ensayo. se puede clasificar como:

**CAPACIDAD DE USO II w 5**

**APTITUD FRUTAL C**

**Propiedades físicas.**

A partir de los 70 cm de profundidad el suelo presenta defectos de aireación moderados, asociables a una condición estructural débil en materiales de textura fina, que reducen la permeabilidad. Consecuentemente, por encima de esta zona, el perfil muestra presencia de filamentos salinos, lo cual se puede interpretar como consecuencia de la restricción de permeabilidad indicada. Este rasgo se vuelve a presentar por encima de la última estrata franco arenosa fina con estructura masiva, indicando nuevamente restricciones de permeabilidad. Desde la superficie hasta los 70 cm de profundidad el arraigamiento es normal, reduciéndose notoriamente más abajo, como resultado de los problemas de aireación (permeabilidad) señalados.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**B) SUELO TRES SOLES. FRANCO ARCILLOSA**

**Caracterización general.**

Son suelos sedimentarios de origen aluvial, muy estratificados, desarrollados en posición de terraza aluvial remanente de posición intermedia, topografía plana, moderadamente profundos y de clase de drenaje moderada a imperfecta. Presentan textura franco arcillosa y color pardo oscuro en el tono 7,5 YR en superficie y en profundidad, presenta texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, con colores dominantes en el tono 7,5 YR, presentando acentuados rasgos redoximórficos asociados a la restricción de permeabilidad impuesta por el sustrato, consistente en un depósito aluvial, semi gleyzado y constituido por piedras redondeadas con matriz arcillo arenosa. Hay presencia de carbonato de calcio en todo el perfil sobre el sustrato. Son suelos sin fragmentos gruesos sobre un sustrato pedregoso.

**Características físicas y morfológicas del pedón.**

- 0 – 55 cm Pardo oscuro (7,5 YR 3 / 2, h); franco arcillosa ; bloques sub angulares, medios, moderados; plástico y ligeramente adhesivo; friable; raíces finas, medias y gruesas, escasas; porosidad fina común y gruesa muy abundante; coprolitos abundantes, fuerte reacción al HCl; Límite lineal difuso.
- 55 – 63 Pardo a pardo oscuro (7,5 4-/2,h) ; franco arcillo limosa ; bloques subangulares, finos a medios, moderados a débiles; plástico y adhesivo; raíces finas escasas; oxidaciones escasas; fuerte reacción al HCl. Límite lineal claro.
- 63 – 80 Pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3, h); franco arenosa ; bloques subangulares, finos a medios, débiles; ligeramente plástico y no adhesivo; friable; raíces ausentes; porosidad media, común; fuerte reacción al HCl. Límite lineal claro.
- 80 – 89 Pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4-3/2,h) ; limosa ; bloques subangulares, medios, moderados; plástico y ligeramente adhesivo; ligeramente friable; raíces finas, medias y gruesas, comunes; porosidad fina, abundante; oxidaciones ligeras, comunes; fuerte reacción al HCl. Límite ondulado claro.
- 89 – 103 Pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4 -5/ 4, h); franco arcillo limosa; bloques subangulares, finos a medios, moderados; plástico y adhesivo, friable.; raíces finas, medias y gruesas, comunes; porosidad muy abundante; presencia de coprolitos; fuerte reacción al HCl. Límite lineal claro.
- 103 – 137 Color vario en bandas. Estrata compleja con texturas alternantes arcillo limosa a arcillosa ; tendencia laminar rompiéndose en bloques subangulares, finos, fuertes; friable a firme en húmedo, sin raíces; fuerte reacción al HCl. Límite lineal abrupto.
- 137+ Sustrato aluvial pedregoso (60% del volumen del suelo) con matriz pardo oliva (2,5 Y 4/4, h); arcillo arenosa ; sin estructura; plástico y adhesivo; raíces ausentes; oxidaciones amarillentas, abundantes; fuerte reacción al HCl.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Rango de variaciones**

Suelo sin variaciones edafológicas importantes dada la escasa superficie que ocupa dentro del sitio experimental. La profundidad del sustrato fluctúa entre 137 y 145 cm.

**Observaciones**

El arraigamiento alcanza a 100 cm, estando fuertemente restringido en profundidad por problemas de aireación asociadas a falta de permeabilidad.

**Unidad cartográfica**

**TRS- C3 w3-4** Tres Soles , franco arcillosa , profundo, moderada a imperfectamente drenado, 0-2% pendiente.  
**A**

Esta unidad ocupa aproximadamente un 20% de la superficie bajo ensayo. Se puede clasificar como:

**Capacidad de Uso III w 3**

**Aptitud frutal C**

**Propiedades físicas.**

El suelo Tres Soles presenta problemas serios de permeabilidad a partir de los 103 cm de profundidad. Entre 55 y 103 cm existen restricciones de permeabilidad vinculadas a la presencia de texturas contrastantes entre estratas contiguas, las que se manifiestan por la presencia de oxidaciones. Estas siempre se presentan en las estratas de textura más fina que sobreyacen estratas de textura más gruesa. La zona de arraigamiento del suelo se extiende hasta los 103 cm de profundidad,

**Propiedades del agua de riego en sitio Turbina**

Agua de reacción moderadamente alcalina (pH 8,07) que se haya dentro del rango normal de pH para aguas de riego, de salinidad moderadamente alta (CE 1,2dS/m) y baja relación de adsorción de sodio (RAS 2,6). Su clasificación según la pauta del US Salinity Lab es C3-S1, lo cual se interpreta como agua con peligro de salinización alto y bajo peligro de sodificación y corresponde a un agua de riego que puede usarse siempre y cuando existan unas condiciones de drenaje adecuadas en el suelo, que permitan fácilmente la eliminación del exceso de sales solubles por lixiviación, pudiéndose utilizar en cultivos con cierta tolerancia a la salinidad, bajo condiciones especiales de manejo adecuadas al nivel de riesgo. El factor permeabilidad en Tres Soles implica cierta limitación para el manejo salino, debido a la estratificación textural en la zona de arraigamiento y a los defectos de permeabilidad existentes por debajo de 103 cm. Por su parte, el suelo Turbina también presenta restricciones para un lavado eficiente, asunto que se pone en evidencia al constatar la presencia de filamentos salinos en el perfil.

El valor RAS del agua (2,6) indica que el uso de esta agua no representa riesgo de sodificación y por lo tanto, peligro de deterioro de la permeabilidad (en particular problemas de infiltrabilidad) por dispersión química del suelo regado, de manera que los problemas de permeabilidad en los suelos del sitio Turbina son de origen físico.

La conductividad eléctrica de la muestra de agua analizada (1,2 dS/m) es superior al valor de salinidad umbral para el riego de la vid, especie que puede tolerar una CE del agua de riego de hasta 1,0 dS/m sin exhibir



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

reducción de crecimiento, en tanto, se eviten acumulaciones de sales solubles por falta de lavado mínimo, bajo condiciones normales de manejo. Se debe considerar, en consecuencia, que dados las restricciones moderadas de permeabilidad detectadas en el suelo Turbina, es potencialmente posible que se alcancen valores de salinidad en el suelo, superiores a los de no daño productivo ( $CE = 1,5 \text{ dS/m}$ , en el extracto de saturación).

En relación a iones tóxicos, el agua presenta niveles bajos de cloruros (58,5 ppm), considerándose como límite para un grado de restricción nulo el valor de 142 ppm. En el caso del sodio con 2,59 meq/L, concentración que en conjunto con las de calcio, magnesio y bicarbonato generan un RAS (ajustado) = 3,4. Valor que se interpreta como asociado a un nivel de sodio soluble en el límite inferior del rango tóxico. Igual situación se presenta en el caso del boro con un nivel de 0,75 ppm, implica un nivel en el límite inferior del riesgo de toxicidad. Obviamente, la validez de estas interpretaciones descansa en la verificación de un nivel suficiente de lavado anual para evitar efectos acumulativos acentuados de largo plazo en la zona de arraigamiento, condición que en el caso de los suelos considerados presenta limitaciones dadas sus condiciones de permeabilidad.

En el siguiente cuadro se presenta los resultados del análisis químico del agua de riego del sitio Turbina.

Análisis de agua de riego (Sultanina - Turbina)

	meq/l									
	pH	CE	RAS	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	CL	SO <sub>4</sub>
Agua de riego	8,07	1,2	2,6	7,55	2,84	2,59	0,07	3,23	1,65	8,12

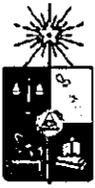
Programa de fertilización utilizado previo al ensayo en el sector

El programa nutricional empleado en el campo se muestra en el siguiente cuadro.

Variedad: Sultanina

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Cl	Zn	B	Fe
TOTAL Brotes de 20 cm a Pre-Flor (kg/ha)	28	0	30	16	0	0	0	0	0	0
TOTAL Inicio Cuaja - 2 S PostCuaja (kg/ha)	14	0	18	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL 2 S Postcuaja - Pinta (kg/ha)	30	0	56	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL Pinta - Cosecha (kg/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL Postcosecha activa (kg/ha)	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL Postcosecha receso (kg/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL BROTAÇÃO A COSECHA (kg/ha)</b>	<b>72</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL TEMPORADA (kg/ha)</b>	<b>148</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

En general se puede concluir las dosis de potasio son menores a las ideales para este tipo de suelo (alta retención) y cultivo (demanda de parronales con 1800 cajas/ha). Es necesario implementar restituciones de P.



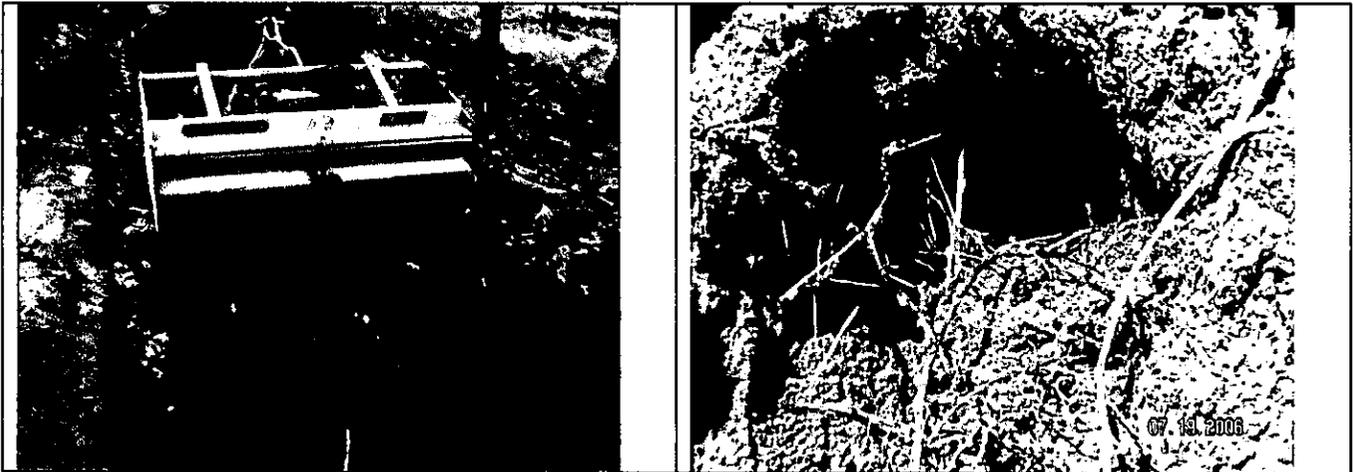
**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

**Condición de las raíces**

De acuerdo al diagnóstico realizado en el sector, se determinó poca presencia de raíces, raíces viejas, moteados en el suelo, lo que evidenciaban manifiestas situaciones de exceso de agua de riego en el suelo. Debido a esto, se estimó que era posible que en un primer año no se observarían importantes cambios debido a los programas de fertirrigación.

Como se detectó compactado en forma importante el semi-camellón que presentaban las hileras se realizó un trabajo en superficie atravesando el camellón para soltar el suelo, utilizando una máquina "Spalten" como en la foto. Adicionalmente, se procedió a realizar una poda de raíces a ambos lados de las hileras, adicionando un topo, dado el tipo de suelo del sector.

Fue evidente tiempo después las mejoras logradas en el sistema radical en los lugares subsolados. En la foto de la derecha, se observa un importante crecimiento en el sector que traspasó el topo, señalando que uno de los factores fundamentales en estos suelos y que limitan la expresión de crecimiento de las raíces, es la falta de oxígeno en el perfil de suelo, debido fundamentalmente al exceso de agua de riego aplicado.



**Estudio de caso en suelo de texturas finas**

A continuación se describen los programas implementados en Turbina:

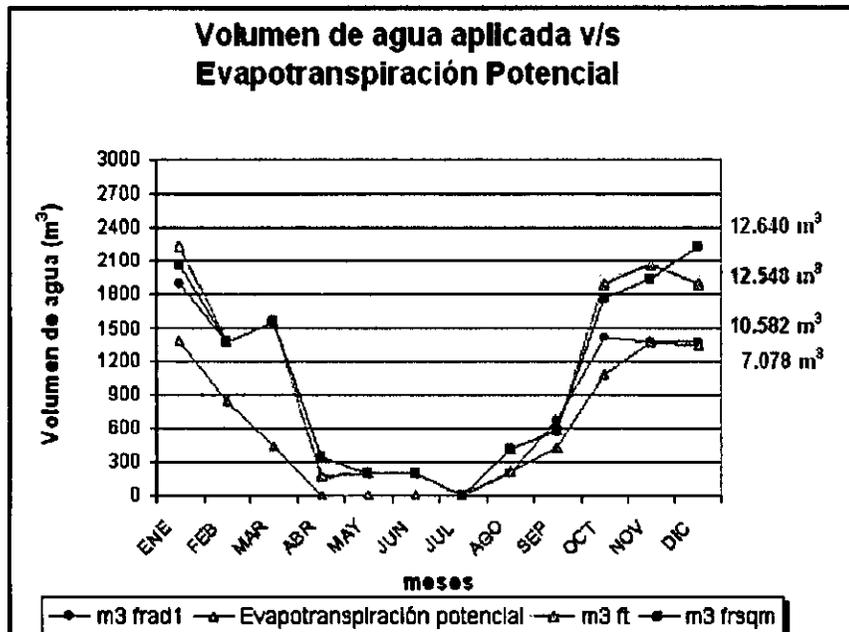
- a) FT: riego tradicional, fertilización por golpe.
- b) FRSQM: riego tradicional, fertilización mejorada de acuerdo a diagnóstico y distribución durante todo el tiempo de riego.
- c) FRAD: menor volumen de agua de riego a utilizar durante la temporada, fertilización mejorada de acuerdo a diagnóstico, y distribución durante todo el tiempo de riego.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Riego**

Respecto a los volúmenes de agua implementados en la temporada, se muestran en la siguiente figura:



**Fertilización**

Los sectores mencionados anteriormente, quedaron conformado de la siguiente manera del punto de vista de las dosis de fertilizantes:

**FT (manejo tradicional)**

Variedad: Sultanina

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Cl	Zn	B	Fe
<b>TOTAL Brotes de 20 cm a Pre-Flor (kg/ha)</b>	28	0	30	16	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL Inicio Cuaja - 2 S PostCuaja (kg/ha)</b>	14	0	18	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL 2 S Postcuaja - Pinta (kg/ha)</b>	30	0	56	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL Pinta - Cosecha (kg/ha)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL Postcosecha activa (kg/ha)</b>	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL Postcosecha receso (kg/ha)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL BROTAÇÃO A COSECHA (kg/ha)</b>	<b>72</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL TEMPORADA (kg/ha)</b>	<b>148</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**FRSOM**

Variedad: Sultanina

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Cl	Zn	B	Fe
TOTAL Brotes de 20 cm a Pre-Flor (kg/ha)	44	61	75	0	10	0	0	2	0	1
TOTAL Inicio Cuaja - 2 S PostCuaja (kg/ha)	12	5	16	11	3	0	0	0	0	0
TOTAL 2 S Postcuaja - Pinta (kg/ha)	50	28	75	22	12	0	0	0	0	0
TOTAL Pinta - Cosecha (kg/ha)	0	2	20	0	0	6	0	0	0	0
TOTAL Postcosecha activa (kg/ha)	39	36	26	0	3	1	0	0	0	0
TOTAL Postcosecha receso (kg/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL BROTAÇÃO A COSECHA (kg/ha)</b>	<b>106</b>	<b>96</b>	<b>185</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>TOTAL TEMPORADA (kg/ha)</b>	<b>145</b>	<b>132</b>	<b>211</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

**FRAD**

Variedad: Sultanina

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Cl	Zn	B	Fe
TOTAL Brotes de 20 cm a Pre-Flor (kg/ha)	39	20	48	18	13	5	0	11	0	1
TOTAL Inicio Cuaja - 2 S PostCuaja (kg/ha)	9	6	12	8	6	3	0	0	0	0
TOTAL 2 S Postcuaja - Pinta (kg/ha)	63	37	162	22	15	23	0	0	0	0
TOTAL Pinta - Cosecha (kg/ha)	0	2	20	0	0	6	0	0	0	0
TOTAL Postcosecha activa (kg/ha)	64	8	123	17	16	45	0	0	0	0
TOTAL Postcosecha receso (kg/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL BROTAÇÃO A COSECHA (kg/ha)</b>	<b>111</b>	<b>65</b>	<b>242</b>	<b>48</b>	<b>34</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>TOTAL TEMPORADA (kg/ha)</b>	<b>175</b>	<b>72</b>	<b>365</b>	<b>65</b>	<b>50</b>	<b>83</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>1</b>



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Aplicaciones de fertilizantes foliares**

Las aplicaciones de fertilizantes foliares se realizaron en forma parejas para todos los sectores, de acuerdo a diagnóstico. En el Cuadro siguiente se detallan estos tratamientos y época del año.

**Aplicación de fertilizantes foliares, Fundo Turbina, variedad "Sultanina".**

N°	Fecha	Estado Fenológico	Objetivo	Producto	Ingrediente Activo	Concentración Prod/100 L Agua	Unidad	Mojamiento
1	30-7-06	Brotos 5 cm	Nutrición/Bioesti	AminoVegetativ		500	cc	1000
2	5-8-06	Brotos 15-20 cm	Nutrición	Speedfol Zn		60	cc	1000
			Nutrición/Bioesti	AminoVegetativ		500	cc	1000
3	12-8-06	Brotos 30 cm	Nutrición	Wuxal Fe		180	cc	1200
			Nutrición/Bioesti	AminoVegetativ		420	cc	1200
	15-8-06	Brotos 40 cm	Nutrición	Amino Calmag plus		200	cc	1500
			Nutrición	Speedfol Zn		40	cc	1500
4	19-8-06	Brotos 50 a 60 cm Racimos 8 cm Hombros abriendo	Nutrición	Amino Calmag		700	cc	1500
			Bioestimulante	Citogrower		150	cc	1500
5	2-9-06	Racimos 15-20 cm Hombros abiertos	Elongación 2	GA3		10	ppm	1800
			Nutrición	Amino Calmag		700	cc	1500
12	21-10-06	Bayas 4-5 mm	Crecimiento 1	GA3		40	ppm	2500
			Bioestimulante	Crop Plus		50	cc	2500
			Nutrición	Amino Calmag		400	cc	2500
14	30-10-06	5 días más tarde	Crecimiento 3	GA3		40	ppm	2500
			Bioestimulante	Crop Plus		50	cc	2500
			Nutrición	Amino Calmag		400	cc	2500
15	11-11-06		Nutrición	Amino Calmag plus		120	cc	2500
16	15-11-06	Bayas 12 mm	Nutrición	Amino Calmag		400	cc	2500

Es importante comentar algunos tratamientos en el sector bajo estudio:

- 1) Uso de Zn foliar. Las condiciones edafoclimáticas del Valle de Copiapó determinan una baja disponibilidad de este elemento, sobre todo en este tipo de suelo.
- 2) Uso de Fe foliar. Son evidentes las deficiencias de hierro en la zona, por lo que determinó el uso de este elemento via foliar.
- 3) Citogrower. Se determinó el uso de citoquinina foliar por la promoción temprana que realizan estas hormonas de la elongación del brote.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Control del riego

Específicamente esta parte se aborda en los otros 2 informes que tienen que ver con el seguimiento y levantamiento de información para suelos de texturas finas.

Resultados

Calidad de fruta

Para la variable color se puede observar una clara superioridad del color verde en relación al ámbar y el amarillo, siendo este último el que se presenta con menor frecuencia en todos los tratamiento (Figura 1). Solamente se detecta una tendencia a mayor porcentaje de colores verde en el FRSQM.

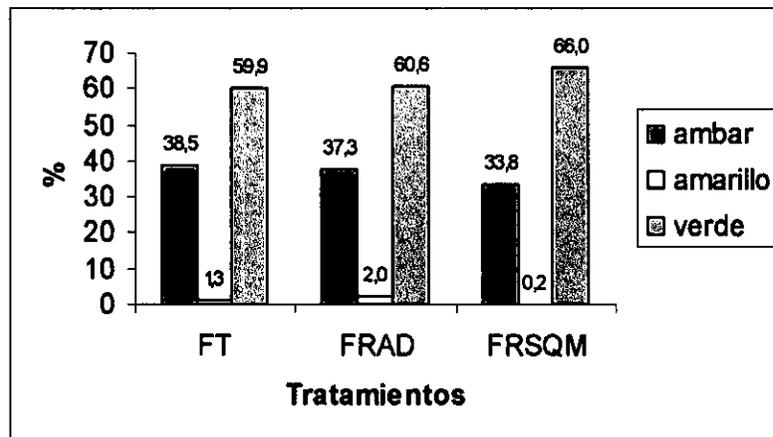


Figura 1. Porcentaje de colores según tratamiento.

Con respecto a la forma de los racimos, se pudo observar una clara predominancia de los cónicos por sobre las formas restantes, con un porcentaje menor de presencia se observa las formas atubadas, aladas y pámpanos (figura 2).

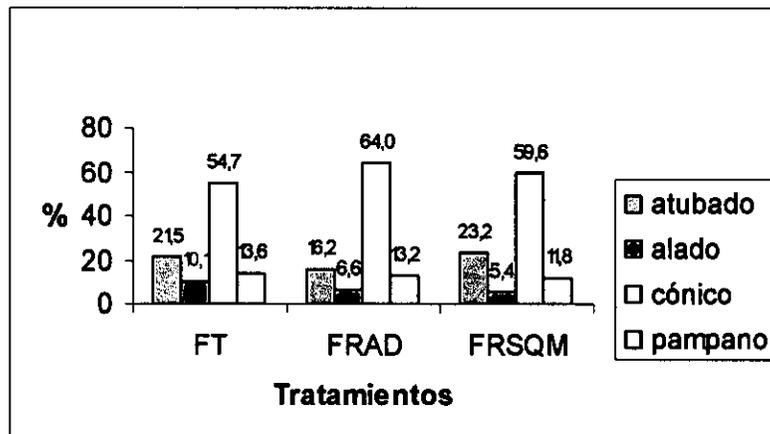


Figura 2. Porcentaje de formas por tratamiento.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Respecto al calibre se puede observar una clara predominancia de los calibres medianos por sobre los grandes y chicos en todos los tratamientos. En FRSQM la relación entre los calibres grandes y medianos es más estrecha. La proporción de calibres pequeños es muy baja en todos los tratamientos (figura 3).

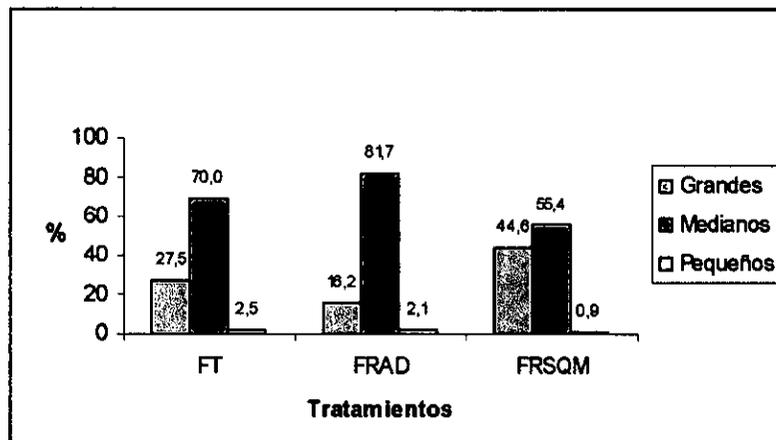


Figura 3. Proporciones de Calibres según Tratamientos.

El mayor coeficiente de correlación para los racimos atubados se obtuvo al realizar la regresión entre peso y el producto entre largo y ancho de los racimos (figura 4) Los racimos alados presentaron una alta relación entre el peso y el largo de los racimos (figura 5). Los pámpanos presentaron una alta relación entre el peso y el producto entre el largo y ancho de los racimos (figura 6).

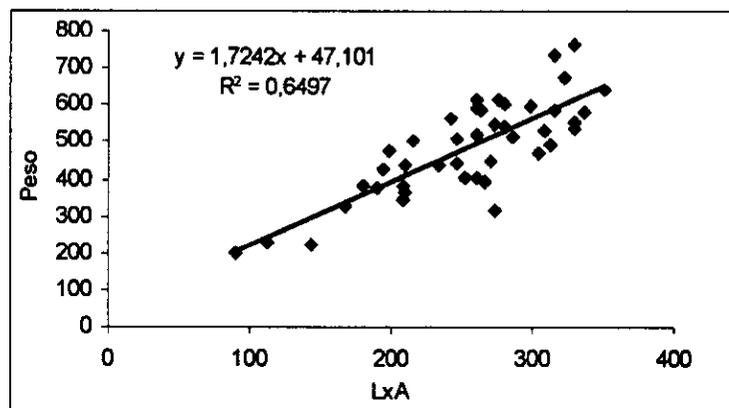


Figura 4. Análisis de regresión para racimos atubados.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

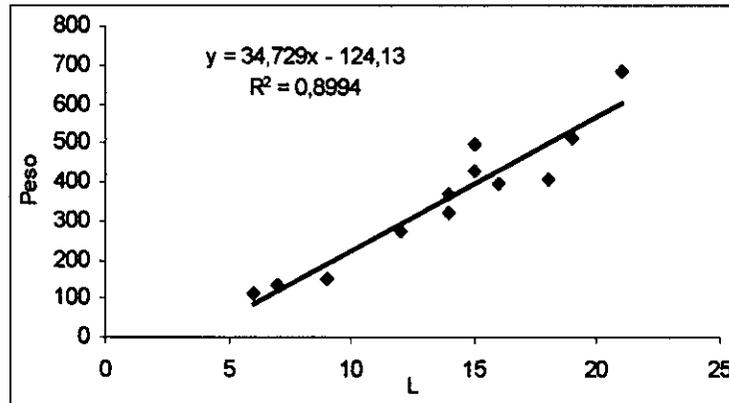


Figura 5. Análisis de regresión para racimos alados.

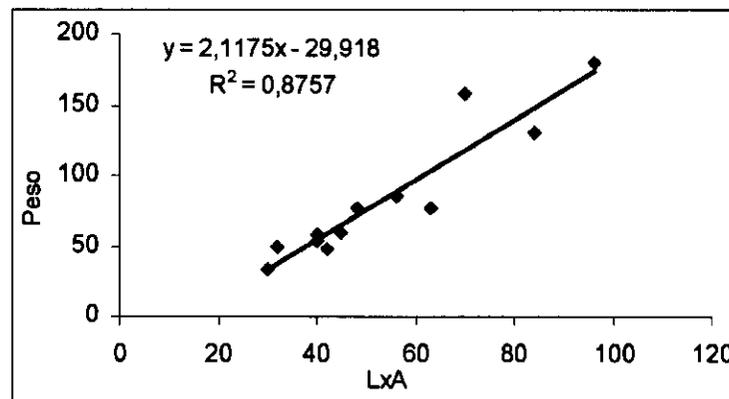


Figura 6. Análisis de regresión para pámpanos.

No existió una buena relación entre el peso y el largo y ancho de los racimos cónicos. La mejor relación se obtuvo entre peso y el volumen de los racimos estimados como el volumen de media esfera más el volumen de un cono que representa un 75% del largo del racimo. De todas formas, el coeficiente de correlación es muy bajo como para poder hacer una buena estimación del peso de los racimos (figura 7).



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

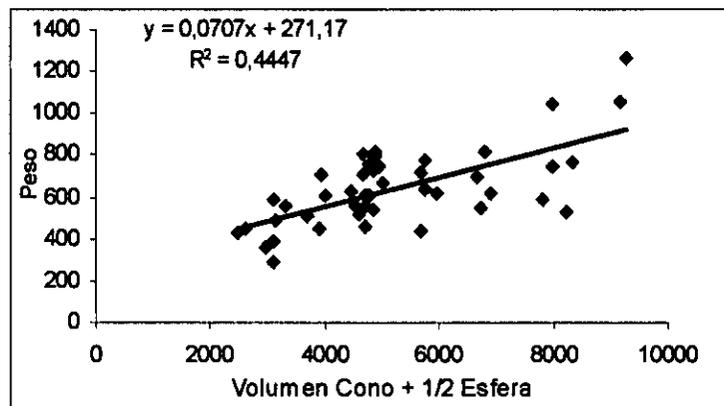


Figura 7. Análisis de regresión para racimos cónicos.

**Peso de poda**

Se observa una tendencia a mejores peso de podas desde el tratamiento FT a FRAD.

**Peso de poda para cada tratamiento**

SECTOR	Kg/planta
FRAD	7,8
FRSQM	6,3
FT	5,4

**Concentración de nutrientes en raíces**

No se observaron claras diferencias en los niveles de nutrientes a nivel de raíces.

	FT	FRADSQM	FRAD
NITROGENO TOTAL(%)	1,81	1,95	1,88
FOSFORO TOTAL (%)	0,20	0,21	0,17
POTASIO (%)	0,57	0,40	0,59

**Calidad del follaje**

El sector FRAD presentó los valores más altos de estimación de clorofila (colores más verdes) al ser evaluados con el CCM-20.



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

**Condición del follaje evaluado mediante el instrumento portátil de estimación de clorofila, CCM-20; año 2006. (16 hojas por planta en un total de 5 parras por sector)**

<b>SECTOR</b>	<b>Índice CCI</b>
<b>FRAD</b>	20,4
<b>FRSQM</b>	14,2
<b>FT</b>	17,6

### **Conclusiones**

Bajo las condiciones que se realizó el estudio, se concluye lo siguiente:

- 1) El principal factor que limita el óptimo desarrollo de las plantas en esta unidad es el exceso de agua de riego utilizado durante la temporada.
- 2) Es fundamental implementar en este tipo de suelo un control permanente del contenido de agua mediante Diviner, de manera de optimizar el uso del agua de riego y la energía ocupada para regar.
- 3) El potencial productivo de los parrones depende fundamentalmente de la calidad de las raíces. En este sector bajo estudio su calidad no era la óptima, lo que probablemente no permitió que claramente se expresaran las mejoras en la fertilización que fueron probadas.
- 4) A pesar del menor volumen de agua ocupado para regar durante la temporada, el tratamiento FRAD a lo menos fue igual y en algunos parámetros mejor que el FT, lo que sugiere la necesidad de invertir en tecnologías que permitan optimizar los criterios de riego.
- 5) En general y debido a los lavados de sales implementados en el período de postcosecha e invierno, desaparecieron marcadamente las hojas con síntomas de toxicidad por sales.
- 6) Dos años de estudio, no es suficiente para definir las mejoras reales que se pueden alcanzar en unidades que tienen una condición deficiente en la calidad de raíces y plantas en general



## CONSECUENCIAS DEL USO EXCESIVO DE AGUA DE RIEGO EN SUELOS DE TEXTURA FINA EN PRODUCCION DE UVA DE MESA EN LA TERCERA REGION.

Carlos Benavides, Rodrigo Callejas, Rodrigo Rojas y Erika Kania.

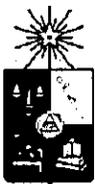
### Resumen

Una causa completamente distinta de problemas en producción de uva de mesa en la III Región, a las existentes en suelos de textura gruesa (Benavides et al, 2008; Callejas et al, 2008), se presenta en suelos de texturas finas. En estos se aprecia un excesivo uso de agua de riego como respuesta a errores conceptuales bastante difundidos en la región, en combinación con defectos de programación y diseño agronómico de los sistemas de riego mecánico. Esta claro que la mayor demanda de evapotranspiración de la zona, unida a problemas de calidad de agua en algunas localidades, obligan al uso de tasas de riego comparativamente altas, pero insistir en el uso de alta frecuencia, o en la adopción de prácticas de manejo especiales como "secar el suelo con agua" sin tomar en consideración las características hidráulicas de los perfiles, o no realizar una adecuada sectorización de los sistemas de riego en función de las propiedades hidrofísicas de las áreas que serán regadas, ha llevado a que en muchos sectores con suelos de textura fina, originalmente bien drenados y con regímenes de aireación adecuados, entren en una dinámica propia de suelos con drenaje imperfecto o inferior, en los cuales el crecimiento y funcionalidad de los sistemas radicales se daña o es insuficiente para alcanzar las productividades esperables.

Este artículo analiza, dentro del marco del Proyecto FDI, III Región (04CR10PAD-01), diversas causas de debilitamiento productivo en parronales, que frecuentemente están asociados a deterioro radical por exceso de agua en suelos de textura fina y que pueden ser superados mediante una adecuada implementación y manejo de los sistemas de riego, que tomen en cuenta los equilibrios agua-aire en el suelo, sin restringir la tasa transpiratoria de las plantas.

### Introducción

La productividad de la uva de mesa se incrementa al asegurarse una alta tasa transpiratoria. Estudios realizados por Grimes y Williams en 1990, en el Valle de San Joaquín, California, indican rendimientos relativos de 100% respecto al potencial local, cuando la evapotranspiración supera el 90% de la máxima (**Figura 1**). Sin embargo, para conseguir este resultado se exige precisión en el manejo hídrico, por cuanto según Winkler, el déficit de humedad disminuye en forma significativa el crecimiento vegetativo de la vid y un exceso de agua en la zona radicular durante el crecimiento puede producir problemas de aireación (Ferreira et al, 2005).



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

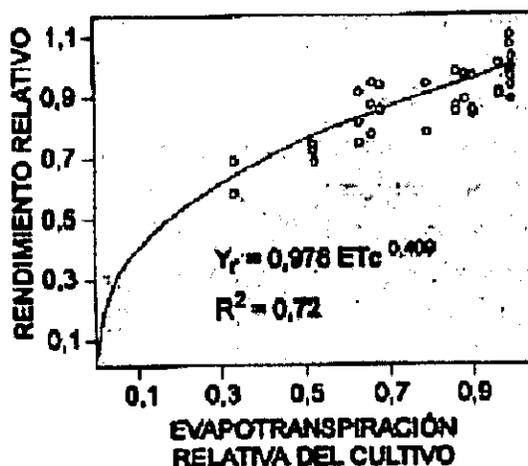


Figura 1. Función de producción: Rendimiento relativo (rendimiento observado/rendimiento máximo) versus evapotranspiración relativa del cultivo (Evapotranspiración observada/Evapotranspiración máxima), cv Sultanina. Valle de San Joaquín (citado por Ferreyra et al, 2005).

La aireación deficiente del suelo no sólo reduce el crecimiento radical, sino también la absorción de agua y nutrientes (Kramer y Boyer, 1995), de ahí su fuerte repercusión en productividad. Luego la clave en el riego de parronales está en lograr un adecuado *equilibrio aire-agua en el suelo* sin sacrificar la tasa transpiratoria del cultivo, la cual exige abundante agua disponible en climas de alta demanda atmosférica, como en los valles interiores de la Tercera Región.

Los aparatos radicales de las plantas son órganos aeróbicos y consumen O<sub>2</sub> permanentemente (Kramer y Boyer, 1995), en especial en los periodos de mayor actividad metabólica asociados a ciclos de alto crecimiento radical o aéreo.

Si bien, a principios de primavera en suelos de textura fina, los requerimientos de oxígeno (O<sub>2</sub>) pueden ser algo inferiores a los necesarios en suelos de textura gruesa, debido a su menor velocidad de calentamiento (Brady y Weil, 2002), en el resto de la estación de crecimiento pueden igualarse por aclimatación de las raíces (Huang et al, 2005). Luego, la diferencia fundamental es que en los suelos con predominio de arcilla, en muchas ocasiones, la demanda de O<sub>2</sub> es más difícil de satisfacer debido a deficiencias en la condición estructural de los suelos y del manejo del agua de riego

La fuente de O<sub>2</sub> es la atmósfera, de donde debe ser transportado vía sistema poroso del suelo hacia los sitios de consumo en la rizósfera. El mecanismo de transporte principal es el de difusión y éste es eficaz cuando ocurre en fase gaseosa, a través de la denominada "*porosidad de aire*" (Hillel, 1982).

La porosidad de aire depende fundamentalmente de las características del sistema poroso y de su grado de saturación con agua (Horn et al., 1994). Las características del sistema poroso involucran aspectos cualitativos y cuantitativos que incluyen clases de tamaño y su proporción relativa, forma y continuidad de los poros. Una adaptación de la clasificación propuesta por Greenland (Hamblin, 1985) reconoce para suelos de textura fina las clases de poros sugeridas en el Cuadro 1.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Cuadro 1. Clases de poros en suelos de textura fina. Adaptación en base a la clasificación de Greenland.**

Clase	Diámetro equivalente, $\mu\text{m}$	Función	Abundancia en suelos de textura fina	Origen
Microporos	< 0,5	Retención de agua no útil	Muy abundantes	Textural
Microporos	0,5 - 50	Almacenamiento de agua útil	Muy abundantes	Mixto
Macroporos	50 - 500	Transmisión de agua y gases	Escasos	Estructural, biológico
Fisuras	>500	Transmisión de agua y gases	Ocasionales	Estructural

En cuanto a tamaño, los poros de  $> 50 \mu\text{m}$  son los incluidos en la porosidad de aire. En gran medida estos están determinados por la condición estructural (porosidad estructural) y actividad biológica del suelo (bioporos). Bajo las condiciones climáticas de la III región, éstos generadores de porosidad no alcanzan una gran expresión por la escasez crónica de materia orgánica.

Para una adecuada aireación la porosidad de aire no debería ser inferior a 10% del volumen de suelo a capacidad de campo. Sin embargo en suelos de textura fina (arcillosos) con pobre desarrollo estructural, los cuales retienen bastante agua, su valor frecuentemente es inferior al mínimo complicando el estado de aireación del suelo y consecuentemente el de las raíces. El desarrollo estructural modifica favorablemente esta condición. Así suelos con estructura fuerte, con agregados de 5 mm o más de diámetro, pueden poseer un volumen considerable de macroporos (como porosidad inter agregados), los cuales drenan muy rápidamente y se mantienen llenos de aire prácticamente todo el tiempo, facilitando el transporte de  $\text{O}_2$ . Estos suelos presentarán porosidades de aire de 20-30% (Hillel, 1982), en donde el transporte de gases en el perfil de suelo ocurrirá preferencialmente a través de macroporos correspondientes al espacio poroso interagregados (Horn et al, 1994).

De acuerdo con estos antecedentes, un adecuado equilibrio aire-agua en el suelo requiere que la porosidad total del suelo se sitúe a valores de 40-60% del volumen. Valores menores del límite inferior pueden crear asfixia en las raíces y por otra parte, un valor mayor al límite superior señalado presupone dificultades para el contacto entre el suelo y las raíces de las plantas (Callejas et al, 2008).

Bajo las condiciones agroclimáticas de Atacama, el grado de saturación con agua del sistema poroso depende casi exclusivamente del manejo hídrico del suelo, el cual pasa a ser el factor que gobierna la fracción porosa con aire debido a la relación inversa que existe entre ésta y el grado de saturación hídrica. De esta forma el uso de altas cargas de agua y la mantención del suelo bajo un régimen hídrico húmedo, interfiere marcadamente con el suministro de  $\text{O}_2$  de la zona de raíces. La razón de esto es que en los suelos de textura fina, generalmente la microporosidad domina sobre la macroporosidad (Cuadro 1) y bajo un régimen húmedo, los microporos invariablemente se saturan con agua



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

umentando la resistencia difusiva a la difusión de O<sub>2</sub> del suelo, generando ambientes mal aireados, caracterizados por cuadros de hipoxia o de anoxia en situaciones extremas.

Durante el desarrollo del Proyecto FDI, III Región (04CR10PAD-01), se pudo establecer que la mayor parte de los parronales establecidos en suelos de textura fina que exhibían problemáticas de baja productividad, presentaban sistemas radicales dañados por condiciones de anoxia o hipoxia, debido a ambientes excesivamente húmedos o saturados. Este artículo analiza tres causas frecuentes de condiciones excesivamente húmedas en suelos de textura fina dedicados a producción de uva de mesa en la III Región.

**Evaluación del escenario de riego en un suelo de textura fina: caso Turbina**

Uno de los sitios experimentales puede ser considerado representativo del problema abordado en este artículo, la Serie Turbina, se caracteriza por ser suelos sedimentarios de origen aluvial, estratificados, desarrollados en posición de terraza aluvial remanente de posición intermedia, topografía plana, profundos y moderadamente bien drenados. Presentan textura franco arcillosa y color pardo oscuro en el tono 7,5 YR en superficie y en profundidad, texturas finas a moderadamente finas, con colores dominantes en los tonos 5 YR, 7,5 YR y 10 YR, exhibiendo rasgos redoximórficos asociados a las variaciones en la permeabilidad a partir de los 50 cm. Los perfiles descansan sobre una estrata masiva de textura franco arenosa, la que aparece por debajo de los 90 cm y que limita el arraigamiento en profundidad. Hay presencia de nódulos de carbonato de calcio en los primeros 50 cm del perfil y filamentos salinos por debajo de los 40 cm. Son suelos sin fragmentos gruesos.

En el Cuadro 2 se presenta la descripción del pedón típico.

**Cuadro 2. Descriptiva del suelo Turbina (Tres Soles, Copiapó).**

Profundidad (cm)	Propiedades físicas y morfológicas del perfil.
0 – 25	Pardo a pardo oscuro ( 7,5 YR 4-3/2, h); franco arcillosa; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; plastico y ligeramente adhesivo ; friable, raíces finas comunes. nodulos de carbonato de calcio comunes; fuerte reaccion al HCl. Límite lineal difuso.
25 – 30	Pardo a pardo oscuro ( 7,5 YR 4-3/2, h); franco arcillosa; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; plastico y ligeramente adhesivo; friable, grava sub angular escasa,: raíces finas y medias comunes. poros vesiculares escasos; nodulos de carbonato de calcio comunes; fuerte reacción al HCl. Límite lineal difuso.
30 – 43	Pardo oscuro ( 7,5 YR 3/2, h); franco arcillo arenosa; bloques sub angulares, medios , debiles; plastico y adhesivo ; friable; raíces finas y medias comunes. Nódulos de carbonato de calcio escasos.; fuerte reaccion al HCl. Límite lineal difuso.
43 – 51	Color variegado, con bandas semi melanizadas (color negro), dominante pardo a pardo oscuro ( 7,5 YR 4-3/2, h); franco arcillo limosa; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; plástico y adhesivo ; friable, raíces finas y medias escasas.



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

manchas de carbonato y filamentos salinos, comunes; poros no visibles; moderada reacción al HCl. Límite lineal difuso.

- 51 – 70 Gris rojizo oscuro (5 YR 4/2,h); limosa; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; plastico y muy adhesivo ; friable, raices gruesas y medias ausentes, finas ocasionales. poros no visibles.; oxidaciones rojo amarillentas (5 YR 5/6,h) comunes; fuerte reaccion al HCl. Límite lineal difuso.
- 70 – 79 Color variegado; con bandas de melanización en la base; arcillo limosa; bloques sub angulares, finos , debiles; muy plástico y muy dhesivo ; muy friable, raices escasas. poros no visibles; fuerte reacción al HCl. Límite lineal difuso.
- 79 – 125 Pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3, h), arcillo arenosa con gravilla fina común; bloques sub angulares, medio , debiles; plástico y ligeramente adhesivo ; friable; raices finas escasas; oxidaciones rojo a rojo oscuro (2,5 YR 4-3/6,h) abundantes; filamentos salinos, abundantes; poros gruesos aislados.; fuerte reaccion al HCl. Límite lineal claro.
- 125 – 180 + Pardo grisáceo muy oscuro ( 10 YR 3/2,h); franco arenosa fina; masiva; ligeramente plástico y no adhesivo ; friable; raices medias, ocasionales; oxidaciones pardo amarillentas (10 yr 5/6,h), gruesas, comunes; filamentos salinos abundantes; poros no visibles.; fuerte reacción al HCl.

Se ha destacado en rojo la descripción del arraigamiento, pudiendo observarse que éste prácticamente se concentra en los primeros 51 cm del perfil, disminuyendo notoriamente a mayor profundidad. Coincide además que a partir de la profundidad indicada se presentan oxidaciones (rasgos redoximórficos) que señalan la existencia de procesos reductores debido a deficiencias de aireación por exceso de agua.

En el Cuadro 3 se presenta una caracterización hidrofísica aproximada de los primeros 51 cm de profundidad del suelo Turbina, profundidad que como fue indicado cubre la mayor parte de la zona de arraigamiento del parronal.

**Cuadro 3. Caracterización hidrofísica del suelo Turbina.**

prof	esp	textura	gravas	DB	CdC	PMP	POROS	HAc	LAM SATc	LAM CdCc	AFP	AFP
cm	cm		%	g/cm3	%	%	cm3/cm3	mm	mm	mm	mm	%
0-25	25	FA	0	1.51	27	14	0.43	48.3	105.9	100.4	5.5	5.2
25-30	5	FA	5	1.49	27	14	0.44	9.5	21.6	19.8	1.7	8.1
30-43	13	FAa	0	1.55	25	12	0.42	25.8	53.2	49.6	3.5	6.6
43-51	8	FAI	0	1.50	26	13	0.43	15.4	34.2	30.7	3.5	10.1
	51							99.0	214.8	200.6	14.3	6.6

El suelo Turbina, constituido por materiales de textura moderadamente fina presenta problemas de compactación, los cuales se expresan a través de la densidad aparente. De acuerdo Israelsen (1965), los suelos de textura franco arcillosa presentan en promedio densidades aparentes de 1,4 g/cm3, con un



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”

rango que fluctúa entre 1,3 y 1,4 g/cm<sup>3</sup>. Los valores indicados en el Cuadro 3 está sobre la densidad máxima normal para esta clase de suelos. La compactación del suelo implica el colapso de la macroporosidad, lo cual determina que la porosidad de aire (AFP) se presente deprimida. Al respecto, se puede apreciar valores de AFP inferiores o en el límite de lo recomendado para descartar problemas de aireación. En la profundidad de arraigamiento del suelo Turbina analizado, la AFP promedia 6,6% con variaciones entre 5,2 y 10,1%, lo cual señala una situación permanente de hipoxia, lo cual se verificó a través de la deficiente condición de raíces que presentaba el patronal.

En un escenario físico como el descrito, el manejo del riego es altamente complicado, por cuanto la baja permeabilidad del perfil y la ausencia de un margen adecuado de porosidad de aire, inducirá estrés de aireación en cada riego. En estos casos, en tanto no mejore la condición estructural del suelo, la programación de riego es crítica, debiendo contemplar tiempos de espera muy bien calibrados.

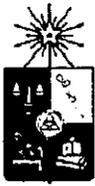
### ¿Alta o baja frecuencia?

Todo sistema de riego satura el suelo en la zona de aplicación de la dosis de agua. Saturar un suelo implica ocupar con agua completamente el espacio poroso y simultáneamente, expulsar todo el aire contenido en los poros. La extensión de la zona saturada varía con el grado de localización del método de riego y la duración del estado saturado depende del tiempo de riego establecido o periodo de infiltración. Posteriormente (en el periodo post infiltración), la zona saturada se reduce lentamente a cero debido al proceso de *redistribución*. La redistribución es la “continuación” de la infiltración, pero utilizando una fuente de agua interna. Esta corresponde al agua almacenada en la región inicialmente saturada. Durante la redistribución, por lo tanto, ocurre una transferencia de agua desde la parte superior del perfil hacia abajo, incrementando su contenido de agua y la zona humedecida del perfil. El proceso permite el reingreso de aire al suelo.

En un manejo de riego de baja frecuencia, el intervalo entre riegos es amplio y los periodos de saturación son distantes. De modo que sólo un pequeño porcentaje del tiempo entre riegos consecutivos crea condiciones de “mala aireación”. Estos normalmente no afectan de manera significativa al cultivo, en tanto la redistribución no ocurra demasiado lentamente debido a la existencia de zonas de baja permeabilidad en el perfil, que impidan una más o menos rápida transferencia interna de agua.

En alta frecuencia, por el contrario los periodos de saturación se suceden rápidamente y el corto lapso disponible para la redistribución, determina que la parte superior del perfil y con el tiempo, todo el perfil se mantenga a un nivel alto de contenido de agua. Este escenario en suelos de textura fina con bajo desarrollo estructural y por lo tanto, con una baja cantidad de macroporos, determinará que en un gran porcentaje del tiempo entre riegos consecutivos, el suelo permanecerá con una baja dotación de aire, propiciando problemas de *hipoxia*, afectando la actividad radical. Si adicionalmente, hay restricciones de permeabilidad en el subsuelo, la situación descrita puede traducirse en un cuadro de *anoxia* y en este caso habrá daño radical severo (muerte de raíces).

Apenas se introdujo el riego por goteo en Chile en 1975, se notó que éste conducido en alta frecuencia inducía problemáticas de aireación en suelos de textura fina, de modo que actualmente se considera que



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

el manejo más adecuado del sistema de riego por goteo en esta clase de suelos, debe considerar *tiempos de espera* más o menos prolongados, según los casos, con lo cual ha ido recobrando importancia la *capacidad de almacenamiento de agua del suelo* en la programación de riego con tales sistemas. En casos extremos, esto ha determinado que los sistemas de riego localizado cumplan más bien un rol de *sistemas eficientes de conducción y distribución de agua* a nivel de unidad de producción y que su manejo más adecuado se acerque al de un sistema tradicional en baja frecuencia.

La calidad del agua de riego, no obstante es un factor a tener en cuenta en ciertas localidades de la Tercera Región. En suelos de textura fina regados mediante sistemas localizados, el intervalo entre riegos debe considerar la concentración salina del agua del bulbo dentro de la frecuencia, de modo que además de la búsqueda de un adecuado régimen de aireación debe esto ligarse a un adecuado manejo de la conductividad eléctrica en la zona de arraigamiento.

Secar el suelo con agua.....

Esta aparentemente paradójica "receta" técnica ha tenido una difusión más que la deseable en el Valle de Copiapó, ya que si su aplicación es incorrecta, el problema que pretende resolver se agudiza.

En la Tercera Región son muy comunes los suelos estratificados con secuencias texturales muy diversas. Simplificando éstas secuencias a una combinación de sólo dos clases texturales (textura gruesa y fina), es muy frecuente encontrar perfiles en que el suelo superficial sea de textura gruesa y descansa sobre un subsuelo de textura fina y a la inversa, vale decir, que el suelo superficial sea de textura fina y el subsuelo esté constituido por gravas con matriz arenosa o simplemente por arenas.

La importancia del orden de los términos de la secuencia dentro del perfil, dice relación con el comportamiento del agua en el suelo, el cual está gobernado por las propiedades hidráulicas de cada clase textural. En la **Figura 2** se presentan las propiedades hidráulicas básicas para dos clases texturales contrastantes. Como ejemplo se señalan como textura "gruesa" una Franco arenosa y como textura "fina" una Arcillo limosa.

La **Figura 2A**, describe las variaciones de la *conductividad hidráulica* (propiedad que se relaciona con la habilidad del suelo para permitir el flujo de agua) con la *tensión del agua del suelo* (expresada como logaritmo del valor absoluto del potencial mátrico en cm) para las clases texturales "fina" y "gruesa" indicadas. El valor de *tensión cero* indica "suelo saturado con agua" y a medida que el valor de tensión crece se produce una reducción de la conductividad hidráulica en ambos casos, pero más rápidamente en el suelo de textura gruesa. Esta reducción se debe a que con el aumento de la tensión del agua, el suelo progresivamente más seco, posee un menor número de poros conduciendo efectivamente agua. Nótese que se han empleado logaritmos, luego a un valor de tensión 4, las diferencias de conductividad entre ambos suelos son superiores a 10.000 veces.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

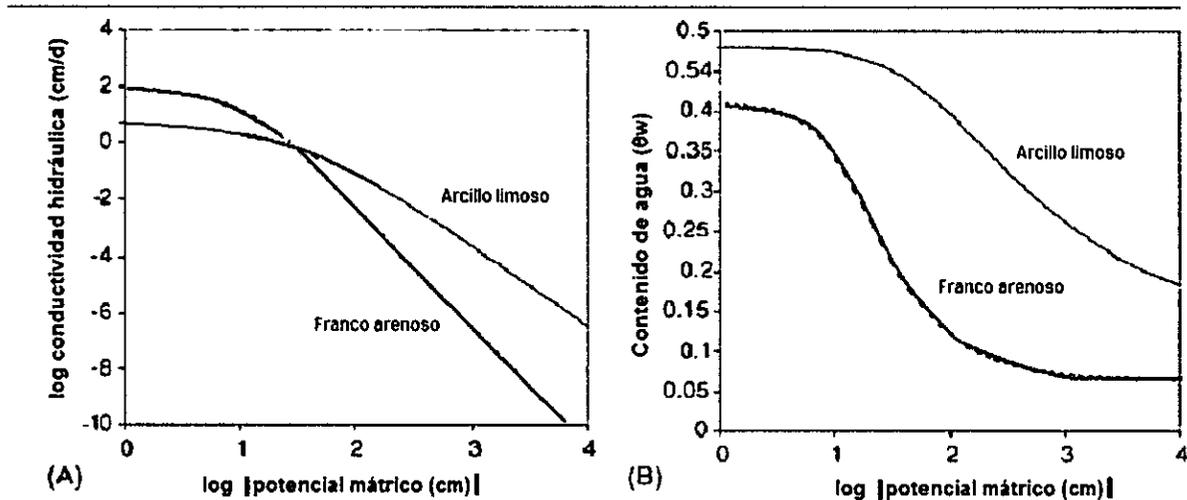


Figura 2. Propiedades hidráulicas del suelo. (A) Curva característica de transmisión de agua; (B) Curva característica de retención de agua. Modificado de Gärdenäs et al (2005).

Esto implica que si la tensión en un suelo de textura gruesa es alta (suelo relativamente seco), su conductividad es suficientemente baja como para considerarlo como una barrera "impermeable". Bajo éstas condiciones, todo "exceso" de agua contenido en un suelo superficial de textura "fina" (suelo excesivamente húmedo), que sobreyace a un subsuelo de textura "gruesa" que está seco, no podrá drenar internamente por redistribución, ya que la baja conductividad hidráulica del subsuelo se lo impedirá. Para que se inicie el drenaje interno deberá prácticamente saturarse el suelo superficial mediante una carga de agua.....

**Solución:** Dado que esta baja conductividad se asocia a un estado de "suelo seco", se pone en operación la receta a través de la aplicación de una carga de agua suficiente ("golpe de agua"), para disminuir la tensión en la interfase, posibilitando que fluya agua para aumentar paulatinamente el contenido de agua del subsuelo de textura gruesa y con ello su conductividad hidráulica..... lo cual permitirá "secar" el suelo superficial al activarse el drenaje interno del perfil.

En la **Figura 3A** Garner (1988) demuestra el efecto de "barrera impermeable" de la interfase entre las estratas fina (superior) y gruesa (inferior). El frente de mojadura se observa detenido en la interfase. En la **Figura 3B**, el frente "penetra" la estrata inferior, en el momento en que la "columna virtual" de agua (suelo superior saturado) reduce la tensión del suelo inferior, incrementando su conductividad hidráulica.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”

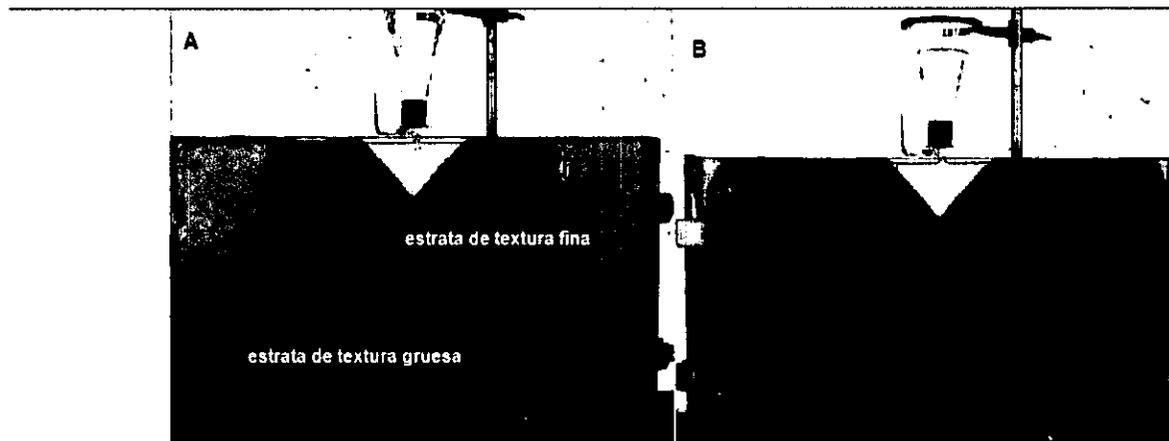


Figura 3. Demostración experimental del efecto “barrera impermeable” de una estrata de textura gruesa inicialmente seca. (A) Frente de infiltración detenido; (B) Saturación del suelo superficial e inicio de la penetración del frente en la estrata inferior. Según Gardner (1988).

**¿Puede un suelo superficial de textura fina contener más agua que uno de textura gruesa, estando el suelo superficial y el subsuelo ambos en contacto?**

La Figura 2B indica que sí! Las líneas de la Figura 2B corresponden a las *curvas características de retención de agua de los suelos*. Estas describen cómo varía el contenido de agua en función de la tensión. Al aumentar ésta, el contenido de agua disminuye. Luego, si suelo superficial y subsuelo están en contacto, en un *perfil en equilibrio*, la tensión será aproximadamente igual en ambas estratas. La Figura 2B muestra que si por ejemplo, la tensión de equilibrio fuera igual a 2,5 el contenido de agua del suelo superficial de textura fina contendría un 250% más agua que el subsuelo subyacente de textura “gruesa”. Sin embargo, debido a lo analizado con respecto a las diferencias de conductividad hidráulica, ese mayor contenido no es transferido en profundidad por acción de la gravedad (supone que no hay gradiente de potencial mátrico), dado que el subsuelo se comporta como una barrera de “impermeabilidad”.

Hasta acá la “receta” funciona, pero siempre y cuando la secuencia textural sea la indicada.

**¿Qué ocurre si la secuencia textural es inversa y ahora el subsuelo es texturalmente más fino y se encuentra con un exceso de agua?**

Un análisis de la Figura 2A indica que a baja tensión, la menor conductividad hidráulica del subsuelo con textura fina es el problema (línea azul por debajo de la línea roja) y éste *se agravaría* si se aplica una carga de agua en este caso. Una situación similar ocurrirá si el suelo superior de textura fina excesivamente húmedo *sobreyace a estratas texturalmente similares*, vale decir, cuando en el subsuelo no hay texturas gruesas.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”

Con frecuencia la famosa receta de los “golpes de agua” ha sido utilizada sin un análisis previo de las características texturales de los perfiles, omitiendo de este modo como antecedente científico el rol de las propiedades hidráulicas de los suelos.

Una complicación adicional al problema planteado, es la variación espacial de estas secuencias texturales, problema natural muy frecuente en los suelos aluviales estratificados de la Tercera Región y en muchas ocasiones, provocado antrópicamente en conexión a los movimientos de tierra utilizados en la habilitación de suelos para el establecimiento de parronales. En estos casos es primordial la realización de *estudios de suelos*, un asunto que es básico para la realización de planes racionales de manejo de suelos y aguas.

Como conclusión de esta parte se puede señalar la imperiosa necesidad de prospectar los suelos, antes de realizar prácticas que si bien poseen fundamentos físicos claros, su utilización beneficiosa está suficientemente acotada a ciertos casos específicos, que no admiten una generalización.

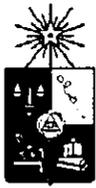
**La sectorización como una base para el diseño y manejo de los sistemas de riego.**

Si bien este artículo está orientado a las problemáticas ocasionadas por excesos de agua de riego en suelos texturalmente finos, una causa de estas problemáticas vinculada a los manejos realizados en suelos de textura gruesa en la Tercera Región (Benavides et al, 2008) es la falta de una *adecuada sectorización del sistema de riego basada en antecedentes agrológicos a escala de detalle*.

Se puede indicar que ya pasó la época en que las bases físicas para la toma de importantes decisiones, en materia de riego de las unidades productivas, descansaba casi exclusivamente en planos topográficos, los cuales eran utilizados básicamente para el diseño hidráulico de los sistemas de riego mecánico, especialmente con anterioridad al desarrollo de los emisores autocompensados. En el presente, ha ido adquiriéndose cada vez más conciencia de la necesidad de incorporar parámetros de suelo (capacidad de almacenamiento, profundidad efectiva, radio mojado/emisor, porcentaje de suelo mojado), de plantas (portainjertos, vigor de las variedades) y de calidad de agua (salinidad, composición iónica) en lo correspondiente al *diseño agronómico*.

Como un reflejo del antiguo modo de hacer las cosas, es frecuente observar las consecuencias de fallas graves de sectorización, en las cuales se riegan en base a una “sola válvula” suelos con *propiedades hidrofísicas* contrastantes. En un sector de riego, la falta de uniformidad de propiedades tales como textura, estructura, secuencias estratigráficas y de profundidad efectiva afecta la *programación de riego* (Sellés y Ferreira, 2005). No son escasos los ejemplos en el Valle de Copiapó en los cuales en un sector de riego coexisten paños de suelos de textura gruesa y paños de textura fina, de 2-3 hectáreas cada uno y que se manejan con una programación de riego única.

Resulta obvio que bajo las condiciones agroclimáticas de Atacama, la tendencia natural será manejar el agua en función del suelo “más secante” del sector de riego, con lo cual el componente de textura fina resulta “sobre regado”. En este caso, se deben esperar todos los problemas señalados anteriormente con respecto a la falta de un equilibrio adecuado en la relación agua-aire del suelo, los cuales afectan de



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

manera directa a los sistemas radicales y por esta vía a la parte aérea y finalmente al rendimiento esperado de uva de calidad exportable.

Ahora bien, tomando en consideración lo señalado en relación a la tendencia a usar riego de baja frecuencia en suelos con problemas potenciales de aireación, hay importantes decisiones de diseño que requieren *una separación nítida entre clases de suelos mediante estudios agrológicos*. Tales decisiones comprometen costos de instalación del sistema por un lado y la seguridad de riego de la zona radical, por otra parte. Por ejemplo, en la selección del tipo de emisor en conexión al porcentaje de suelo mojado, lo cual afecta al número de emisores por planta, un factor que debe ser considerado es que cuanto *mayor es el intervalo permisible entre riegos mayor es el riesgo de estrés hídrico, en caso de adoptarse un valor de porcentaje de suelo mojado muy próximo al mínimo*. Según Keller y Karmelli, ese porcentaje es 33% para leñosas en climas áridos (según cita de Pizarro, 1987).

#### Literatura Citada

- Brady, N and Weil, R. 2002. The nature and properties of soils. Prentice Hall. 960 p.
- Ferreira, R, Selles, G y Selles, I. 2001. Riego deficitario controlado en una de mesa para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales. Boletín INIA N° 60. 44p.
- Gärdenäs, A.I., Hopmans, J.W., Hanson B.R., and Simunek, J.2005. Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. Agricultural Water Management 74: 219–242
- Gardner, WH. 1988. Water movements in soils. USGA 26(2): 23-27.
- Hamblin,A. 1985. The influence of soil structure on water movement, crop growth, and water uptake. Advances in agronomy 38: 95-158.
- Hillel, D. 1982. Introduction to Soil physics. Academic Press. 364 p.
- Horn, R.\*, H. Taubner, M. Wuttke, T. Baumgartl. 1994. Soil physical properties related to soil structure. Soil & Tillage Research 30: 187-216
- Isaraelsen, H. Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverté. 397p.
- Kramer, P y Boyer,J. 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press. 495 p.
- Pizarro, P. 1987. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). Ediciones Mundi-Prensa. 461p.
- Sellés, G. y Ferreyra,R. 2005. Criterios para controlar el riego en uva de mesa. En: Manejo de riego y suelo en vides para vino y mesa. Curso internacional. INIA-CNR. Pag. 15-74.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**INSTALACIÓN IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL ESTUDIO LA DE LA FERTIRRIGACIÓN EN LAS VARIEDADES "RED GLOBE" Y "FLAME" EN SUELOS DE TEXTURA GRUESA (COLUVIAL).**

Los resultados se presentan en la Memoria de Título presentada en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Memoria de Título generada**

<b>Título del documento</b>	<b>Nombre del archivo digital</b>
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE FERTILIZANTES DE ALTO CAUDAL PARA SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO	Memoria Cristóbal Schonenbeck.
ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ESTANQUES PARA SOLUCIONES MADRES USADAS EN FERTIRRIGACIÓN	INFORME Cálculos Estanques Fertirrigación
EFFECTO DE DISTINTAS DOSIS DE B Y ZN APLICADO AL SUELO, SOBRE EL CONTENIDO DE ESTOS ELEMENTOS EN LÁMINA DE VID "FLAME SEEDLESS" Y "RED GLOBE"	INFORME B y Zinc

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE  
FERTILIZANTES DE ALTO CAUDAL PARA SISTEMAS  
DE RIEGO PRESURIZADO**

**CRISTÓBAL SCHOENNENBECK GROHNERT**

**SANTIAGO, CHILE  
2006**



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE  
FERTILIZANTES DE ALTO CAUDAL PARA SISTEMAS  
DE RIEGO PRESURIZADO**

**DEVELOPMENT OF A HIGH FLOW FERTILIZER  
INJECTION SYSTEM FOR PRESURIZED IRRIGATION  
SYSTEMS**

**CRISTÓBAL SCHOENNENBECK GRONERT**

**SANTIAGO, CHILE  
2006**

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE  
FERTILIZANTES DE ALTO CAUDAL PARA SISTEMAS  
DE RIEGO PRESURIZADO**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Agrónomo  
Mención: Manejo de Suelos y  
Aguas

**CRISTÓBAL SCHOENNENBECK GROHNERT**

**PROFESORES GUÍAS**

**Calificaciones**

<b>Sr. Julio Haberland Arellano</b> Ingeniero Agrónomo, Ph. D.	<b>6,8</b>
<b>Sr. Rodrigo Callejas Rodríguez</b> Ingeniero Agrónomo, Dr. sc. agr.	<b>6,5</b>

**PROFESORES EVALUADORES**

<b>Sr. Nelson Díaz Pérez</b> Doctor en Ciencias mención Biología.	<b>6,5</b>
<b>Sr. Carlos Benavides Zavala</b> Ingeniero Agrónomo	<b>7,0</b>

SANTIAGO, CHILE  
2006

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a quienes colaboraron en esta memoria:

A mis profesores guías, Julio Haberland y Rodrigo Callejas.

A los profesores Carlos Benavides y Ian Homer.

A mis compañeros Pablo Davis y Sebastián Morán.

A Cristián Grohnert.

A Marco Quezada.

A CORFO-INNOVA, cuyo apoyo a través del proyecto de fertirrigación de la Universidad de Chile, hizo posible la ejecución de esta memoria.

## ÍNDICE

RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
PALABRAS CLAVE	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
KEY WORDS	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
MATERIALES Y MÉTODO	9
Materiales	9
Desarrollo del diseño	9
<u>Construcción y evaluación</u>	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Diseño	12
___Plano general del diseño de inyección	12
___Determinación de la tasa de inyección y elección del inyector Venturi	13
___Cantidad de inyectores Venturi	15
___Elección y ubicación de la bomba reimpulsora	16
___Ubicación de válvulas	16
___Elección del programador y contadores volumétricos	17
___Ubicación de las válvulas de control, filtros y estanques	19
___Modalidades de operación del diseño	19
Evaluación	20
Costos	23

<u>CONCLUSIONES</u>	<u>25</u>
BIBLIOGRAFÍA	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
APÉNDICE I	28
APÉNDICE II	30

## RESUMEN

El siguiente trabajo tuvo por objeto diseñar, construir, evaluar y calcular el costo de un sistema de inyección de fertilizantes para equipos de riego con sectores de cuatro ha. Se propuso un sistema automatizado alternativo a los existentes, de menor costo de implementación y que inyectara a tasas uniformes.

Parte del agua de riego se desvió de la línea principal para ser reimpulsada por una bomba auxiliar hacia inyectores Venturi. Esta bomba genera un diferencial de presión constante que permite una tasa de inyección uniforme y el ingreso de la solución fertilizante a la línea de riego.

Primero se determinó la tasa de inyección mínima necesaria y se eligió un inyector Venturi apropiado para dicha tasa. Posteriormente, se eligió la bomba reimpulsora adecuada, considerando la capacidad de succión de los inyectores y se incluyeron válvulas. Finalmente, se dotó al diseño de una capacidad de control y registro de los volúmenes inyectados. Para esto se incluyeron un programador y contadores volumétricos.

El sistema de inyección fue construido a partir del diseño elaborado. Luego, se evaluó según la uniformidad de inyección de agua pura. Se programaron inyecciones de 250 litros de agua pura y se midió el tiempo cada 10 litros inyectados. Esta operación permitió evaluar los inyectores en todas las combinaciones de funcionamiento posibles.

Se obtuvo una tasa de inyección promedio de  $4,02 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , variando entre  $3,85$  y  $4,22 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . No se registraron, por lo tanto, tasas de inyección superiores e inferiores a la tasa de inyección promedio alterada en un 5%.

El costo de implementación del diseño alcanza los tres millones de pesos. Este monto equivale a un tercio del de sistemas de inyección de fertilizantes proporcionales, que cuentan con bombas inyectoras, electroválvulas y con gran nivel de automatización.

**Palabras claves:** Fertirrigación, Fertilizantes, Venturi, Riego.

## ABSTRACT

The objective of the present study was the design, construction and evaluation of a fertigation system for a twenty hectare irrigation system, with an average of 4 hectare irrigation blocks. The goal was to end with an alternative automated system uniform in terms of injection rate and at lower costs than the existing ones.

For the operation of the injection systems a fraction of the water flowing for irrigation was driven out of the main pipe, in order to boost it up by an auxiliary pump towards a battery of venturi injectors. This boosting pump generated a constant pressure differential, allowing a uniform injection rate in to the main irrigation pipe.

For the design, the minimum required injection rate was determined. Based on this parameter an appropriated venturi injector was selected. Then, the boosting pump was chosen, considering the injection - suction requirements, in addition the valves flow meters, filters and fitting were selected. Finally, a digital system with control and recording capabilities was connected to the different injector components.

The injection system construction was based on the previous design. After the construction the system was evaluated according to injection uniformity of pure water, evaluating all the possible injector combinations.

An average injection rate of  $4.02 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  was obtained, ranging between  $3.85$  and  $4.22 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Therefore, there variation remained in a 5% of the average injection rate.

The construction and setup cost of this system, reached approximately a third of the cost of some more sophisticated currently in the market fertigation systems.

**Key words:** Fertigation, Fertilizer, Venturi, Irrigation.

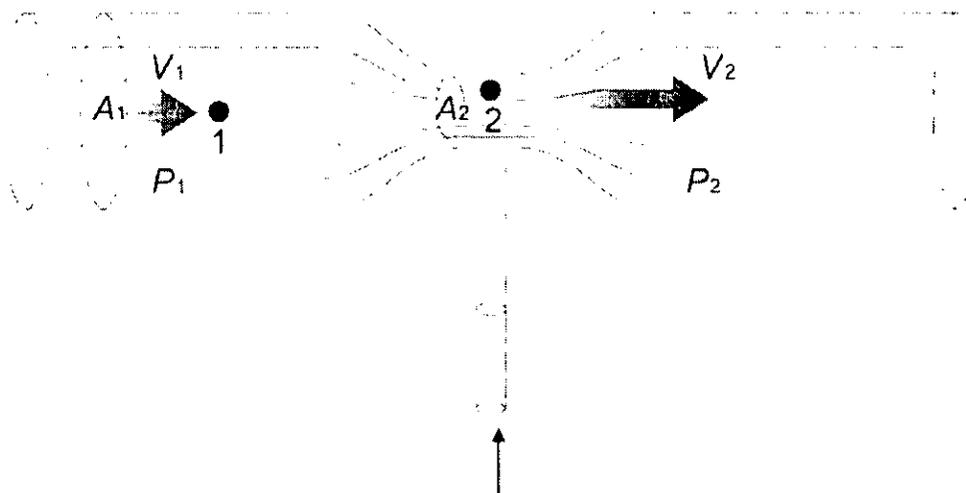
## INTRODUCCIÓN

En términos generales, la fertirrigación comprende la aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego. No obstante, en la práctica se asocia más con la aplicación de fertilizantes en los riegos localizados (Domínguez, 1989). Dicha aplicación, se llevará a cabo en forma correcta siempre que el diseño y la operación diaria de los sistemas de fertirrigación sean adecuados.

Si el sistema de fertirrigación responde a los requerimientos hídricos y nutricionales de la vid, se logra siempre importantes aumentos en la productividad y calidad de la uva, así como una reducción significativa en los costos de producción, principalmente en mano de obra, energía y agua de riego (Gurovich, 2000). Por otra parte, para determinar dichos requerimientos es necesario el conocimiento de cada una de las etapas que vive la planta durante su ciclo (Román, 2000).

En la aplicación de fertilizantes el primer paso consiste en disolver el fertilizante en agua para poder inyectarlo al sistema de riego (Martínez, 2000). Los métodos de inyección son básicamente cuatro. Un método utiliza un inyector tipo Venturi, otro método inyecta por succión en el chupador de la bomba, un tercer método contempla el uso de bombas auxiliares y finalmente un cuarto inyecta a través de estanques herméticos (Martínez, 1999).

Como señala la Figura 1, la inyección a través de un tubo de Venturi es posible ya que al pasar un fluido por la zona de sección menor ( $A_2 < A_1$ ), aumenta su velocidad y disminuye su presión, generando una succión. Si en esta sección se introduce el extremo de otro conducto, se producirá la succión del fluido contenido en dicho conducto.



Figural. Succión a través de un tubo de Venturi.

El efecto Venturi se explica por el principio de Bernoulli (ec. 1), el cual postula que en un sistema hidráulico la suma de todas las energías es una constante. Dichas energías corresponden a la energía cinética ( $V^2/2g$ ), de presión ( $\rho/\gamma$ ) y gravitacional ( $y$ ), (Simon, 1994).

$$V_1^2/2g + \rho_1/\gamma + y_1 = V_2^2/2g + \rho_2/\gamma + y_2 \quad (\text{ec. 1.})$$

V = velocidad de flujo en la sección considerada

g = aceleración de gravedad

$\gamma$  = peso específico del fluido

y = elevación

La inyección por Venturi funciona cuando hay diferencia entre la presión del agua en la matriz de riego y la presión de la solución fertilizante que entra a la matriz. La Figura 2 muestra un sistema de inyección por Venturi, el cual se instala generalmente en paralelo, debido a que el caudal que circula por el sistema rebasa la capacidad del propio Venturi, cuya capacidad de succión es reducida. Por lo anterior, se recomienda su uso solamente en instalaciones pequeñas, donde se requiere sólo un inyector (Ferreya y Sellés, 2001). El Venturi es comúnmente utilizado en fertirrigación debido a su simplicidad, bajo costo y fácil mantenimiento. Además, inyecta químicos a tasa constante por lo cual es fácil de calibrar a través de medidores de flujo (Burt *et al.*, 1998).

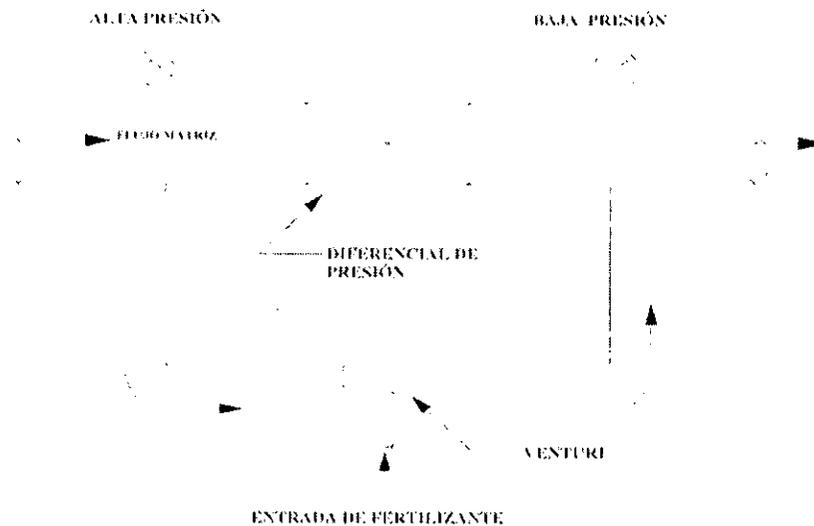


Figura 2. Sistema de inyección por Venturi

El sistema de inyección por succión consiste en conectar el estanque abonador al tubo de succión del equipo de bombeo, tal como se muestra en la Figura 3. Este método de inyección presenta la dificultad de corrosión prematura de toda pieza metálica en el cabezal de riego debido a la acción de ácidos y fertilizantes que en este lugar se encuentran muy concentrados. Especial cuidado se debe tener en la operación del sistema para evitar la entrada de aire a la bomba, cuando el estanque abonador haya quedado vacío (Ferreyra y Sellés, 2001).

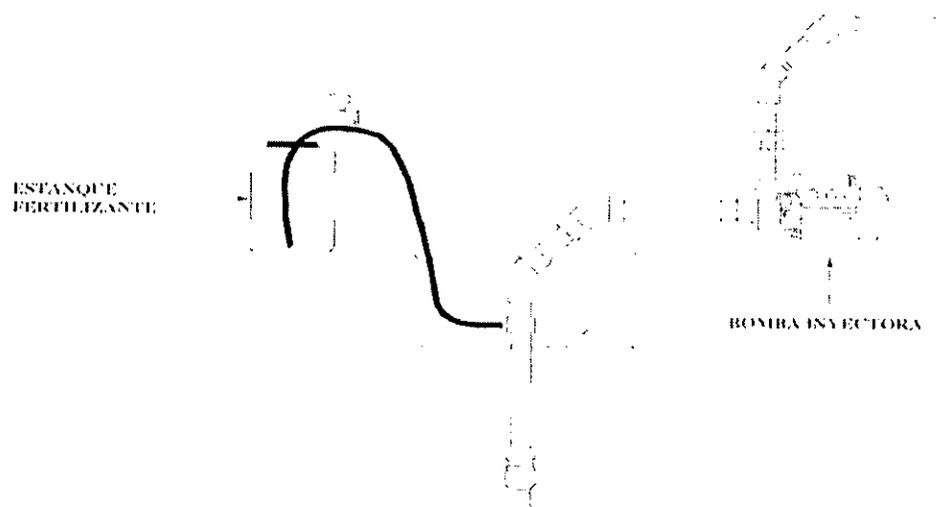


Figura 3. Sistema de inyección por succión

El uso de bombas inyectoras auxiliares permite un control estricto de las dosis a aplicar, frecuencia y tiempo que dura la aplicación. Estas bombas son de bajo caudal, alta presión de trabajo y están construidas de materiales resistentes a la corrosión (Ferreyra y Sellés, 2001). Como muestra la Figura 4, una bomba auxiliar puede ser conectada al estanque abonador para inyectar directamente la solución fertilizante a la línea de suministro de agua.

Las bombas inyectoras auxiliares pueden ser de pistón múltiple o simple, de diafragma, centrífugas o de cojinete. Todas estas bombas pueden ser reguladas para obtener una tasa de inyección deseada ajustando el recorrido del pistón, seleccionando un diámetro de poleas apropiado o mediante el uso de motores con velocidad variable. Además, las bombas pueden ser adaptadas para recibir señales desde válvulas, las cuales pueden ser usadas para aplicar fertilizantes en cantidades precisas (Bucks y Nakayama, 1986).

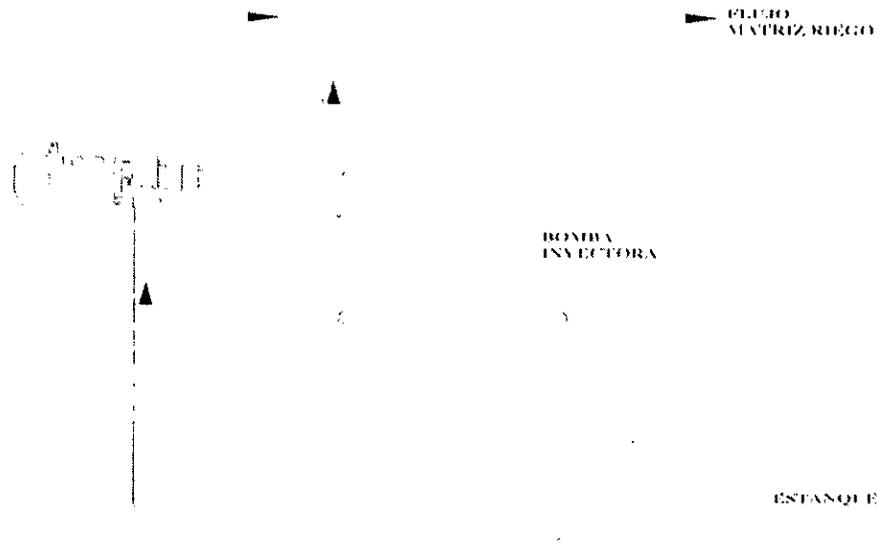


Figura 4. Sistema de inyección por bombas inyectoras auxiliares.

Otra manera de inyectar fertilizantes usa un diferencial de presión creado en la línea de suministro de agua. Este se logra colocando un aparato restrictor, como es una válvula en la línea de suministro. De este modo, el agua aguas arriba de la válvula tendrá una presión más alta que la del agua aguas abajo de la válvula. El agua del lado aguas arriba se desvía a un tanque hermético, pasando a través de él y llevándose el fertilizante. Después regresa a la porción de baja presión aguas abajo de la tubería. Este método de inyección no es recomendable en sistemas donde hay más de una sección para ser regada debido a que el rango de aplicación de fertilizantes no es uniforme. El agua que pasa primero a través del tanque sale con una concentración de fertilizantes más alta que la del resto a medida que una dilución química tiene lugar dentro del tanque (Reckmann y Vergara, 2000). La principal ventaja de este método de inyección es la ausencia de partes móviles y el no requerir de bombas de ningún tipo (Bucks y Nakayama, 1986). La Figura 5 muestra el método de inyección que utiliza un tanque hermético.

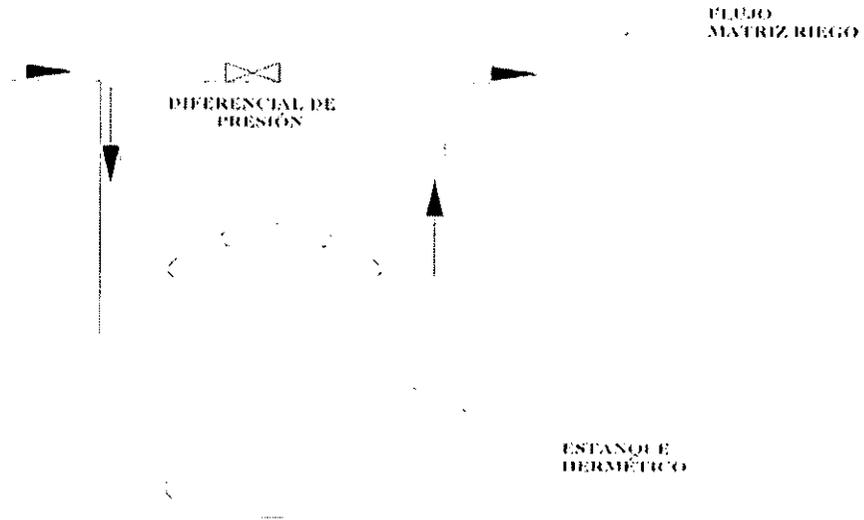


Figura 5. Sistema de inyección por tanques herméticos.

Una alternativa para la inyección de fertilizantes es el uso de un Venturi auxiliado por una bomba. Como señala la Figura 6, este sistema usa una bomba para crear un aumento de presión en una línea de "by pass" con un Venturi. El agua es llevada fuera de la línea principal de riego para pasar por el Venturi. Luego, el agua con la mezcla de fertilizantes, a alta presión, es regresada a la línea principal de riego (Reckmann y Vergara, 2000). La bomba provee de un diferencial de presión constante, logrando de este modo, una tasa de inyección de fertilizantes uniforme. Además, al no entrar en contacto con los fertilizantes, no se requiere que este construida con materiales resistentes a la corrosión, por lo cual pueden ser de bajo costo (Burt *et al.*, 1998).

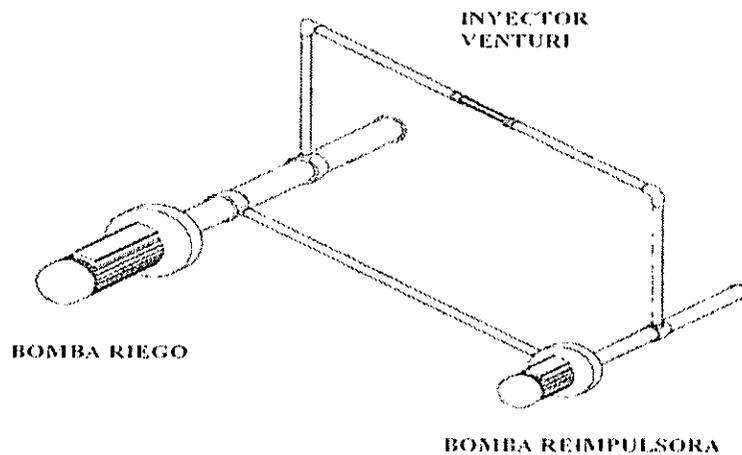


Figura 6. Sistema de inyección por Venturi auxiliado por bomba.

En los sistemas de fertigración es común usar más de una unidad inyectora. Esto obedece principalmente a que un inyector puede ser usado y calibrado para un solo químico que tendrá una viscosidad y peso específico únicos. Además existen fertilizantes que son incompatibles y requeridos en distintas cantidades en el mismo tiempo de aplicación. También es común la inyección de fertilizantes tanto antes como después de los filtros. En general, los fertilizantes se inyectan aguas arriba de los filtros y los ácidos aguas abajo de los filtros para evitar daños en los últimos (Burt *et al.*, 1998).

Actualmente en el mercado existen sistemas de inyección de fertilizantes automatizados de alta precisión, no obstante, sus costos de implementación (\$ 7-10 mill.) son inalcanzables para agricultores pequeños (20 ha). Existen alternativas de sistemas de inyección más económicas (\$ 200.000), sin embargo, no permiten realizar una aplicación de fertilizantes uniforme y no son automatizados.

Al utilizar los sistemas de inyección de fertilizantes más económicos, es necesaria la mano de obra durante el proceso de inyección, tanto como para agitar la solución fertilizante y lograr una buena homogenización de la solución, como para evitar la succión de aire, lo que dificulta la correcta aplicación y dosificación de los fertilizantes. Además, estos sistemas cuentan sólo con un estanque para la solución fertilizante, lo que dificulta la aplicación de dos o más fertilizantes cuando no existe compatibilidad química entre ellos.

Con la intención de subsanar la situación anterior, se presenta como objetivo el diseñar, construir, evaluar y calcular el costo de un sistema de inyección de fertilizantes de alto flujo para un equipo de riego con sectores de 4 ha para uva de mesa.

## MATERIALES Y MÉTODO

La construcción y evaluación del diseño de inyección de fertilizantes se realizó en el Laboratorio de Hidráulica del Departamento de Ingeniería y Suelos, en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, comuna de La Pintana, Santiago, durante los meses de mayo a julio de 2006.

### Materiales

En el Cuadro 1, se señala la marca y modelo de los componentes que conforman el sistema de inyección de fertilizantes.

Cuadro 1. Componentes del sistema de inyección de fertilizantes.

Componente	Marca	Modelo
Bomba reimpulsora	Pedrollo	CP 25/200B
Bomba sopladora	Planas	1,5 HP
Válvulas de bola	Hidroten	PVC 1" y 1 1/2"
Válvulas solenoides	Hunter	Heavy Duty 1"
Válvulas de retención vertical	Genebre	Metalico 3/4"
Válvulas de asiento inclinado	Plasson	1/2"
Inyectores Venturi	Mazzei	1078-2 1"
Contadores volumétricos	Arad	Dishnon KD
Contador volumétrico riego	Arad	IRT 4"
Filtro de malla	Palaplast	3/4"
Programador	Sirius	300

### Desarrollo del diseño

Se planteó el diseño de un sistema de inyección de fertilizantes basado en un inyector Venturi auxiliado por una bomba reimpulsora para un sistema de riego con sectores de 4 ha y un programa de fertilización referencial en uva de mesa. Además, el diseño contempló la necesidad de minimizar el uso de mano de obra al inyectar y dosificar fertilizantes.

El diseño del sistema de inyección comenzó con la determinación de la tasa de inyección mínima necesaria y la elección de un inyector Venturi apropiado para dicha tasa. Para lo anterior, se consideraron las necesidades nutricionales de la vid en cada una de sus etapas de crecimiento, un sistema de riego referencial y los fertilizantes que contienen dichos nutrientes y sus solubilidades.

Una vez determinada la tasa de inyección y escogido el inyector Venturi, se procedió a la elección de la bomba reimpulsora. Se incluyó dicha bomba en el diseño con el objeto de otorgar un flujo constante a los inyectores y de provocar un diferencial de presión. Con el flujo constante se logró una succión uniforme por parte del Venturi. A su vez, el diferencial permitió el ingreso de la solución succionada por el inyector a la matriz de riego. De este modo no es necesario disminuir la presión en la matriz mediante un aparato restrictor. Posteriormente, se incluyeron válvulas, con el propósito de evitar flujos cuando el sistema de riego opere sin el sistema de inyección.

Se consideró el hecho de que las necesidades de fertilización varían según el suelo y el manejo dado por cada productor, por lo cual se decidió incluir en el diseño tres inyectores. Estos se colocaron en paralelo, permitiendo el uso de ellos ya sea de a uno, en pares o los tres a la vez.

Establecida la base del sistema de inyección se propuso dotarlo de una capacidad de control y registro sobre las soluciones fertilizantes inyectadas y de una capacidad de automatización, para minimizar las necesidades de mano de obra. Para lo anterior, se incluyó un programador que activa y desactiva en forma automática los sistemas de riego y fertirrigación, según parámetros como fecha, hora y volúmenes aplicados. Además, dicho programador, permite un control de la fertilización, por tiempo y por volumen, logrando de este modo, aplicar los fertilizantes en forma precisa.

Para el buen funcionamiento del programador, se agregaron en el diseño, contadores volumétricos, de manera que entregaran información sobre el volumen de las soluciones inyectadas, mediante pulsos eléctricos que éstos proporcionan al programador. También, se incluyó un contador volumétrico en la matriz de riego, con el propósito de otorgar al programador información sobre el volumen del agua de riego que pasa por el sistema.

### **Construcción y evaluación**

El sistema de inyección fue construido a partir del diseño elaborado. Se colocaron todos los componentes señalados en el Cuadro 1, exceptuando el contador volumétrico de 4 pulgadas incluido en la matriz de riego y la bomba sopladora. Se incluyó, a cambio del contador mencionado, un contador volumétrico igual a los utilizados para medir la solución inyectada. Dicho contador entregó la información que el programador necesita acerca de los volúmenes de riego que se aplican. No se incluyeron estanques de almacenamiento de las soluciones fertilizantes como tampoco la bomba de agitación de fertilizantes ya que se inyectó sólo agua pura y se ocupó el sistema de canaletas y foso del laboratorio mencionado. Además, se utilizó una bomba de riego marca Cornell modelo 1,5W-5-2 (Cornell Pump, 1995), también del laboratorio.

Se utilizaron fittings y tuberías de PVC, clase 10, para todo el sistema, variando las dimensiones según el diseño. Además, se hizo necesaria la incorporación de un tablero eléctrico para el correcto funcionamiento del programador y las bombas.

La evaluación del sistema incluyó la revisión del buen funcionamiento de los contadores volumétricos. Para ello, fueron succionados volúmenes de agua contenidos en recipientes aforados, de manera de poder comparar visualmente el volumen registrado en el programador, por cada contador, con el volumen conocido del recipiente. Esta operación se realizó en cuatro oportunidades para cada contador volumétrico.

El sistema de inyección fue evaluado respecto a la uniformidad de las tasas de inyección. Se programaron inyecciones de 250 litros de agua pura y se midió el tiempo cada 10 litros inyectados, exceptuando los primeros 20 litros de manera de medir una vez estabilizado el sistema. Esta operación permitió evaluar los inyectores en todas las combinaciones de funcionamiento posibles. Esto es, funcionando cada inyector solo, en pares y funcionando los tres. De este modo, se evaluaron 4 combinaciones de funcionamiento por inyector y 12 combinaciones en total. Por cada combinación de funcionamiento se realizaron mediciones en cuatro oportunidades.

En el Cuadro 2 se muestran las distintas combinaciones de funcionamiento del diseño. El inyector n° 1 corresponde al de posición más lejana a la bomba reimpulsora, el n° 3 es el más cercano y el n° 2 corresponde al central. Los números subrayados indican el inyector evaluado en cada combinación, la ausencia de número indica el o los inyectores que no funcionan en la combinación.

Cuadro 2. Combinaciones de funcionamiento.

Combinaciones	Inyector		
	1	2	3
1	<u>1</u>	/	/
2	<u>1</u>	2	/
3	<u>1</u>	/	3
4	<u>1</u>	2	3
5	/	<u>2</u>	/
6	1	<u>2</u>	/
7	/	<u>2</u>	3
8	1	<u>2</u>	3
9	/	/	<u>3</u>
10	1	/	<u>3</u>
11	/	2	<u>3</u>
12	1	2	<u>3</u>

Los resultados obtenidos en las distintas combinaciones de funcionamiento del diseño fueron promediados y sometidos a análisis de varianza a un nivel de confianza de un 95%. Luego fueron graficados, de manera de poder corroborar que no varían en más de un 5% respecto del promedio de los mismos. Finalmente se graficaron los promedios totales de las tasas de inyección.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diseño

#### Plano general del diseño de inyección.

En la Figura 7 se muestra el plano del sistema de inyección de fertilizantes.

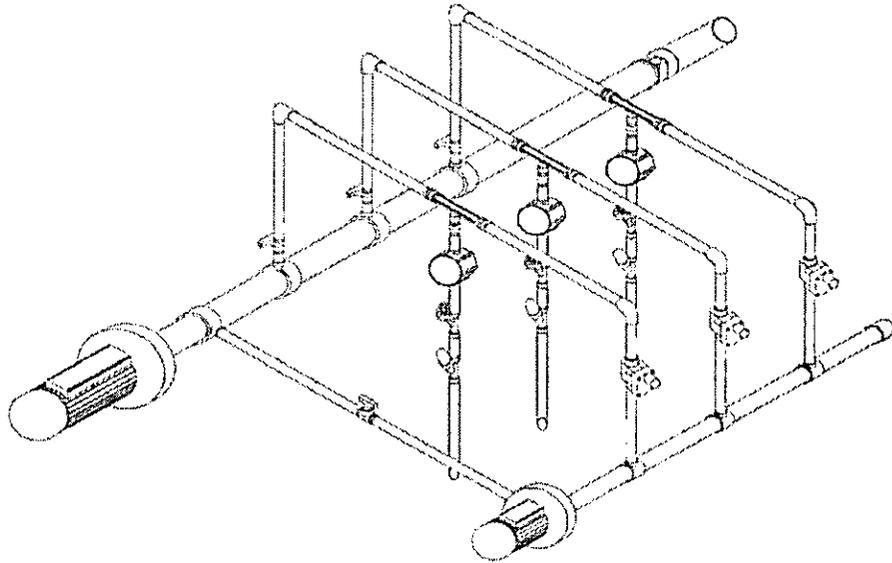


Figura 7. Plano del sistema de inyección de fertilizantes.

Como señala la Figura 8, los contadores volumétricos de la solución fertilizante y el contador de riego constituyen las entradas para el programador, alimentándolo de información sobre los volúmenes de fertilizantes inyectados y sobre el agua de riego aplicada respectivamente. A su vez, las bombas de riego, reimpulsora y agitadora de fertilizantes, junto a las válvulas solenoides constituyen las salidas del programador, el cual activará y desactivará las primeras y abrirá y cerrará las segundas.

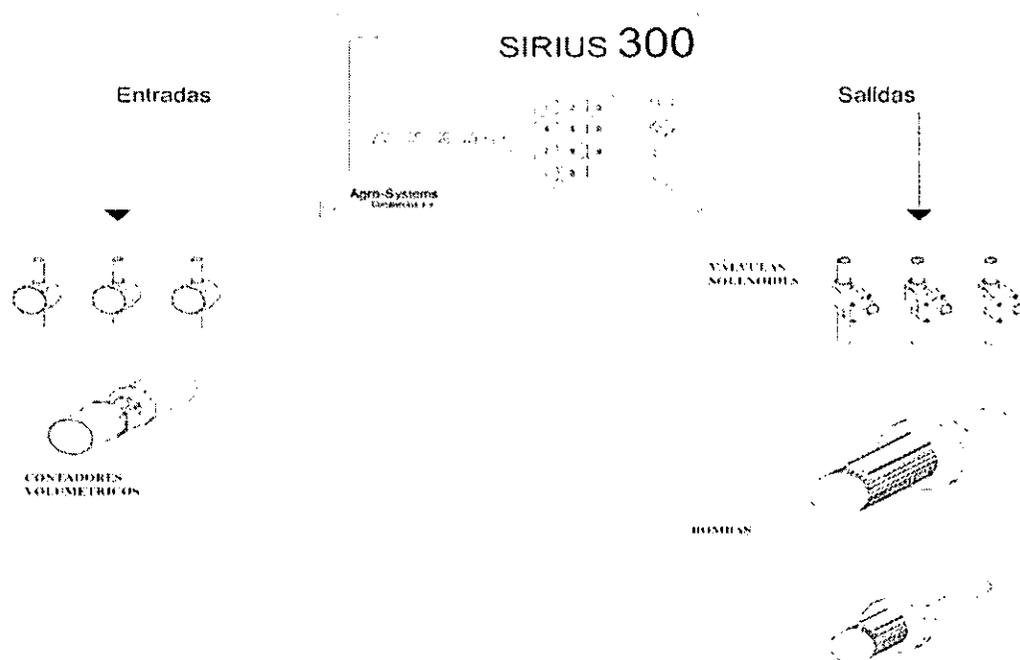


Figura 8. Entradas y salidas del programador.

### Determinación de la tasa de inyección y elección del inyector Venturi.

La determinación de la tasa de inyección mínima necesaria se calculó a partir de los requerimientos de nutrientes en cada etapa de crecimiento de la vid.

Conradie (2000) establece los requerimientos de nutrientes en los distintos estados de crecimiento para uva de mesa en Sud África con un rendimiento esperado de 25 ton/ha.

Cuadro 3. Requerimientos de nutrientes por etapa de crecimiento de Uva de mesa.

Etapas de Crecimiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Etapa 1	11,3	16,3	15,9	10,6	10,7
Etapa 2	10,9	16,5	11,0	14,7	10,8
Etapa 3	12,8	17,7	22,5	24,4	16,6
Etapa 4	22,9	24,3	26,4	23,3	26,4
Etapa 5	4,5	2,0	9,0	7,4	12,8
Etapa 6	37,6	23,2	15,2	21,5	22,7
Total	100	100	100	100	100

Etapa 1: Brotación a comienzos de Floración

Etapa 2: Período de Floración

Etapa 3: Final de Floración a Tamaño Arveja

Etapa 4: Tamaño Arveja a Pinta

Etapa 5: Pinta a Coscecha

Etapa 6: Post cosecha

(Conradie, 2000)

Los nutrientes requeridos están contenidos en fertilizantes solubles que presentan distintas solubilidades y compatibilidad química en solución. El Cuadro 4 muestra algunos fertilizantes solubles utilizados en la producción de uva de mesa, su aporte de macronutrientes y solubilidad a distintas temperaturas.

Cuadro 4. Aporte de nutrientes y solubilidad ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) de los fertilizantes solubles para fertirriego.

Fertilizantes Fórmula Química	Nutrientes (%)						Solubilidad ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	
	(N)	( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	( $\text{K}_2\text{O}$ )	(S)	(MgO)	(CaO)	0°C	20°C
Urea $\text{NH}_2(\text{CONH}_2)$	46						670	1080
Fosfato monopotásico $\text{KH}_2\text{PO}_4$		52	34	0,2			143	227
Sulfato de potasio $\text{K}_2\text{SO}_4$			50	18			75	111
Nitrato de calcio $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{NH}_4\text{NO}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$	15,5					26,6	1010	1294
Sulfato de magnesio $\text{SO}_4\text{Mg}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$				13	26		356	454

(Román, 2001)

Con la información señalada en los cuadros 3 y 4 se calculó el requerimiento de fertilizantes en cada etapa de crecimiento, expresados en kilogramos, para sectores de riego de 4 hectáreas (Apéndice I). Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Requerimiento de fertilizante para sectores de 4 ha por etapas de crecimiento (kg por sector).

Fertilizante	Requerimiento de fertilizante por etapas (kg por sector)					
	Etapal	Etapal 2	Etapal 3	Etapal 4	Etapal 5	Etapal 6
Urea	71	60	49	130	15	266
Fosfato monopotásico	51	53	56	78	7	74
Sulfato de potasio	81	41	125	140	63	65
Nitrato de calcio	76	106	167	182	61	167
Sulfato de magnesio	25	25	39	62	30	53

Conocida la cantidad máxima a aplicar por cada fertilizante en las distintas etapas de crecimiento se procedió a calcular el volumen de agua necesario para disolver dichos fertilizantes de acuerdo a la solubilidad promedio entre 0°C y 20°C de cada uno. En el Cuadro 6 se señalan las solubilidades promedio de cada fertilizante, las mayores cantidades a aplicar de cada uno en las distintas etapas de crecimiento y el volumen de agua necesario para disolver dichas cantidades.

Cuadro 6. Máximo volumen de solución fertilizante a inyectar.

Fertilizante	Solubilidad promedio (g·L <sup>-1</sup> )	Máxima cantidad fertilizante (kg)	Volumen de agua necesario (L)
Urea	875	266	304
Fosfato monopotásico	185	78	421
Sulfato de potasio	93	140	1500
Nitrato de calcio	1152	182	157,99
Sulfato de magnesio	356	53	148,88

Una vez conocidos los volúmenes de agua necesarios para disolver las mayores cantidades de cada fertilizante a aplicar, se obtuvo el máximo volumen de solución fertilizante a inyectar. Dicho volumen, corresponde a 1494 L de solución con sulfato de potasio. Este volumen de solución fertilizante debe aplicarse en la etapa de tamaño arveja a pinta, cuya duración aproximada es de 30 días (Conradie, 2000).

Se consideró inyectar el doble del volumen máximo de solución fertilizante con el propósito de minimizar las posibilidades de precipitación de la solución en los estanques. Se propuso inyectar dicho volumen, equivalente a 3000 L, a un sistema de riego con sectores de 4 ha, donde el tiempo estimado de riego corresponde a 4,6 horas, a partir de parámetros climáticos, de cultivo y de diseño referenciales (Apéndice II). Se consideró un tiempo de inyección de fertilizantes equivalente a la mitad del tiempo de riego (Román, 2001) y una aplicación de fertilizantes de dos veces por semana.

Obtenido el máximo volumen de solución fertilizante a inyectar más las consideraciones anteriores, se determinó la tasa de inyección necesaria, equivalente a 3,6 litros por minuto (Apéndice II). De este modo, se escogió un inyector Venturi marca Mazzei, modelo 1078 de una pulgada, capaz de inyectar a una tasa, al menos, igual a la anterior. Sin embargo, dicha tasa de inyección varía de acuerdo a la presión con que opere el inyector y al flujo que pasa por el mismo. Las tasas de inyección según presión y flujo de operación están dadas por el fabricante en forma tabulada (MAZZEI INYECTOR CORPORATION, 2005).

#### **Cantidad de inyectores Venturi.**

Debido a que las necesidades de fertilización varían según el suelo y el manejo dado por cada productor se decidió incluir en el diseño tres inyectores. Estos se colocaron en paralelo, permitiendo el uso de ellos ya sea de a uno, en pares o los tres a la vez. De esta forma se puede aumentar la tasa de inyección si se aplica un mismo fertilizante con los tres inyectores, como también es posible inyectar hasta tres fertilizantes distintos a la vez, siempre que exista compatibilidad química entre los fertilizantes en solución a aplicar. De este modo, el diseño puede ser utilizado de acuerdo a las necesidades de cada productor.

### Elección y ubicación de la bomba reimpulsora.

Se eligió una bomba reimpulsora marca Pedrollo, modelo CP 25/200B, considerando la capacidad de flujo de los inyectores Venturi y la capacidad de la bomba principal de riego disponible (PEDROLLO ELECTROBOMBAS, 2005). De esta manera, se evitó que la bomba reimpulsora succione todo el caudal que pasa por la matriz de riego y que el caudal entregado por ella no sobrepase la capacidad de los inyectores.

Como señala la Figura 9, se ubicó la bomba reimpulsora de manera que succionara agua desde la matriz de riego y proveyera de un flujo constante a los inyectores. Posteriormente, dicho flujo más la solución fertilizante succionada por los inyectores, puede volver a la matriz de riego gracias al diferencial de presión creado.

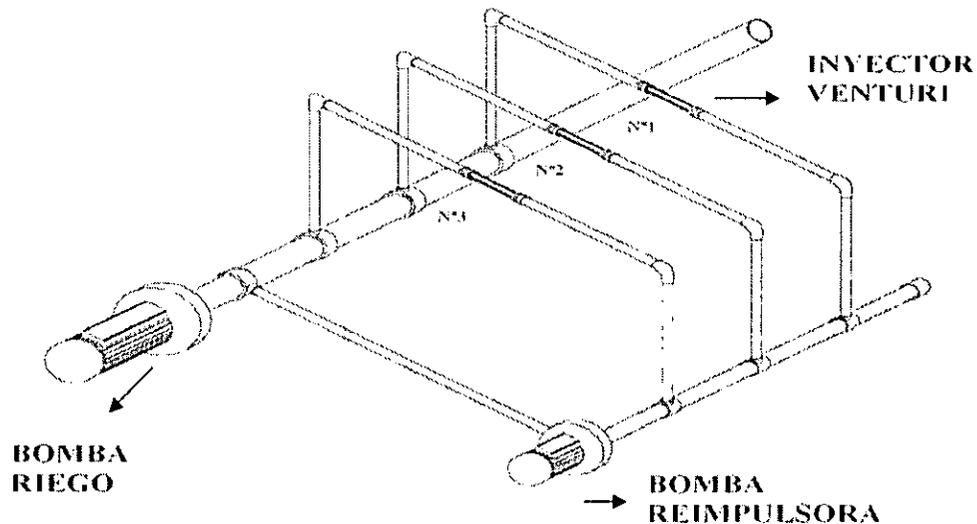


Figura 9. Ubicación de la bomba reimpulsora en el diseño.

### Ubicación de válvulas.

Se incluyeron en el diseño distintas válvulas con el propósito de evitar flujos cuando el sistema de riego opere sin el sistema de inyección. Como muestra la Figura 10, estas válvulas fueron ubicadas en la tubería que conecta la matriz principal con la bomba reimpulsora y en las tuberías de descarga de las soluciones fertilizantes hacia la matriz de riego. Son de acción manual y su función es preventiva, no siendo indispensable cerrarlas cada vez que se deje de fertilizar. También se incluyeron válvulas con el objeto de permitir la inyección de uno, dos o tres fertilizantes a la vez. Dichas válvulas, de tipo solenoide, fueron ubicadas en las tuberías que conectan a los inyectores con la bomba reimpulsora. Son válvulas de funcionamiento hidráulico, de apertura y cierre lento (2 segundos), capaces de trabajar a altas presiones y de bajo costo, razón por la cual, se escogieron dichas válvulas en vez de válvulas eléctricas de acción mecánica, de apertura y cierre rápidos, pero incapaces de trabajar a altas presiones y de alto costo. Por último,

con el fin de evitar flujos inversos en los inyectores, se hizo necesario ubicar válvulas de retención en la entrada de los puntos de inyección de los Venturis, precisamente en las tuberías que conectan aquellos con los estanques para las soluciones fertilizantes.

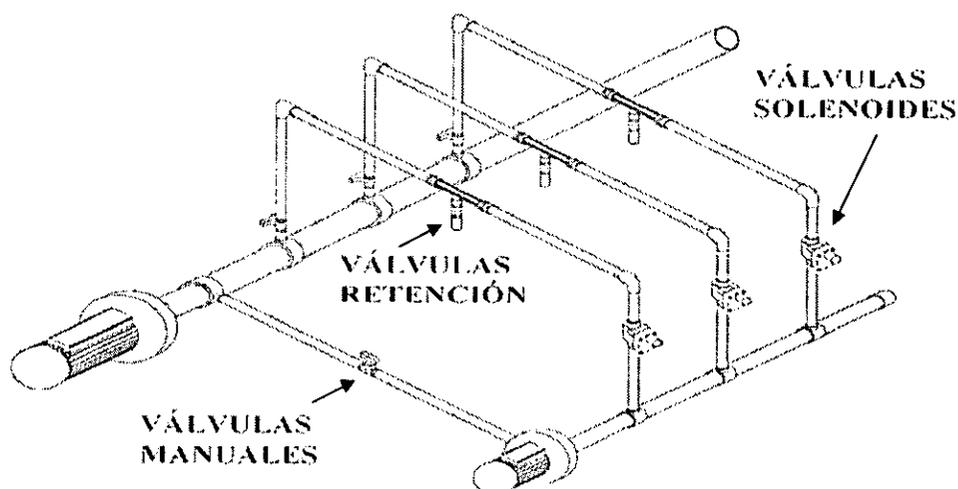


Figura 10. Ubicación de las válvulas en el diseño.

#### **Elección del programador y contadores volumétricos.**

Se eligió un programador marca Sirius, modelo 300, con capacidad para 12 entradas y 24 salidas de señales (AGROSYSTEMS CONSORCIOS S.A., 2006). Dicho programador fue escogido entre otras marcas y modelos debido a su capacidad de recibir información desde múltiples contadores volumétricos, no así el programador marca Agronic, modelo 2000, escogido en un principio, capaz de recibir la señal de sólo un contador fertilizante (SISTEMES ELECTRONICS, 2005). El programador elegido, permite abrir y cerrar válvulas solenoides, controlar la agitación de fertilizantes, detectar averías y registrar los litros de solución fertilizante pendientes a aplicar y los metros cúbicos de agua pendientes por regar.

Para que el programador elegido controle la inyección de las soluciones fertilizantes mediante volumen, se deben establecer ciertos parámetros. Estos deben ser digitados en el programador y corresponden a la fecha y hora de inicio de riego, volumen total de riego y volúmenes de solución fertilizante a inyectar. También es necesario, que el programador reciba información de los volúmenes de inyección y riego que pasan por el sistema, de manera de poder activarlo y desactivarlo. Por lo anterior, se incluyeron contadores volumétricos para registrar los volúmenes de las soluciones fertilizantes a inyectar y del riego a aplicar.

Como señala la Figura 11, los contadores volumétricos para registrar los volúmenes de las soluciones fertilizantes inyectadas se dispusieron en las tuberías que conectan los inyectores Venturi con los estanques para las soluciones fertilizantes, aguas arriba de las válvulas de retención antes mencionadas. Se eligieron contadores volumétricos marca Arad, modelo Dishnon KD, tomando en cuenta la tasa de inyección calculada para la elección de los inyectores (ARAD, 2005). El contador volumétrico destinado a registrar el volumen de agua de riego se ubicó en la matriz principal, aguas abajo de los puntos de descarga de la solución fertilizante. Esto obedece, a que el programador debe recibir información sobre el volumen de agua que pasa por la matriz para activar la bomba reimpulsora y abrir las válvulas solenoides antes mencionadas. Se eligió un contador volumétrico marca Arad, modelo IRT de 4 pulgadas (ARAD, 2005), considerando el caudal que pasa por la matriz de riego.

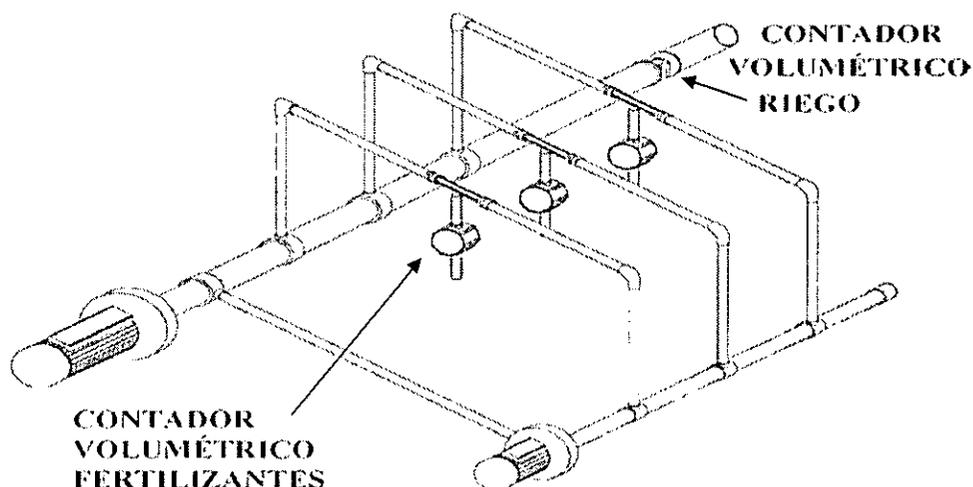


Figura 11. Contadores Volumétricos

De este modo, luego de comenzado el riego por orden del programador, según fecha y hora, y de ser aplicada una fracción del volumen total de riego, el sistema de inyección de fertilizantes se activará mediante el programador, activando la bomba reimpulsora y abriendo las válvulas solenoides. Una vez inyectado todo el volumen de la solución fertilizante, registrado por el programador, el sistema de inyección se desactivará, mientras que la bomba de riego continuará funcionando hasta que se aplique el total del volumen de riego deseado.

El programador también permite el control de la inyección de fertilizantes y del riego por tiempo. Para esto, se debe establecer el tiempo total de riego y el tiempo para la aplicación de fertilizantes. Durante el tiempo total de riego debe existir un período anterior a la inyección de fertilizantes y otro posterior. La suma de dichos períodos más el tiempo de aplicación de inyección debe ser menor o igual al tiempo total de riego. Si es que se fertiliza en serie, se pueden incluir tiempos de separación entre la aplicación

de las distintas soluciones fertilizantes. Además, es posible incluir un tiempo de agitación de las soluciones en los estanques. Este método de control es menos preciso que el método de control por volumen, pero puede ser utilizado si es que se conocen con exactitud las tasa de inyección de fertilizantes y el tiempo total de riego. Su uso no requiere de contadores volumétricos ya que toda activación de bombas y apertura de válvulas dependerá de los tiempos ingresados al programador.

#### **Ubicación de válvulas de control, filtros y estanques.**

Con el propósito de tener algún control sobre el caudal inyectado, se agregaron en el diseño válvulas reguladoras de asiento inclinado. Estas válvulas fueron ubicadas en la tubería que conecta los inyectores con los estanques para las soluciones fertilizantes, aguas arriba de los contadores volumétricos. Dichas válvulas son manuales y al cerrarlas disminuyen el caudal succionado por los inyectores. De este modo, es posible disminuir la tasa de inyección si es que se hace necesario. Finalmente, con el propósito de que la solución fertilizante sea inyectada sin materiales extraños, se colocaron filtros a la salida de los estanques. Así, se evitan averías en el sistema de inyección de fertilizantes debido a la obstrucción de alguno de sus componentes.

El diseño incluye tres estanques desde donde inyectar la solución fertilizante. La capacidad de los estanques variará de acuerdo a las necesidades de fertilización. Cada estanque cuenta con un sistema de agitación neumático de la solución mediante una bomba sopladora capaz de agitar tres estanques a la vez. Dicha bomba se conecta al programador el cual activará la agitación de la solución fertilizante antes y durante la aplicación de los fertilizantes.

#### **Modalidades de operación del diseño.**

El sistema de inyección de fertilizantes presenta distintas modalidades de operación. El diseño incluye tres inyectores dispuestos en paralelo, cada uno con su propio estanque para la solución fertilizante. El Cuadro 7 muestra las posibles modalidades de operación y los litros de fertilizantes a inyectar, suponiendo que cada Venturi inyecta  $4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Así, es posible inyectar un fertilizante a tres tasas distintas de inyección, esto es con uno, dos o tres inyectores funcionando. También, es posible aplicar dos fertilizantes compatibles al mismo tiempo, a la misma tasa inyección o a distintas tasas, ocupando un inyector para un fertilizante y los dos sobrantes para el segundo. Por último, el diseño permite la inyección de tres fertilizantes a la vez, a tasas similares y siempre que exista compatibilidad química entre ellos.

**Cuadro 7. Modalidades de operación del diseño**

Número de fertilizantes	Inyección Venturi 1 ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	Inyección Venturi 2 ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	Inyección Venturi 3 ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	Total Inyección ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )
1	4	0	0	4
1	4	4	0	8
1	4	4	4	12
2	4	4	0	8
2	4	4	4	12
3	4	4	4	12

### Evaluación

Al revisar el buen funcionamiento de los contadores volumétricos, los volúmenes registrados, por los contadores en el programador, coincidieron en todas las oportunidades con el volumen succionado desde los recipientes aforados.

En el Cuadro 8 se muestran los promedios entre mediciones de las tasas de inyección de cada combinación de funcionamiento, obtenidas por cada 10 litros inyectados (Apéndice III).

Cuadro 8. Promedios de tasas de inyección por combinación.

Combinaciones Litros Residuales	Tasa de Inyección (L·min <sup>-1</sup> )											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
230	/ <sup>1</sup>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
220	3,94	3,96	3,98	3,89	4,07	4,14	4,11	4,02	4,16	4,16	4,05	3,91
210	3,92	3,94	3,96	3,89	4,09	4,15	4,09	4,02	4,16	4,16	4,05	3,92
200	3,93	3,94	3,96	3,89	4,09	4,14	4,09	4,00	4,17	4,14	4,03	3,93
190	3,92	3,94	3,97	3,90	4,09	4,12	4,08	4,00	4,17	4,16	4,04	3,91
180	3,92	3,93	3,96	3,89	4,08	4,14	4,07	3,99	4,17	4,15	4,04	3,91
170	3,93	3,93	3,96	3,89	4,09	4,13	4,07	3,98	4,18	4,16	4,04	3,92
160	3,93	3,93	3,95	3,90	4,08	4,11	4,06	3,99	4,17	4,15	4,04	3,90
150	3,91	3,93	3,96	3,88	4,09	4,12	4,07	4,00	4,18	4,15	4,04	3,90
140	3,92	3,92	3,96	3,90	4,07	4,12	4,06	4,01	4,17	4,15	4,04	3,90
130	3,92	3,93	3,96	3,88	4,07	4,10	4,06	3,99	4,17	4,16	4,03	3,90
120	3,92	3,94	3,95	3,89	4,08	4,11	4,07	3,99	4,18	4,13	4,03	3,89
110	3,93	3,93	3,96	3,90	4,08	4,13	4,07	4,00	4,18	4,16	4,03	3,89
100	3,92	3,93	3,95	3,88	4,09	4,12	4,05	3,98	4,17	4,15	4,03	3,89
90	3,92	3,94	3,95	3,89	4,08	4,13	4,07	3,99	4,16	4,15	4,03	3,90
80	3,92	3,93	3,96	3,89	4,08	4,12	4,05	3,98	4,18	4,15	4,01	3,90
70	3,92	3,94	3,95	3,89	4,08	4,13	4,05	3,98	4,17	4,14	4,03	3,89
60	3,92	3,94	3,96	3,89	4,07	4,12	4,05	3,97	4,15	4,17	4,01	3,89
50	3,93	3,93	3,95	3,88	4,08	4,13	4,05	3,97	4,18	4,14	4,02	3,88
40	3,90	3,93	3,96	3,89	4,07	4,11	4,05	3,99	4,17	4,15	4,02	3,89
30	3,92	3,94	3,96	3,88	4,08	4,13	4,05	3,98	4,17	4,15	4,02	3,90
20	3,91	3,94	3,96	3,88	4,07	4,13	4,07	3,99	4,17	4,14	4,02	3,89
10	3,92	3,93	3,95	3,89	4,08	4,11	4,05	3,99	4,18	4,15	4,02	3,89
0	3,91	3,93	3,95	3,88	4,08	4,12	4,08	3,99	4,16	4,15	4,02	3,89
<b>Promedio</b>	<b>3,92</b>	<b>3,93</b>	<b>3,96</b>	<b>3,89</b>	<b>4,08</b>	<b>4,12</b>	<b>4,07</b>	<b>3,99</b>	<b>4,17</b>	<b>4,15</b>	<b>4,03</b>	<b>3,90</b>
Desviación Estándar	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,06	0,04	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02
Coefficiente variación	0,006	0,005	0,003	0,004	0,01	0,01	0,01	0,01	0,003	0,004	0,01	0,005
p-value	0,99	0,98	0,70	0,31	1,00	1,00	0,92	1,00	0,46	0,11	0,67	0,08

1: Comienzo de la medición del tiempo.

No existe diferencia significativa entre las distintas tasas de inyección en cada combinación. Todas las tasas de inyección superan los  $3,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  propuestos por el diseño. El sistema, usando la bomba de riego señalada, inyecta a una tasa promedio de  $4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Lee *et al.* (2000) evaluaron la precisión de funcionamiento y control de un sistema de fertirrigación computarizado, desarrollado por Fynn y Roberts (1992), el cual inyecta fertilizantes al sistema de riego mediante bombas inyectoras. La evaluación de dicho sistema incluye mediciones sobre las tasas de inyección de fertilizantes, arrojando valores de coeficientes de variación similares a los obtenidos en el diseño desarrollado. Sin embargo, la evaluación señalada concluye que las bombas de inyección arrojan tasas de inyección menores a las programadas por el sistema computarizado.

A continuación las figuras 12 y 13 muestran las tasas de inyección para las combinaciones de funcionamiento con mayor y menor p-value respectivamente. La línea roja indica la tasa de inyección promedio de la combinación y las barras de error cuantifican un 5% del mismo, los puntos señalan el valor promedio entre las cuatro mediciones de las tasas de inyección, obtenidas por cada 10 litros inyectados. Se observa que en ambas combinaciones no se encuentran tasas de inyección superiores o inferiores a la tasa de inyección promedio aumentada o disminuida en un 5%. Las tasas de inyección para las demás combinaciones de funcionamiento se muestran en el apéndice III.

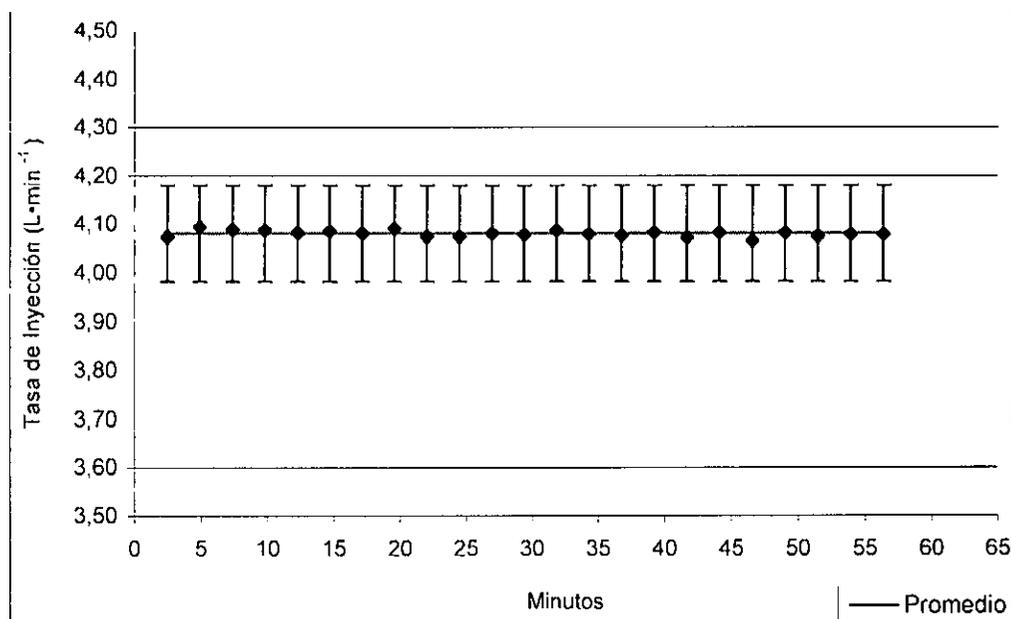


Figura 12. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 5.

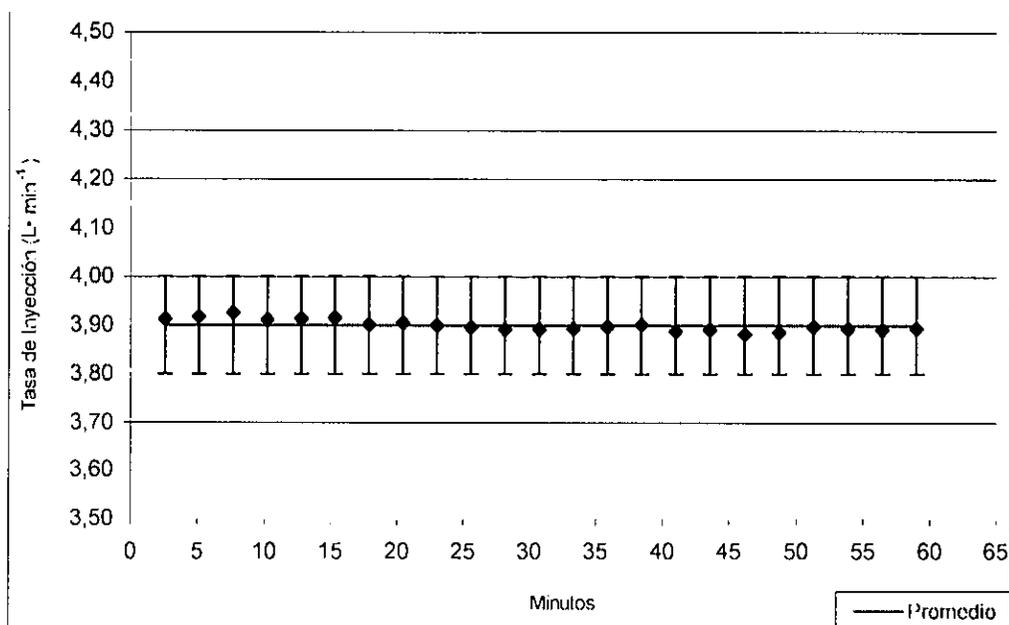


Figura 13. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 12.

La Figura 14 representa el promedio total de las tasas de inyección para todas las combinaciones. Al igual que en las figuras anteriores la línea roja indica la tasa de inyección promedio y las barras de error cuantifican un 5% del mismo, los puntos señalan el valor de la tasa de inyección en un tiempo dado. No se observan tasas de inyección superiores o inferiores a la tasa de inyección promedio aumentada o disminuida en un 5%.

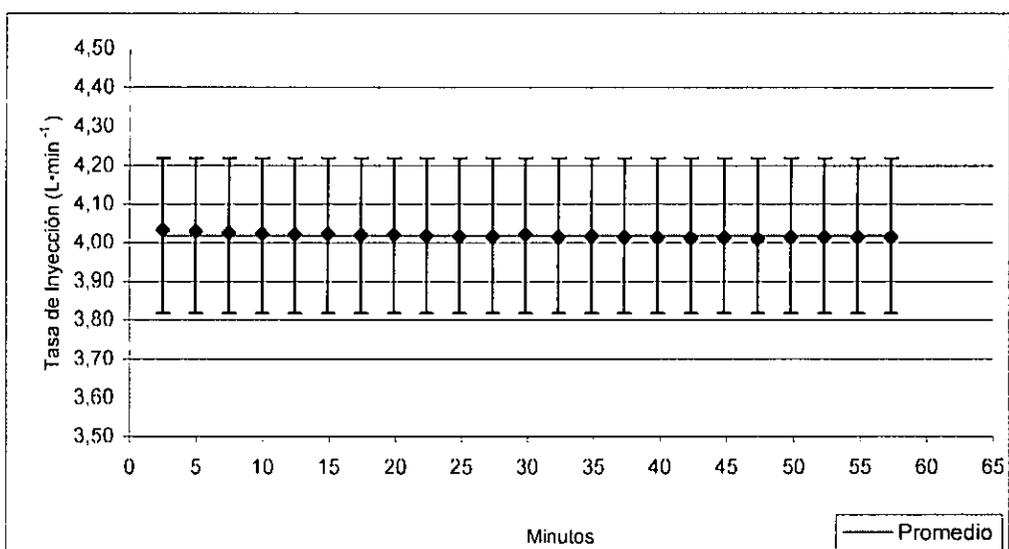


Figura 14. Tasas de inyección y promedio de tasas para el promedio de todas las combinaciones de funcionamiento.

### Costos

El cuadro 9 muestra los costos de la construcción y habilitación del sistema de inyección diseñado.

Cuadro 9. Costos de habilitación del diseño de inyección.

Componente	Marca	Modelo	Costo \$
Bomba reimpulsora	Pedrollo	CP 25/200B	368.820
Bomba sopladora	Planas	1,5 HP Trifásica	489.200
3 Válvulas de bola	Hidroten	PVC 1"	4.385
Válvula de bola	Hidroten	PVC 1 1/2"	4.187
3 Válvulas solenoides	Hunter	Heavy Duty 1"	26.895
3 Válvulas de retención vertical	Genebre	Metálico 3/4"	6.487
3 Válvulas de espiga	Plasson	1/2"	32.775
3 Inyectores Venturi	Mazzei	1078-2 1"	117.780
3 Contadores volumétricos	Arad	Dishnon KD	227.040
Contador volumétrico riego	Arad	IRT 4"	254.410
3 Filtro de malla	Palaplast	3/4"	11.616
Programador	Sirius	3000.	758.000
Tablero eléctrico		2 Contactores	120.000
Cable		THHN	16.601
Cable		AL.NYA2.5mm	7.191
3 Estanques		2000 L	446.085
Mano de obra			90.000
Tuberías y fittings	Duratec	PVC Clase 10	50.000
		Total \$	3.031.472

Los costos de la habilitación del diseño de inyección de fertilizantes pueden variar al utilizar componentes de otras marcas. También pueden existir variaciones según la cantidad de inyectores incluidos en el sistema, dependiendo de las necesidades de cada agricultor.

El costo total supera a otros sistemas de inyección de fertilizantes diseñados para sectores de riego de similar superficie. Estos sistemas son más simples, pueden contar con inyectores Venturis sin bomba reimpulsora, o pueden consistir en motobombas inyectoras de material resistente a la corrosión, monofásicas y de 0,75 HP. Dichos equipos se cotizan en el mercado a \$200.000 aproximadamente. Otros equipos de fertilización que ocupan inyectores Venturi y bomba reimpulsora, capaces de inyectar a 4 y 20 L·min<sup>-1</sup> son cotizados a \$ 1.000.000 y \$1.500.000 respectivamente (<sup>1</sup>Marco Quezada, 2006). Pero estos equipos carecen de programador, válvulas y de contadores volumétricos.

<sup>1</sup>Quezada, Marco. Ingeniero Agrónomo. Dripsa, 2006. Chile. (Comunicación personal)

A su vez, el costo total del sistema de inyección diseñado es menor al de sistemas diseñados para sectores de riego de igual superficie pero que utilizan bombas inyectoras, contadores volumétricos, válvulas eléctricas de apertura y cierre rápido y programador que permiten una inyección de fertilizantes proporcional al volumen de agua de riego. Estos equipos, si cuentan con un sistema de agitación de fertilizantes, se cotizan en el mercado a \$9.000.000 aproximadamente (<sup>1</sup>Marco Quezada, 2006).

---

<sup>1</sup>Quezada, Marco. Ingeniero Agrónomo. Dripsa, 2006. Chile. (Comunicación personal)

## CONCLUSIONES

El diseño de inyección de fertilizantes evaluado alcanza una tasa de inyección promedio para todas las modalidades de uso de  $4,02 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . La menor tasa promedio de inyección, correspondiente a  $3,92 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , se obtuvo en la combinación de funcionamiento uno, es decir, al inyectar sólo con el Venturi N° 1, el más alejado de la bomba reimpulsora. La mayor tasa promedio de inyección se obtuvo en la combinación nueve, al inyectar sólo con el Venturi N° 3, siendo este el más cercano a la bomba reimpulsora.

En todas las combinaciones de funcionamiento, al inyectar 230 litros de agua, no se obtienen tasas de inyección superiores e inferiores a la tasa de inyección promedio alterada en un 5%. El rango de variación de las tasas de inyección obtenidas al evaluar el diseño desarrollado es de  $0,36 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , la menor tasa registrada fue de  $3,85 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  y la mayor de  $4,22 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ .

El costo de implementación del sistema de inyección de fertilizantes desarrollado alcanza los tres millones de pesos. Este monto supera el costo de sistemas de inyección simples y no automatizados, comúnmente usados en pequeñas superficies. Pero a la vez, equivale a un tercio del costo de implementación de sistemas de inyección de fertilizantes proporcionales, que cuentan con bombas inyectoras, electroválvulas y con gran nivel de automatización.

**BIBLIOGRAFÍA**

AGROSYSTEMS CONSORCIOS S.A. Disponible en [www.agro-systems.com](http://www.agro-systems.com). Consultado el 15 de Julio de 2006.

ARAD. Disponible en [www.arad.co.il](http://www.arad.co.il). Consultado el 2 Julio de 2005.

BUCKS, D. and F. NAKAYAMA. 1986. Trickle irrigation for crop production; design, operation and management. Developments in agricultural engineering n° 9. Amsterdam, Holanda, Elsevir Science Publishers. 383 p.

BURT, C., T. O' CONNOR and T. RUEHR. 1998. Fertigation. Irrigation Training and Research Center. California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California USA. 320 p.

CONRADIE, J.W. 2000. Obtención de óptima producción y alta calidad de uva vinífera y de mesa mediante la nutrición a través de fertirriego. Primer seminario internacional de fertirriego de Chile. SOQUIMICH Comercial S.A. Chile. 19 p.

CORNELL PUMP COMPANY, 1995. Pump Selector. Portland, Oregon, USA.

DOMINGUEZ, A. 1989. Tratado de fertilización. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 601 p.

FERREYRA, R. y G. SELLÉS. 2001. Selección, operación y mantención de equipos de riego localizado. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro regional de Investigación Agropecuaria, La Platina. 81 p.

FYNN, R.P. and R. ROBERTS. 1992. Computerized fertigator applies water and nutrients based on plants needs. Growertalks 58(4): 933-99

GUROVICH, L. 2000. Fertigación en la Vid, Avances y desafíos. Primer seminario internacional de fertirriego de Chile. SOQUIMICH Comercial S.A. Chile. 9 p.

LEE, I.-B., P. FYNN and T. SHORT. 2000. Development and evaluation of a computer- controlled fertigation system. Applied Engineering in Agriculture 16(3): 279-284.

MARTÍNEZ, L. 1999. Fertirrigación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi. Comisión Nacional de Riego. 27 p.

MARTÍNEZ, L. 2000. Operación y mantención de equipos de riego para pequeños agricultores. Boletín INIA- Instituto de Investigaciones Agropecuarias n° 24. 30 p.

MAZZEI INYECTOR CORPORATION. Disponible en [www.mazzei.net](http://www.mazzei.net). Consultado el 13 de Junio de 2005.

PEDROLLO ELECTROBOMBAS. Disponible en [www.pedrollo.co.uk](http://www.pedrollo.co.uk). Consultado el 25 de Junio de 2005.

RECKMANN, O. y J. VERGARA. 2000. Instalación, operación y mantención de sistemas de riego localizado. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro regional de Investigación Agropecuaria La Platina. Comisión Nacional de Riego. 120 p.

ROMÁN, S. 2000. Fertilizantes solubles y fertirriego en los frutales estratégicos de Chile. Primer seminario internacional de fertirriego de Chile. SOQUIMICH Comercial S.A. Chile. 37p.

ROMÁN, S. 2001. Libro Azul. Manual básico de fertirriego. SOQUIMICH Comercial S.A. Chile. 177p.

SIMON, A. 1994. Hidráulica Básica. Editorial Limusa, México. 234 p.

SISTEMES ELECTRONICS S.A. Disponible en [www.progres-spain.com](http://www.progres-spain.com). Consultado el 5 de Agosto de 2005.

**APÉNDICE I**

**REQUERIMIENTO DE FERTILIZANTES POR ETAPA DE CRECIMIENTO**

**Etapa 1: Brotación a comienzos de floración (40 días)**

Sulfato de magnesio heptahidratado (0-0-0), (26% Mg).  $\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de MgO = 1,6 Kg/ha; 6,4 kg/sector

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,260 \text{ Kg}$$

$$X \leftarrow 6,4 \text{ Kg}$$

$$X = 24,61 \approx 25 \text{ Kg}$$

Nitrato de calcio (15,5-0-0), (26,5% Ca).  $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Aporta N

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de CaO = 5 Kg/ha; 20 Kg/sector

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,265 \text{ Kg}$$

$$X \leftarrow 20 \text{ Kg}$$

$$X = 75,47 \approx 76 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,155 \text{ Kg N}$$

$$76 \text{ Kg} \rightarrow X$$

$$X = 11,78 \text{ Kg N}$$

Fosfatomonopotásico (0-52-34).  $\text{KH}_2\text{PO}_4$

Aporta K

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $\text{P}_2\text{O}_5$  = 6,6 Kg/ha; 26,5 Kg/sector

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,520 \text{ Kg}$$

$$X \leftarrow 26,5$$

$$X = 50,9 \approx 51 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,340$$

$$51 \rightarrow X$$

$$X = 17,34 \text{ Kg K}_2\text{O}$$

Urea (46-0-0).  $\text{NH}_2(\text{CONH}_2)$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de N = 11 Kg/ha; 44 Kg/sector

$$44 \text{ Kg} - 11,78 = 32,22$$

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,460 \text{ Kg}$$

$$X \leftarrow 32,22 \text{ Kg}$$

$$X = 70,04 \approx 71 \text{ Kg}$$

Sulfato de potasio ((0-0-50).  $K_2SO_4$ )

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $K_2O$  = 14,4Kg/ha; 57,6 Kg/sector

$$57,6 - 17,34 = 40,26$$

$$1Kg \rightarrow 0,500Kg$$

$$X \leftarrow 40,26$$

$$X = 80,52 \approx 81Kg$$

### Etapa 2: Periodo de floración (20 días)

Sulfato de magnesio heptahidratado (0-0-0), (26% Mg).  $SO_4Mg7H_2O$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $MgO$  = 1,6 Kg/ha; 6,4 kg/sector

$$1Kg \rightarrow 0,260Kg$$

$$X \leftarrow 6,4Kg$$

$$X = 24,61 \approx 25Kg$$

Nitrato de calcio (15,5-0-0), (26,5% Ca).  $5Ca(NO_3)_2NH_4NO_3 \cdot 10H_2O$

Aporta N

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $CaO$  = 7 Kg/ha; 28 Kg/sector

$$1Kg \rightarrow 0,265Kg$$

$$X \leftarrow 28Kg$$

$$X = 105,66 \approx 106Kg$$

$$1Kg \rightarrow 0,155KgN$$

$$106Kg \rightarrow X$$

$$X = 16,43KgN$$

Fosfatomonopotásico (0-52-34).  $KH_2PO_4$

Aporta K

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $P_2O_5$  = 6,87 Kg/ha; 27,48 Kg/sector

$$1Kg \rightarrow 0,520Kg$$

$$X \leftarrow 27,48$$

$$X = 52,84 \approx 53Kg$$

$$1Kg \rightarrow 0,340Kg$$

$$53 \rightarrow X$$

$$X = 18KgK_2O$$

Urea (46-0-0).  $\text{NH}_2(\text{CONH}_2)$   
Sector de riego = 4ha  
Requerimiento de N = 11 Kg/ha; 44 Kg/sector

$$44\text{Kg} - 16,43 = 27,57$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,460\text{Kg}$$

$$X \leftarrow 27,57\text{Kg}$$

$$X = 59,93 \approx 60\text{Kg}$$

Sulfato de potasio ((0-0-50).  $\text{K}_2\text{SO}_4$   
Sector de riego = 4ha  
Requerimiento de  $\text{K}_2\text{O}$  = 9,6 Kg/ha; 38,4 Kg/sector

$$32\text{KgN} - 8,16 = 23,84$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,500$$

$$X \leftarrow 20,4$$

$$X = 40,8 \approx 41\text{Kg}$$

### Etapa 3: Final de floración a tamaño arveja (20 días)

Sulfato de magnesio heptahidratado (0-0-0), (26% Mg).  $\text{SO}_4\text{Mg}7\text{H}_2\text{O}$   
Sector de riego = 4ha  
Requerimiento de  $\text{MgO}$  = 2,5 Kg/ha; 10 kg/sector

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,260\text{Kg}$$

$$X \leftarrow 10\text{Kg}$$

$$X = 38,46 \approx 39\text{Kg}$$

Nitrato de calcio (15,5-0-0), (26,5% Ca).  $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
Aporta N  
Sector de riego = 4ha  
Requerimiento de  $\text{CaO}$  = 11 Kg/ha; 44 Kg/sector

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,265\text{Kg}$$

$$X \leftarrow 44\text{Kg}$$

$$X = 166,03 \approx 167\text{Kg}$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,155\text{KgN}$$

$$167\text{Kg} \rightarrow X$$

$$X = 25,88\text{KgN}$$

Fosfatomonopotásico (0-52-34).  $\text{KH}_2\text{PO}_4$

Aporta K

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $\text{P}_2\text{O}_5$  = 7,32 Kg/ha; 29,3 Kg/sector

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,520$$

$$X \leftarrow 29,3$$

$$X = 56,36 \approx 56$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,340$$

$$56 \rightarrow X$$

$$X = 19\text{KgK}_2\text{O}$$

Urea (46-0-0).  $\text{NH}_2(\text{CONH}_2)$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de N = 12 Kg/ha; 48 Kg/sector

$$48\text{Kg} - 25,88 = 22,12$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,460\text{Kg}$$

$$X \leftarrow 22,12\text{Kg}$$

$$X = 48,08 \approx 49\text{Kg}$$

Sulfato de potasio ((0-0-50).  $\text{K}_2\text{SO}_4$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $\text{K}_2\text{O}$  = 20,4 Kg/ha; 81,6 Kg/sector

$$81,6 - 19 = 62,6$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,500$$

$$X \leftarrow 62,6$$

$$X = 125\text{Kg}$$

#### **Etapas 4: Tamaño arveja a pinta (30 días)**

Sulfato de magnesio heptahidratado (0-0-0), (26% Mg).  $\text{SO}_4\text{Mg}7\text{H}_2\text{O}$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de MgO = 4 Kg/ha; 16 kg/sector

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,260\text{Kg}$$

$$X \leftarrow 16\text{Kg}$$

$$X = 61,53 \approx 62\text{Kg}$$

Nitrato de calcio (15,5-0-0), (26,5% Ca).  $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Aporta N

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de CaO = 12 Kg/ha; 48 Kg/sector

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,265\text{Kg}$$

$$X \leftarrow 48\text{Kg}$$

$$X = 181,13 \approx 182\text{Kg}$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,155\text{KgN}$$

$$182\text{Kg} \rightarrow X$$

$$X = 28,21\text{KgN}$$

Fosfatomonopotásico (0-52-34).  $\text{KH}_2\text{PO}_4$

Aporta K

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $\text{P}_2\text{O}_5$  = 10 Kg/ha; 40 Kg/sector

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,520$$

$$X \leftarrow 40$$

$$X = 77$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,340$$

$$77 \rightarrow X$$

$$X = 26\text{KgK}_2\text{O}$$

Urea (46-0-0).  $\text{NH}_2(\text{CONH}_2)$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de N = 22 Kg/ha; 88 Kg/sector

$$88\text{Kg} - 28,21 = 59,79$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,460\text{Kg}$$

$$X \leftarrow 59,79\text{Kg}$$

$$X = 129,9 \approx 130\text{Kg}$$

Sulfato de potasio ((0-0-50).  $\text{K}_2\text{SO}_4$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $\text{K}_2\text{O}$  = 24 Kg/ha; 96 Kg/sector

$$96\text{Kg} - 26 = 70$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,500$$

$$X \leftarrow 70$$

$$X = 140\text{Kg}$$

**Etapla 5: Pinta a cosecha (20 días)**

Sulfato de magnesio heptahidratado (0-0-0), (26% Mg).  $\text{SO}_4\text{Mg}7\text{H}_2\text{O}$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de MgO = 1,9 Kg/ha; 7,6 kg/sector

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,260 \text{ Kg}$$

$$X \leftarrow 7,6 \text{ Kg}$$

$$X = 29,23 \approx 30 \text{ Kg}$$

Nitrato de calcio (15,5-0-0), (26,5% Ca).  $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Aporta N

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de CaO = 4 Kg/ha; 16 Kg/sector

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,265 \text{ Kg}$$

$$X \leftarrow 16 \text{ Kg}$$

$$X = 60,373 \approx 61 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,155 \text{ Kg N}$$

$$61 \text{ Kg} \rightarrow X$$

$$X = 9,45 \text{ Kg N}$$

Fosfatomonopotásico (0-52-34).  $\text{KH}_2\text{PO}_4$

Aporta K

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $\text{P}_2\text{O}_5$  = 0,916 Kg/ha; 3,6 Kg/sector

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,520$$

$$X \leftarrow 3,6$$

$$X = 7$$

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,340$$

$$7 \rightarrow X$$

$$X = 2,3 \text{ Kg } \text{K}_2\text{O}$$

Urea (46-0-0).  $\text{NH}_2(\text{CONH}_2)$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de N = 4 Kg/ha; 16 Kg/sector

$$16 \text{ Kg} - 9,45 = 6,55$$

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 0,460 \text{ Kg}$$

$$X \leftarrow 6,55 \text{ Kg}$$

$$X = 14,23 \approx 15 \text{ Kg}$$

Sulfato de potasio ((0-0-50).  $K_2SO_4$ )

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $K_2O$  = 8,4 Kg/ha; 33,6 Kg/sector

$$33,6Kg - 2,3 = 31,3$$

$$1Kg \rightarrow 0,500$$

$$X \leftarrow 31,3$$

$$X = 63Kg$$

### Etapa 6: Post - cosecha (30 días)

Sulfato de magnesio heptahidratado (0-0-0), (26% Mg).  $SO_4Mg7H_2O$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $MgO$  = 3,4 Kg/ha; 13,6 kg/sector

$$1Kg \rightarrow 0,260Kg$$

$$X \leftarrow 13,6Kg$$

$$X = 52,2 \approx 53Kg$$

Nitrato de calcio (15,5-0-0), (26,5% Ca).  $5Ca(NO_3)_2NH_4NO_310H_2O$

Aporta N

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $CaO$  = 11 Kg/ha; 44 Kg/sector

$$1Kg \rightarrow 0,265Kg$$

$$X \leftarrow 44Kg$$

$$X = 166,03 \approx 167Kg$$

$$1Kg \rightarrow 0,155KgN$$

$$167Kg \rightarrow X$$

$$X = 25,88KgN$$

Fosfatomonopotásico (0-52-34).  $KH_2PO_4$

Aporta K

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $P_2O_5$  = 9,6 Kg/ha; 38,4 Kg/sector

$$1Kg \rightarrow 0,520$$

$$X \leftarrow 38,4$$

$$X = 73,8 \approx 74$$

$$1Kg \rightarrow 0,340$$

$$74 \rightarrow X$$

$$X = 25KgK_2O$$

Urea (46-0-0).  $\text{NH}_2(\text{CONH}_2)$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de N = 37 Kg/ha; 148 Kg/sector

$$148\text{Kg} - 25,88 = 122,12$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,460\text{Kg}$$

$$X \leftarrow 122,12\text{Kg}$$

$$X = 265,47 \approx 266\text{Kg}$$

Sulfato de potasio ((0-0-50).  $\text{K}_2\text{SO}_4$

Sector de riego = 4ha

Requerimiento de  $\text{K}_2\text{O}$  = 14,4 Kg/ha; 57,6 Kg/sector

$$57,6\text{Kg} - 25 = 32,6$$

$$1\text{Kg} \rightarrow 0,500$$

$$X \leftarrow 32,6$$

$$X = 65\text{Kg}$$

**APÉNDICE II**

**TASA DE INYECCIÓN DE FERTILIZANTES**

Basándose en un sistema de riego que tenga los siguientes supuestos:

Evapotranspiración potencial  $ET_0 = 6,5$   
Coeficiente de cultivo  $K_c = 0,85$   
Evapotranspiración máxima  $Et_0 = 5,525$   
Eficiencia = 90%  
Demanda bruta  $DB = 6,13$   
Marco plantación = (3,0 m x 3,0 m)  
Distancia entre goteros = 1 m  
Caudal gotero = 4 L/hora

Se obtiene:

- 1- N° goteros/ha = 3334
- 2- Tasa de reposición  $TR = 13336 \text{ L/hora ha} = 1,33 \text{ mm/hora}$
- 3- Tiempo riego =  $DB/TR = 6,13/1,33 = 4,6 \text{ horas}$

Suponiendo que se inyectan fertilizantes dos veces por semana y durante la mitad del tiempo de riego. Para la aplicación del fertilizante más crítico, el sulfato de potasio, durante el período que abarca desde el final de la floración a tamaño arveja, que dura aproximadamente 30 días (Conradie, 2000), se tiene:

Tiempo de inyección: 6 oportunidades, durante 138 minutos diarios, 828 minutos totales.

Litros de mezcla a inyectar: Aproximadamente 3000 L.

Tasa de inyección necesaria:  $3000\text{L} / 828\text{min.} = 3,6 \text{ L/minuto}$

**APÉNDICE III**

**TASAS DE INYECCIÓN PARA LAS COMBINACIONES DE  
FUNCIONAMIENTO.**

## Combinación de funcionamiento 1.

## Medición 1.

Cuadro 1. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 1, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	32	3	2,53	3,95
210	0	5	5	81	5,1	3,9
200	0	7	38	83	7,65	3,92
190	0	10	11	77	10,2	3,92
180	0	12	45	63	12,76	3,9
170	0	15	18	42	15,31	3,93
160	0	17	51	48	17,86	3,92
150	0	20	25	33	20,42	3,9
140	0	22	59	21	22,99	3,9
130	0	25	32	31	25,54	3,92
120	0	28	6	7	28,1	3,9
110	0	30	40	2	30,67	3,9
100	0	33	13	2	33,22	3,92
90	0	35	46	89	35,78	3,9
80	0	38	19	72	38,33	3,93
70	0	40	52	62	40,88	3,92
60	0	43	26	66	43,44	3,9
50	0	45	59	55	45,99	3,92
40	0	48	33	41	48,56	3,9
30	0	51	6	37	51,11	3,92
20	0	53	40	26	53,67	3,9
10	0	56	13	19	56,22	3,92
0	0	58	47	1	58,78	3,9
					<b>Promedio</b>	<b>3,91</b>

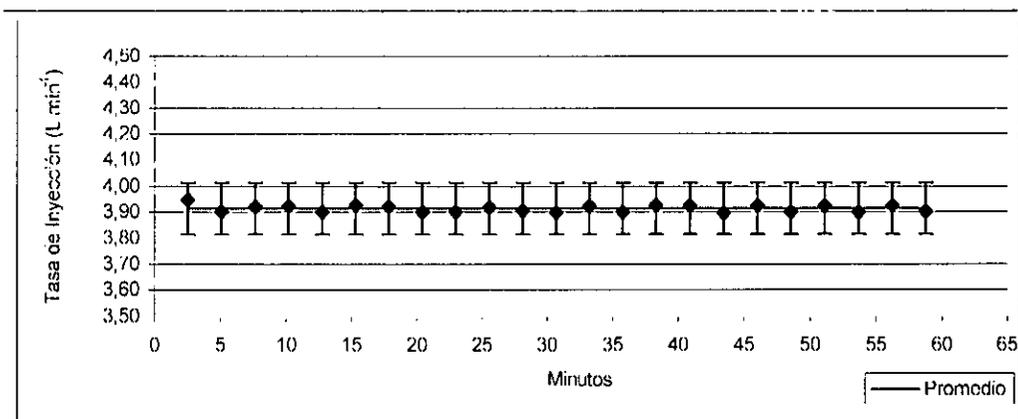


Figura 1. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 1, medición 1.

**Medición 2.**

Cuadro 2. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 1, medición 2.

Litros	Tiempo				1/100 seg.	Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos				
250	0	0	0	0	/	/	/
240	0	0	0	0	/	/	/
230	0	0	0	0	/	/	/
220	0	2	30	87	2,51	3,98	
210	0	5	2	77	5,05	3,95	
200	0	7	33	80	7,56	3,97	
190	0	10	5	66	10,09	3,95	
180	0	12	37	78	12,63	3,94	
170	0	15	9	49	15,16	3,95	
160	0	17	40	62	17,68	3,97	
150	0	20	12	48	20,21	3,95	
140	0	22	44	57	22,74	3,95	
130	0	25	16	37	25,27	3,95	
120	0	27	48	45	27,81	3,95	
110	0	30	19	36	30,32	3,98	
100	0	32	51	33	32,86	3,95	
90	0	35	23	28	35,39	3,95	
80	0	37	55	16	37,92	3,95	
70	0	40	27	98	40,47	3,93	
60	0	42	58	93	42,98	3,97	
50	0	45	30	86	45,51	3,95	
40	0	48	3	87	48,06	3,92	
30	0	50	36	2	50,60	3,94	
20	0	53	7	74	53,13	3,95	
10	0	55	39	59	55,66	3,95	
0	0	58	11	47	58,19	3,95	
					<b>Promedio</b>	<b>3,95</b>	

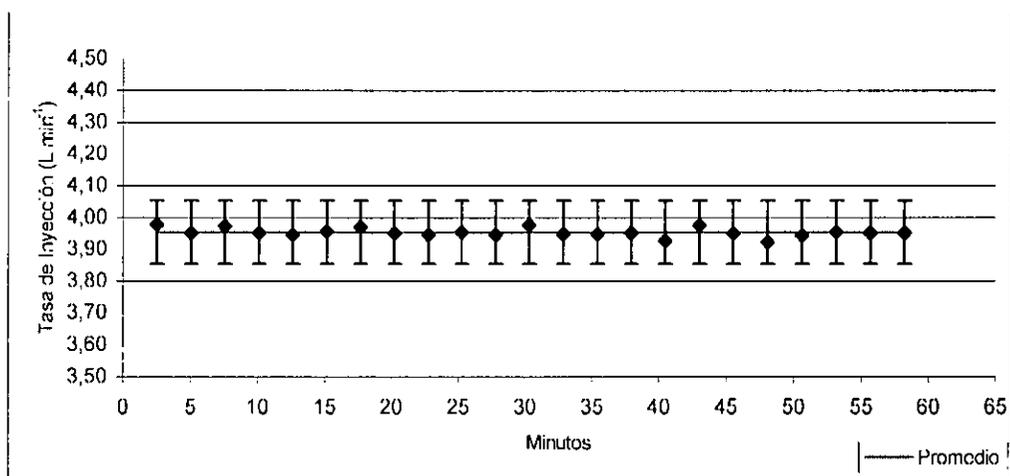


Figura 2. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 1, medición 2.

### Medición 3.

Cuadro 3. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 1, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	33	67	2,56	3,90
210	0	5	6	67	5,11	3,92
200	0	7	39	50	7,66	3,93
190	0	10	13	45	10,22	3,90
180	0	12	46	34	12,77	3,92
170	0	15	19	33	15,32	3,92
160	0	17	52	19	17,87	3,93
150	0	20	26	19	20,44	3,90
140	0	22	59	7	22,98	3,92
130	0	25	32	11	25,54	3,92
120	0	28	4	90	28,08	3,93
110	0	30	37	94	30,63	3,92
100	0	33	10	75	33,18	3,93
90	0	35	43	63	35,73	3,92
80	0	38	17	60	38,29	3,90
70	0	40	50	54	40,84	3,92
60	0	43	24	43	43,41	3,90
50	0	45	57	37	45,96	3,92
40	0	48	31	28	48,52	3,90
30	0	51	4	15	51,07	3,92
20	0	53	38	13	53,64	3,90
10	0	56	10	99	56,18	3,93
0	0	58	44	82	58,75	3,90
<b>Promedio</b>						<b>3,92</b>

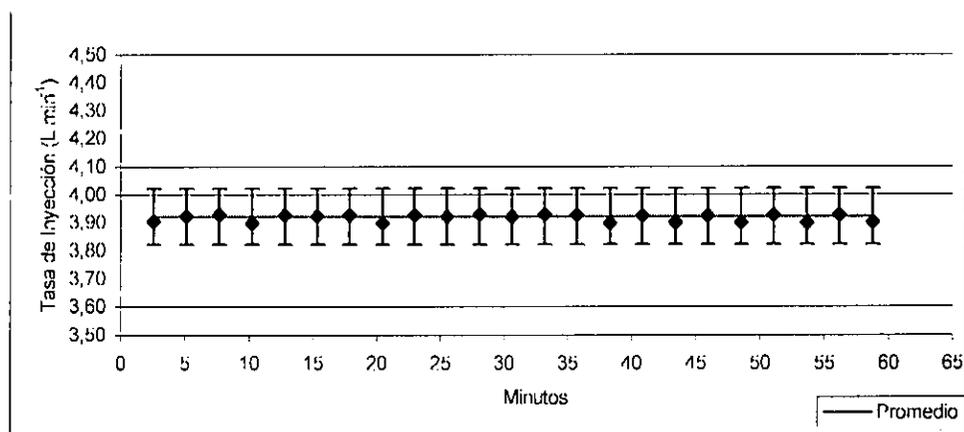


Figura 3. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 1, medición 3.

**Medición 4.**

Cuadro 4. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 1, medición 4.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	33	19	2,55	3,92
210	0	5	6	95	5,12	3,90
200	0	7	40	91	7,68	3,90
190	0	10	14	85	10,25	3,90
180	0	12	47	67	12,79	3,93
170	0	15	21	62	15,36	3,90
160	0	17	55	41	17,92	3,90
150	0	20	29	37	20,49	3,90
140	0	23	2	47	23,04	3,92
130	0	25	36	22	25,60	3,90
120	0	28	10	3	28,17	3,90
110	0	30	43	13	30,72	3,92
100	0	33	16	96	33,28	3,90
90	0	35	50	85	35,85	3,90
80	0	38	24	75	38,41	3,90
70	0	40	58	64	40,98	3,90
60	0	43	32	67	43,54	3,90
50	0	46	5	53	46,09	3,93
40	0	48	39	89	48,66	3,89
30	0	51	14	44	51,24	3,88
20	0	53	48	27	53,80	3,90
10	0	56	22	22	56,37	3,90
0	0	58	55	96	58,93	3,90
					<b>Promedio</b>	<b>3,90</b>

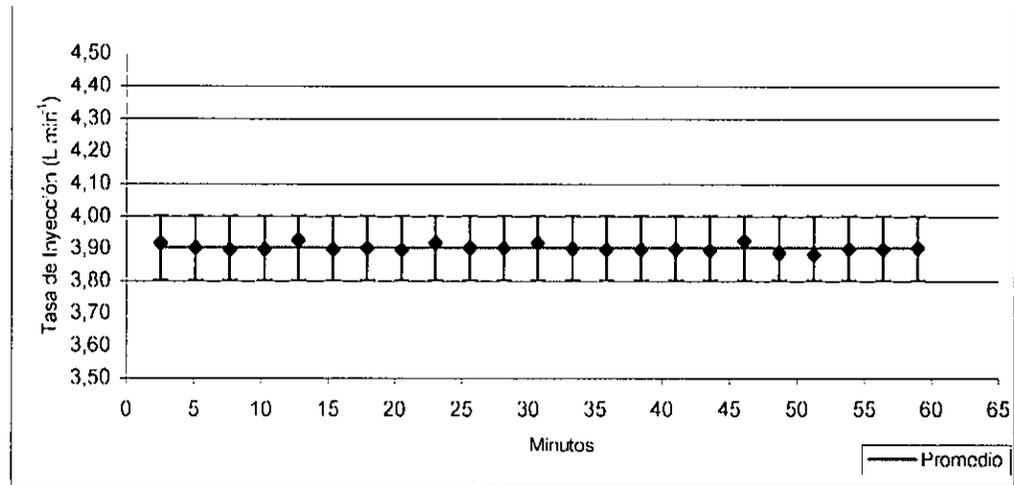


Figura 4. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 1, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 1.**

Cuadro 5. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 1.

<u>Tiempo</u>	<u>Inyección</u>
2,54	3,94
5,09	3,92
7,64	3,93
10,19	3,92
12,74	3,92
15,29	3,93
17,83	3,93
20,39	3,91
22,94	3,92
25,49	3,92
28,04	3,92
30,59	3,93
33,13	3,92
35,69	3,92
38,24	3,92
40,79	3,92
43,34	3,92
45,89	3,93
48,45	3,90
51,00	3,92
53,56	3,91
56,11	3,92
58,66	3,91
<b>Promedio</b>	<b>3,92</b>

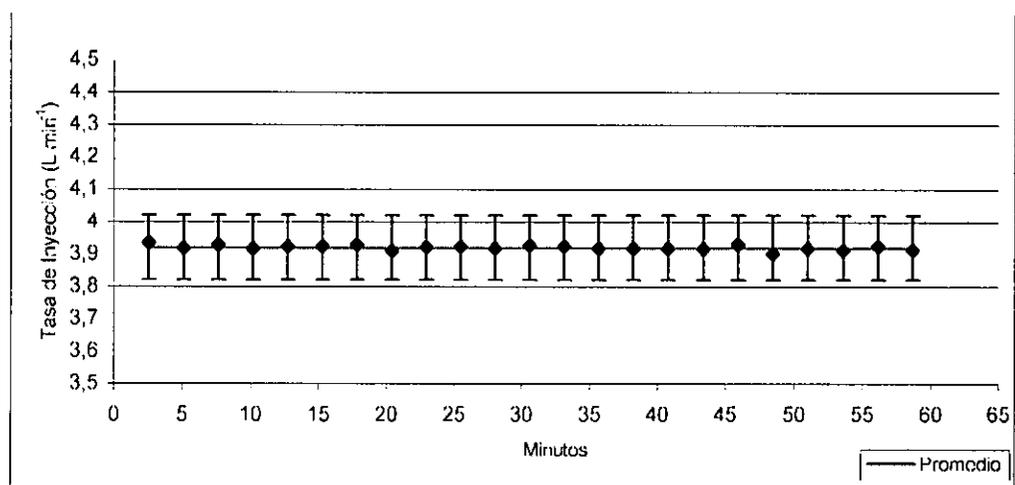


Figura 5. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 1.

## Combinación de Funcionamiento 2

## Medición 1.

Cuadro6. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 2, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	31	92	2,53	3,95
210	0	5	4	82	5,08	3,92
200	0	7	37	62	7,63	3,93
190	0	10	11	56	10,19	3,90
180	0	12	44	56	12,74	3,92
170	0	15	17	44	15,29	3,92
160	0	17	50	23	17,84	3,93
150	0	20	24	14	20,40	3,90
140	0	22	57	12	22,95	3,92
130	0	25	31	11	25,52	3,90
120	0	28	3	89	28,06	3,93
110	0	30	36	89	30,61	3,92
100	0	33	10	70	33,18	3,90
90	0	35	43	87	35,73	3,92
80	0	38	17	66	38,29	3,90
70	0	40	50	61	40,84	3,92
60	0	43	23	55	43,39	3,92
50	0	45	57	25	45,95	3,90
40	0	48	30	34	48,51	3,92
30	0	51	3	17	51,05	3,93
20	0	53	37	5	53,62	3,90
10	0	56	10	8	56,17	3,92
0	0	58	43	84	58,73	3,90
<b>Promedio</b>						<b>3,92</b>

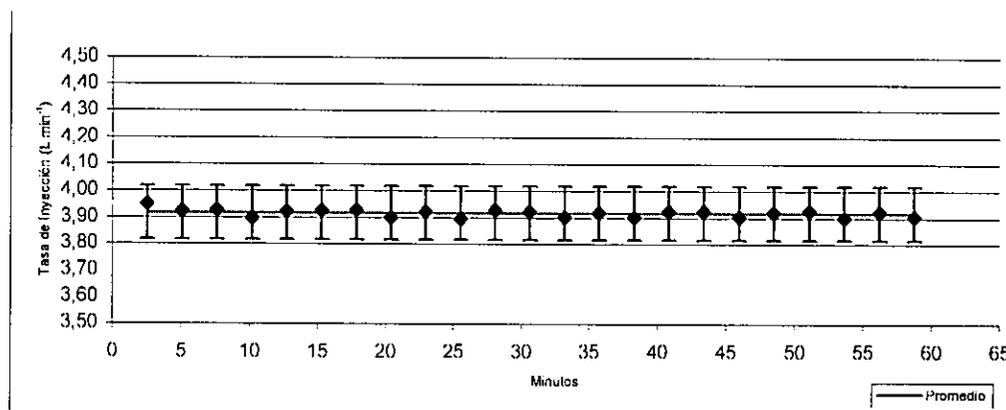


Figura 6. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 2, medición 1.

**Medición 2.**

**Cuadro 7.** Tasa de inyección combinación de funcionamiento 2, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	31	99	2,53	3,95
210	0	5	4	92	5,08	3,92
200	0	7	37	73	7,63	3,93
190	0	10	9	73	10,16	3,95
180	0	12	43	55	12,73	3,90
170	0	15	16	56	15,28	3,92
160	0	17	49	51	17,83	3,92
150	0	20	22	40	20,37	3,92
140	0	22	56	35	22,94	3,90
130	0	25	29	22	25,49	3,92
120	0	28	2	27	28,04	3,92
110	0	30	35	14	30,59	3,92
100	0	33	7	90	33,13	3,93
90	0	35	40	89	35,68	3,92
80	0	38	13	81	38,23	3,92
70	0	40	46	78	40,78	3,92
60	0	43	19	71	43,33	3,92
50	0	45	52	79	45,88	3,92
40	0	48	25	62	48,43	3,93
30	0	50	58	37	50,97	3,93
20	0	53	31	42	53,52	3,92
10	0	56	4	45	56,07	3,92
0	0	58	37	23	58,62	3,93
<b>Promedio</b>						<b>3,92</b>

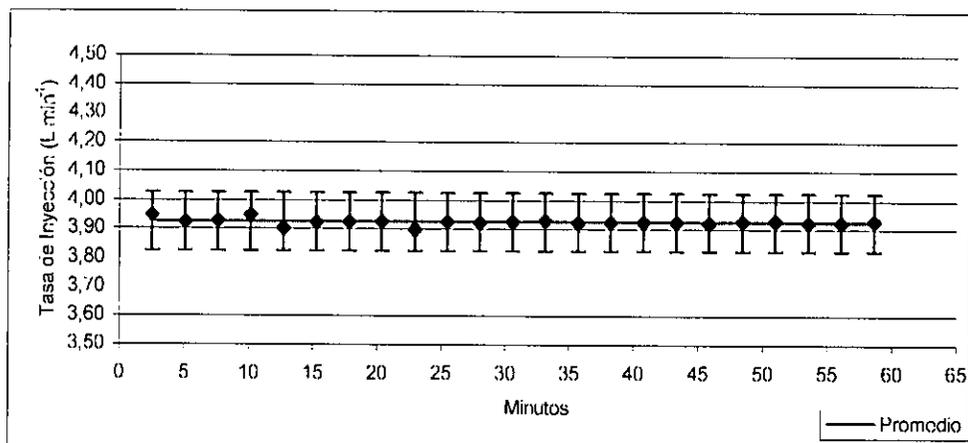


Figura 7. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 2, medición 2.

## Medición 3.

Cuadro 8. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 2, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	30	93	2,52	3,98
210	0	5	1	95	5,03	3,97
200	0	7	33	86	7,56	3,95
190	0	10	5	89	10,10	3,95
180	0	12	37	82	12,63	3,95
170	0	15	9	62	15,16	3,95
160	0	17	41	84	17,70	3,94
150	0	20	13	39	20,22	3,96
140	0	22	46	48	22,77	3,92
130	0	25	18	39	25,31	3,95
120	0	27	50	29	27,84	3,95
110	0	30	23	37	30,39	3,92
100	0	32	55	29	32,92	3,95
90	0	35	27	27	35,45	3,95
80	0	37	59	10	37,99	3,95
70	0	40	31	7	40,52	3,95
60	0	43	3	11	43,05	3,95
50	0	45	34	95	45,58	3,95
40	0	48	8	1	48,13	3,92
30	0	50	39	78	50,66	3,95
20	0	53	11	75	53,20	3,95
10	0	55	44	80	55,75	3,92
0	0	58	16	46	58,27	3,96
<b>Promedio</b>						3,95

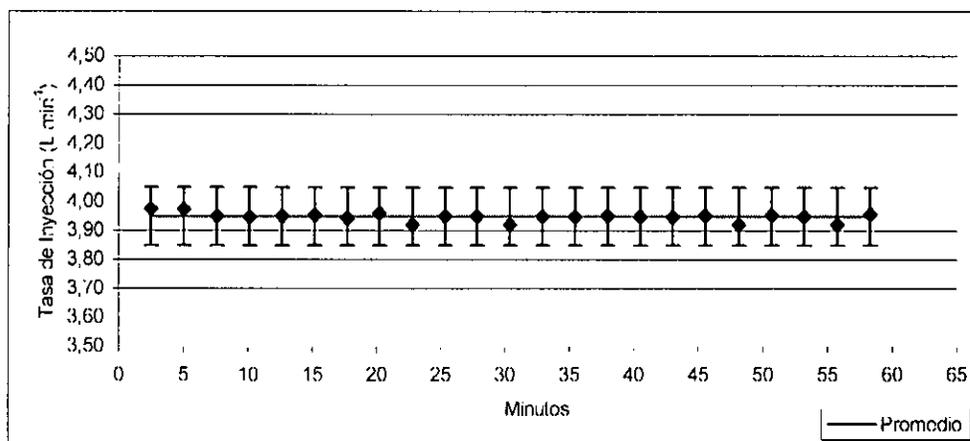


Figura 8. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 2, medición 3.

## Medición 4.

Cuadro 9. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 2, medición 4.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	31	86	2,53	3,95
210	0	5	3	61	5,06	3,95
200	0	7	35	61	7,59	3,95
190	0	10	7	49	10,12	3,95
180	0	12	39	54	12,66	3,95
170	0	15	12	38	15,21	3,93
160	0	17	44	39	17,74	3,95
150	0	20	16	35	20,27	3,95
140	0	22	48	24	22,80	3,95
130	0	25	19	61	25,33	3,96
120	0	27	51	7	27,85	3,96
110	0	30	23	19	30,39	3,94
100	0	32	55	2	32,92	3,95
90	0	35	26	6	35,43	3,97
80	0	37	58	0	37,97	3,95
70	0	40	29	94	40,50	3,95
60	0	43	1	86	43,03	3,95
50	0	45	33	87	45,56	3,95
40	0	48	5	82	48,10	3,95
30	0	50	37	54	50,63	3,95
20	0	53	8	50	53,14	3,97
10	0	55	40	47	55,67	3,95
0	0	58	12	27	58,20	3,95
<b>Promedio</b>						<b>3,95</b>

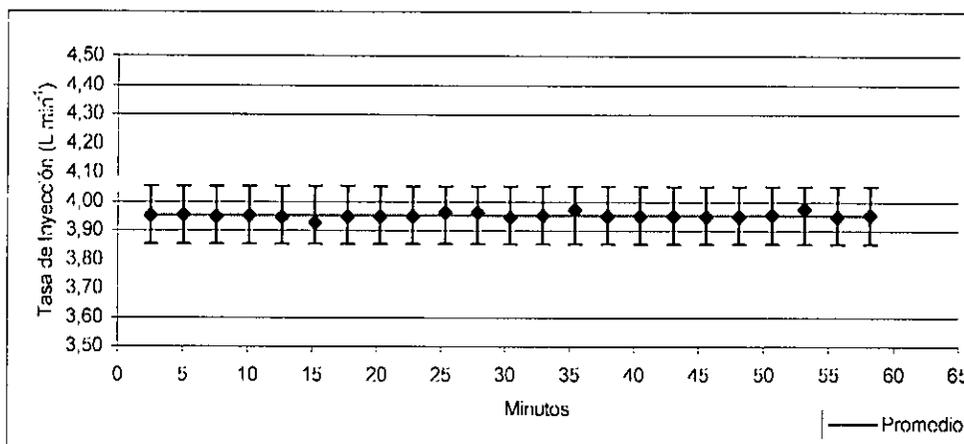
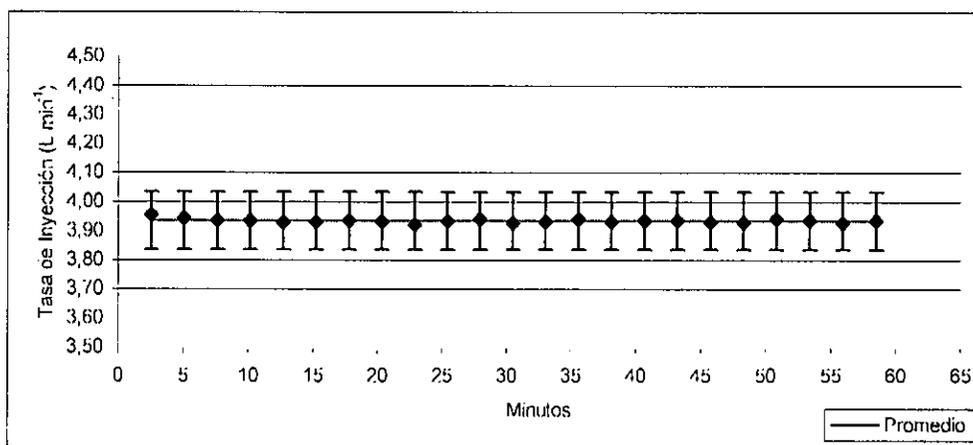


Figura 9. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 2, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 2.**

**Cuadro 10. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 2.**

Tiempo	Inyección
2,53	3,96
5,06	3,94
7,60	3,94
10,14	3,94
12,69	3,93
15,23	3,93
17,77	3,93
20,32	3,93
22,87	3,92
25,41	3,93
27,95	3,94
30,49	3,93
33,04	3,93
35,58	3,94
38,12	3,93
40,66	3,94
43,20	3,94
45,75	3,93
48,29	3,93
50,83	3,94
53,37	3,94
55,92	3,93
58,46	3,93
<b>Promedio</b>	<b>3,93</b>



**Figura 10. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 2.**

## Combinación de Funcionamiento 3

## Medición 1.

Cuadro 11. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 3, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	29	82	2,50	4,00
210	0	5	0	80	5,01	3,97
200	0	7	31	73	7,53	3,98
190	0	10	2	62	10,04	3,98
180	0	12	33	69	12,56	3,97
170	0	15	4	59	15,08	3,98
160	0	17	36	53	17,61	3,95
150	0	20	7	51	20,13	3,97
140	0	22	38	52	22,64	3,97
130	0	25	10	40	25,17	3,95
120	0	27	41	41	27,69	3,97
110	0	30	12	46	30,21	3,97
100	0	32	44	27	32,74	3,95
90	0	35	16	34	35,27	3,95
80	0	37	47	10	37,79	3,98
70	0	40	19	14	40,32	3,95
60	0	42	50	12	42,84	3,97
50	0	45	22	11	45,37	3,95
40	0	47	53	7	47,88	3,97
30	0	50	23	92	50,40	3,98
20	0	52	55	82	52,93	3,95
10	0	55	26	87	55,45	3,97
0	0	57	58	59	57,98	3,95
<b>Promedio</b>						<b>3,97</b>

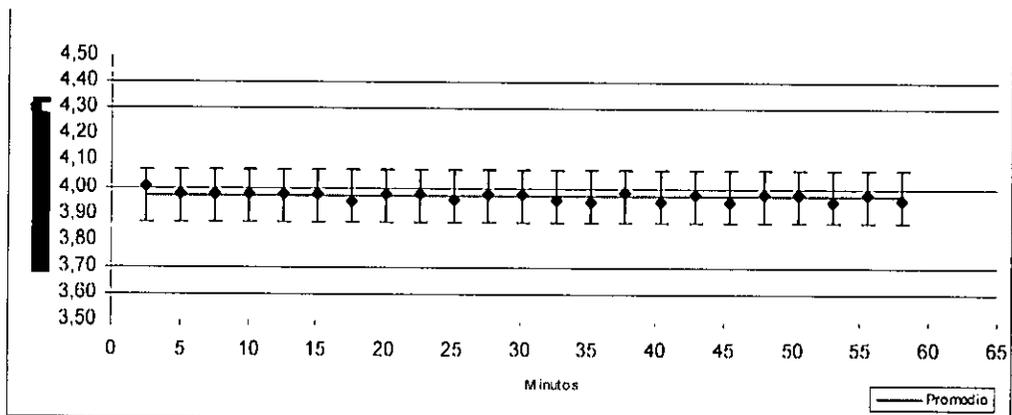


Figura 11. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 3, medición 1.

## Medición 2.

Cuadro 12. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 3, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	31	90	2,53	3,95
210	0	5	2	79	5,05	3,98
200	0	7	34	83	7,58	3,95
190	0	10	6	72	10,11	3,95
180	0	12	37	77	12,63	3,97
170	0	15	9	73	15,16	3,95
160	0	17	41	80	17,70	3,95
150	0	20	12	54	20,21	3,98
140	0	22	44	51	22,74	3,95
130	0	25	16	44	25,27	3,95
120	0	27	48	51	27,81	3,95
110	0	30	20	31	30,34	3,95
100	0	32	52	10	32,87	3,95
90	0	35	24	24	35,40	3,94
80	0	37	56	22	37,94	3,95
70	0	40	27	99	40,47	3,95
60	0	42	59	86	43,00	3,95
50	0	45	31	97	45,53	3,94
40	0	48	3	85	48,06	3,95
30	0	50	34	79	50,58	3,98
20	0	53	6	67	53,11	3,95
10	0	55	38	79	55,65	3,94
0	0	58	10	54	58,18	3,95
<b>Promedio</b>						<b>3,95</b>

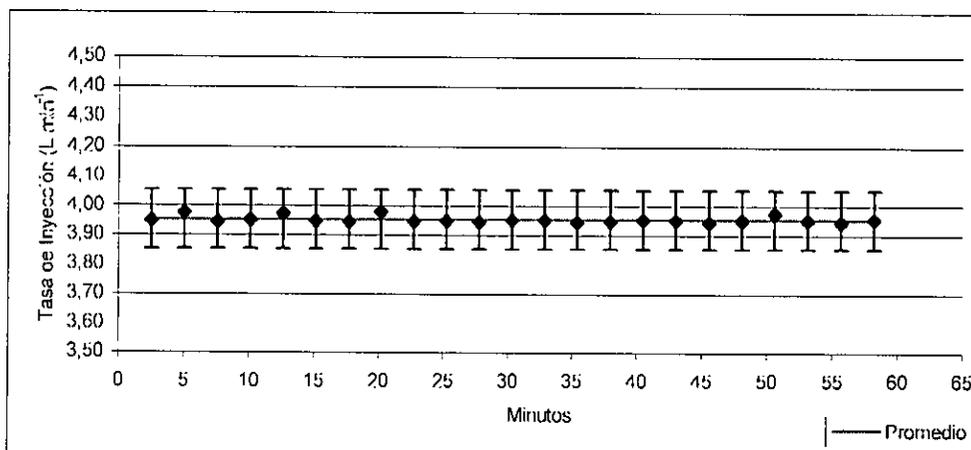


Figura 12. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 3, medición 2.

## Medición 3.

Cuadro 13. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 3, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	30	99	2,52	3,97
210	0	5	3	2	5,05	3,95
200	0	7	33	98	7,57	3,97
190	0	10	4	76	10,08	3,98
180	0	12	36	72	12,61	3,95
170	0	15	7	76	15,13	3,97
160	0	17	38	62	17,64	3,98
150	0	20	10	64	20,18	3,95
140	0	22	41	72	22,70	3,97
130	0	25	12	62	25,21	3,98
120	0	27	44	48	27,74	3,95
110	0	30	15	52	30,26	3,97
100	0	32	47	39	32,79	3,95
90	0	35	18	36	35,31	3,97
80	0	37	50	20	37,84	3,95
70	0	40	21	25	40,35	3,97
60	0	42	53	18	42,89	3,95
50	0	45	24	31	45,41	3,97
40	0	47	56	18	47,94	3,95
30	0	50	28	0	50,47	3,95
20	0	52	59	7	52,98	3,97
10	0	55	31	29	55,52	3,94
0	0	58	2	75	58,05	3,96
<b>Promedio</b>						<b>3,96</b>

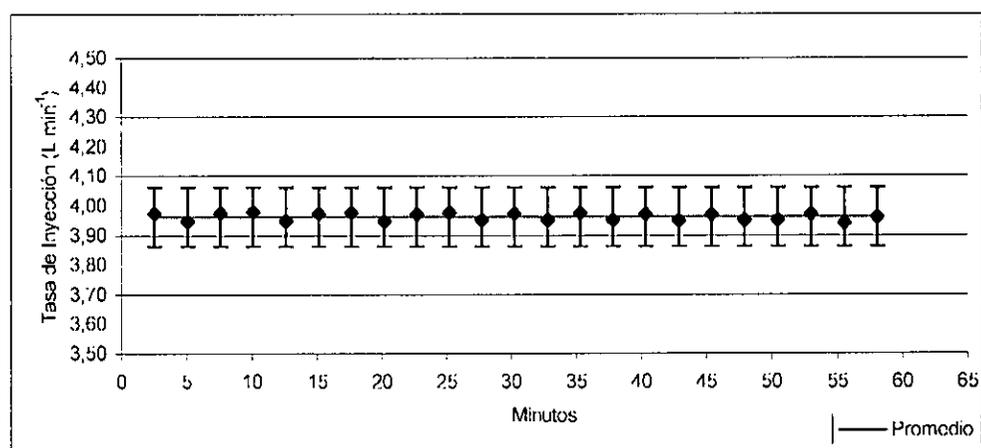


Figura 13. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 3, medición 3.

**Medición 4.**

Cuadro 14. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 3, medición 4.

Litros	Tiempo				Inyección	
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.	Tiempo Acum.	
250	0	0	0	0	/	/
240	0	2	35	5	/	/
230	0	5	5	98	/	/
220	0	2	30	96	2,52	3,97
210	0	5	2	97	5,05	3,95
200	0	7	35	8	7,58	3,94
190	0	10	5	90	10,10	3,98
180	0	12	37	87	12,63	3,95
170	0	15	9	68	15,16	3,95
160	0	17	41	68	17,69	3,95
150	0	20	13	57	20,23	3,95
140	0	22	45	54	22,76	3,95
130	0	25	17	60	25,29	3,95
120	0	27	49	58	27,83	3,95
110	0	30	21	42	30,36	3,95
100	0	32	53	36	32,89	3,95
90	0	35	25	21	35,42	3,95
80	0	37	57	15	37,95	3,95
70	0	40	29	16	40,49	3,95
60	0	43	1	10	43,02	3,95
50	0	45	32	99	45,55	3,95
40	0	48	5	8	48,08	3,95
30	0	50	37	86	50,63	3,93
20	0	53	9	76	53,16	3,95
10	0	55	41	79	55,70	3,95
0	0	58	14	84	58,25	3,92
<b>Promedio</b>						<b>3,95</b>

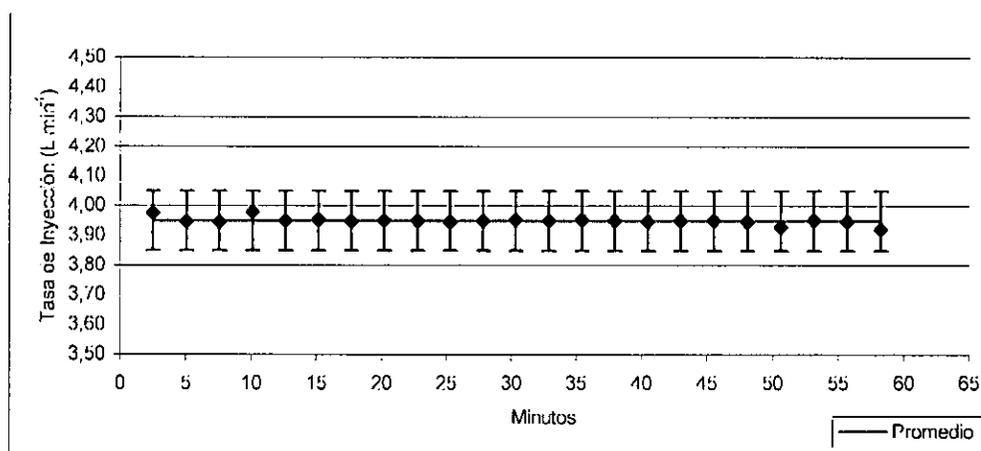
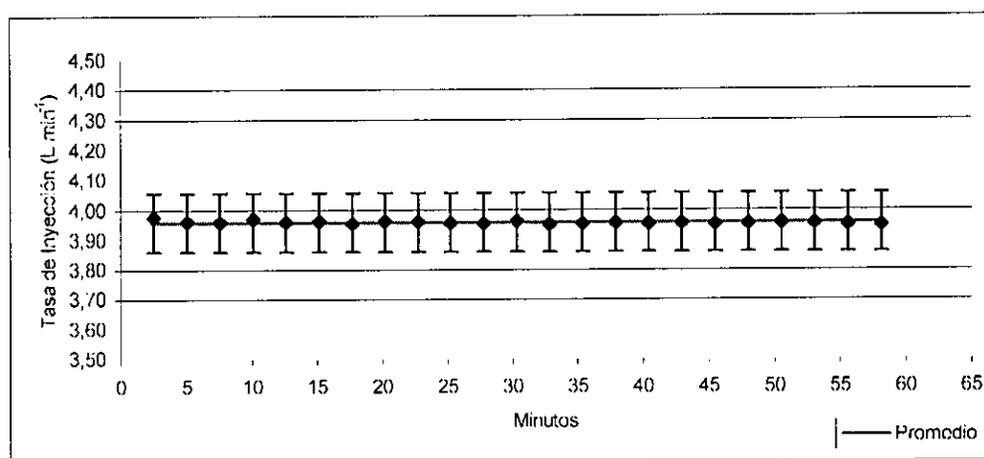


Figura 14. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 3, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 3.**

**Cuadro 15. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 3.**

Tiempo	Inyección
2,52	3,98
5,04	3,96
7,57	3,96
10,08	3,97
12,61	3,96
15,13	3,96
17,66	3,95
20,18	3,96
22,71	3,96
25,24	3,96
27,77	3,95
30,29	3,96
32,82	3,95
35,35	3,95
37,88	3,96
40,41	3,95
42,93	3,96
45,46	3,95
47,99	3,96
50,52	3,96
53,05	3,96
55,58	3,95
58,11	3,95
<b>Promedio</b>	<b>3,96</b>



**Figura 15. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 3.**

## Combinación de Funcionamiento 4

## Medición 1.

Cuadro 16. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 4, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	33	97	2,57	3,90
210	0	5	8	93	5,15	3,87
200	0	7	42	82	7,71	3,90
190	0	10	17	68	10,29	3,87
180	0	12	51	62	12,86	3,90
170	0	15	26	47	15,44	3,87
160	0	18	0	37	18,01	3,90
150	0	20	35	19	20,59	3,88
140	0	23	9	19	23,15	3,90
130	0	25	44	8	25,73	3,87
120	0	28	18	94	28,32	3,87
110	0	30	53	4	30,88	3,89
100	0	33	27	72	33,46	3,88
90	0	36	1	73	36,03	3,90
80	0	38	36	61	38,61	3,87
70	0	41	10	42	41,17	3,90
60	0	43	45	39	43,76	3,87
50	0	46	19	51	46,33	3,89
40	0	48	53	75	48,90	3,89
30	0	51	29	9	51,48	3,86
20	0	54	4	10	54,07	3,87
10	0	56	37	94	56,63	3,90
0	0	59	12	72	59,21	3,88
					<b>Promedio</b>	<b>3,88</b>

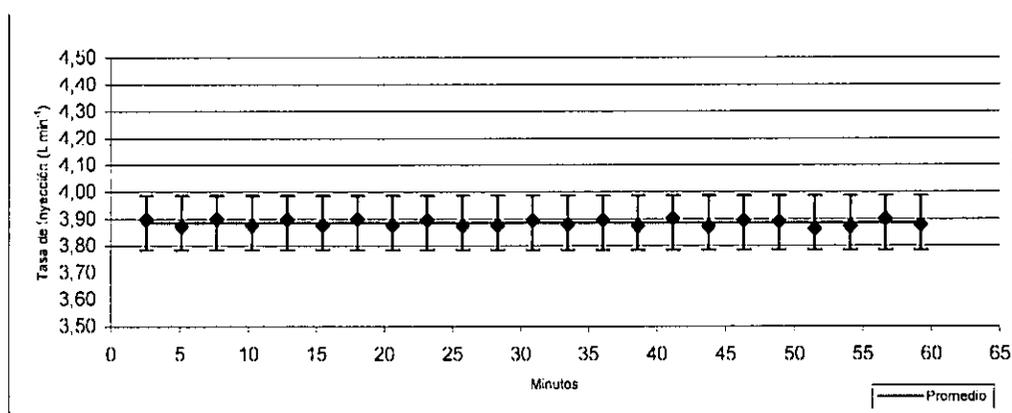


Figura 16. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 4, medición 1.

## Medición 2.

Cuadro 17. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 4, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	33	85	2,56	3,90
210	0	5	8	76	5,15	3,87
200	0	7	43	74	7,73	3,87
190	0	10	17	64	10,29	3,90
180	0	12	52	47	12,87	3,88
170	0	15	26	37	15,44	3,90
160	0	18	0	26	18,00	3,90
150	0	20	35	24	20,59	3,87
140	0	23	9	8	23,15	3,90
130	0	25	44	4	25,73	3,87
120	0	28	18	1	28,30	3,90
110	0	30	51	87	30,86	3,90
100	0	33	25	72	33,43	3,90
90	0	35	59	74	36,00	3,90
80	0	38	34	57	38,58	3,88
70	0	41	9	44	41,16	3,87
60	0	43	43	32	43,72	3,90
50	0	46	18	39	46,31	3,87
40	0	48	52	19	48,87	3,90
30	0	51	26	10	51,44	3,90
20	0	54	1	6	54,02	3,87
10	0	56	34	92	56,58	3,90
0	0	59	8	82	59,15	3,90
<b>Promedio</b>						<b>3,89</b>

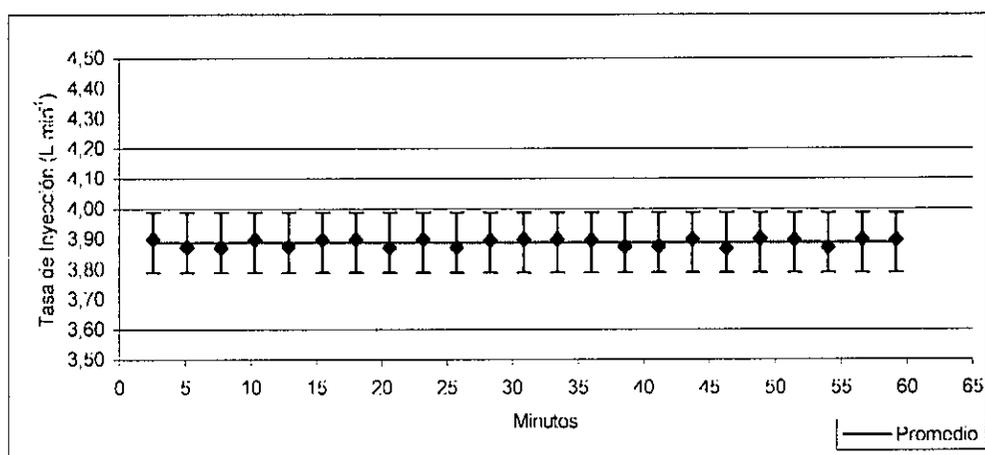


Figura 17. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 4, medición 2.

**Medición 3.**

Cuadro 18. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 4, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	33	95	2,57	3,90
210	0	5	6	93	5,12	3,92
200	0	7	40	70	7,68	3,90
190	0	10	14	72	10,25	3,90
180	0	12	49	54	12,83	3,88
170	0	15	23	48	15,39	3,90
160	0	17	57	40	17,96	3,90
150	0	20	31	49	20,52	3,89
140	0	23	5	29	23,09	3,90
130	0	25	39	14	25,65	3,90
120	0	28	13	4	28,22	3,90
110	0	30	47	4	30,78	3,90
100	0	33	21	98	33,37	3,87
90	0	35	55	85	35,93	3,90
80	0	38	29	71	38,50	3,90
70	0	41	3	61	41,06	3,90
60	0	43	37	49	43,62	3,90
50	0	46	12	48	46,21	3,87
40	0	48	46	41	48,77	3,90
30	0	51	21	27	51,35	3,87
20	0	53	55	22	53,92	3,90
10	0	56	30	16	56,50	3,87
0	0	59	4	90	59,08	3,88
<b>Promedio</b>						<b>3,89</b>

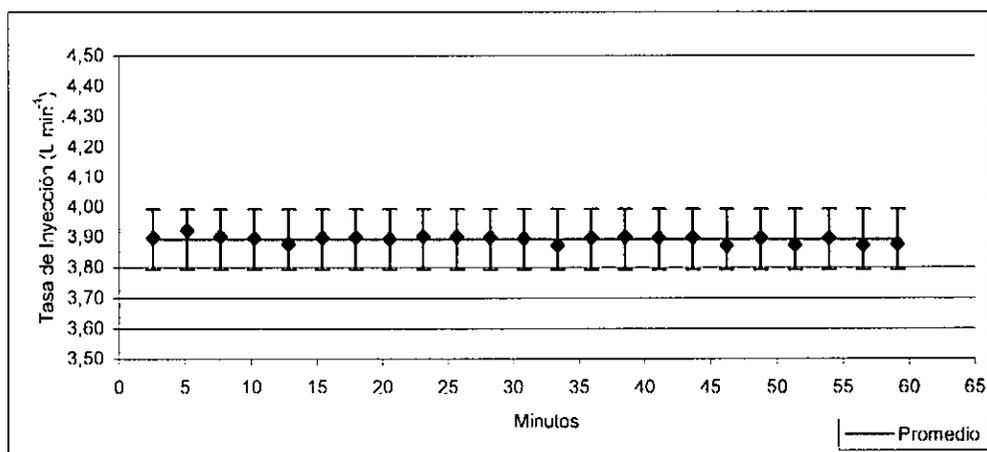


Figura 18. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 4, medición 3.

## Medición 4.

Cuadro19. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 4, medición 4.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	34	81	2,58	3,88
210	0	5	8	91	5,15	3,89
200	0	7	42	94	7,72	3,90
190	0	10	16	26	10,27	3,91
180	0	12	50	17	12,84	3,90
170	0	15	25	13	15,42	3,87
160	0	17	59	7	17,98	3,90
150	0	20	33	93	20,57	3,87
140	0	23	7	68	23,13	3,90
130	0	25	42	71	25,71	3,87
120	0	28	17	71	28,30	3,87
110	0	30	51	69	30,86	3,90
100	0	33	26	55	33,44	3,87
90	0	36	1	38	36,02	3,88
80	0	38	35	24	38,59	3,90
70	0	41	10	23	41,17	3,87
60	0	43	45	0	43,75	3,88
50	0	46	19	8	46,32	3,89
40	0	48	53	87	48,90	3,88
30	0	51	28	90	51,48	3,87
20	0	54	3	60	54,06	3,88
10	0	56	37	62	56,63	3,90
0	0	59	12	44	59,21	3,88
<b>Promedio</b>						<b>3,88</b>

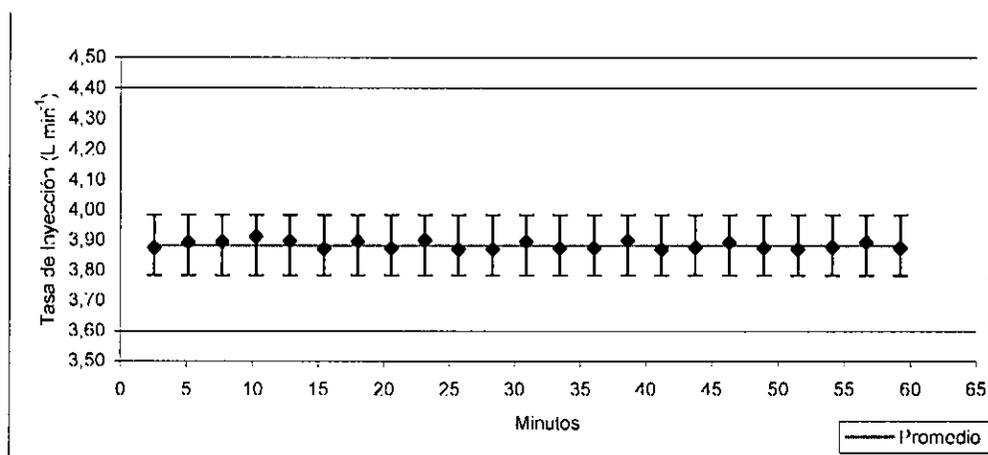


Figura 19. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 4, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 4.**

Cuadro 20. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 4.

Tiempo	Inyección
2,57	3,89
5,14	3,89
7,71	3,89
10,28	3,90
12,85	3,89
15,42	3,89
17,99	3,90
20,57	3,88
23,13	3,90
25,71	3,88
28,28	3,89
30,85	3,90
33,42	3,88
35,99	3,89
38,57	3,89
41,14	3,89
43,71	3,89
46,29	3,88
48,86	3,89
51,44	3,88
54,02	3,88
56,59	3,89
59,16	3,88
<b>Promedio</b>	<b>3,89</b>

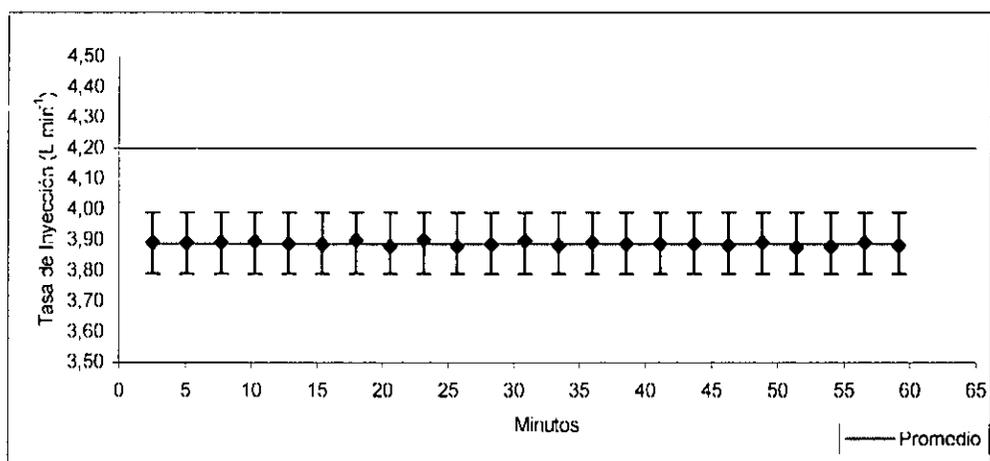


Figura 20. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 4.

## Combinación de Funcionamiento 5

## Medición 1.

Cuadro 21. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 5, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	27	0	2,45	4,08
210	0	4	55	21	4,92	4,05
200	0	7	22	11	7,37	4,08
190	0	9	50	13	9,84	4,05
180	0	12	18	0	12,30	4,06
170	0	14	46	9	14,77	4,05
160	0	17	14	25	17,24	4,05
150	0	19	42	1	19,70	4,06
140	0	22	10	2	22,17	4,05
130	0	24	39	14	24,65	4,02
120	0	27	7	15	27,12	4,05
110	0	29	35	7	29,58	4,06
100	0	32	2	99	32,05	4,06
90	0	34	31	1	34,52	4,05
80	0	36	59	2	36,98	4,05
70	0	39	27	6	39,45	4,05
60	0	41	55	96	41,93	4,03
50	0	44	24	2	44,40	4,05
40	0	46	52	99	46,88	4,03
30	0	49	20	92	49,35	4,06
20	0	51	49	84	51,83	4,03
10	0	54	17	86	54,30	4,05
0	0	56	45	81	56,76	4,06
<b>Promedio</b>						<b>4,05</b>

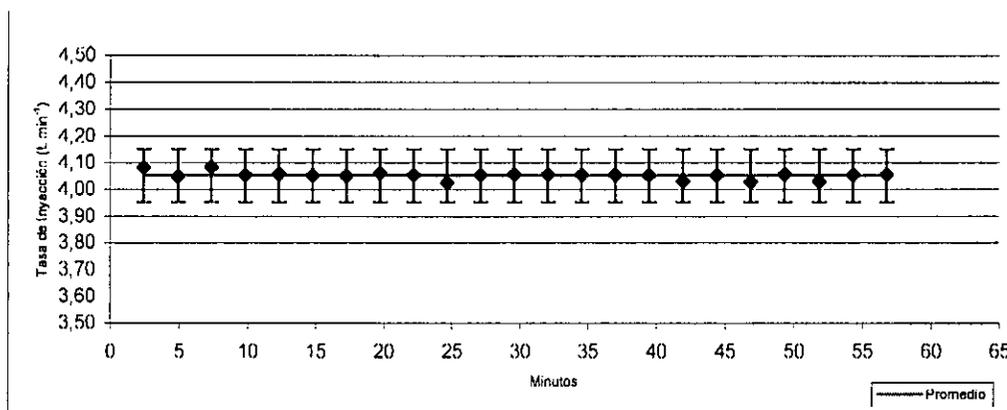


Figura 21. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 5, medición 1.

## Medición 2.

Cuadro 22. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 5, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	28	67	2,48	4,04
210	0	4	54	72	4,91	4,11
200	0	7	22	90	7,38	4,05
190	0	9	49	77	9,83	4,09
180	0	12	17	9	12,28	4,07
170	0	14	43	97	14,73	4,08
160	0	17	11	85	17,20	4,06
150	0	19	38	84	19,65	4,08
140	0	22	6	96	22,12	4,05
130	0	24	33	81	24,56	4,09
120	0	27	1	93	27,03	4,05
110	0	29	29	90	29,50	4,05
100	0	31	57	79	31,96	4,06
90	0	34	24	98	34,42	4,08
80	0	36	52	90	36,88	4,06
70	0	39	20	95	39,35	4,05
60	0	41	48	97	41,82	4,05
50	0	44	16	2	44,27	4,08
40	0	46	44	11	46,74	4,05
30	0	49	12	4	49,20	4,06
20	0	51	40	12	51,67	4,05
10	0	54	8	29	54,14	4,05
0	0	56	35	65	56,59	4,07
<b>Promedio</b>						<b>4,06</b>

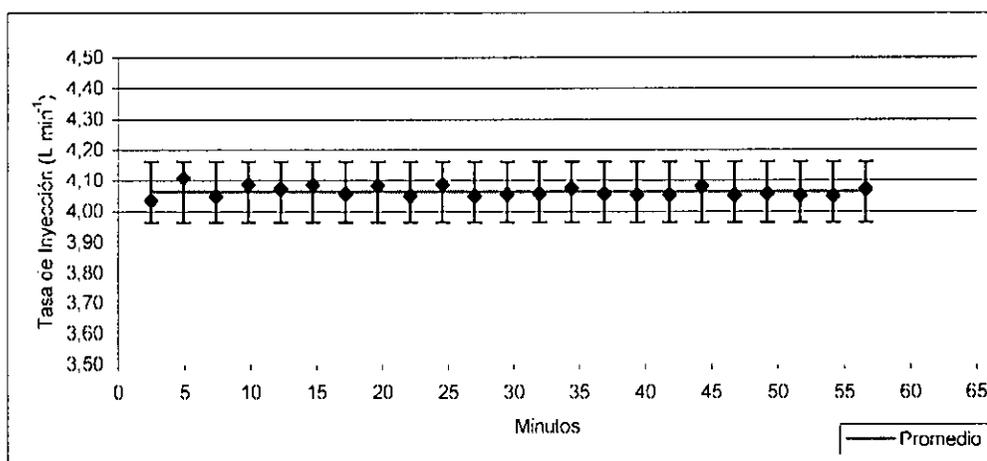


Figura 22. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 5, medición 2.

## Medición 3.

Cuadro 23. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 5, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	26	89	2,45	4,08
210	0	4	52	77	4,88	4,11
200	0	7	18	83	7,31	4,11
190	0	9	45	0	9,75	4,10
180	0	12	11	82	12,20	4,09
170	0	14	38	7	14,63	4,10
160	0	17	4	23	17,07	4,11
150	0	19	30	18	19,50	4,11
140	0	21	55	89	21,93	4,12
130	0	24	23	7	24,38	4,08
120	0	26	49	8	26,82	4,11
110	0	29	15	12	29,25	4,11
100	0	31	40	37	31,67	4,13
90	0	34	7	49	34,12	4,08
80	0	36	34	14	36,57	4,09
70	0	38	59	91	39,00	4,12
60	0	41	26	18	41,44	4,10
50	0	43	52	38	43,87	4,10
40	0	46	19	17	46,32	4,09
30	0	48	44	39	48,74	4,13
20	0	51	11	16	51,19	4,09
10	0	53	36	40	53,61	4,13
0	0	56	3	3	56,05	4,09
<b>Promedio</b>						4,10

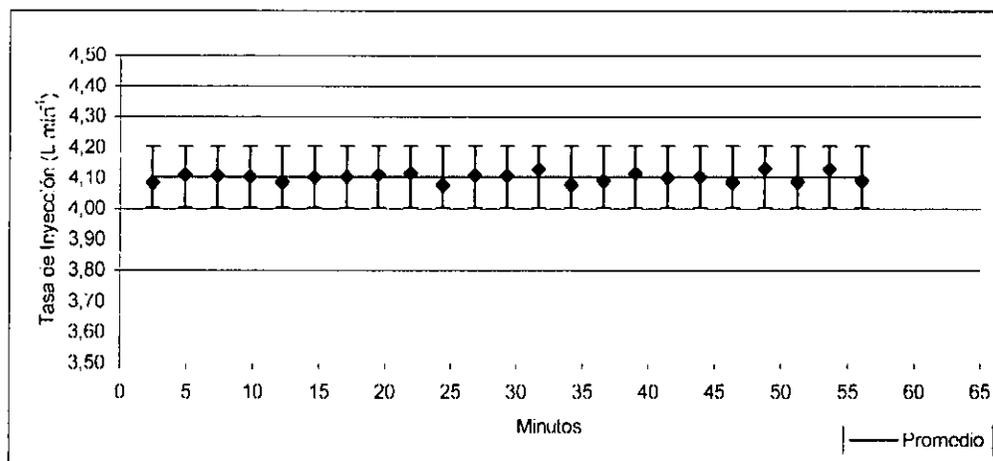


Figura 23. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 5, medición 3.

## Medición 4.

Cuadro 24. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 5, medición 4.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	26	65	2,44	4,09
210	0	4	52	72	4,88	4,11
200	0	7	18	50	7,31	4,12
190	0	9	44	46	9,74	4,11
180	0	12	10	43	12,17	4,11
170	0	14	36	71	14,61	4,10
160	0	17	2	67	17,04	4,11
150	0	19	28	68	19,48	4,11
140	0	21	55	97	21,93	4,07
130	0	24	21	93	24,37	4,11
120	0	26	47	91	26,80	4,11
110	0	29	14	52	29,24	4,09
100	0	31	40	78	31,68	4,10
90	0	34	6	68	34,11	4,11
80	0	36	32	75	36,55	4,11
70	0	38	58	67	38,98	4,11
60	0	41	24	96	41,42	4,10
50	0	43	51	53	43,86	4,09
40	0	46	17	97	46,30	4,10
30	0	48	44	80	48,75	4,09
20	0	51	10	7	51,17	4,13
10	0	53	37	2	53,62	4,08
0	0	56	3	51	56,06	4,10
<b>Promedio</b>						<b>4,10</b>

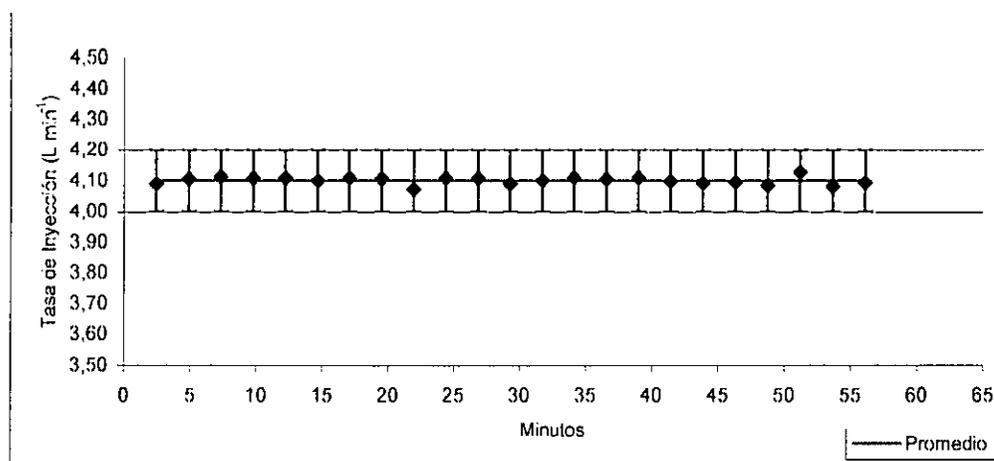
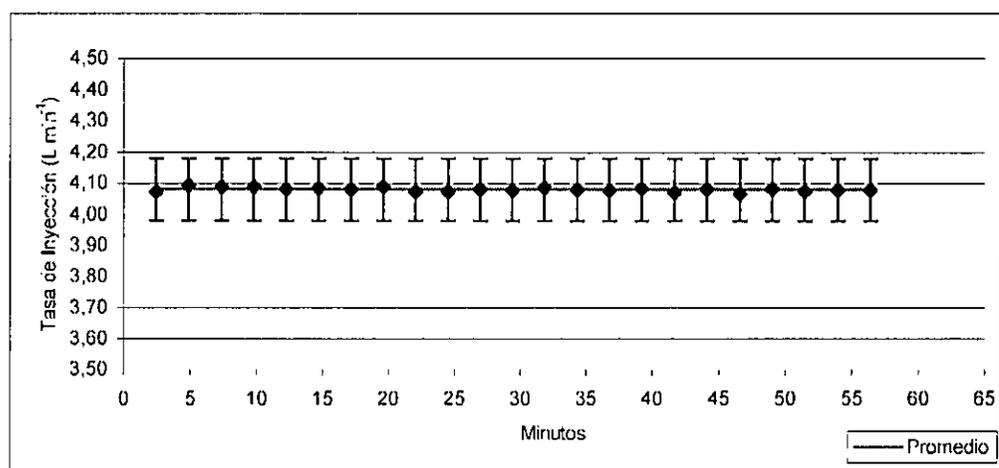


Figura 24. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 5, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 5.**

**Cuadro 25. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 5.**

<b>Tiempo</b>	<b>Inyección</b>
2,46	4,07
4,90	4,09
7,34	4,09
9,79	4,09
12,24	4,08
14,69	4,09
17,14	4,08
19,58	4,09
22,04	4,07
24,49	4,07
26,94	4,08
29,39	4,08
31,84	4,09
34,29	4,08
36,75	4,08
39,19	4,08
41,65	4,07
44,10	4,08
46,56	4,07
49,01	4,08
51,46	4,07
53,91	4,08
56,37	4,08
<b>Promedio</b>	<b>4,08</b>



**Figura 25. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 5.**

## Combinación de Funcionamiento 6

## Medición 1.

Cuadro 26. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 6, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	24	98	2,42	4,14
210	0	4	50	99	4,85	4,11
200	0	7	18	14	7,30	4,08
190	0	9	45	53	9,76	4,07
180	0	12	11	97	12,20	4,10
170	0	14	39	11	14,65	4,08
160	0	17	7	29	17,12	4,05
150	0	19	35	51	19,59	4,05
140	0	22	3	80	22,06	4,05
130	0	24	32	15	24,54	4,04
120	0	27	0	7	27,00	4,06
110	0	29	27	97	29,47	4,06
100	0	31	56	8	31,93	4,05
90	0	34	23	27	34,39	4,08
80	0	36	51	9	36,85	4,06
70	0	39	18	4	39,30	4,08
60	0	41	45	9	41,75	4,08
50	0	44	12	6	44,20	4,08
40	0	46	40	27	46,67	4,05
30	0	49	6	97	49,12	4,09
20	0	51	34	28	51,57	4,07
10	0	54	1	38	54,02	4,08
0	0	56	27	86	56,46	4,10
<b>Promedio</b>						<b>4,07</b>

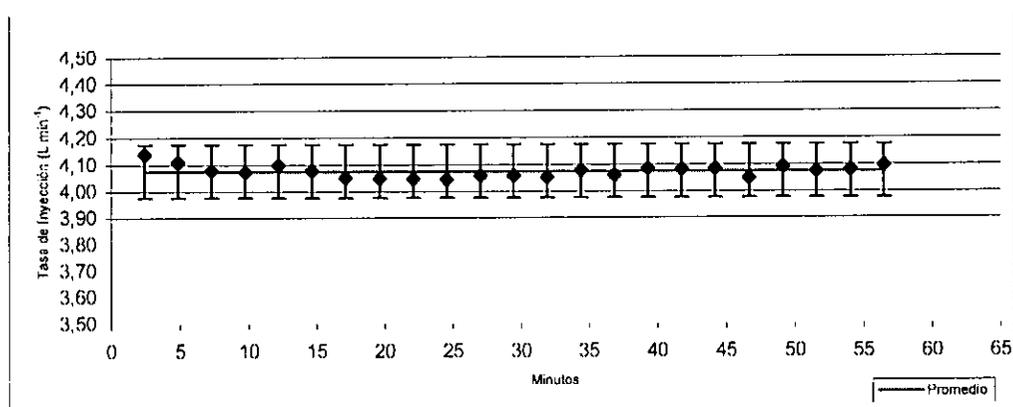


Figura 26. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 6, medición 1.

## Medición 2.

Cuadro 27. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 6, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	26	83	2,45	4,09
210	0	4	52	95	4,88	4,11
200	0	7	19	99	7,33	4,08
190	0	9	48	33	9,81	4,04
180	0	12	16	5	12,27	4,06
170	0	14	43	85	14,73	4,06
160	0	17	11	99	17,20	4,05
150	0	19	39	78	19,66	4,06
140	0	22	6	9	22,10	4,10
130	0	24	34	3	24,57	4,06
120	0	27	2	37	27,04	4,04
110	0	29	28	86	29,48	4,10
100	0	31	56	82	31,95	4,06
90	0	34	24	1	34,40	4,08
80	0	36	51	92	36,87	4,06
70	0	39	19	22	39,32	4,07
60	0	41	46	98	41,78	4,06
50	0	44	14	91	44,25	4,06
40	0	46	43	93	46,73	4,03
30	0	49	11	87	49,20	4,06
20	0	51	39	95	51,67	4,05
10	0	54	7	92	54,13	4,05
0	0	56	35	57	56,59	4,06
					<b>Promedio</b>	<b>4,06</b>

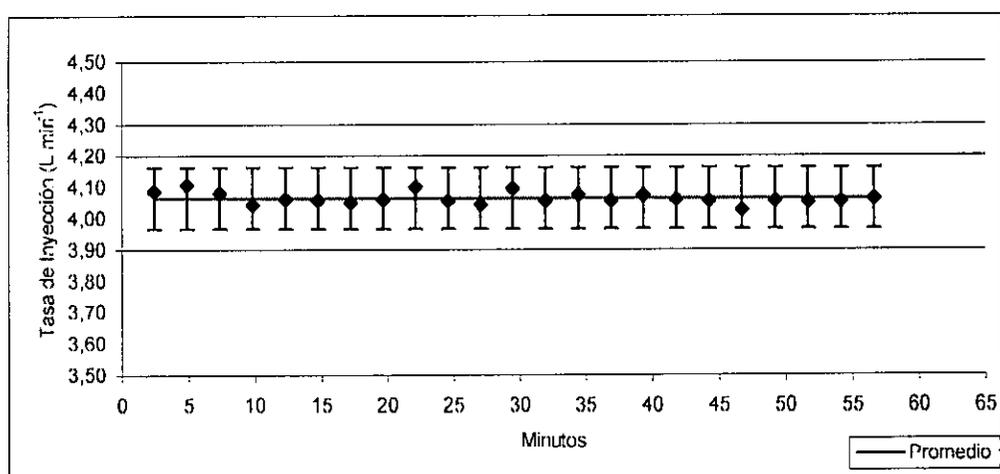


Figura 27. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 6, medición 2.

## Medición 3.

Cuadro 28. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 6, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	22	99	2,38	4,20
210	0	4	46	12	4,77	4,19
200	0	7	8	79	7,15	4,21
190	0	9	31	23	9,52	4,21
180	0	11	53	64	11,89	4,21
170	0	14	16	88	14,28	4,19
160	0	16	40	10	16,67	4,19
150	0	19	3	59	19,06	4,18
140	0	21	27	84	21,46	4,16
130	0	23	52	69	23,88	4,14
120	0	26	16	95	26,28	4,16
110	0	28	40	72	28,68	4,17
100	0	31	4	65	31,08	4,17
90	0	33	29	5	33,48	4,16
80	0	35	52	97	35,88	4,17
70	0	38	17	4	38,28	4,16
60	0	40	40	75	40,68	4,18
50	0	43	4	22	43,07	4,18
40	0	45	27	54	45,46	4,19
30	0	47	50	33	47,84	4,20
20	0	50	13	48	50,22	4,19
10	0	52	37	65	52,63	4,16
0	0	55	2	31	55,04	4,15
<b>Promedio</b>						<b>4,18</b>

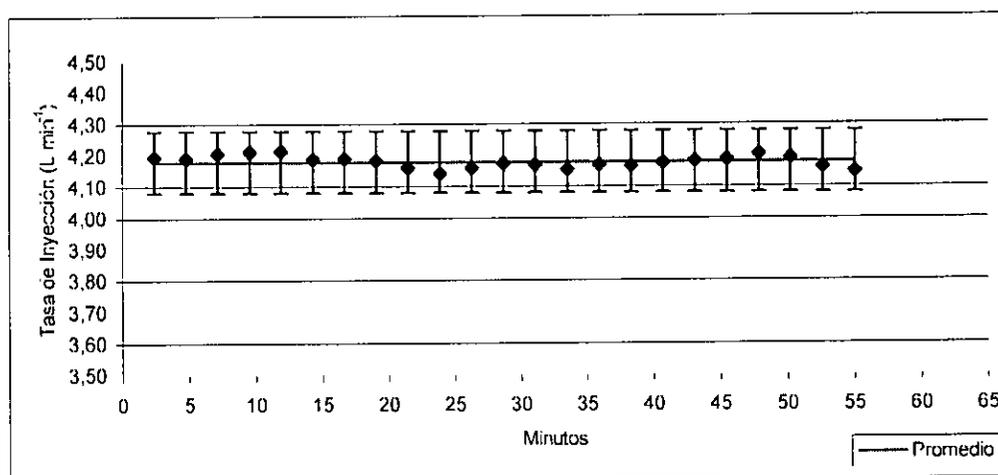


Figura 28. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 6, medición 3.

## Medición 4.

Cuadro 29. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 6, medición 4.

Litros	Tiempo 1/100				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	24	51	2,41	4,15
210	0	4	47	34	4,79	4,20
200	0	7	10	46	7,17	4,19
190	0	9	34	69	9,58	4,16
180	0	11	58	50	11,98	4,17
170	0	14	21	65	14,36	4,19
160	0	16	45	56	16,76	4,17
150	0	19	8	68	19,14	4,19
140	0	21	32	82	21,55	4,16
130	0	23	56	78	23,95	4,17
120	0	26	20	10	26,34	4,19
110	0	28	43	6	28,72	4,20
100	0	31	6	4	31,10	4,20
90	0	33	29	7	33,48	4,19
80	0	35	52	46	35,87	4,18
70	0	38	15	37	38,26	4,20
60	0	40	38	86	40,65	4,18
50	0	43	2	15	43,04	4,19
40	0	45	25	46	45,42	4,19
30	0	47	48	70	47,81	4,19
20	0	50	11	79	50,20	4,19
10	0	52	36	6	52,60	4,16
0	0	54	59	84	55,00	4,17
<b>Promedio</b>						<b>4,18</b>

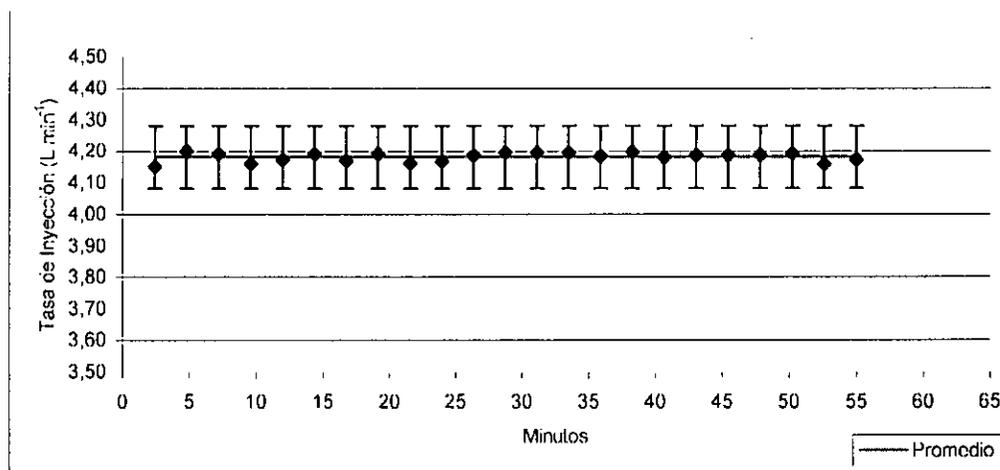
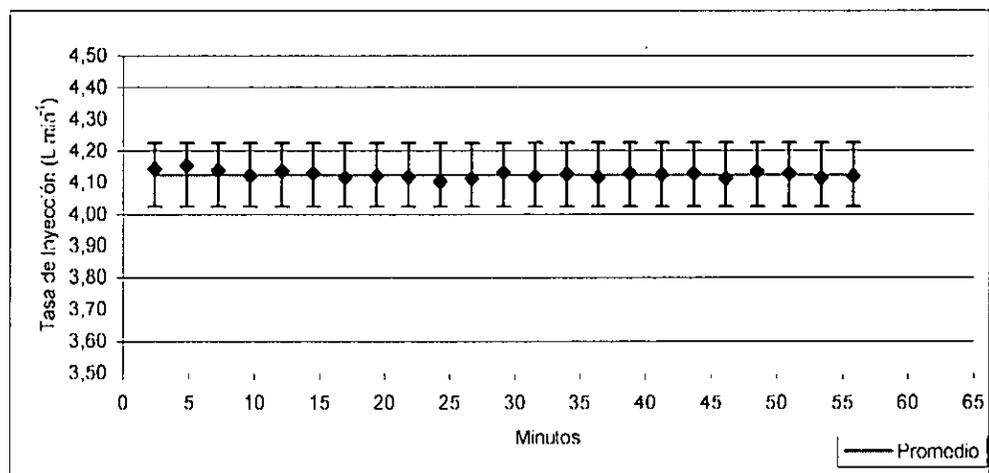


Figura 29. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 6, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 6.**

**Cuadro 30. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 6.**

Tiempo	Inyección
2,41	4,14
4,82	4,15
7,24	4,14
9,67	4,12
12,08	4,14
14,51	4,13
16,94	4,11
19,36	4,12
21,79	4,12
24,23	4,10
26,66	4,11
29,09	4,13
31,51	4,12
33,94	4,13
36,37	4,12
38,79	4,13
41,22	4,12
43,64	4,13
46,07	4,11
48,49	4,13
50,91	4,13
53,35	4,11
55,77	4,12
<b>Promedio</b>	<b>4,12</b>



**Figura 30. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 6.**

## Combinación de Funcionamiento 7

## Medición 1.

Cuadro 31. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 7, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	22	81	2,38	4,20
210	0	4	47	86	4,80	4,14
200	0	7	14	1	7,23	4,11
190	0	9	40	13	9,67	4,11
180	0	12	6	98	12,12	4,09
170	0	14	32	21	14,54	4,13
160	0	16	58	96	16,98	4,09
150	0	19	24	48	19,41	4,12
140	0	21	51	2	21,85	4,09
130	0	24	18	10	24,30	4,08
120	0	26	44	22	26,74	4,11
110	0	29	10	3	29,17	4,11
100	0	31	37	11	31,62	4,08
90	0	34	3	43	34,06	4,10
80	0	36	30	16	36,50	4,09
70	0	38	56	2	38,93	4,11
60	0	41	23	14	41,39	4,08
50	0	43	48	23	43,80	4,14
40	0	46	13	36	46,22	4,13
30	0	48	40	35	48,67	4,08
20	0	51	4	32	51,07	4,17
10	0	53	30	50	53,51	4,10
0	0	55	55	99	55,93	4,12
<b>Promedio</b>						4,11

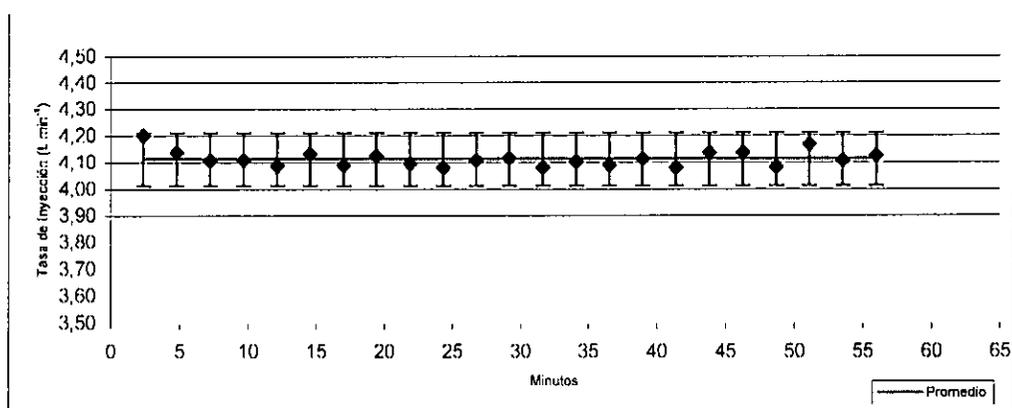


Figura 31. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 7, medición 1.

## Medición 2.

Cuadro 32. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 7, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	24	77	2,41	4,14
210	0	4	50	90	4,85	4,11
200	0	7	16	23	7,27	4,13
190	0	9	42	5	9,70	4,11
180	0	12	8	11	12,14	4,11
170	0	14	35	29	14,59	4,08
160	0	17	1	23	17,02	4,11
150	0	19	27	85	19,46	4,09
140	0	21	55	18	21,92	4,07
130	0	24	21	99	24,37	4,09
120	0	26	49	8	26,82	4,08
110	0	29	16	4	29,27	4,08
100	0	31	43	8	31,72	4,08
90	0	34	9	99	34,17	4,08
80	0	36	38	21	36,64	4,05
70	0	39	6	93	39,12	4,03
60	0	41	36	18	41,60	4,02
50	0	44	5	12	44,09	4,03
40	0	46	34	7	46,57	4,03
30	0	49	1	3	49,02	4,08
20	0	51	29	93	51,50	4,03
10	0	53	58	49	53,97	4,04
0	0	56	24	65	56,41	4,11
<b>Promedio</b>						<b>4,08</b>

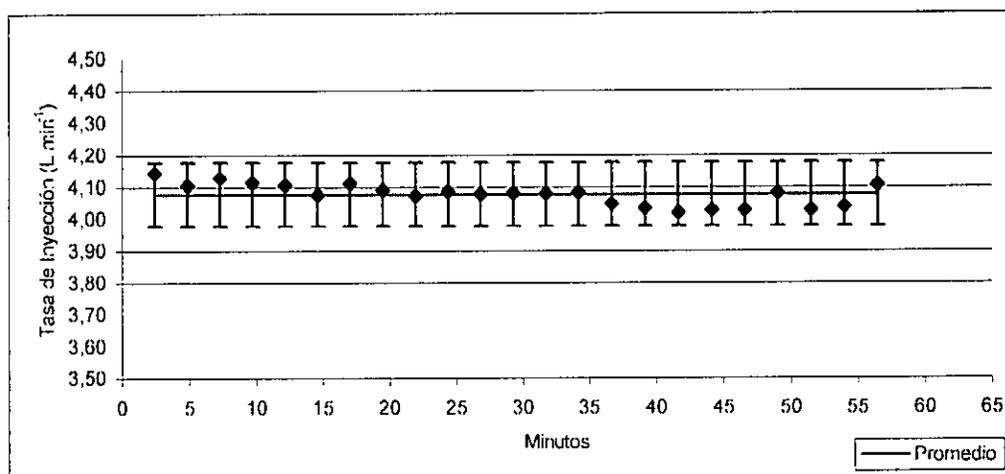


Figura 32. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 7, medición 2.

**Medición 3.**

Cuadro 33. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 7, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	27	84	2,46	4,06
210	0	4	55	85	4,93	4,05
200	0	7	22	85	7,38	4,08
190	0	9	50	85	9,85	4,05
180	0	12	18	85	12,31	4,05
170	0	14	46	79	14,78	4,06
160	0	17	16	4	17,27	4,02
150	0	19	44	2	19,73	4,05
140	0	22	12	77	22,21	4,03
130	0	24	40	71	24,68	4,06
120	0	27	8	80	27,15	4,05
110	0	29	37	62	29,63	4,03
100	0	32	6	75	32,11	4,02
90	0	34	34	72	34,58	4,05
80	0	37	3	70	37,06	4,03
70	0	39	33	58	39,56	4,00
60	0	42	0	56	42,01	4,08
50	0	44	29	54	44,49	4,03
40	0	46	58	49	46,97	4,03
30	0	49	27	52	49,46	4,03
20	0	51	55	60	51,93	4,05
10	0	54	23	49	54,39	4,06
0	0	56	51	44	56,86	4,06
<b>Promedio</b>						<b>4,05</b>

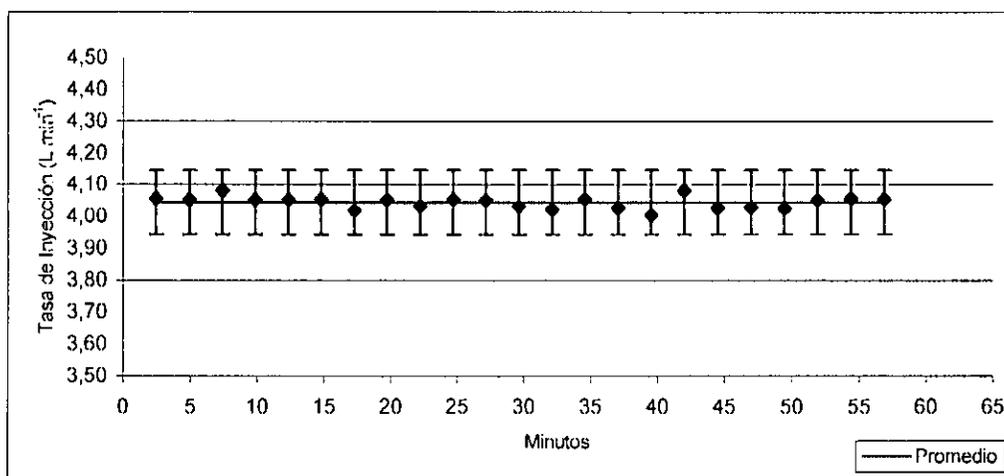


Figura 33. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 7, medición 3.

**Medición 4.**

Cuadro 34. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 7, medición 4.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	27	98	2,47	4,05
210	0	4	56	18	4,94	4,05
200	0	7	24	91	7,42	4,03
190	0	9	53	88	9,90	4,03
180	0	12	22	9	12,37	4,05
170	0	14	51	0	14,85	4,03
160	0	17	19	84	17,33	4,03
150	0	19	48	95	19,82	4,02
140	0	22	17	95	22,30	4,03
130	0	24	46	90	24,78	4,03
120	0	27	15	90	27,27	4,03
110	0	29	44	76	29,75	4,03
100	0	32	13	83	32,23	4,02
90	0	34	42	84	34,71	4,03
80	0	37	11	91	37,20	4,02
70	0	39	40	66	39,68	4,03
60	0	42	10	68	42,18	4,00
50	0	44	39	63	44,66	4,03
40	0	47	9	52	47,16	4,00
30	0	49	39	63	49,66	4,00
20	0	52	8	55	52,14	4,03
10	0	54	38	58	54,64	4,00
0	0	57	7	44	57,12	4,03
<b>Promedio</b>						<b>4,03</b>

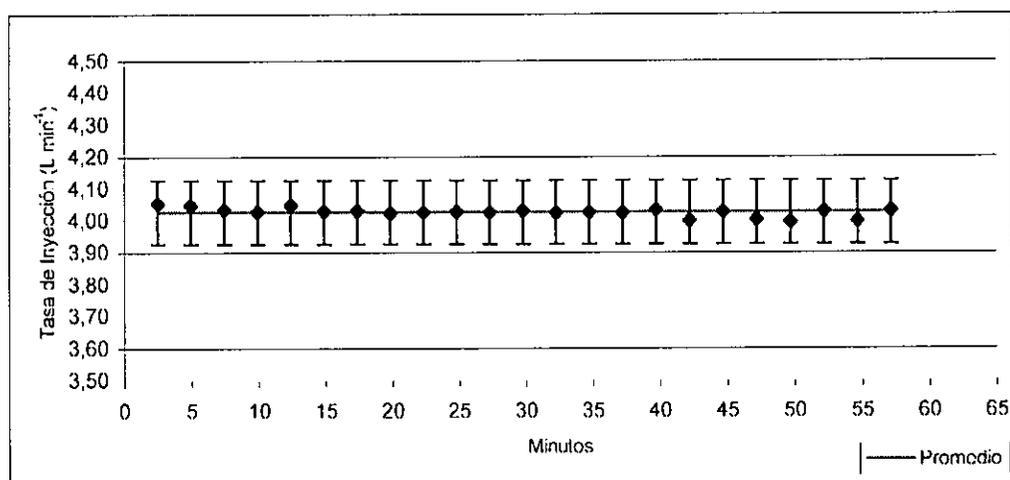
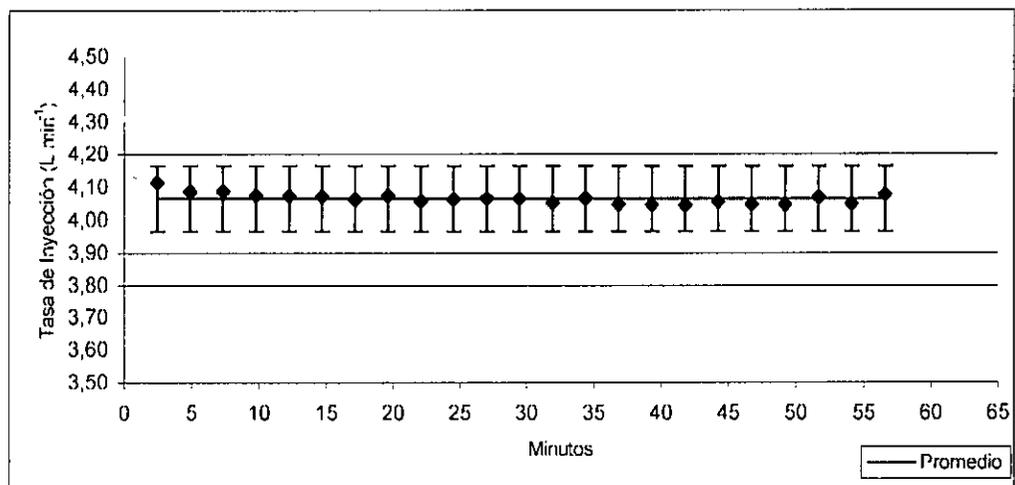


Figura 34. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 7, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 7.**

**Cuadro 35. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 7.**

<b>Tiempo</b>	<b>Inyección</b>
2,43	4,11
4,88	4,09
7,33	4,09
9,78	4,08
12,23	4,07
14,69	4,07
17,15	4,06
19,61	4,07
22,07	4,06
24,53	4,06
26,99	4,07
29,45	4,07
31,92	4,05
34,38	4,07
36,85	4,05
39,32	4,05
41,79	4,05
44,26	4,05
46,73	4,05
49,20	4,05
51,66	4,07
54,13	4,05
56,58	4,08
<b>Promedio</b>	<b>4,07</b>



**Figura 35. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 7.**

## Combinación de Funcionamiento 8

## Medición 1.

Cuadro 36. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 8, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	27	0	2,45	4,08
210	0	4	54	32	4,91	4,07
200	0	7	23	17	7,39	4,03
190	0	9	51	23	9,85	4,05
180	0	12	21	10	12,35	4,00
170	0	14	51	7	14,85	4,00
160	0	17	20	99	17,35	4,00
150	0	19	48	85	19,81	4,06
140	0	22	17	4	22,28	4,05
130	0	24	46	96	24,78	4,00
120	0	27	15	0	27,25	4,05
110	0	29	43	99	29,73	4,03
100	0	32	13	3	32,22	4,03
90	0	34	42	4	34,70	4,03
80	0	37	9	90	37,17	4,06
70	0	39	39	88	39,66	4,00
60	0	42	7	78	42,13	4,06
50	0	44	36	7	44,60	4,05
40	0	47	6	0	47,10	4,00
30	0	49	34	54	49,58	4,04
20	0	52	2	8	52,03	4,07
10	0	54	31	6	54,52	4,03
0	0	56	59	69	56,99	4,04
<b>Promedio</b>						<b>4,04</b>

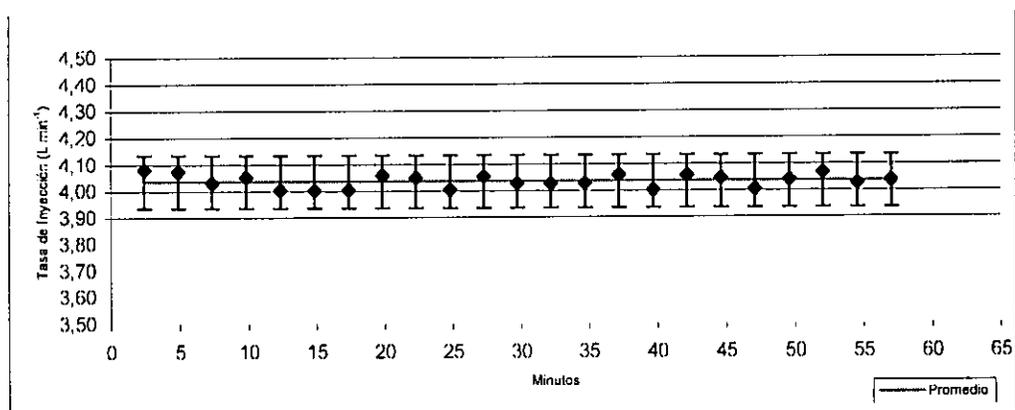


Figura 36. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 8, medición 1.

## Medición 2.

Cuadro 37. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 8, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	7	29	96	2,50	4,00
210	0	10	0	8	5,00	4,00
200	0	12	30	85	7,51	3,98
190	0	15	2	88	10,05	3,95
180	0	17	33	86	12,56	3,97
170	0	20	5	75	15,10	3,95
160	0	22	36	64	17,61	3,98
150	0	25	8	63	20,14	3,95
140	0	27	39	3	22,65	3,99
130	0	30	10	62	25,18	3,96
120	0	32	42	47	27,71	3,95
110	0	35	13	43	30,22	3,97
100	0	37	45	20	32,75	3,95
90	0	40	17	48	35,29	3,94
80	0	42	49	13	37,82	3,96
70	0	45	20	22	40,34	3,97
60	0	47	52	35	42,87	3,94
50	0	50	24	11	45,40	3,95
40	0	52	55	93	47,93	3,95
30	0	55	27	94	50,47	3,95
20	0	57	59	85	53,00	3,95
10	1	0	30	75	55,51	3,98
0	1	3	2	67	58,04	3,95
					<b>Promedio</b>	<b>3,96</b>

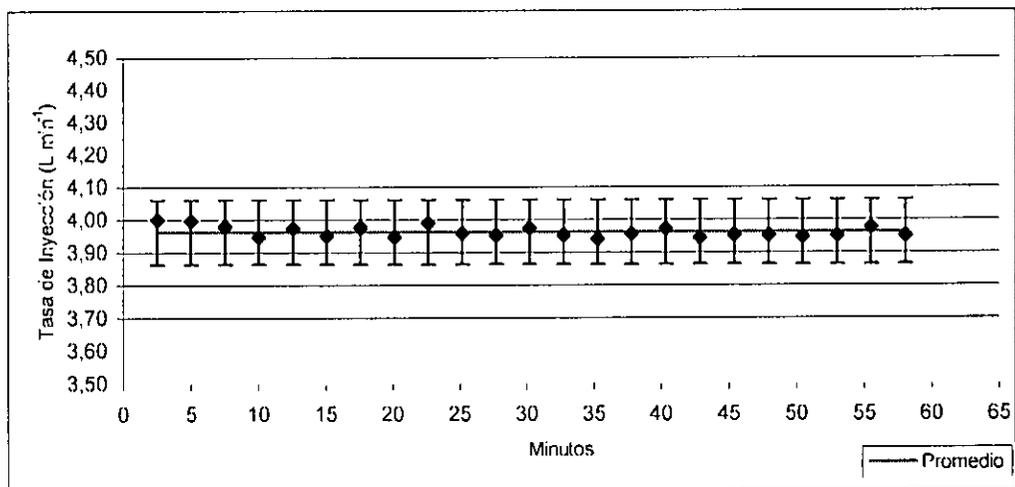


Figura 37. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 8, medición 2.

## Medición 3.

Cuadro 38. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 8, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	30	78	2,51	3,98
210	0	5	1	84	5,03	3,97
200	0	7	33	67	7,56	3,95
190	0	10	5	2	10,08	3,96
180	0	12	35	77	12,60	3,98
170	0	15	7	49	15,12	3,95
160	0	17	39	53	17,66	3,95
150	0	20	10	24	20,17	3,98
140	0	22	42	47	22,71	3,94
130	0	25	14	33	25,24	3,95
120	0	27	47	24	27,79	3,92
110	0	30	19	25	30,32	3,95
100	0	32	51	13	32,85	3,95
90	0	35	24	10	35,40	3,92
80	0	37	57	4	37,95	3,92
70	0	40	29	97	40,50	3,92
60	0	43	3	80	43,06	3,90
50	0	45	37	75	45,63	3,90
40	0	48	10	62	48,18	3,92
30	0	50	44	72	50,75	3,89
20	0	53	17	53	53,29	3,93
10	0	55	50	55	55,84	3,92
0	0	58	23	23	58,39	3,93
<b>Promedio</b>						<b>3,94</b>

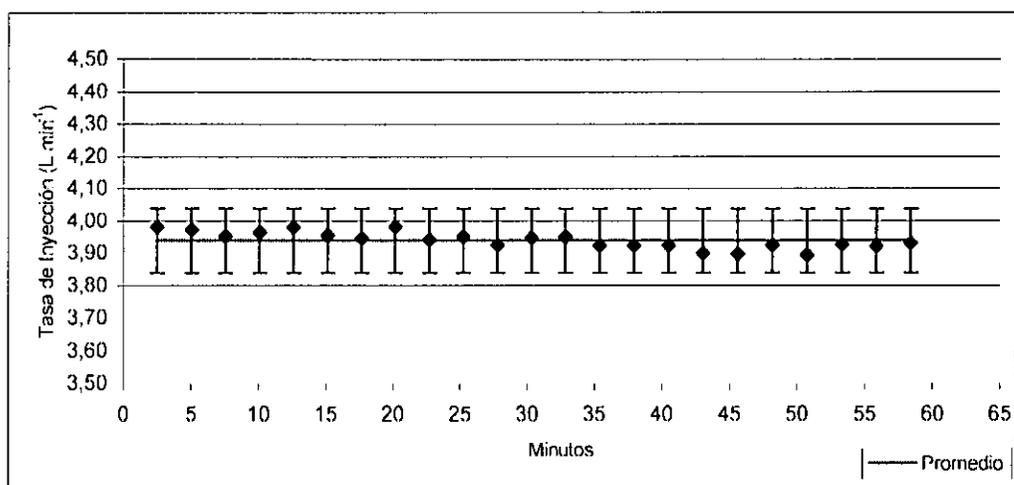


Figura 38. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 8, medición 3.

## Medición 4.

Cuadro 39. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 8, medición 4.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0		/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	28	86	2,48	4,03
210	0	4	57	26	4,95	4,04
200	0	7	26	37	7,44	4,02
190	0	9	55	9	9,92	4,03
180	0	12	24	27	12,40	4,02
170	0	14	53	13	14,89	4,03
160	0	17	22	19	17,37	4,03
150	0	19	51	8	19,85	4,03
140	0	22	19	9	22,32	4,05
130	0	24	46	75	24,78	4,06
120	0	27	15	87	27,26	4,02
110	0	29	43	82	29,73	4,06
100	0	32	13	83	32,23	4,00
90	0	34	41	80	34,70	4,05
80	0	37	11	87	37,20	4,00
70	0	39	40	97	39,68	4,02
60	0	42	11	2	42,18	4,00
50	0	44	41	37	44,69	3,99
40	0	47	8	91	47,15	4,07
30	0	49	37	55	49,63	4,04
20	0	52	7	14	52,12	4,01
10	0	54	35	15	54,59	4,05
0	0	57	3	49	57,06	4,04
					<b>Promedio</b>	<b>4,03</b>

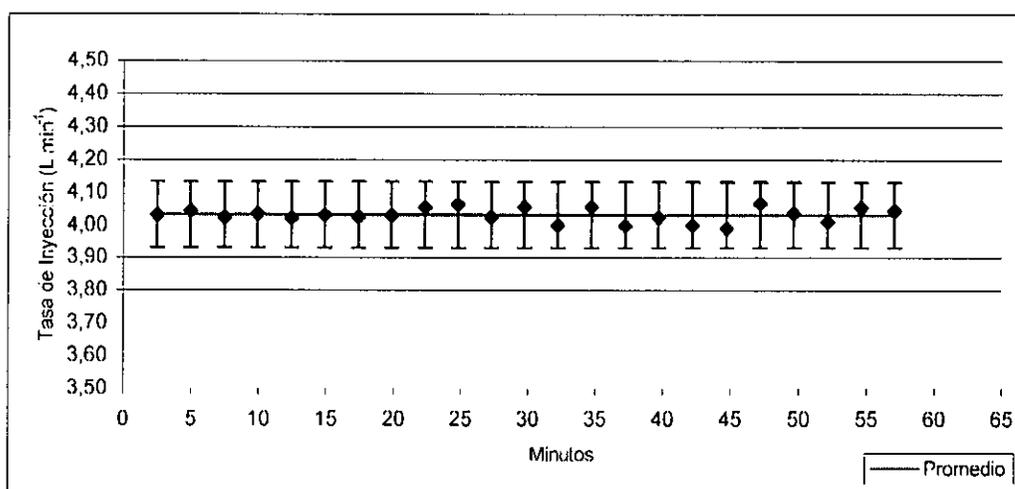


Figura 39. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 8, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 8.**

Cuadro 40. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 8.

Tiempo	Inyección
2,49	4,02
4,97	4,02
7,48	4,00
9,98	4,00
12,48	3,99
14,99	3,98
17,50	3,99
20,00	4,00
22,49	4,01
24,99	3,99
27,50	3,99
30,00	4,00
32,51	3,98
35,02	3,99
37,53	3,98
40,05	3,98
42,56	3,97
45,08	3,97
47,59	3,99
50,10	3,98
52,61	3,99
55,11	3,99
57,62	3,99
<b>Promedio</b>	<b>3,99</b>

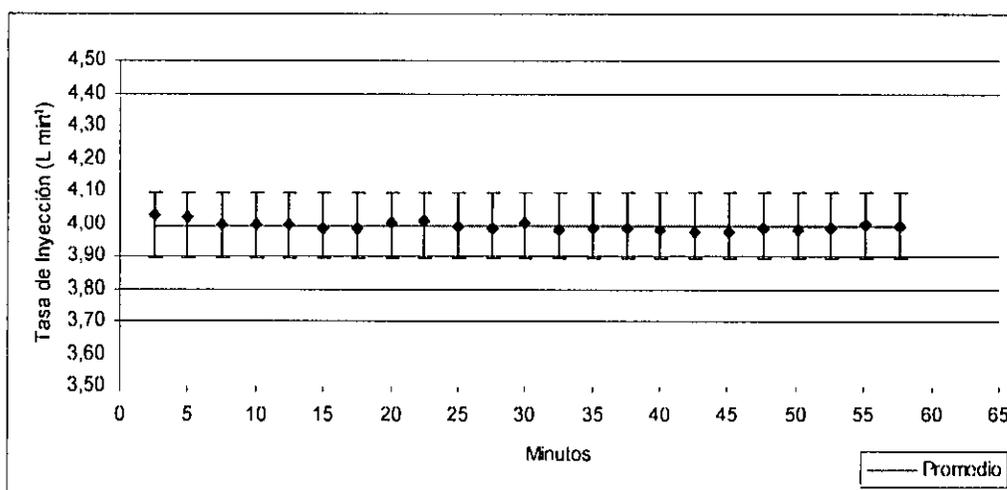


Figura 40. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 8.

## Combinación de Funcionamiento 9

## Medición 1.

Cuadro 41. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 9, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	24	18	2,40	4,16
210	0	4	48	10	4,80	4,17
200	0	7	12	14	7,20	4,17
190	0	9	35	32	9,59	4,19
180	0	11	58	46	11,97	4,19
170	0	14	21	41	14,36	4,20
160	0	16	45	53	16,76	4,16
150	0	19	8	46	19,14	4,20
140	0	21	31	62	21,53	4,19
130	0	23	55	74	23,93	4,16
120	0	26	18	77	26,31	4,19
110	0	28	41	90	28,70	4,19
100	0	31	5	96	31,10	4,16
90	0	33	29	96	33,50	4,17
80	0	35	52	92	35,88	4,20
70	0	38	16	96	38,28	4,17
60	0	40	41	21	40,69	4,16
50	0	43	4	13	43,07	4,20
40	0	45	28	26	45,47	4,16
30	0	47	52	27	47,87	4,17
20	0	50	15	46	50,26	4,19
10	0	52	39	59	52,66	4,16
0	0	55	4	29	55,07	4,15
						4,18

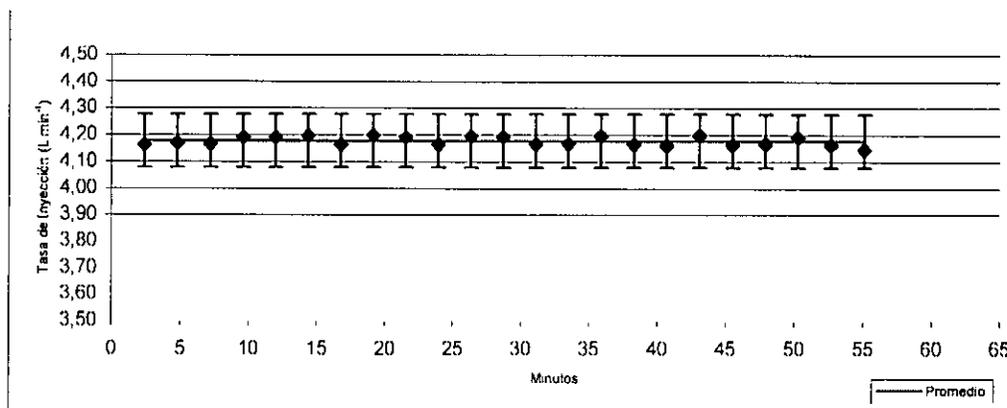


Figura 41. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 9, medición 1.

## Medición 2.

Cuadro 42. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 9, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	23	1	2,38	4,20
210	0	4	46	97	4,78	4,17
200	0	7	10	4	7,17	4,19
190	0	9	34	18	9,57	4,16
180	0	11	58	23	11,97	4,17
170	0	14	22	21	14,37	4,17
160	0	16	46	27	16,77	4,16
150	0	19	9	28	19,15	4,20
140	0	21	33	61	21,56	4,16
130	0	23	57	37	23,96	4,17
120	0	26	20	53	26,34	4,19
110	0	28	44	56	28,74	4,17
100	0	31	8	45	31,14	4,17
90	0	33	32	62	33,54	4,16
80	0	35	55	72	35,93	4,19
70	0	38	19	74	38,33	4,17
60	0	40	43	90	40,73	4,16
50	0	43	7	2	43,12	4,19
40	0	45	31	10	45,52	4,16
30	0	47	55	5	47,92	4,17
20	0	50	19	12	50,32	4,16
10	0	52	42	21	52,70	4,19
0	0	55	5	90	55,10	4,18
						4,17

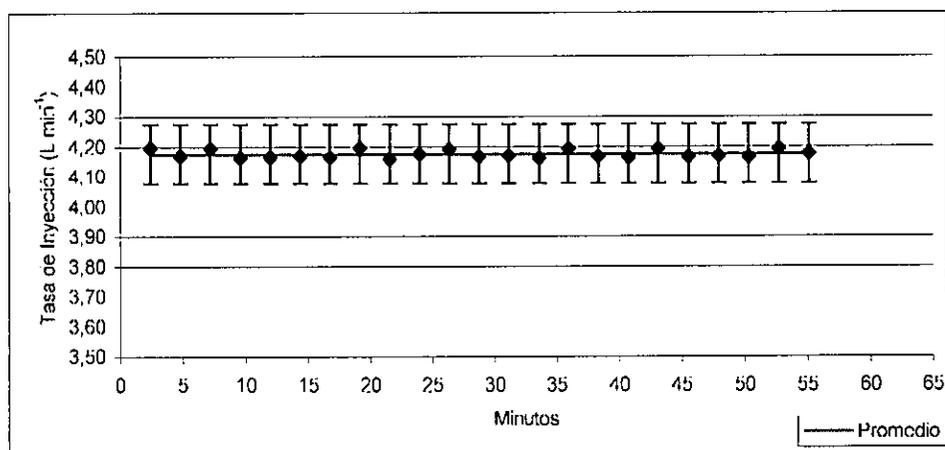


Figura 42. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 9, medición 2.

## Medición 3.

Cuadro 43. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 9, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	24	30	2,41	4,16
210	0	4	49	14	4,82	4,14
200	0	7	13	39	7,22	4,16
190	0	9	37	37	9,62	4,17
180	0	12	1	50	12,03	4,16
170	0	14	24	87	14,41	4,18
160	0	16	48	61	16,81	4,17
150	0	19	12	63	19,21	4,17
140	0	21	35	70	21,60	4,19
130	0	23	59	82	24,00	4,16
120	0	26	23	78	26,40	4,17
110	0	28	46	93	28,78	4,19
100	0	31	10	87	31,18	4,17
90	0	33	34	94	33,58	4,16
80	0	35	58	98	35,98	4,17
70	0	38	23	2	38,38	4,17
60	0	40	48	10	40,80	4,14
50	0	43	12	36	43,21	4,16
40	0	45	36	30	45,61	4,17
30	0	48	0	25	48,00	4,17
20	0	50	24	73	50,41	4,15
10	0	52	48	24	52,80	4,18
0	0	55	12	32	55,21	4,16
<b>Promedio</b>						<b>4,17</b>

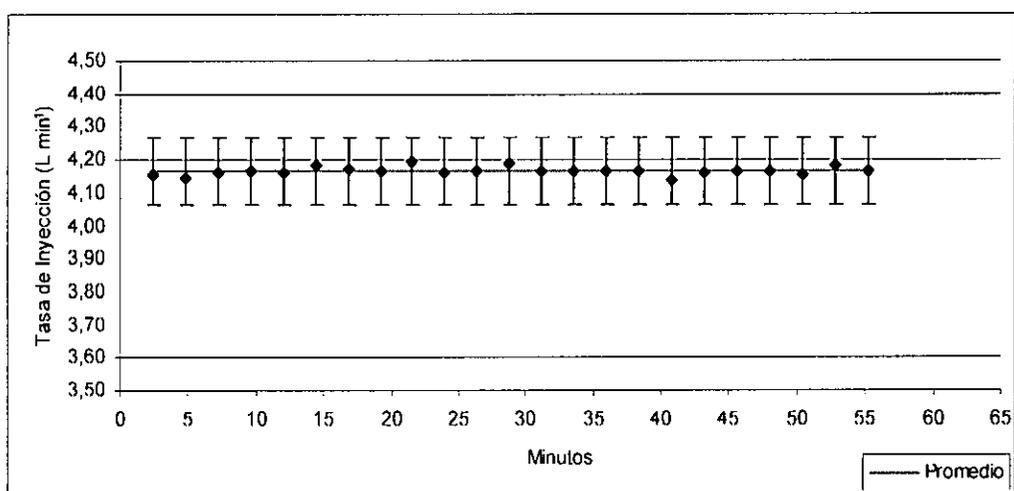


Figura 43. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 9, medición 3.

## Medición 4.

Cuadro 44. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 9, medición 4.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	24	76	2,41	4,14
210	0	4	49	3	4,82	4,16
200	0	7	13	7	7,22	4,17
190	0	9	37	26	9,62	4,16
180	0	12	1	21	12,02	4,17
170	0	14	25	31	14,42	4,16
160	0	16	49	29	16,82	4,17
150	0	19	13	39	19,22	4,16
140	0	21	38	36	21,64	4,14
130	0	24	1	49	24,02	4,19
120	0	26	25	61	26,43	4,16
110	0	28	49	56	28,83	4,17
100	0	31	13	60	31,23	4,17
90	0	33	37	62	33,63	4,17
80	0	36	1	84	36,03	4,16
70	0	38	25	60	38,43	4,17
60	0	40	49	83	40,83	4,16
50	0	43	13	87	43,23	4,17
40	0	45	37	87	45,63	4,17
30	0	48	1	89	48,03	4,17
20	0	50	26	17	50,44	4,16
10	0	52	50	20	52,84	4,17
0	0	55	14	66	55,24	4,15
<b>Promedio</b>						<b>4,16</b>

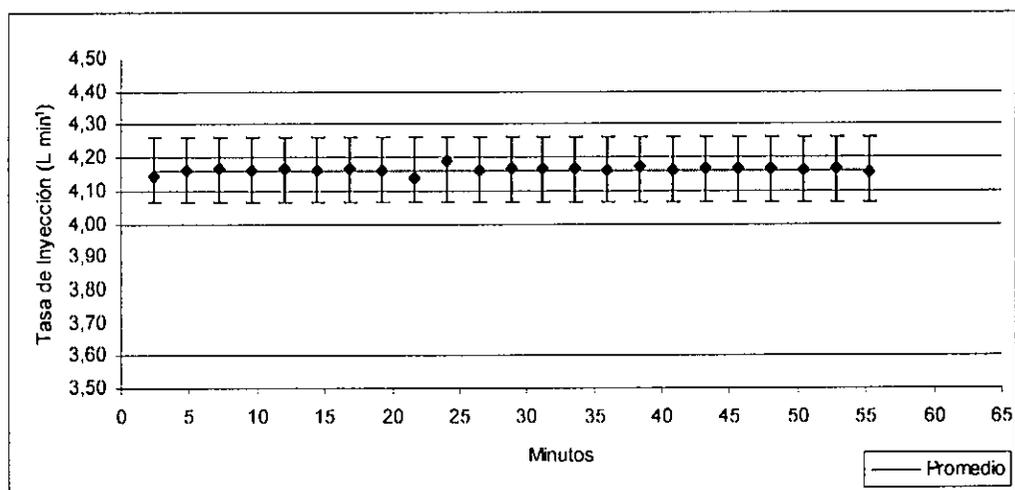
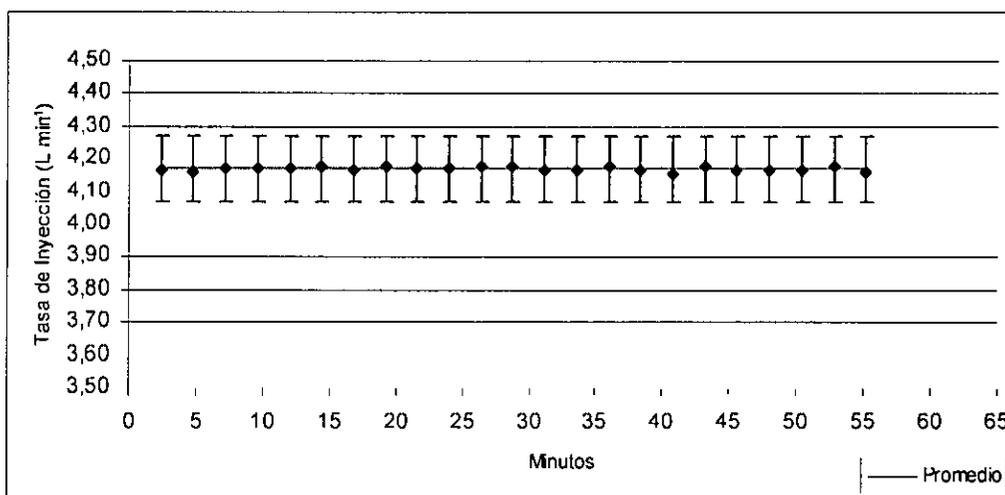


Figura 44. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 9, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 9.**

**Cuadro 45. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 9.**

<b>Tiempo</b>	<b>Inyección</b>
2,40	4,16
4,81	4,16
7,20	4,17
9,60	4,17
12,00	4,17
14,39	4,18
16,79	4,17
19,18	4,18
21,58	4,17
23,98	4,17
26,37	4,18
28,76	4,18
31,16	4,17
33,56	4,16
35,96	4,18
38,36	4,17
40,76	4,15
43,16	4,18
45,56	4,17
47,96	4,17
50,36	4,17
52,75	4,18
55,15	4,16
<b>Promedio</b>	<b>4,17</b>



**Figura 45. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 9.**

## Combinación de Funcionamiento 10

## Medición 1.

Cuadro 46. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 10, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	25	1	2,42	4,14
210	0	4	50	6	4,83	4,14
200	0	7	15	7	7,25	4,14
190	0	9	39	34	9,66	4,16
180	0	12	4	5	12,07	4,15
170	0	14	28	8	14,47	4,17
160	0	16	52	43	16,87	4,16
150	0	19	17	37	19,29	4,14
140	0	21	41	43	21,69	4,16
130	0	24	5	40	24,09	4,17
120	0	26	30	64	26,51	4,13
110	0	28	54	23	28,90	4,18
100	0	31	18	45	31,31	4,16
90	0	33	42	49	33,71	4,17
80	0	36	6	49	36,11	4,17
70	0	38	31	77	38,53	4,13
60	0	40	55	53	40,93	4,17
50	0	43	20	56	43,34	4,14
40	0	45	44	71	45,75	4,16
30	0	48	8	70	48,15	4,17
20	0	50	33	85	50,56	4,13
10	0	52	57	56	52,96	4,18
0	0	55	21	85	55,36	4,16
<b>Promedio</b>						<b>4,15</b>

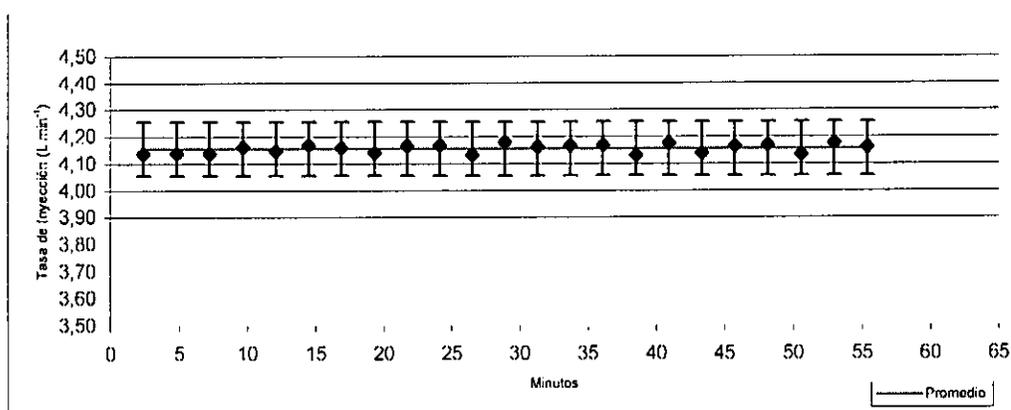


Figura 46. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 10, medición 1.

## Medición 2.

Cuadro 47. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 10, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	23	96	2,40	4,17
210	0	4	47	80	4,80	4,17
200	0	7	13	7	7,22	4,13
190	0	9	37	2	9,62	4,17
180	0	12	1	94	12,03	4,14
170	0	14	27	5	14,45	4,13
160	0	16	51	1	16,85	4,17
150	0	19	16	4	19,27	4,14
140	0	21	41	30	21,69	4,13
130	0	24	5	15	24,09	4,17
120	0	26	30	30	26,51	4,13
110	0	28	55	38	28,92	4,14
100	0	31	19	34	31,32	4,17
90	0	33	44	58	33,74	4,13
80	0	36	9	36	36,16	4,14
70	0	38	34	33	38,57	4,14
60	0	40	58	33	40,97	4,17
50	0	43	23	62	43,39	4,13
40	0	45	48	49	45,81	4,14
30	0	48	13	40	48,22	4,14
20	0	50	38	57	50,64	4,13
10	0	53	3	38	53,06	4,14
0	0	55	28	42	55,47	4,14
<b>Promedio</b>						<b>4,15</b>

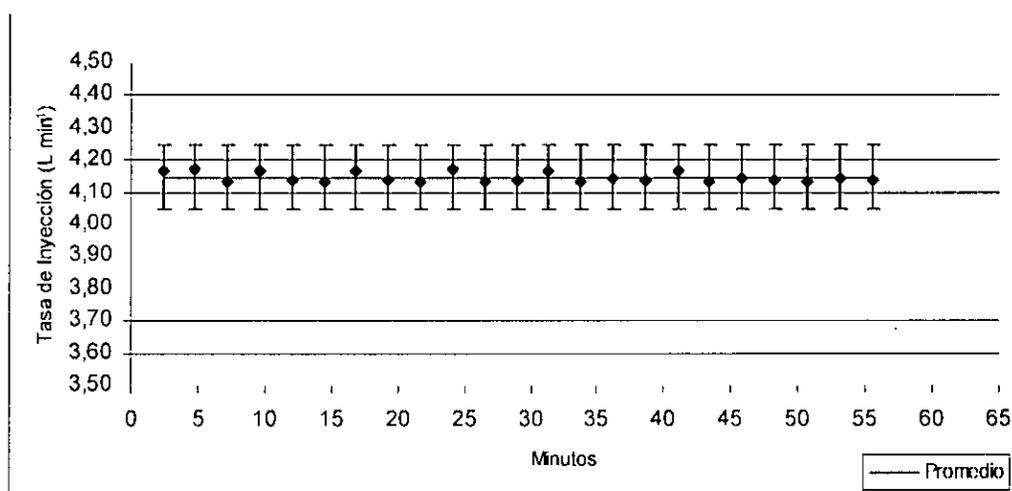


Figura 47. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 10, medición 2.

## Medición 3.

Cuadro 48. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 10, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	24	2	2,40	4,17
210	0	4	48	16	4,80	4,16
200	0	7	13	18	7,22	4,14
190	0	9	37	6	9,62	4,17
180	0	12	2	25	12,04	4,13
170	0	14	26	13	14,44	4,17
160	0	16	50	27	16,84	4,16
150	0	19	15	34	19,26	4,14
140	0	21	39	26	21,65	4,17
130	0	24	4	31	24,07	4,14
120	0	26	29	51	26,49	4,13
110	0	28	53	45	28,89	4,17
100	0	31	18	53	31,31	4,14
90	0	33	42	47	33,71	4,17
80	0	36	7	69	36,13	4,13
70	0	38	32	72	38,55	4,14
60	0	40	56	88	40,95	4,16
50	0	43	21	59	43,36	4,15
40	0	45	45	88	45,76	4,16
30	0	48	10	81	48,18	4,14
20	0	50	34	93	50,58	4,16
10	0	52	59	84	53,00	4,14
0	0	55	24	89	55,41	4,14
<b>Promedio</b>						<b>4,15</b>

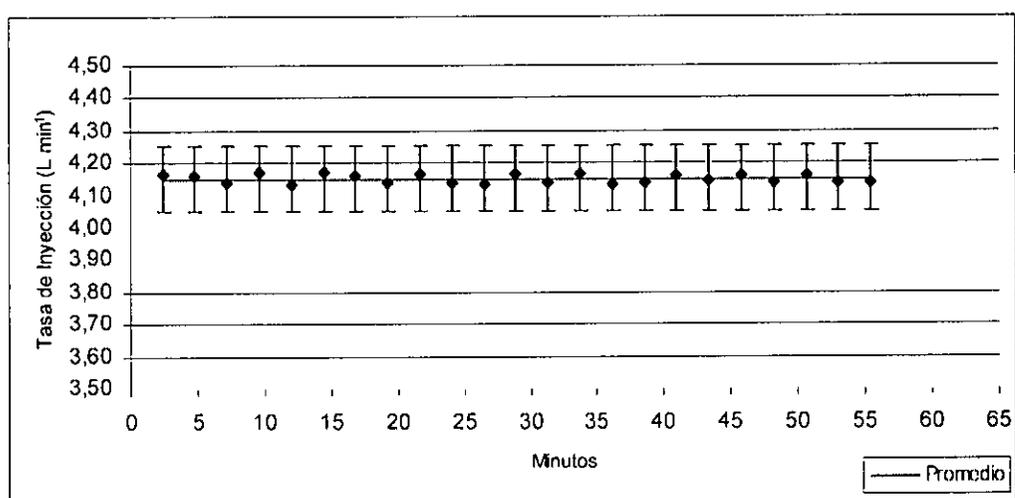


Figura 48. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 10, medición 3.

## Medición 4.

Cuadro 49. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 10, medición 4.

Litros	Tiempo				Inyección	
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.	Tiempo Acum.	
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	23	93	2,40	4,17
210	0	4	48	20	4,80	4,16
200	0	7	12	14	7,20	4,17
190	0	9	37	17	9,62	4,14
180	0	12	1	28	12,02	4,16
170	0	14	25	8	14,42	4,17
160	0	16	50	35	16,84	4,13
150	0	19	14	32	19,24	4,17
140	0	21	39	56	21,66	4,13
130	0	24	3	55	24,06	4,17
120	0	26	28	54	26,48	4,14
110	0	28	52	50	28,88	4,17
100	0	31	17	48	31,29	4,14
90	0	33	42	65	33,71	4,13
80	0	36	6	85	36,11	4,16
70	0	38	31	71	38,53	4,14
60	0	40	55	70	40,93	4,17
50	0	43	20	75	43,35	4,14
40	0	45	45	85	45,76	4,14
30	0	48	9	98	48,17	4,16
20	0	50	35	3	50,58	4,14
10	0	52	59	25	52,99	4,16
0	0	55	23	78	55,40	4,15
<b>Promedio</b>						4,15

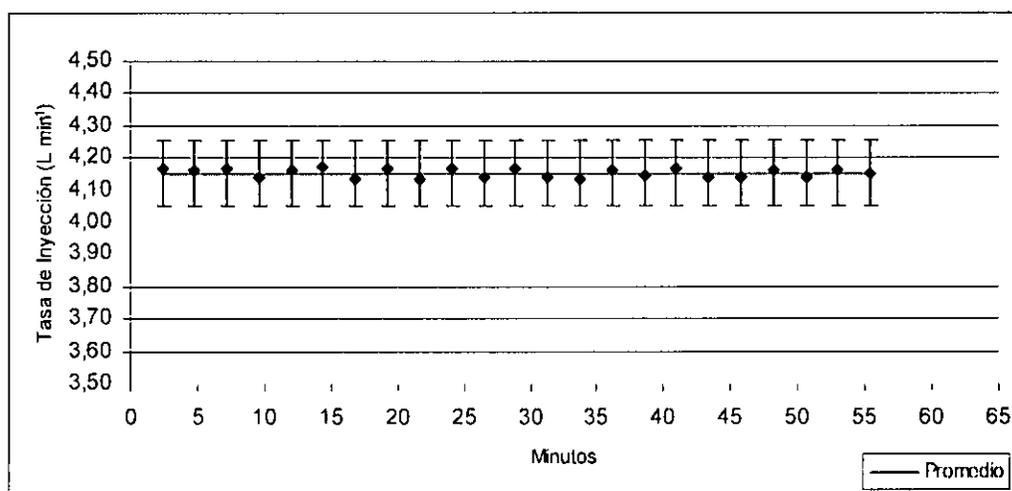
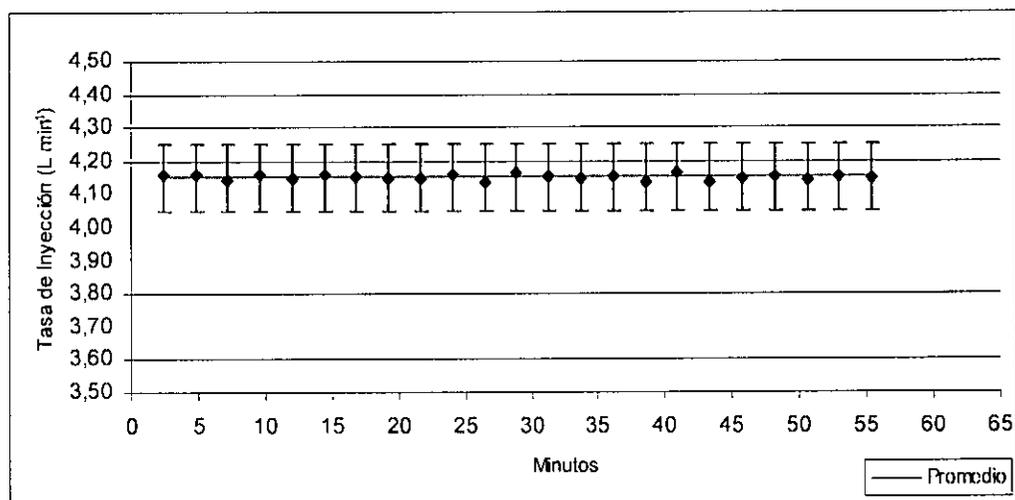


Figura 49. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 10, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 10.**

**Cuadro 50. Tasa de Inyección promedio para la combinación de funcionamiento 10.**

Tiempo	Inyección
2,40	4,16
4,81	4,16
7,22	4,14
9,63	4,16
12,04	4,15
14,44	4,16
16,85	4,15
19,26	4,15
21,67	4,15
24,08	4,16
26,50	4,13
28,90	4,16
31,31	4,15
33,72	4,15
36,13	4,15
38,54	4,14
40,94	4,17
43,36	4,14
45,77	4,15
48,18	4,15
50,59	4,14
53,00	4,15
55,41	4,15
<b>Promedio</b>	<b>4,15</b>



**Figura 50. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 10.**

## Combinación de Funcionamiento 11

## Medición 1.

Cuadro 51. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 11, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	28	37	2,47	4,04
210	0	4	57	18	4,95	4,03
200	0	7	26	7	7,43	4,03
190	0	9	54	75	9,91	4,04
180	0	12	23	68	12,39	4,03
170	0	14	51	62	14,86	4,06
160	0	17	19	57	17,33	4,06
150	0	19	46	82	19,78	4,07
140	0	22	15	58	22,26	4,03
130	0	24	45	50	24,76	4,00
120	0	27	15	44	27,26	4,00
110	0	29	44	36	29,74	4,03
100	0	32	12	36	32,21	4,05
90	0	34	41	28	34,69	4,03
80	0	37	11	31	37,19	4,00
70	0	39	41	31	39,69	4,00
60	0	42	11	23	42,19	4,00
50	0	44	41	24	44,69	4,00
40	0	47	12	9	47,20	3,98
30	0	49	42	14	49,70	4,00
20	0	52	12	8	52,20	4,00
10	0	54	42	11	54,70	4,00
0	0	57	12	0	57,20	4,00
<b>Promedio</b>						<b>4,02</b>

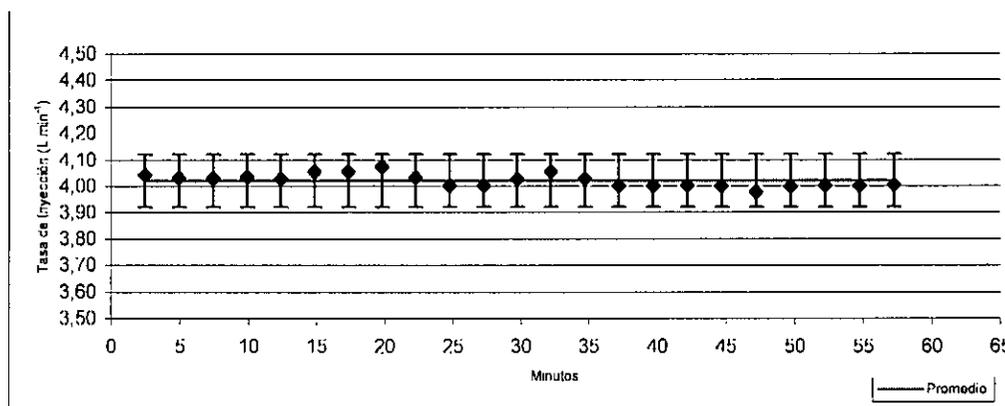


Figura 51. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 11, medición 1.

## Medición 2.

Cuadro 52. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 11, medición 2.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	28	82	2,48	4,03
210	0	4	57	82	4,96	4,03
200	0	7	27	91	7,47	4,00
190	0	9	56	96	9,95	4,03
180	0	12	25	83	12,43	4,03
170	0	14	54	88	14,91	4,03
160	0	17	24	83	17,41	4,00
150	0	19	53	83	19,90	4,03
140	0	22	22	87	22,38	4,03
130	0	24	51	85	24,86	4,03
120	0	27	20	90	27,35	4,03
110	0	29	50	77	29,85	4,00
100	0	32	19	79	32,33	4,03
90	0	34	48	83	34,81	4,03
80	0	37	19	3	37,32	3,99
70	0	39	47	82	39,80	4,03
60	0	42	17	83	42,30	4,00
50	0	44	47	70	44,80	4,00
40	0	47	16	57	47,28	4,03
30	0	49	45	70	49,76	4,02
20	0	52	15	66	52,26	4,00
10	0	54	44	48	54,74	4,03
0	0	57	14	43	57,22	4,03
<b>Promedio</b>						<b>4,02</b>

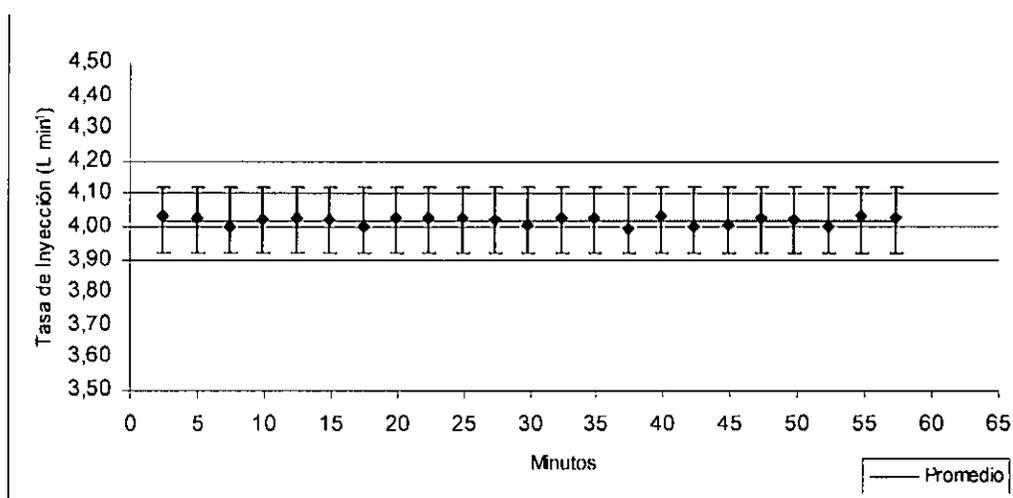


Figura 52. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 11, medición 2.

## Medición 3.

Cuadro 53. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 11, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	27	68	2,46	4,06
210	0	4	54	71	4,91	4,08
200	0	7	21	78	7,36	4,08
190	0	9	49	74	9,83	4,06
180	0	12	16	77	12,28	4,08
170	0	14	44	74	14,75	4,05
160	0	17	11	78	17,20	4,08
150	0	19	39	71	19,66	4,06
140	0	22	7	32	22,12	4,06
130	0	24	34	71	24,58	4,07
120	0	27	2	49	27,04	4,06
110	0	29	29	87	29,50	4,07
100	0	31	58	75	31,98	4,03
90	0	34	26	71	34,45	4,06
80	0	36	54	64	36,91	4,06
70	0	39	21	66	39,36	4,08
60	0	41	50	73	41,85	4,02
50	0	44	18	65	44,31	4,06
40	0	46	47	71	46,80	4,03
30	0	49	16	61	49,28	4,03
20	0	51	44	53	51,74	4,06
10	0	54	13	66	54,23	4,02
0	0	56	42	36	56,71	4,03
<b>Promedio</b>						<b>4,06</b>

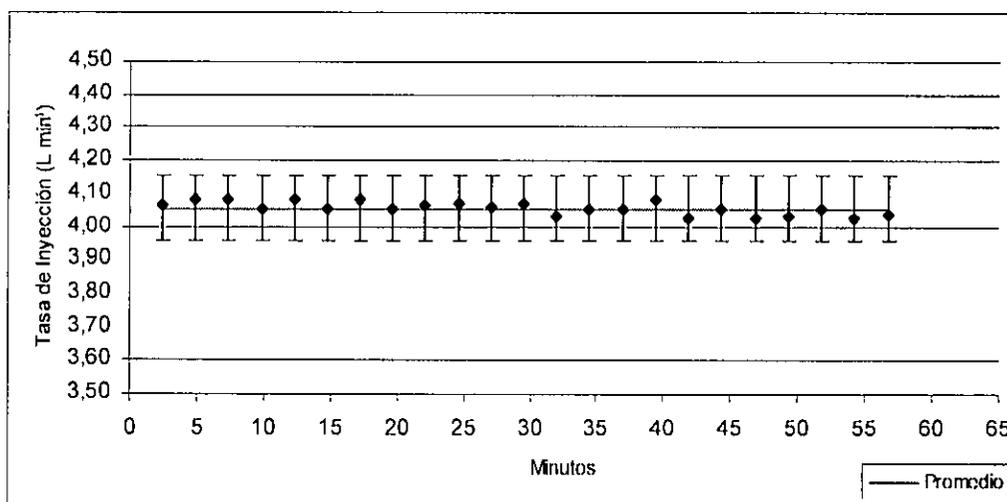
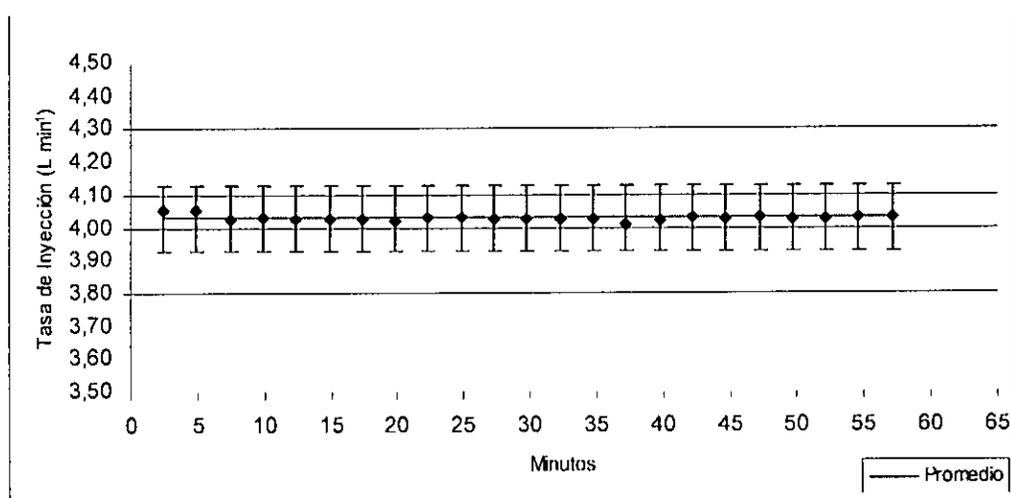


Figura 53. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 11, medición 3.

**Medición 4.****Cuadro 54. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 11, medición 4.**

Litros	Tiempo				Inyección	
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.	Tiempo Acum.	
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	28	8	2,47	4,05
210	0	4	56	16	4,94	4,05
200	0	7	25	19	7,42	4,03
190	0	9	53	99	9,90	4,03
180	0	12	23	3	12,38	4,03
170	0	14	51	98	14,87	4,03
160	0	17	20	96	17,35	4,03
150	0	19	50	15	19,84	4,02
140	0	22	19	5	22,32	4,03
130	0	24	47	91	24,80	4,03
120	0	27	16	93	27,28	4,03
110	0	29	46	4	29,77	4,02
100	0	32	15	0	32,25	4,03
90	0	34	44	1	34,73	4,03
80	0	37	13	77	37,23	4,01
70	0	39	42	99	39,72	4,02
60	0	42	11	79	42,20	4,03
50	0	44	40	94	44,68	4,02
40	0	47	9	79	47,16	4,03
30	0	49	38	84	49,65	4,03
20	0	52	7	84	52,13	4,03
10	0	54	36	71	54,61	4,03
0	0	57	5	65	57,09	4,03
<b>Promedio</b>						<b>4,03</b>

**Figura 54. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 11, medición 4.****Promedio combinación de funcionamiento 11.**

Cuadro 55. Tasa de Inyección promedio Tratamiento 11

Tiempo	Inyección
2,47	4,05
4,94	4,05
7,42	4,03
9,90	4,04
12,37	4,04
14,85	4,04
17,32	4,04
19,79	4,04
22,27	4,04
24,75	4,03
27,23	4,03
29,71	4,03
32,19	4,03
34,67	4,03
37,16	4,01
39,64	4,03
42,13	4,01
44,62	4,02
47,11	4,02
49,60	4,02
52,08	4,02
54,57	4,02
57,06	4,02
<b>Promedio</b>	<b>4,03</b>

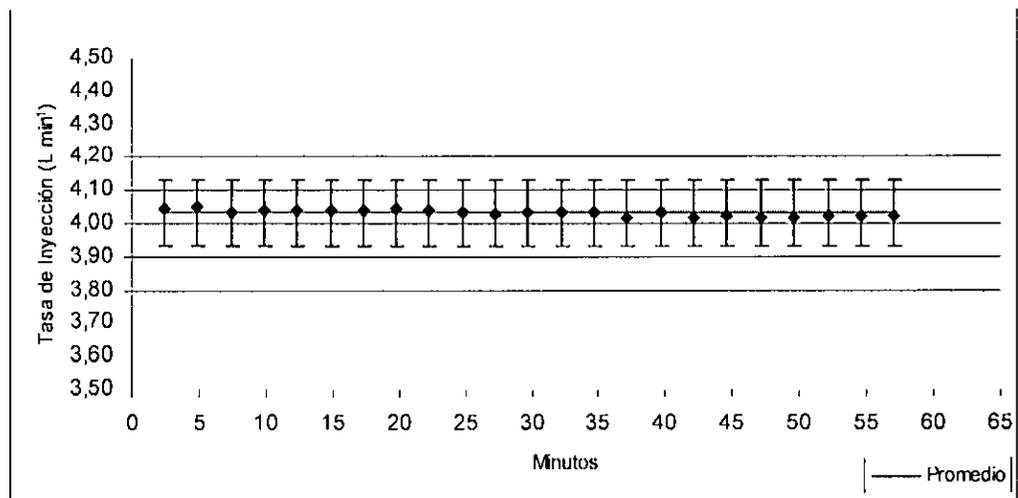


Figura 55. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 11.

## Combinación de Funcionamiento 12

**Medición 1.**

Cuadro 56. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 12, medición 1.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	32	88	2,55	3,92
210	0	5	5	69	5,09	3,93
200	0	7	38	61	7,64	3,92
190	0	10	11	58	10,19	3,92
180	0	12	44	19	12,74	3,93
170	0	15	17	36	15,29	3,92
160	0	17	51	18	17,85	3,90
150	0	20	25	19	20,42	3,90
140	0	22	59	95	23,00	3,88
130	0	25	34	14	25,57	3,89
120	0	28	8	75	28,15	3,88
110	0	30	43	69	30,73	3,87
100	0	33	18	50	33,31	3,88
90	0	35	52	89	35,88	3,89
80	0	38	27	34	38,46	3,88
70	0	41	2	20	41,04	3,87
60	0	43	36	24	43,60	3,90
50	0	46	10	99	46,18	3,88
40	0	48	45	95	48,77	3,87
30	0	51	20	81	51,35	3,87
20	0	53	55	89	53,93	3,87
10	0	56	30	72	56,51	3,88
0	0	59	5	35	59,09	3,88
<b>Promedio</b>						<b>3,89</b>

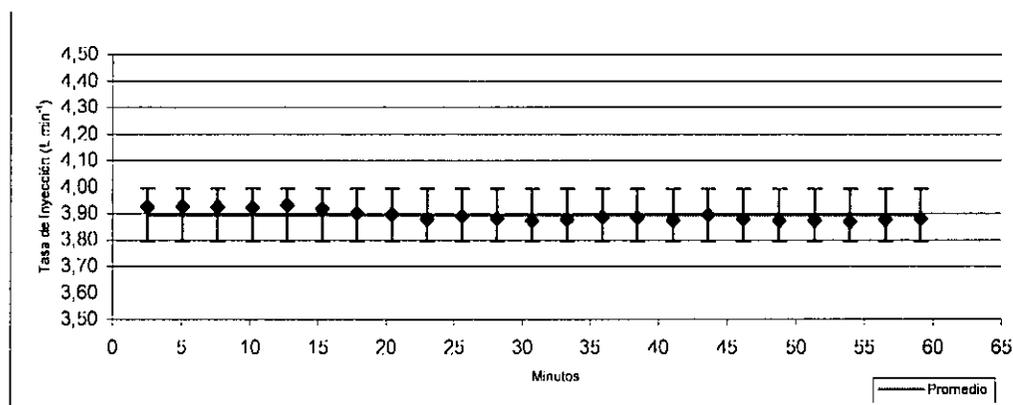


Figura 56. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 12, medición 1.

**Medición 2.**

Cuadro 57. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 12, medición 2.

Litros	Tiempo				Inyección	
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.	Tiempo Acum.	
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	32	91	2,55	3,92
210	0	5	5	88	5,10	3,92
200	0	7	36	77	7,61	3,98
190	0	10	9	71	10,16	3,92
180	0	12	42	66	12,71	3,92
170	0	15	14	62	15,24	3,95
160	0	17	48	48	17,81	3,90
150	0	20	22	47	20,37	3,90
140	0	22	55	40	22,92	3,92
130	0	25	29	38	25,49	3,90
120	0	28	3	15	28,05	3,90
110	0	30	37	3	30,62	3,90
100	0	33	10	95	33,18	3,90
90	0	35	43	96	35,73	3,92
80	0	38	17	77	38,30	3,90
70	0	40	51	62	40,86	3,90
60	0	43	26	48	43,44	3,87
50	0	46	1	29	46,02	3,88
40	0	48	34	37	48,57	3,92
30	0	51	7	84	51,13	3,91
20	0	53	41	23	53,69	3,91
10	0	56	15	19	56,25	3,90
0	0	58	48	73	58,81	3,91
					<b>Promedio</b>	<b>3,91</b>

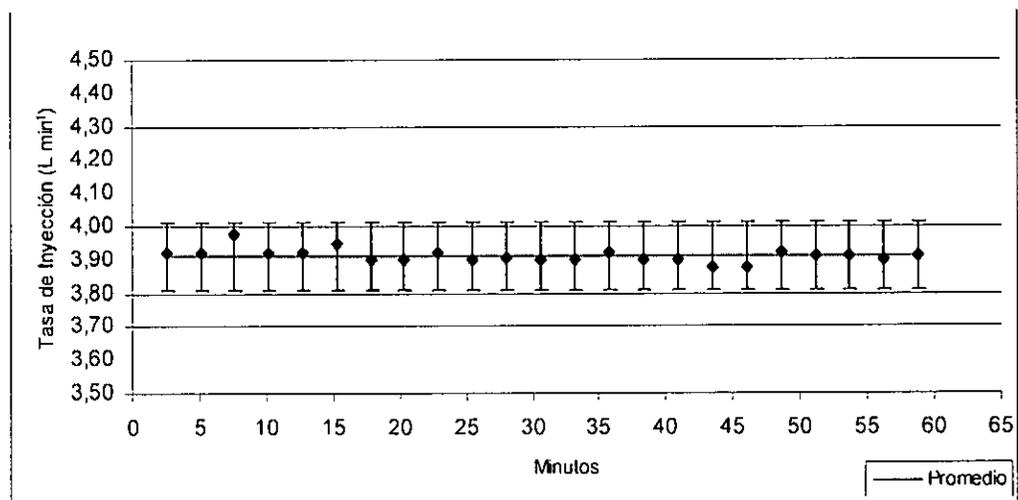


Figura 57. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 12, medición 2.

Medición 3.

Cuadro 58. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 12, medición 3.

Litros	Tiempo				Tiempo Acum.	Inyección
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.		
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	33	91	2,57	3,90
210	0	5	6	93	5,12	3,92
200	0	7	40	68	7,68	3,90
190	0	10	14	41	10,24	3,90
180	0	12	48	22	12,80	3,90
170	0	15	22	11	15,37	3,90
160	0	17	55	95	17,93	3,90
150	0	20	28	74	20,48	3,93
140	0	23	2	50	23,04	3,90
130	0	25	37	42	25,62	3,87
120	0	28	12	21	28,20	3,88
110	0	30	46	87	30,78	3,88
100	0	33	20	99	33,35	3,89
90	0	35	55	84	35,93	3,87
80	0	38	28	98	38,48	3,92
70	0	41	3	82	41,06	3,87
60	0	43	37	99	43,63	3,89
50	0	46	12	89	46,21	3,87
40	0	48	47	68	48,79	3,88
30	0	51	21	46	51,36	3,90
20	0	53	55	57	53,93	3,89
10	0	56	30	43	56,51	3,87
0	0	59	5	4	59,08	3,88
<b>Promedio</b>						<b>3,89</b>

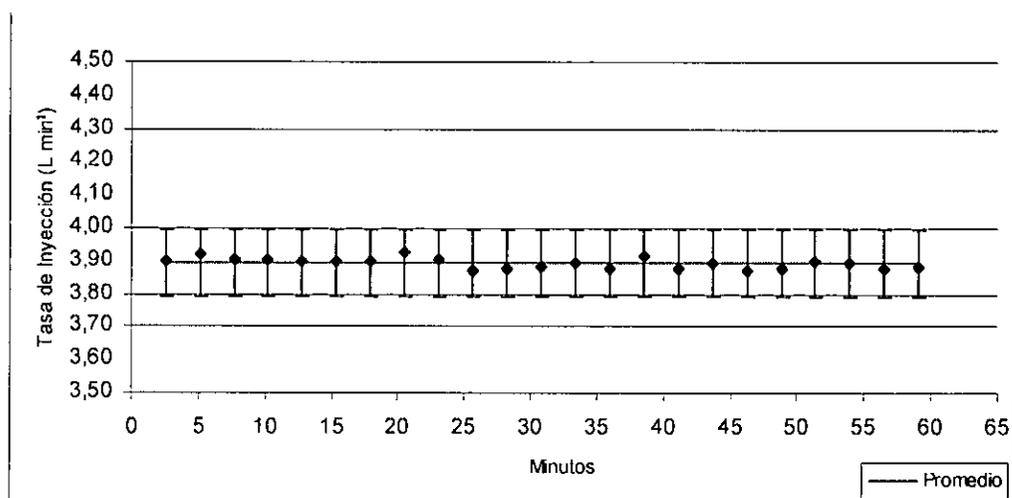


Figura 58. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 12, medición 3.

**Medición 4.**

Cuadro 59. Tasa de inyección combinación de funcionamiento 12, medición 4.

Litros	Tiempo				Inyección	
	Hora	Minutos	Segundos	1/100 seg.	Tiempo Acum.	
250	0	0	0	0	/	/
240	0	0	0	0	/	/
230	0	0	0	0	/	/
220	0	2	33	75	2,56	3,90
210	0	5	7	65	5,13	3,90
200	0	7	41	49	7,69	3,90
190	0	10	15	40	10,26	3,90
180	0	12	49	31	12,82	3,90
170	0	15	23	22	15,39	3,90
160	0	17	56	93	17,95	3,90
150	0	20	30	75	20,51	3,90
140	0	23	4	68	23,08	3,90
130	0	25	37	68	25,63	3,92
120	0	28	11	28	28,19	3,91
110	0	30	44	43	30,74	3,92
100	0	33	18	14	33,30	3,90
90	0	35	51	73	35,86	3,91
80	0	38	25	58	38,43	3,90
70	0	40	59	41	40,99	3,90
60	0	43	33	27	43,55	3,90
50	0	46	7	7	46,12	3,90
40	0	48	41	92	48,70	3,87
30	0	51	15	68	51,26	3,90
20	0	53	49	57	53,83	3,90
10	0	56	22	80	56,38	3,92
0	0	58	56	39	58,94	3,91
<b>Promedio</b>						<b>3,90</b>

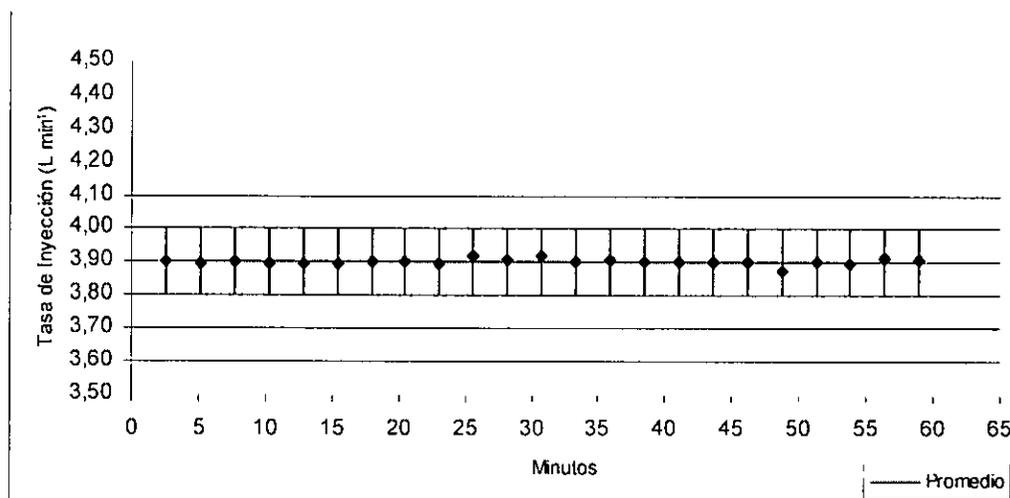


Figura 59. Tasas de inyección y promedio de tasas para la combinación de funcionamiento 12, medición 4.

**Promedio combinación de funcionamiento 12.**

Cuadro 60. Tasa de Inyección promedio Tratamiento 12

Tiempo	Inyección
2,56	3,91
5,11	3,92
7,66	3,93
10,21	3,91
12,77	3,91
15,32	3,92
17,89	3,90
20,45	3,90
23,01	3,90
25,58	3,90
28,15	3,89
30,72	3,89
33,29	3,89
35,85	3,90
38,42	3,90
40,99	3,89
43,56	3,89
46,13	3,88
48,71	3,89
51,27	3,90
53,84	3,89
56,41	3,89
58,98	3,89
<b>Promedio</b>	<b>3,90</b>

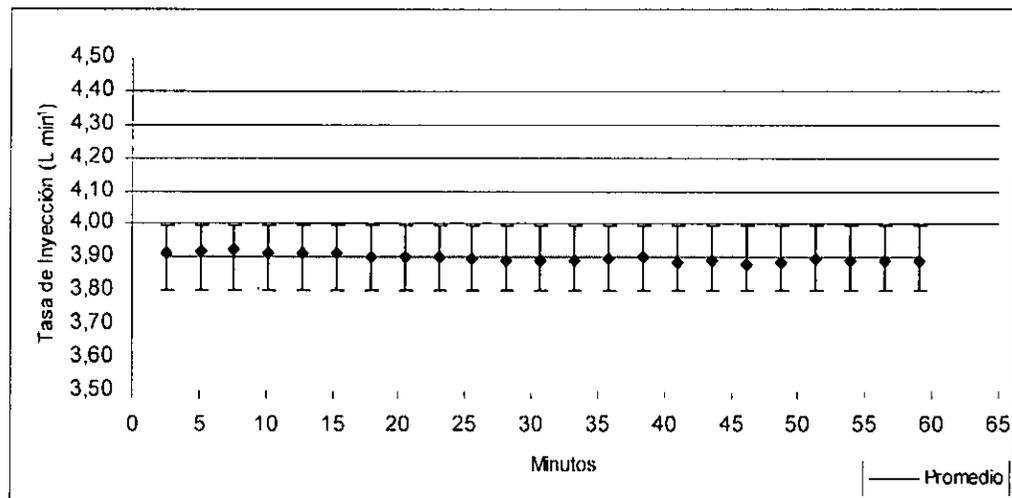


Figura 60. Tasas de inyección promedio para la combinación de funcionamiento 12.



## ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ESTANQUES PARA SOLUCIONES MADRES USADAS EN FERTIRRIGACIÓN

Carlos Benavides Z. y Rodrigo Callejas R.

La estimación de la capacidad T (m<sup>3</sup>) de tanques para soluciones madres se realizó, para cada sitio experimental (Cantera y Turbina) bajo los siguientes supuestos:

Superficie por fertirrigar:	1,2 ha
Periodo fenológico:	Post cuaja-Pinta
Nº riegos del periodo:	35 riegos
Nº aplicaciones del periodo:	35 aplicaciones
Dosis nutrientes aplicadas:	
N	115 kg/ha
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34 kg/ha
K <sub>2</sub> O	246 kg/ha
CaO	50 kg/ha
MgO	25 kg/ha

Se consideraron adicionalmente: un tiempo de riego de 8 horas y los parámetros de diseño de los equipos de riego existentes en cada predio.

**Fuentes fertilizantes:** Las que se indican en el Cuadro de resultados. Al inicio de la planilla de cálculo se especifica el uso del fertilizante comercial considerado en cada hoja. Esto se indica como programa de nitrógeno (N), de potasio (K), de magnesio (Mg), etc.

La concentración fertilizante de la solución madre se estableció según recomendaciones españolas. Estas recomendaciones consideran la solubilidad de los productos fertilizantes y su efecto salino (ver Base de Datos, planilla Excel adjunta).

### Resultados

Los resultados que se indican en el cuadro siguiente entregan la **Capacidad T (m<sup>3</sup>)** del tanque y el **intervalo N (días)**, entre dos llenados consecutivos del tanque en el periodo considerado. La columna **T sug. (m<sup>3</sup>)** indica la capacidad T a considerar en el dimensionamiento de los equipos de fertirrigación requeridos para los dos sitios experimentales, observándose que el tamaño de los tanques son idénticos en ambos casos para el conjunto de fertilizantes analizados. Además, los datos señalan que la frecuencia de rellenado de los tanques es crítica (el menor valor) para el programa de K. Esto está dado por la menor solubilidad de las fuentes potásicas y las altas dosis de fertilización contempladas.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Cuadro de resultados: La Cantera**

Producto fertilizante	Capacidad T calc. (m3)	Frecuencia de rellenado F (dias)	Capacidad T sug. (m3)
Nitrato amonio (N)	0.767	15	1.0
Nitrato potasio (K)	0.885	6	1.0
Nitrato calcio (Ca)	0.451	35	0.5
Nitrato magnesio (Mg)	0.491	9	0.5
Fosfato amonio (P)	0.340	35	0.5
Sulfato potásico (K)	0.937	5	1.0

**Cuadro de resultados: La Turbina**

Producto fertilizante	Capacidad T calc. (m3)	Frecuencia de rellenado F (dias)	Capacidad T sug. (m3)
Nitrato amonio (N)	0.767	15	1.0
Nitrato potasio (K)	0.885	6	1.0
Nitrato calcio (Ca)	0.451	35	0.5
Nitrato magnesio (Mg)	0.491	9	0.5
Fosfato amonio (P)	0.340	35	0.5
Sulfato potásico (K)	0.937	5	1.0

En los anexo, se incluyen planillas Excel para La Cantera y La Turbina, herramientas necesarias para facilitar el cálculo para cada fuente de fertilizante.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

CANTERA

CALCULO CAPACIDAD DEL TANQUE: Nitrato de potasio

Caso:	Fundo La Cantera	Programa:	K			
		entradas				
SIMBOL	DESCRIPCION	datos	RESULTADOS		como/para:	
A	superficie fertirrigada (ha)	1,2	Vat (m3)	4704	agua riego	periodo
NGH	número de goteros por hectárea (g/ha)	4000	Vft (m3)	3528	sol. Fertirrig	periodo
Qg	gasto gotero (L/h g)	3,5	Va (m3)	134	agua riego	cada riego
Tr	tiempo de riego (h)	8	Vf (m3)	101	sol. Fertirrig	cada riego
R	número de riegos periodo	35	K (kg/ha)	7,03	K2O	por aplic.
Te	tiempo de estabilización gastos (h)	1	Cf (g/L)	0,08	K2O	sol. Fertirrig
TL	tiempo lavado (h)	1	Cf (ppm)*:	69	K	sol. Fertirrig
nutriente	nutriente especificado (técnico)	K2O	Ci (g/L)	57,20	K2O	sol. madre
D	dosís nutriente aplicada periodo (kg/ha)	246	Vi (L)	147,45	sol. madre	cada riego
P	número de aplicaciones periodo	35	Qi (L/min)	0,410	sol. madre	cada aplic.
fuelle	Nitrato potasio (13-0-44)		T (m3)	0,885	cap. T calc.	Intervalo N
GF	grado fertilizante (decimal)	0,44				
CPM	concentr. prod. max sug.sol. madre (g/L)	130				
N	Intervalo de llenado del tanque (días)	6	(*) usar factor de conversión			

Vi	volumen de inyección (L)		
Va	volumen de agua aplicada (L), por riego	Vat	total periodo
Vf	volumen de fertirrigación (L), por aplicación	Vft	total periodo
K	masa nutriente aplicado por aplicación (kg/ha)		
Cf	concentrac nutriente fertirrigacion (g/L)		
Qi	gasto de inyección (L/min)		
Ci	concentración nutriente de inyección (g/L)		
T	capacidad del tanque (m3)		

$Va = A * NGH * Qg * Tr$ (L)	Va =	134400
$Ti = Tr - Te - TL$ (h)	Ti =	6
$Vf = A * NGH * Qg * Ti$ (L)	Vf =	100800
$K = D/P$ (kg/ha)	K =	7,03
$Cf = (K * A) / Vf$ (g/L)	Cf =	0,084
$Ci = CPM * GF$ (g/L)	Ci =	57,20
$Vi = (Vf * Cf) / Ci$ (L)	Vi =	147,453
$Qi = Vi / Ti$ (L/min)	Qi =	0,410
$T = (Vi * N) / 1000$ (m3)	T =	0,885

Listado Nutrientes		fc
N	N	1,000
P	P2O5	2,291
K	K2O	1,205
Ca	CaO	1,399
Mg	MgO	1,658



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

**FERTIRRIGACION: CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE SOLUCION MADRE**

**CONSIDERACIONES GENERALES:**

1. Establecer solubilidad de las sales a la temperatura de trabajo (columna C).
2. Seguir pautas de concentración sugeridas para soluciones madres (columna B)
3. Usar concentración CPM sugerida (columna E).
4. Inyectar a concentración tal que la suma de solutos (madre+agua de riego) dé una CE < 1dS/m

PRODUCTO (P)	RELAC. SUG. (sal/agua) g/mL	solubil. (20°C) g/L	CPM calcul. g/L	CPM SUG g/L	CPM.P/V %	% max	Moya Talena(1994) Sol. Madre rango recomendado g/L		REF
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0,5	1920	500	500	50	26	500	DOMINGUEZ (1996) LIBRO AZUL	
	0,5	1877	500	500	50	27			
		1183							
KSO <sub>4</sub> alc							70-120		
KSO <sub>4</sub> acid	0,1	110	100	90	10	91	100		
MAP	0,2	661	200	200	20	30	200-220		
KNO <sub>3</sub>	0,2	316	200	130	20	63	130-150		
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>				100			100-250		
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		1220		500			500	DOMINGUEZ (1996)	

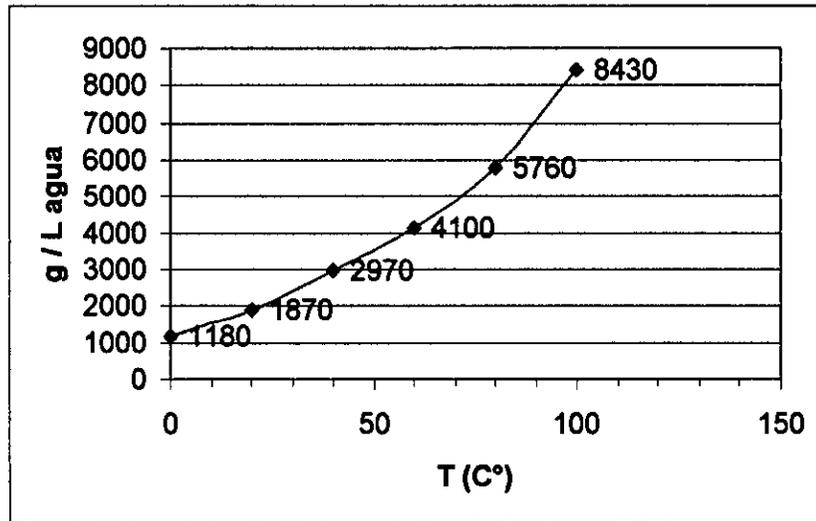


INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

SOLUBILIDAD NITRATO DE AMONIO

T (C°)	g / L de agua
0	1180
20	1870
40	2970
60	4100
80	5760
100	8430

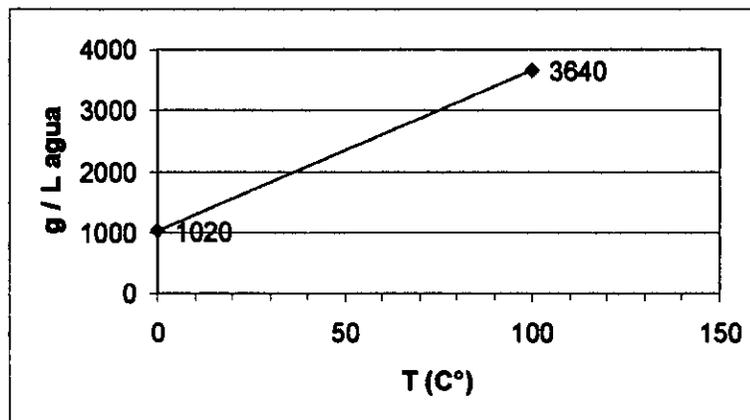
fuelle: UNIDO (1980)



SOLUBILIDAD NITRATO DE CALCIO

T (C°)	g / L de agua
0	1020
100	3640

fuelle: UNIDO (1980)

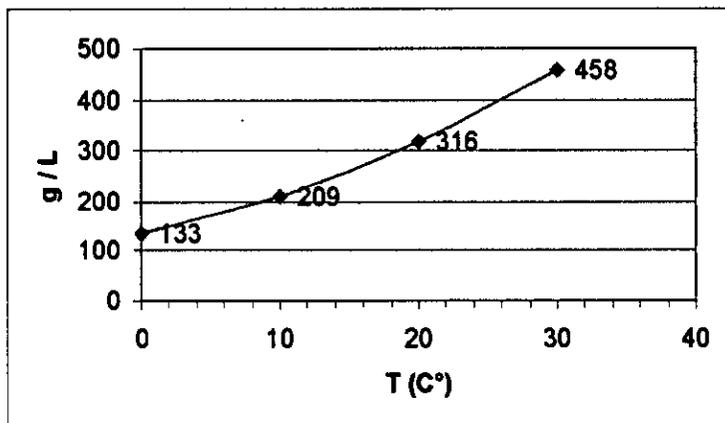




INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**SOLUBILIDAD NITRATO DE POTASIO**

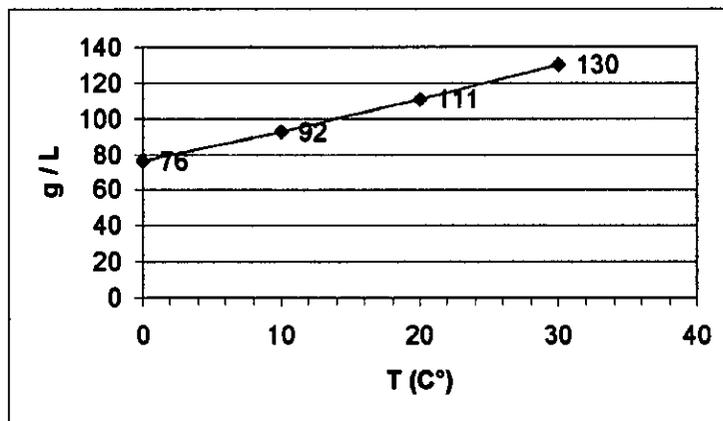
T (C°)	g / L
0	133
10	209
20	316
30	458



fuelle: SQMC desde Perry and Chilton (1973)  
Chemical Engineer's Handbook. McGraw-Hill, p 3-94

**SOLUBILIDAD SULFATO DE POTASIO**

T (C°)	g / L
0	76
10	92
20	111
30	130



fuelle: SQMC desde Perry and Chilton (1973)  
Chemical Engineer's Handbook. McGraw-Hill, p 3-94



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

LA TURBINA

CALCULO CAPACIDAD DEL TANQUE: Nitrato de amonio

Caso:	La Turbina (Cuartel 1)	Programa:	N			
		entradas				
SIMBOL	DESCRIPCION	datos	RESULTADOS	como:		
A	superficie fertirrigada (ha)	1,2	Vat (m3)	4469	agua riego	periodo
NGH	número de goteros por hectárea (g/ha)	3500	Vft (m3)	3352	sol. Fertirrig	periodo
Qg	gasto gotero (L/h g)	3,8	Va (m3)	128	agua riego	cada riego
Tr	tiempo de riego (h)	8	Vf (m3)	96	sol. Fertirrig	cada riego
R	número de riegos periodo	35	K (kg/ha)	7,03	N	por aplic.
Te	tiempo de estabilización gastos (h)	1	Cf (g/L)	0,09	N	sol. Fertirrig
TL	tiempo lavado (h)	1	Cf (ppm):	88	N	sol. Fertirrig
nutriente	nutriente especificado (técnico)	N	Ci (g/L)	165	N	sol. madre
D	dosis nutriente aplicada periodo (kg/ha)	246	Vi (L)	51,12	sol. madre	cada riego
P	número de aplicaciones periodo	35	Qi (L/min)	0,142	sol. madre	cada aplic.
fuerce	Nitrato amonio (33-0-0)		T (m3)	0,767	cap.T calc.	Intervalo N
GF	grado fertilizante (decimal)	0,33				
CPM	concentr. prod. max sug.sol. madre (g/L)	500				
N	Intervalo de llenado del tanque (días)	15				

Vi	volumen de inyección (L)		
Va	volumen de agua aplicada (L), por riego	Vat	total periodo
Vf	volumen de fertirrigación (L), por aplicación	Vft	total periodo
K	masa nutriente aplicado por aplicación (kg/ha)		
Cf	concentrac nutriente fertirrigacion (g/L)		
Qi	gasto de inyección (L/min)		
Ci	concentración nutriente de inyección (g/L)		
T	capacidad del tanque (m3)		

$Va = A * NGH * Qg * Tr$ (L)	Va =	127680
$Ti = Tr - Te - TL$ (h)	Ti =	6
$Vf = A * NGH * Qg * Ti$ (L)	Vf =	95760
$K = D/P$ (kg/ha)	K =	7,03
$Cf = (K * A) / Vf$ (g/L)	Cf =	0,088
$Ci = CPM * GF$ (g/L)	Ci =	165,00
$Vi = (Vf * Cf) / Ci$ (L)	Vi =	51,117
$Qi = Vi / Ti$ (L/min)	Qi =	0,142
$T = (Vi * N) / 1000$ (m3)	T =	0,767

Listado Nutrientes		fc
N	N	1,000
P	P2O5	2,291
K	K2O	1,205
Ca	CaO	1,399
Mg	MgO	1,658



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

**FERTIRRIGACION: CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE SOLUCION MADRE**

**CONSIDERACIONES GENERALES:**

1. Establecer solubilidad de las sales a la temperatura de trabajo (columna C).
2. Seguir pautas de concentración sugeridas para soluciones madres (columna B)
3. Usar concentración CPM sugerida (columna E).
4. Inyectar a concentración tal que la suma de solutos (madre+agua de riego) dé una  $CE < 1 \text{ dS/m}$

PRODUCTO (P)	RELAC. SUG. (sal/agua) g/mL	solubil. (20°C) g/L	CPM calcul. g/L	CPM SUG g/L	CPM.P/V %	% max	Moya Talens(1994)	REF
							Sol. Madre rango recomendado g/L	
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0,5	1920	500	500	50	26	500	DOMINGUEZ (1996) LIBRO AZUL
	0,5	1877	500	500	50	27		
		1183						
KSO <sub>4</sub> alc							70-120	
KSO <sub>4</sub> acid	0,1	110	100	90	10	91	100	
MAP	0,2	661	200	200	20	30	200-220	
KNO <sub>3</sub>	0,2	316	200	130	20	63	130-150	
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>				100			100-250	
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		1220		500			500	DOMINGUEZ (1996)

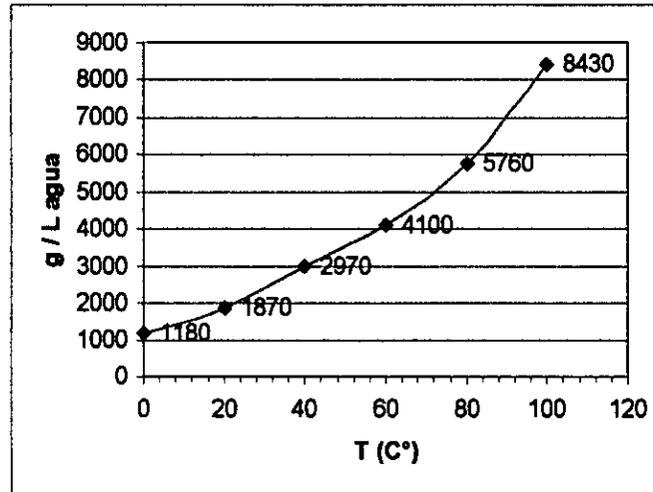


INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

SOLUBILIDAD NITRATO DE AMONIO

T (C°)	g / L de agua
0	1180
20	1870
40	2970
60	4100
80	5760
100	8430

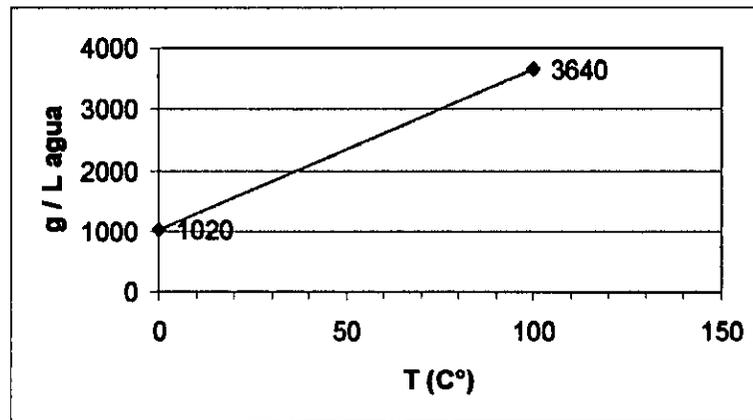
fuelle: UNIDO (1980)



SOLUBILIDAD NITRATO DE CALCIO

T (C°)	g / L de agua
0	1020
100	3640

fuelle: UNIDO (1980)

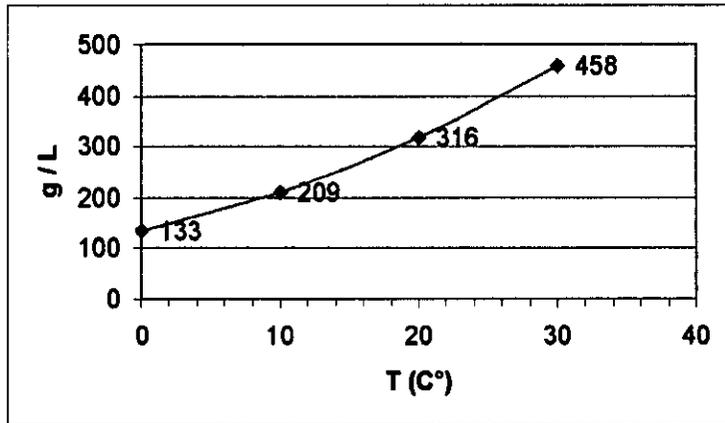




INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

SOLUBILIDAD NITRATO DE POTASIO

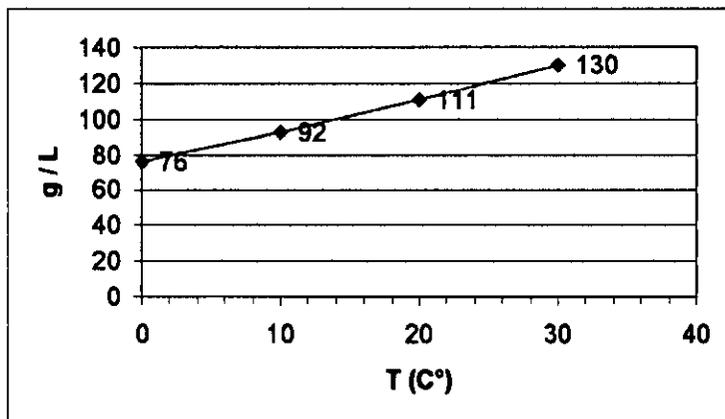
T (C°)	g / L
0	133
10	209
20	316
30	458



fuelle: SQMC desde Perry and Chilton (1973)  
Chemical Engineer's Handbook. McGraw-Hill, p 3-94

SOLUBILIDAD SULFATO DE POTASIO

T (C°)	g / L
0	76
10	92
20	111
30	130



fuelle: SQMC desde Perry and Chilton (1973)  
Chemical Engineer's Handbook. McGraw-Hill, p 3-94



## **EFFECTO DE DISTINTAS DOSIS DE B Y ZN APLICADO AL SUELO, SOBRE EL CONTENIDO DE ESTOS ELEMENTOS EN LÁMINA DE VID "FLAME SEEDLESS" Y "RED GLOBE"**

### **Resumen**

En el marco del proyecto de investigación INNOVA – CHILE – CORFO (04-CR-10-PAD-01) se realizaron dos estudios para determinar el efecto de las aplicaciones de B y Zn realizadas al suelo, sobre el contenido en láminas de dos variedades de uva de mesa. El B es un micro elemento fundamental para el desarrollo de tejidos en crecimiento, siendo indispensable para el proceso de división y elongación celular. Los requerimientos de B de los distintos órganos de las plantas se satisfacen por vía xilemática, ya que el B es poco móvil y su translocación en el floema es escasa, por lo tanto su acumulación depende del flujo de transpiración del xilema (Silva y Rodríguez, 1995). El Zn presenta una baja movilidad en las plantas (Razeto, 1993), activa diversos procesos enzimáticos como la fosforilación de la glucosa y, a través de ella, la formación del almidón, peptidasas y condensación de aminoácidos a proteínas (Silva y Rodríguez, 1995). Sin embargo, su función más relevante es su efecto sobre la regulación del crecimiento mediante el control de la síntesis de triptófano, aminoácido precursor de las auxinas (Razeto, 1993; Valdés, 1995). Existen lugares de Chile cultivados con vid, en donde la composición química del agua de riego y su interacción con el suelo, generan bajos niveles de B en la planta, lo cual se detecta con los análisis foliares. Por su parte, la deficiencia de Zn es una de las más extendidas en el mundo, comparada con la de los otros elementos (Rojas, 1993). Normalmente esta situación obliga a considerar aplicaciones al follaje dentro de un plan de manejo. Sin embargo, es indispensable la fertilización al suelo en conjunto con las aplicaciones foliares de estos elementos.

### **Materiales y Métodos**

#### **Ensayo 1**

En la localidad de San Felipe, V Región, variedad Flame Seedless, se efectuaron 4 tratamientos de Boro (0, 1, 2 y 4 kg·ha<sup>-1</sup>), como ácido bórico, en dos tipos de suelo (franco y texturas gruesas). Las aplicaciones se realizaron al suelo en tres parcialidades: inicio de cuaja, bayas de 8 mm y 15 días luego de cosecha. Se realizaron evaluaciones foliares en 5 oportunidades.

#### **Ensayo 2**

Por otra parte, en un parronal ubicado en el Valle de Copiapó, III Región, en vid "Red Globe", suelo de texturas gruesas, se efectuaron diferentes tratamientos con Quelato de Zn (0, 1, 3, 6 y 12 L·ha<sup>-1</sup>) y Sulfato de Zn (0, 5, 10, 20 y 40 kg·ha<sup>-1</sup>) aplicados al suelo en dos oportunidades: brote 50 cm y 100 cm. Se realizaron evaluaciones foliares en 4 oportunidades.



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

En ambos ensayos se colgaron dos dosificadores de 500 cc por planta (Figura 1) y en dos goteros cercanos al tronco. Los productos se aplicaron en las últimas dos horas de riego (Figura 2).



**Figura 1. Dosificadores colgados en la plantas**



**Figura 2. Punto de goteo de los fertilizantes ubicados en dos goteros cercanos al tronco.**

**Ensayo 3**

En una segunda temporada se realizó un nuevo ensayo en un parronal ubicado en el Valle de Copiapó, III Región, en vid "Red Globe", con nueve tratamientos (Cuadro 1) aplicados al suelo (textura gruesa) en dos oportunidades en el mes de septiembre. Se colgaron dos dosificadores de 500 cc por planta y en dos goteros cercanos al tronco. Los productos se aplicaron en las últimas dos horas de riego. Se realizaron evaluaciones foliares 20 días después de la segunda aplicación.

**Cuadro 1. Dosis de Quelato de Zinc y Sulfato de Zinc para los diferentes tratamientos.**

Tratamiento	Dosis	
	Lt/ha	Kg/ha
T1	Quelato de Zinc	0
T2	Quelato de Zinc	7,5
T3	Quelato de Zinc	15
T4	Quelato de Zinc	25
T5	Sulfato de Zinc	25
T6	Sulfato de Zinc	50
T7	Sulfato de Zinc	100
T8	Quelato de Zinc+ Sulfato de Zinc	7,5 25
T9	Quelato de Zinc+ Sulfato de Zinc	15 50



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 9 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue la planta.

Previo a someter los datos a un análisis de varianza (ANDEVA), se verificaron los supuestos del análisis de varianza sobre los términos de error. Usualmente se suponen normales con varianzas homogéneas e independientes. Para ello se utilizaron técnicas basadas en los residuos. Se utilizó la prueba de **Anderson-Darling** para verificar el supuesto de normalidad. El supuesto de homogeneidad de varianzas se verificó utilizando la prueba de **Bartlett** que sirve para comparar más de dos varianzas procedentes de datos normales.

En caso de que los supuestos no se cumplieran, se probaron transformaciones de las variables originales. Si finalmente los supuestos no se cumplieran, se realizará la prueba no paramétrica para diseños completamente aleatorizados de **Kruskal y Wallis**. El ANDEVA propuesto por Kruskal y Wallis permite comparar las esperanzas de dos o más distribuciones sin necesidad de cumplir el supuesto de que los términos de error se distribuyen normalmente.

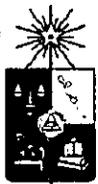
Posteriormente de verificar los supuestos, se procedió a realizar un análisis de varianza. Las hipótesis de interés se contrastaron usando un nivel de significación del 5%. Las comparaciones entre medias se realizaron con la prueba de **Tukey**.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

H<sub>0</sub>: no existe efecto de los tratamientos sobre el contenido de Zinc foliar

H<sub>A</sub>: existe efecto de los tratamientos sobre el contenido de Zinc foliar

El análisis de datos se realizó con el software Estadístico Infostat (Infostat, 2007).



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Resultados

En el primer ensayo, "Flame Seedles", los resultados mostraron una positiva respuesta a las aplicaciones de B. Se constató un incremento más rápido de los niveles de B en lámina, en el suelo de texturas gruesas (figuras 3 y 4).

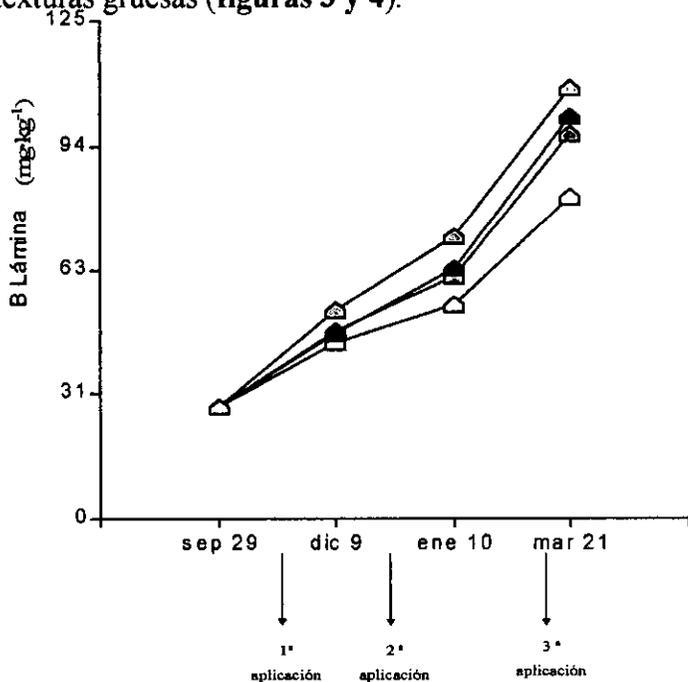


Figura 3. Contenido de boro foliar, suelo franco.

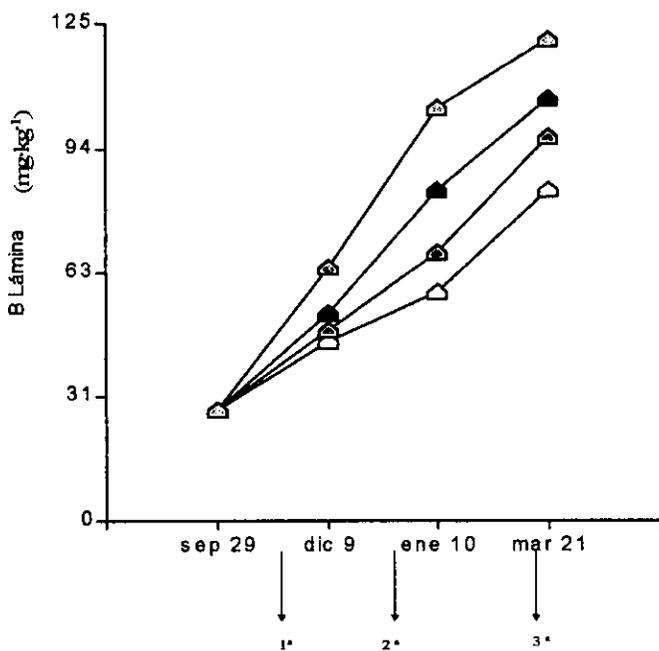


Figura 4. Contenido de boro foliar, suelo textura gruesa.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Respecto al segundo ensayo, "Red Globe", los contenidos foliares de zinc no mostraron una tendencia clara, como respuesta a los tratamientos efectuados (figuras 5 y 6).

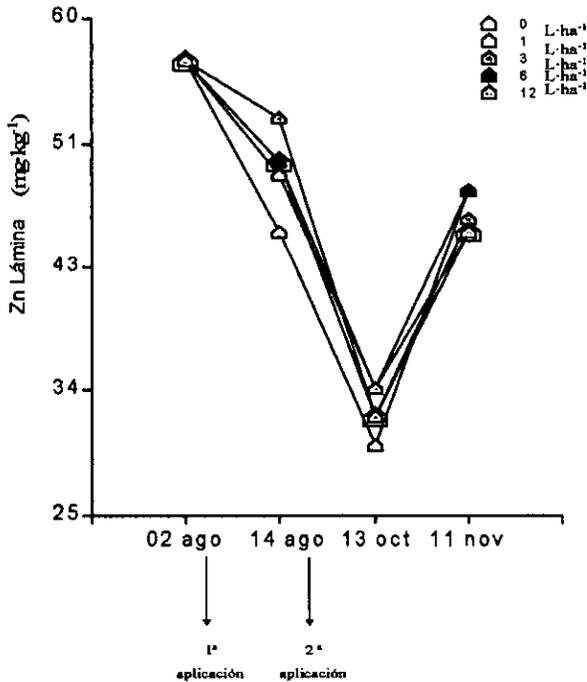


Figura 5. Contenido de zinc foliar. Tratamiento: Quelato de zinc.

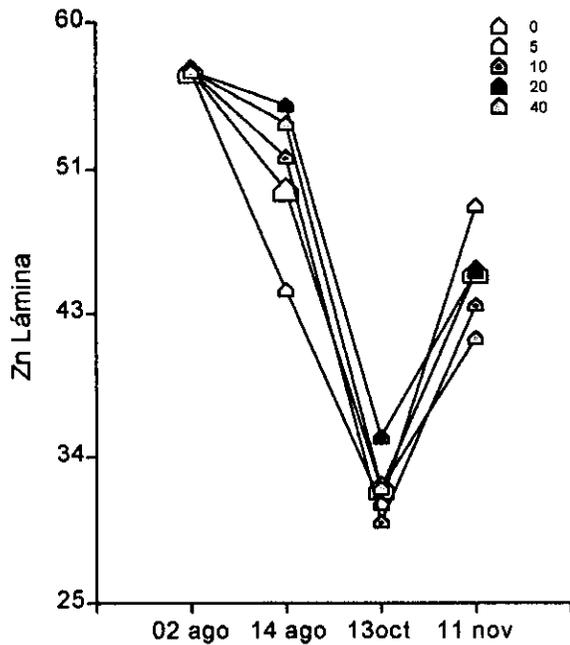


Figura 6. Contenido de zinc foliar. Tratamiento: sulfato de zinc



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

En la evaluación del nivel de zinc en láminas del tercer ensayo, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T3 y T9 (**Cuadro 2**).

Se observa un efecto sinérgico de las aplicaciones conjuntas de Quelato de Zinc + Sulfato de Zinc, producto de la quelatización del Zinc.

**Cuadro 2. Contenido de Zinc foliar.**

Tratamiento	Zinc (ppm)
T1 Quelato de Zinc (0)	34,7 ab
T2 Quelato de Zinc (7,5)	31,0 ab
T3 Quelato de Zinc (15)	28,7 a
T4 Quelato de Zinc (25)	32,7 ab
T5 Sulfato de Zinc (25)	32,7 ab
T6 Sulfato de Zinc (50)	31,7 ab
T7 Sulfato de Zinc (100)	33,3 ab
T8 Quelato de Zinc+ Sulfato de Zinc (7,5 +25)	42,3 ab
T9 Quelato de Zinc+ Sulfato de Zinc (15 +50)	45 b

**Conclusiones**

Los resultados permiten concluir que bajo las condiciones en que se realizaron los estudios:

- Aplicaciones de ácido bórico al suelo tendrían un efecto positivo en el contenido de B en lámina foliar.
- Suelos arenosos dejarían al elemento más disponible para la planta.
- Se observa un efecto sinérgico de las aplicaciones conjuntas de Quelato de Zinc + Sulfato de Zinc, producto de la quelatización del Zinc

**Literatura consultada**

- RAZETO, M., B.** 1993. La nutrición mineral de los frutales: deficiencias y excesos. Santiago, Chile. 105 p.
- ROJAS, U., O.** 1993. El zinc en la agricultura. Revista El Campesino, 124(11):44-45.
- SILVA, E., H Y J. RODRÍGUEZ.** 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Colección en agricultura Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 519 p.
- VALDÉS, F., A.** 1995. La importancia del zinc en la nutrición de la vid. Chile Agrícola, 16(1):17-19



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA EXPRESIÓN VEGETATIVA, EN LA PRIMERA ETAPA DE CRECIMIENTO DEL BROTE, COMO REFLEJO DE LA CONDICIÓN DE LAS VIDES EN LAS VARIEDADES "SULTANINA" Y "FLAME"**

**Cuadro 4.**

<b>Título del documento</b>	<b>Nombre del archivo digital</b>
NECESIDAD DE TRATAMIENTOS FOLIARES CON HIERRO AL INICIO DE LA BROTAÇÃO	INFORME Brotación y Clorosis
FERTIRRIGACIÓN: ESTUDIO DE CASO EN PARRÓN DE SUPERIOR, VALLE DEL HUASCO	INFORME Fertirrigación Unidad Huasco



## NECESIDAD DE TRATAMIENTOS FOLIARES CON HIERRO AL INICIO DE BROTAÇÃO

Rodrigo Callejas R. y Erika Kania K.

### Resumen

En las condiciones de la zona norte es común que en los primeros 50 días desde el inicio de brotación, las hojas presentan una coloración amarilla pálida que no permitirían un adecuado funcionamiento de la planta.

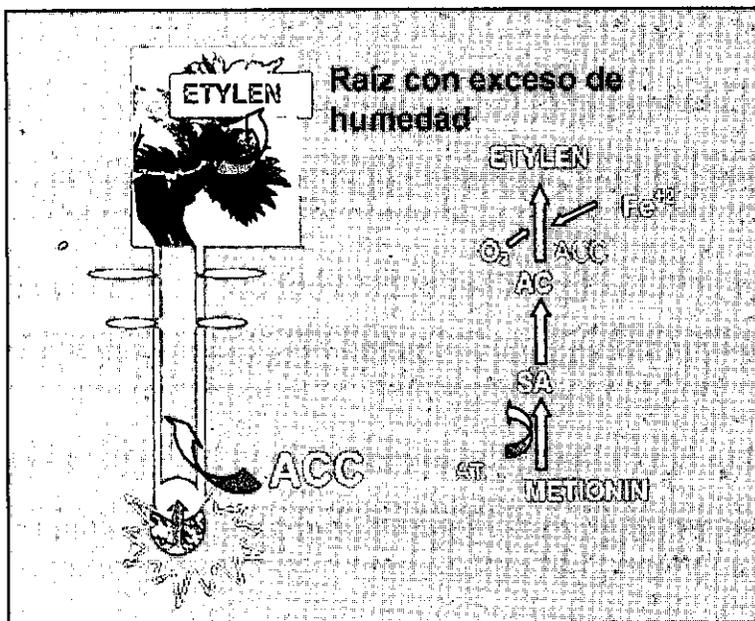
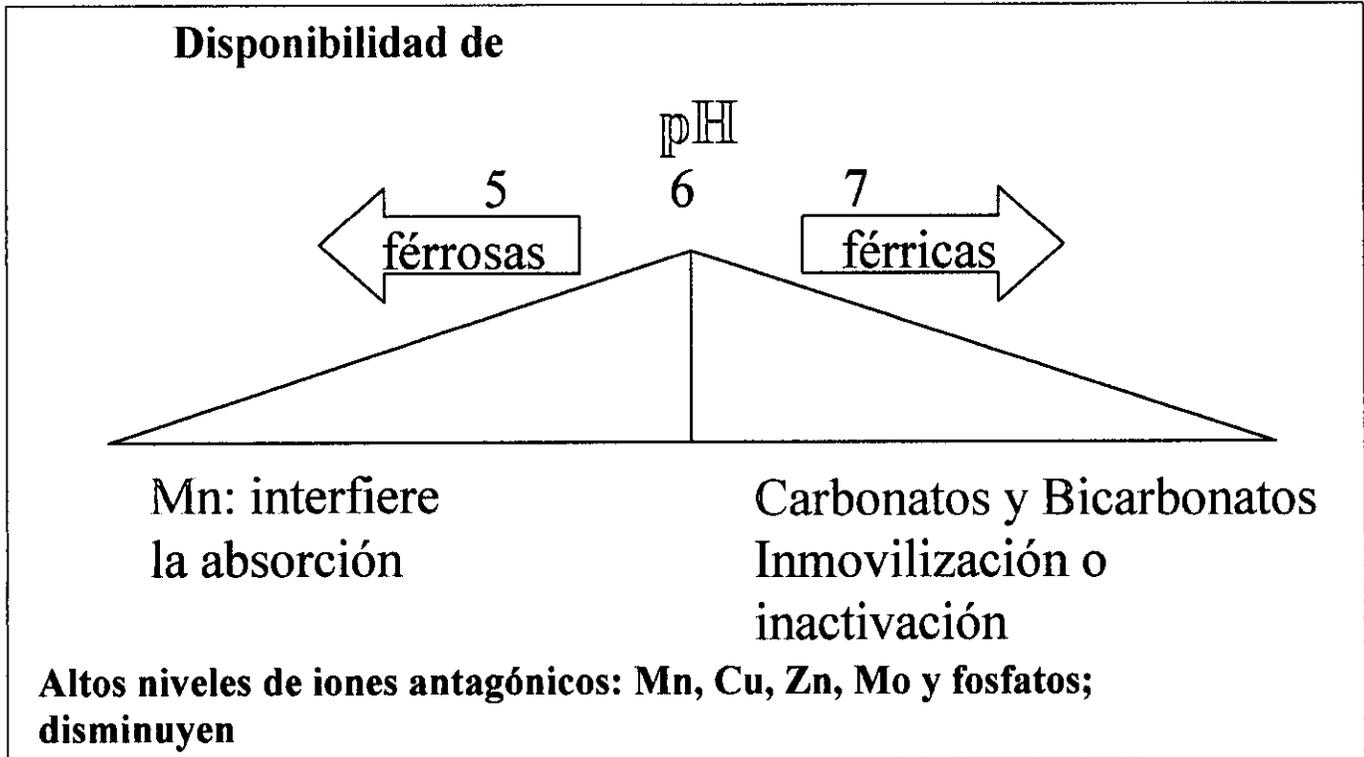
Parte de estas coloraciones tienden a desaparecer a partir de inicio de cuaja y si bien los productores lo han asumido como algo normal, nuestra posición propone una necesidad fundamental del uso de estos foliares.





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Los problemas se generan debido a las condiciones químicas del suelo (ver figura) y en paralelo a un exceso de agua de riego en el perfil que incrementarían los niveles de Mn al inicio de la temporada o por generación de clorosis provocadas por exceso de etileno a nivel de las láminas, al no transformarse en el suelo el precursor ACC en esta hormona.





**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

**Aplicaciones foliares**

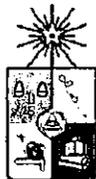
Dado la confusión que existe en este tema respecto a la presencia todos los años de los llamados "brotes helados", debido a las tempranas brotaciones debido a las aplicaciones de cianamida hidrogenada. Se realizaron aplicaciones foliares que mostraran una respuesta a la adición exógena de hierro y con esto se lograra la obtención de un brote sano, verde desde sus inicios y produciendo los productos de la fotosíntesis en forma óptima.

En la fotografía queda en claro que el hierro es un elemento que se encuentra en déficit y responde a las aplicaciones foliares, sin embargo, se generó la duda de la importancia del uso de este elemento a nivel foliar o quilatado al suelo.



Las aplicaciones al suelo de quelato de hierro necesitan de un tiempo para ejercer su efecto a nivel foliar y si bien sus efectos permaneces más allá que el hierro aplicado foliarmente, se estima que ambas medidas son complementarias. Mientras actúa el quelato al suelo, se requiere tener hojas en excelentes condiciones (a lo menos 35 días desde brotación) situación que es posible de lograr solamente con aplicaciones foliares.

Se estima que a lo menos se debería realizar 1 tratamiento foliar con hierro para tener brotes sanos, de buen color y colores verde oscuro desde el inicio de la brotación.

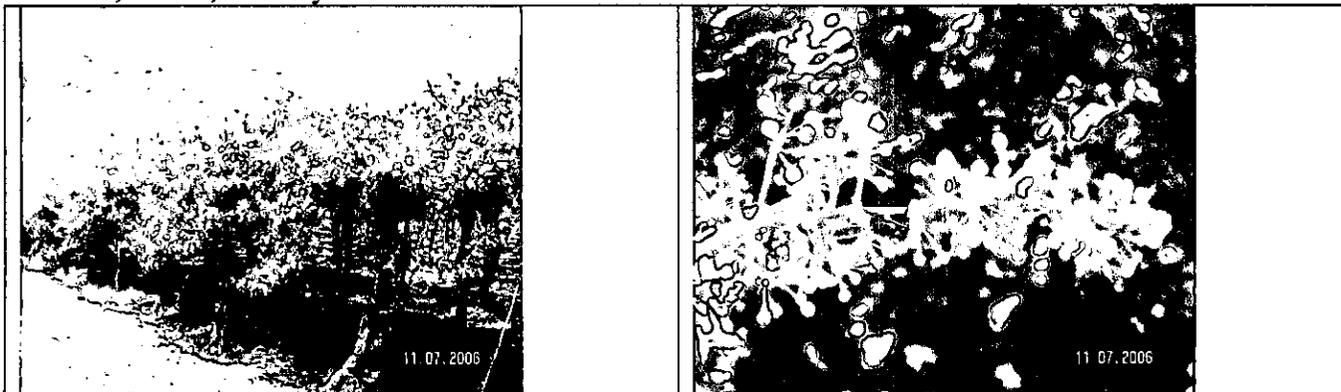


INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Observación de clorosis en el la II Región

Visualmente es común encontrar esta problemática, por lo que se presentan fotografías de diferentes sectores, de manera de demostrar que no es un problema puntual o asociado a un lugar específico.

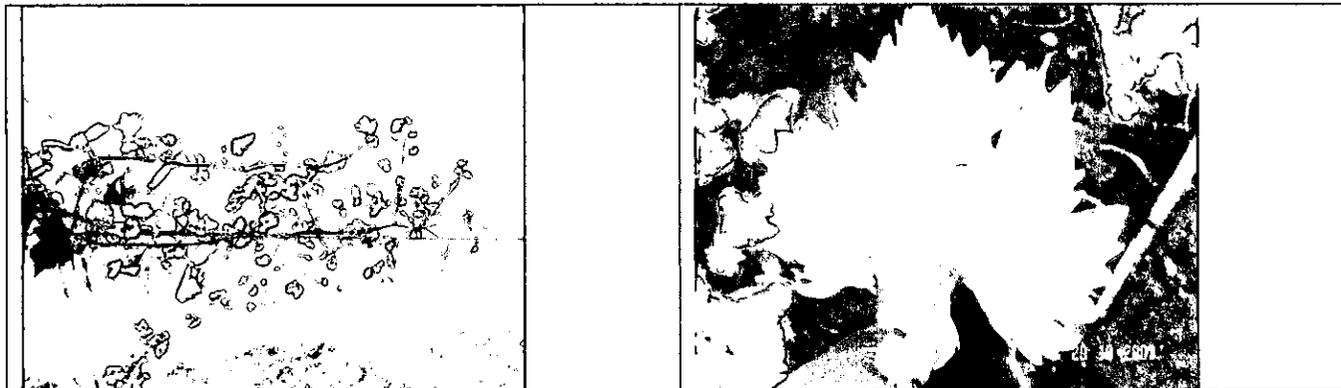
Cantera, Flame, brotes y racimos afectados



Nantoco



Huasco Alto

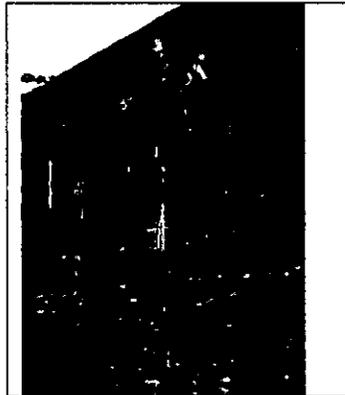




**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

---

Alto del Carmen



Parte alta de Copiapó





**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

A continuación se muestra un ensayo realizado en la variedad Sultanina y Red Globe, cuya evaluación se realizó con el medidor de clorofila. Sin embargo, se determinó que la evaluación fue ejecutada muy tarde, cuando los testigo naturalmente habían cambiado hacia colores verde más oscuro.

Los tratamiento fueron aplicaciones foliares de Wuxal Fierro y aplicaciones al suelo de Secuestrene

Tratamiento	Producto	Modo de aplicación
T0	Testigo	
T1	Wuxal Fierro	Foliar
T2	Secuestrene	Al suelo

	Wuxal Fierro (Foliar) (WFe)		Secuestrene (Suelo) (S)	
Dosis comercial	1 a 2	L/ha		
Composición	70	g Fe /L WFe	6	% Fe
Fechas de aplicación	2 y 9 Sep		02-Sep	
Dosis aplicación /ha	2	L WFe/ ha		
Mojamiento / ha	1000	L / ha		
Mojamiento / pta	1	L / planta	5	L agua / planta
Fe /ha	140	g Fe/ha		
Plantas / ha	1000		1000	
Dosis	2	cc WFe / planta	60	gSec / planta
Fe	0,14	g Fe / planta	3,6	g Fe / planta
Evaluación	24-Oct		24-Oct	

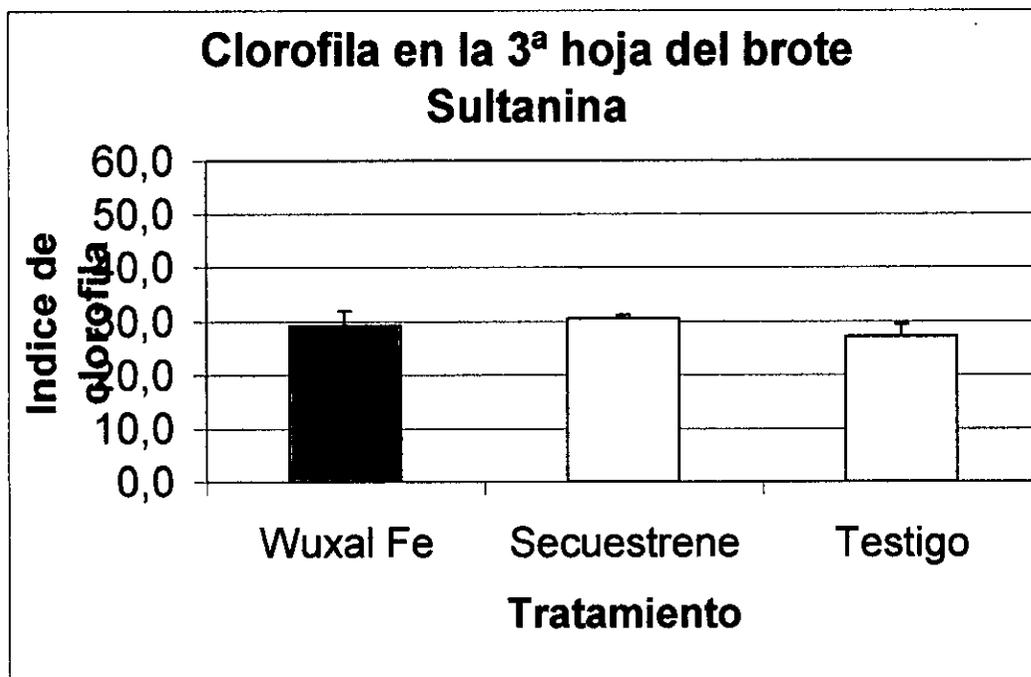
Evaluaciones

Primero se evaluó el nivel de clorofila en la 3ª hoja de un brote, en 50 hojas por tratamiento. Luego se evaluó el nivel de clorofila a lo largo de un brote en 5 brotes por tratamiento



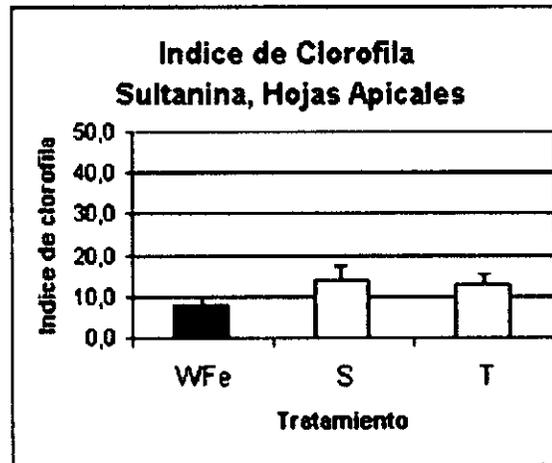
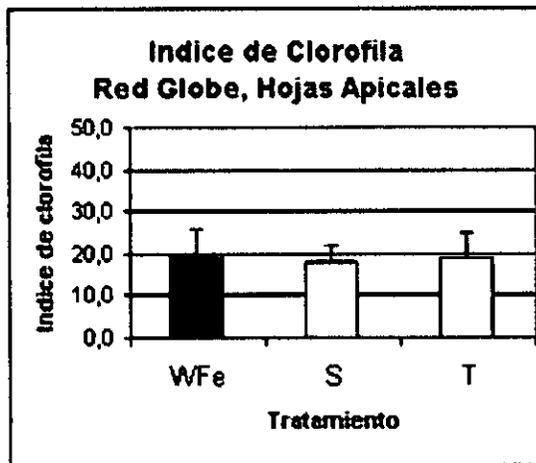
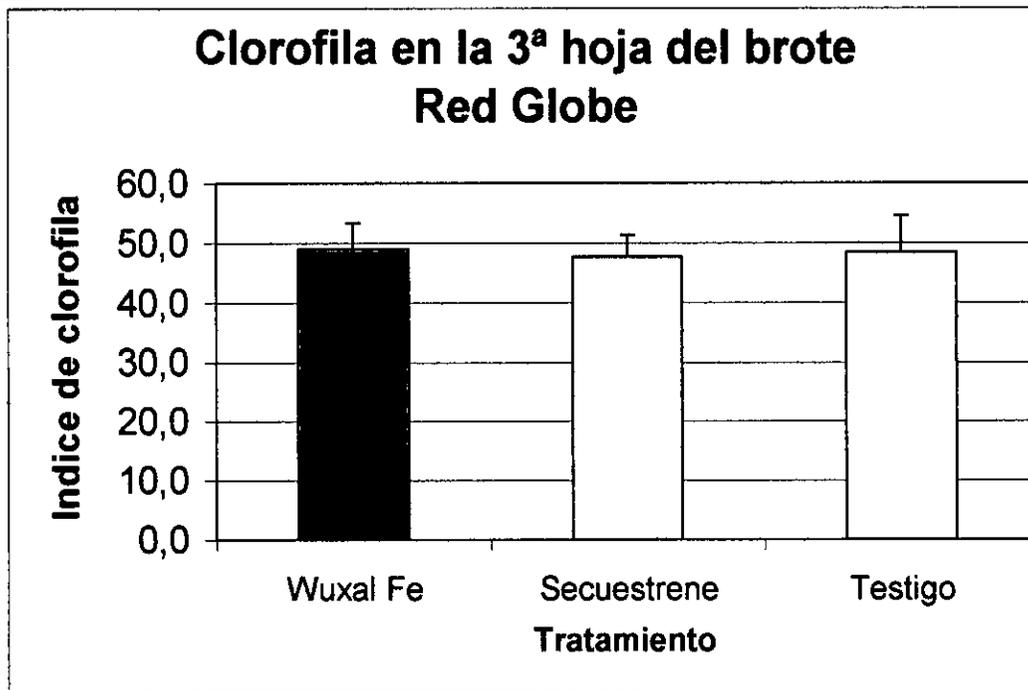
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Resultados

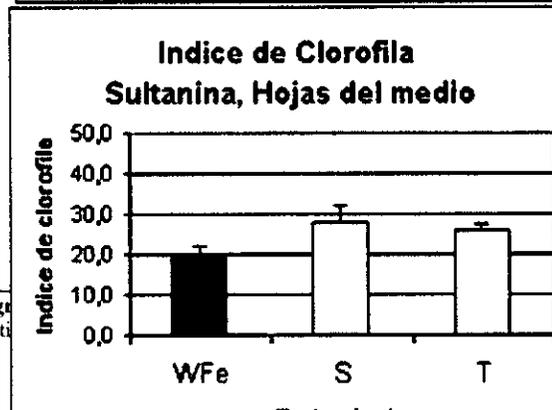
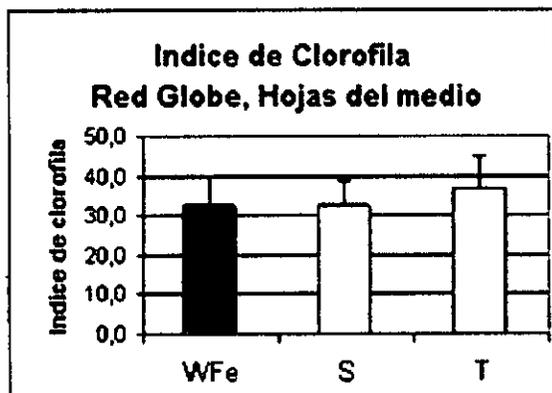




INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

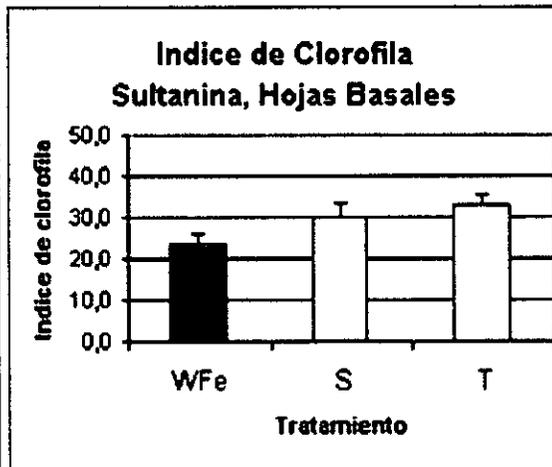
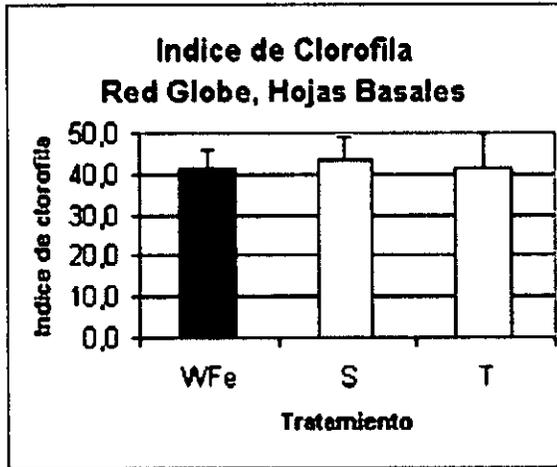


Ápice  
Brote





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



Base  
del  
Rrote



## FERTIRRIGACIÓN: ESTUDIO DE CASO EN PARRÓN DE SUPERIOR, VALLE DEL HUASCO

### Resumen

Con el objetivo de poner en práctica el sistema de fertirrigación en una unidad completa dedicada a la producción de uva de mesa, se definió un manejo para un predio de un pequeño productor del Valle del Huasco, de 3,3 ha de superficie de la variedad Superior, en tres tipos de suelo: a) un suelo de texturas gruesas, con muy poca matriz de suelo en el perfil, piedras y bolones; corte 1C b) un suelo de texturas gruesas, relleno de cerro y matriz de suelo de textura media a través del perfil; corte 1A y 1B y c) un suelo de textura franca con piedras en el perfil y nivel freático a los 90 cm, con instalaciones de drenaje; corte 2A y 2B.

Durante dos años se mantuvo el manejo de fertilización tanto al suelo como foliar, se realizaron cambios en los criterios de riego y se evaluaron los resultados de producción y calidad de la fruta.

### Aspectos generales

En el cuadro siguiente se informa sobre las características del predio donde se llevó a cabo el estudio de caso. La unidad cumple con toda la normativa básica para producir uva de mesa, con sistemas de riego por goteo (1 línea con gotero a 1 m y de 4 L/ hr) y sistema de inyección de fertilizantes.

Cuadro 1. Descripción de cuarteles del predio Los Loros

Cuartel	Nº hectáreas	Nº de plantas	Año de plantación
1-A	0,68	754	2001
1-B	0,13	147	2001
1-C	0,66	732	2001
2-A y 2-B	1,83	2034	2001
Total	3,3	3667	

### Poda

Se implementó una poda de 7 yemas y 20 cargadores por planta.

### Cambios generales en el sistema de riego

1) Se instaló una doble manguera de riego en el sector 1C, debido al tipo de suelo y el bajo potencial productivo que presentaban las plantas. El objetivo fue aumentar el bulbo de mojamiento y compensar la baja retención de humedad del suelo.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

2) En el sector 2A y 2B se instalaron piesómetros para controlar el nivel freático en el suelo.

**Programa de fertilización al suelo**

A continuación se presenta el programa de fertilización al suelo implementado durante los dos años que duró el estudio:

Variedad: Superior

Sistema de riego: goteo

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Cl	Zn	B	Fe
TOTAL Brotes de 20 cm a Pre-Flor (kg/ha)	28	10	24	34	10	8	0	5	0	0
TOTAL Inicio Cuaja - 2 S PostCuaja (kg/ha)	13	7	10	16	8	7	0	0	0	0
TOTAL 2 S Postcuaja - Pinta (kg/ha)	51	14	170	8	13	29	0	4	1	0
TOTAL Pinta - Cosecha (kg/ha)	2	0	25	3	3	12	0	2	1	0
TOTAL Postcosecha activa (kg/ha)	63	16	133	13	6	41	0	7	0	0
TOTAL Postcosecha receso (kg/ha)	0	0	0	13	0	7	0	0	0	0
<b>TOTAL BROTAÇÃO A COSECHA (kg/ha)</b>	<b>93</b>	<b>31</b>	<b>229</b>	<b>60</b>	<b>34</b>	<b>55</b>	<b>0</b>	<b>10,5</b>	<b>2,4</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL TEMPORADA (kg/ha)</b>	<b>156</b>	<b>46</b>	<b>362</b>	<b>86</b>	<b>40</b>	<b>103</b>	<b>0</b>	<b>17,5</b>	<b>2,4</b>	<b>0</b>

**Programa de fertilización foliar**

A continuación se presenta el programa de fertilización foliar implementado durante los dos años que duró el estudio:



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

Fecha	Estado Fenológico	Objetivo	Producto
5-8-05	Brotes 10 cm		
11-8-04	Brotes 15-25 cm	Nutrición	Wuxal Zn
15-8-04	Brotes 25 a 45 cm	Nutrición	Wuxal Fe
20-8-04	Brotes 50 a 60 cm	Nutrición	Wuxal Zn
	Racimos 8 cm	Nutrición	Wuxal Top Mg
	Hombros abriendo	Nutrición	Wuxal Amino Cal
25-8-04	Brotes de 70 a 90 cm	Nutrición	Wuxal Top Mg
	Racimos 12 cm	Nutrición	Wuxal B
	Hombros abiertos		
7-10-04	Bayas 7-9 mm	Crecimiento	GA3
	Terminado el shoot	Bioestimulante	Crop Plus
	berry	Nutrición	Wuxal Amino Cal
		Coadyuvante	Break
14-10-04	Bayas 12-13 mm	Crecimiento	GA3
	Sobre todo con raci-	Bioestimulante	Crop Plus
	mos dispárejos	Nutrición	Wuxal Amino Cal
		Coadyuvante	Break
20-10-04		Nutrición	Wuxal B
25-10-04		Nutrición	Wuxal Amino Cal
		Nutrición	Wuxal Top Mg
4-11-04		Nutrición	Wuxal Amino Cal
		Nutrición	Wuxal Top Mg

**Informe de control del estatus nutricional al final de la temporada**

**Corte 2.**

P y K se muestran altos, señalando la buena calidad de las raíces y que están trabajando en forma eficiente en la actualidad por los valores de las hojas nuevas. Es factible pensar que hubiéramos llegado a término con menores dosis de referencias, pero es importante rescatar que quizás la dosis empleada y con mayor cantidad de fruta presupuestadas, permita salir equilibrado en el futuro y no con exceso.

Mn: normal bajo en tejido nuevo, situación que hay que considerar el próximo año en las aplicaciones foliares.

Zn: deficiente parejo. Hay que seguir abordando este problema con fertilización foliar más allá de cuaja y también aplicaciones al suelo.

S: hojas nuevas deficientes. En parte las hojas adultas presentan menor déficit ya que se ha empleado este producto para el control de oidio. Sin embargo, se nota un déficit a nivel de suelo por lo que se ha incluido en el programa de fertilización, productos cuyo elemento acompañante es S.

**Corte 1C. Sector Arena**



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

Este sector a presentado una buena recuperación, al cambiar el criterio de riego.

N, P y K se muestran altos, señalando la buena calidad de las raíces y que están trabajando en forma eficiente en la actualidad por los valores de las hojas nuevas. Es factible pensar que hubiéramos llegado a término con menores dosis de referencias, pero es importante rescatar que quizás la dosis empleada y con mayor cantidad de fruta, permita salir equilibrado en el futuro y no con exceso.

Mn: normal bajo en tejido nuevo, situación que hay que considerar el próximo año en las aplicaciones foliares.

Zn: deficiente parejo. Hay que abordar este problema con fertilización foliar más allá de cuaja y también aplicaciones al suelo.

S: hojas nuevas deficientes. En parte las hojas adultas presentan menor déficit ya que se ha empleado este producto para el control de oidio. Sin embargo, se nota un déficit a nivel de suelo por lo que se ha incluido en el programa de fertilización, productos cuyo elemento acompañante es S.

Ca y Mg: hay que tener un especial cuidado de estos elemento en este sector, dado la característica de poseer un alto porcentaje de piedra y arena. Se tendrá especial cuidado en el próximo programa de fertilización.

### Corte 1.

N, P y K se muestran altos, señalando la buena calidad de las raíces y que están trabajando en forma eficiente en la actualidad por los valores de las hojas nuevas. Es factible pensar que hubiéramos llegado a término con menores dosis de referencias, pero es importante rescatar que quizás la dosis empleada y con mayor cantidad de fruta, permita salir equilibrado en el futuro y no con exceso.

Mn: normal bajo en tejido nuevo, situación que hay que considerar el próximo año en las aplicaciones foliares.

Zn: deficiente marcado en hojas jóvenes. Hojas adultas con mejor nivel producto de los foliares realizados a inicio de brotación. Hay que abordar este problema con fertilización foliar más allá de cuaja y también aplicaciones al suelo.

S: hojas nuevas deficientes. En parte las hojas adultas presentan menor déficit ya que se ha empleado este producto para el control de oidio. Sin embargo, se nota un déficit a nivel de suelo por lo que se ha incluido en el programa de fertilización, productos cuyo elemento acompañante es S.

Ca y Mg: los niveles son mejores que el 1C, pero igual hay que tener una preocupación especial de estos elementos para mantener un adecuado equilibrio respecto del K.



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

---

B: se observa en hojas adultas bajos niveles, lo que ratifica su uso en forma foliar.

Comentarios finales

Es muy importante coordinarse para la siguiente temporada, de manera de ejecutar el seguimiento secuencial del estatus nutricional en forma ordenada. Esto permitirá llevar un control en el momento de la respuesta de las plantas a la fertilización y de esa forma controlar la dosis de referencia.

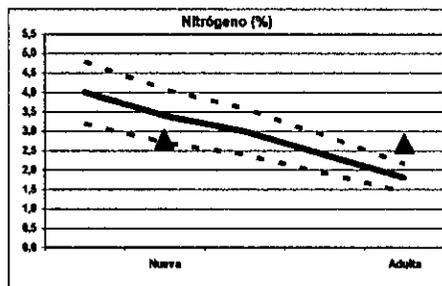
Usar permanentemente la planilla de control de fertilización y riego, manteniendo una actualización de los valores para que funcione como control.

Comentarios sobre el análisis de plantas débiles Corte 2

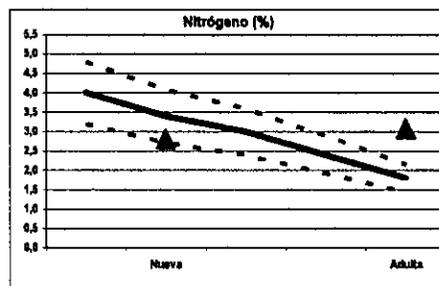
De acuerdo a los análisis, se observan diferencias marcadas de ciertos elementos que podrían ser la causa del problema o el síntoma del problema. Ej: deficiencias de Ca pueden estar dadas por bajos niveles de este elemento en el suelo o por mal funcionamiento del sistema radical. Yo creo que hay alguna condición en el suelo que llevaría a este tipo de deficiencias marcadas, se presente en el Ca y Mg.



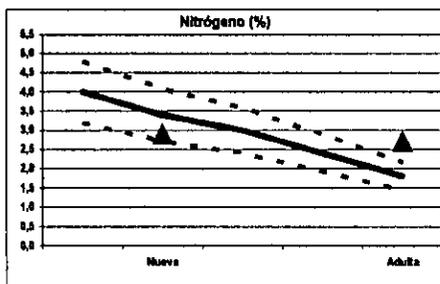
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



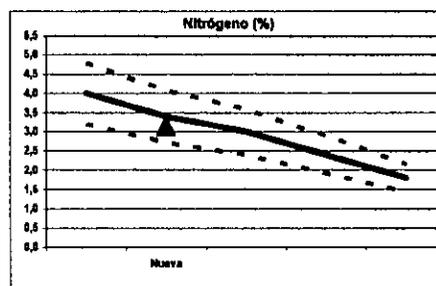
Corte 2



Corte 1C



Corte 1A La Vega

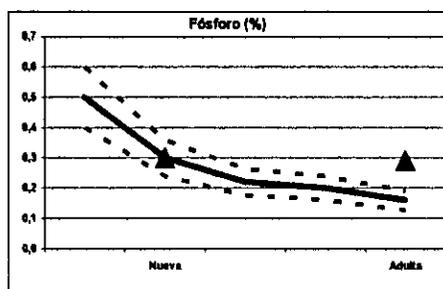


Plantas Chicas 2004

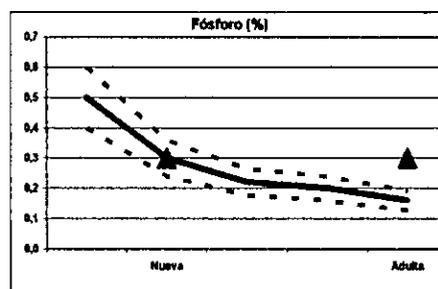
NUEVA: hojas posición 5 desde el ápice; ADULTA: hojas adultas sobre el racimo



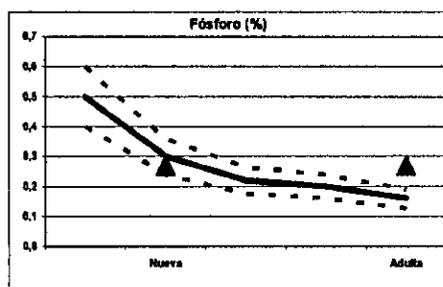
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



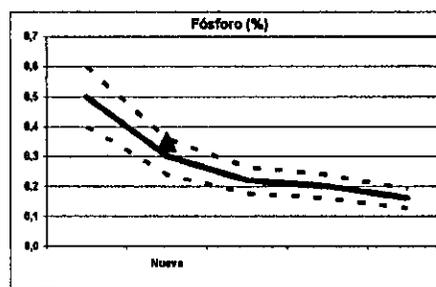
Corte 2



Corte 1C



Corte 1A La Vega

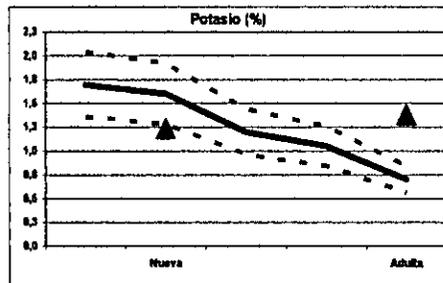


Plantas Chicas 2004

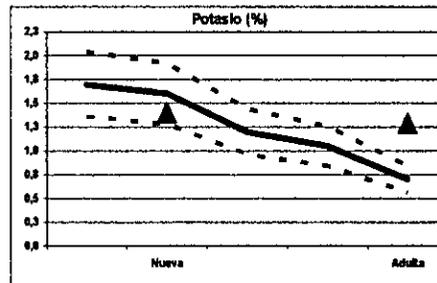
NUEVA: hojas posición 5 desde el ápice; ADULTA: hojas adultas sobre el racimo



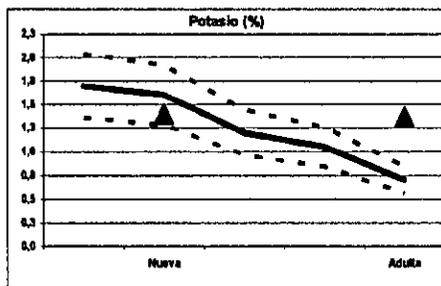
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"REGO Y FERTIRRIGACIÓN"



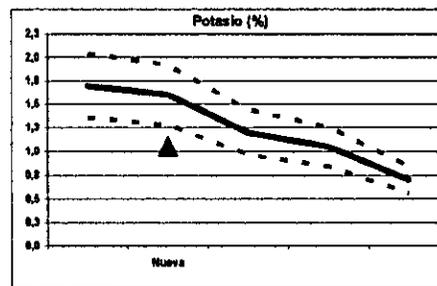
Corte 2



Corte 1C



Corte 1A La Vega

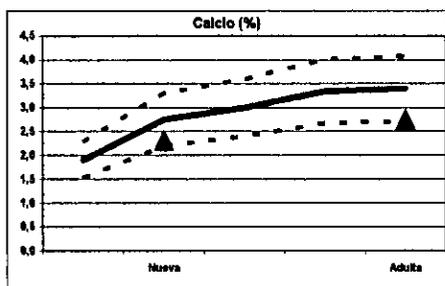


Plantas Chicas 2004

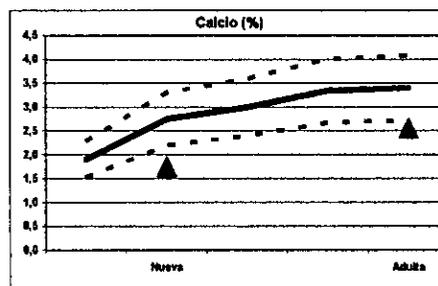
NUEVA: hojas posición 5 desde el ápice; ADULTA: hojas adultas sobre el racimo



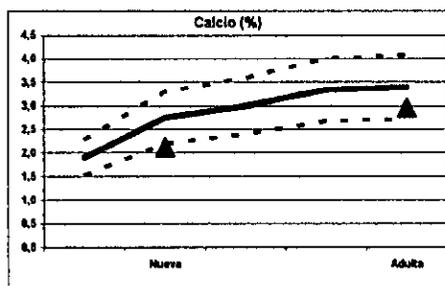
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



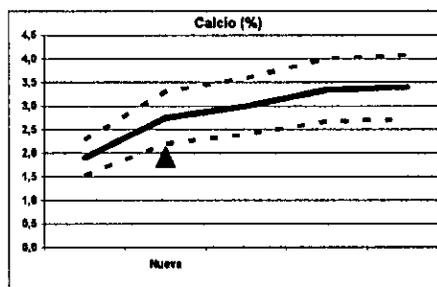
Corte 2



Corte 1C



Corte 1A La Vega

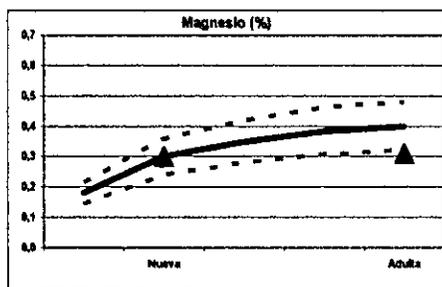


Plantas Chicas 2004

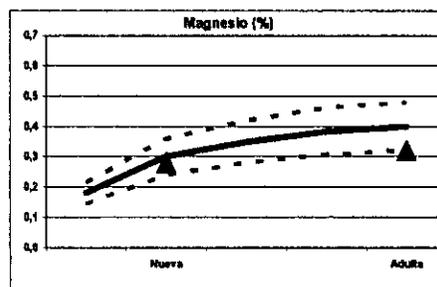
NUEVA: hojas posición 5 desde el ápice; ADULTA: hojas adultas sobre el racimo



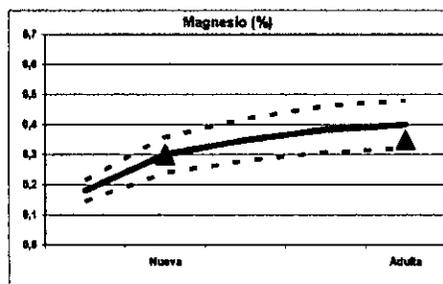
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



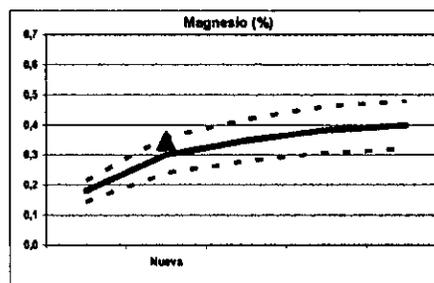
Corte 2



Corte 1C



Corte 1A La Vega

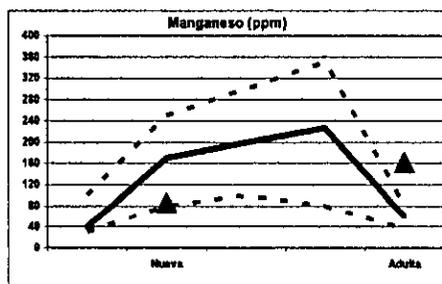


Plantas Chicas 2004

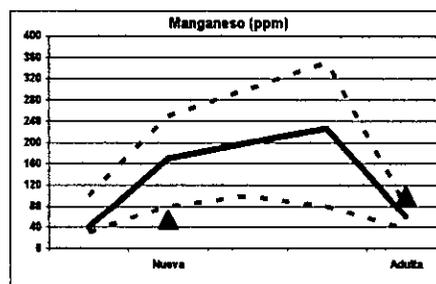
NUEVA: hojas posición 5 desde el ápice; ADULTA: hojas adultas sobre el racimo



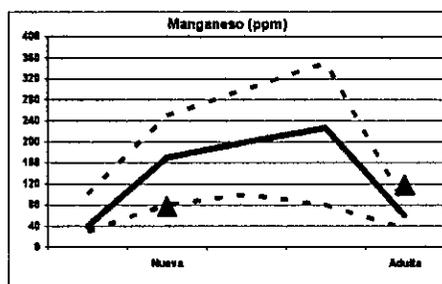
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



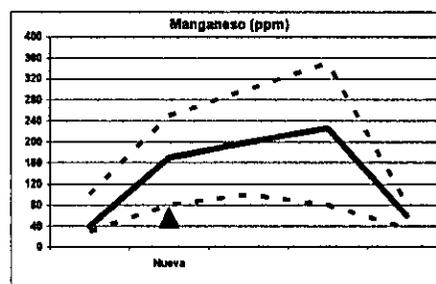
Corte 2



Corte 1C



Corte 1A La Vega

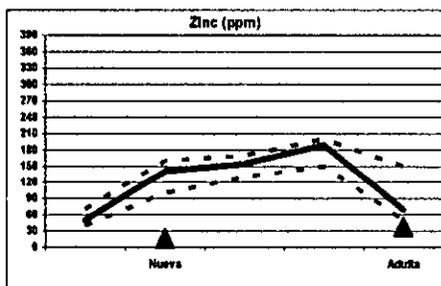


Plantas Chicas 2004

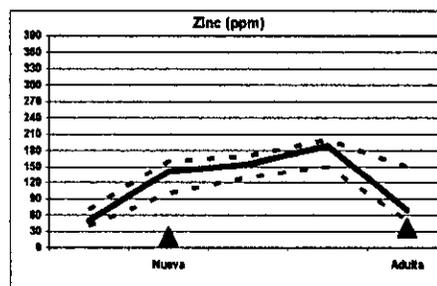
NUEVA: hojas posición 5 desde el ápice; ADULTA: hojas adultas sobre el racimo



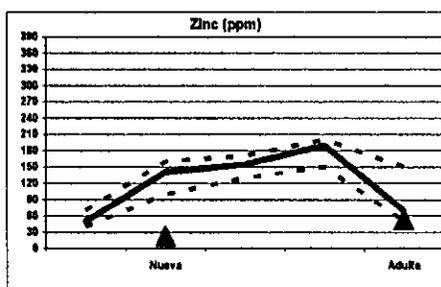
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



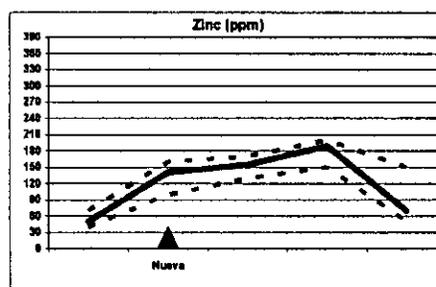
Corte 2



Corte 1C



Corte 1A La Vega

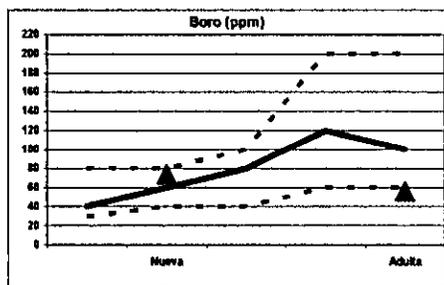


Plantas Chicas 2004

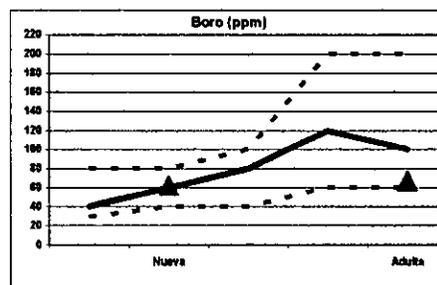
NUEVA: hojas posición 5 desde el ápice; ADULTA: hojas adultas sobre el racimo



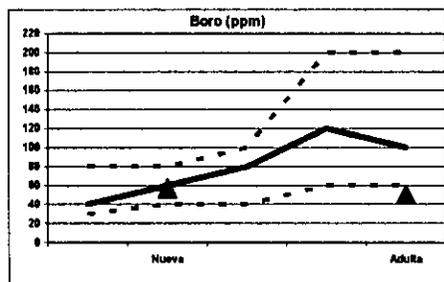
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



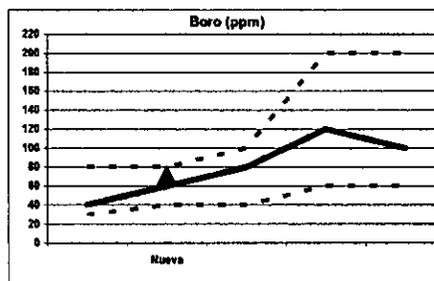
Corte 2



Corte 1C



Corte 1A La Vega

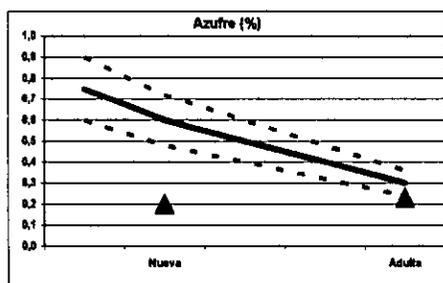


Plantas Chicas 2004

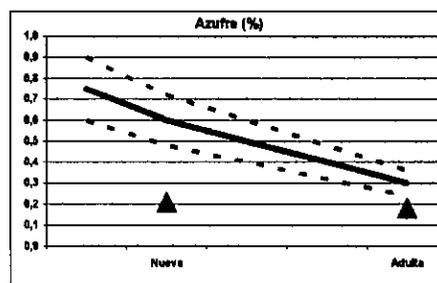
NUEVA: hojas posición 5 desde el ápice; ADULTA: hojas adultas sobre el racimo



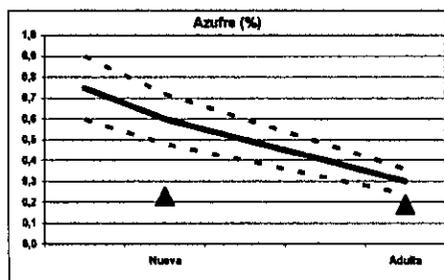
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



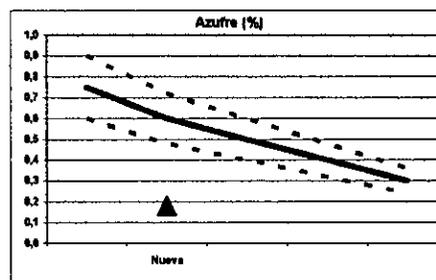
Corte 2



Corte 1C



Corte 1A La Vega



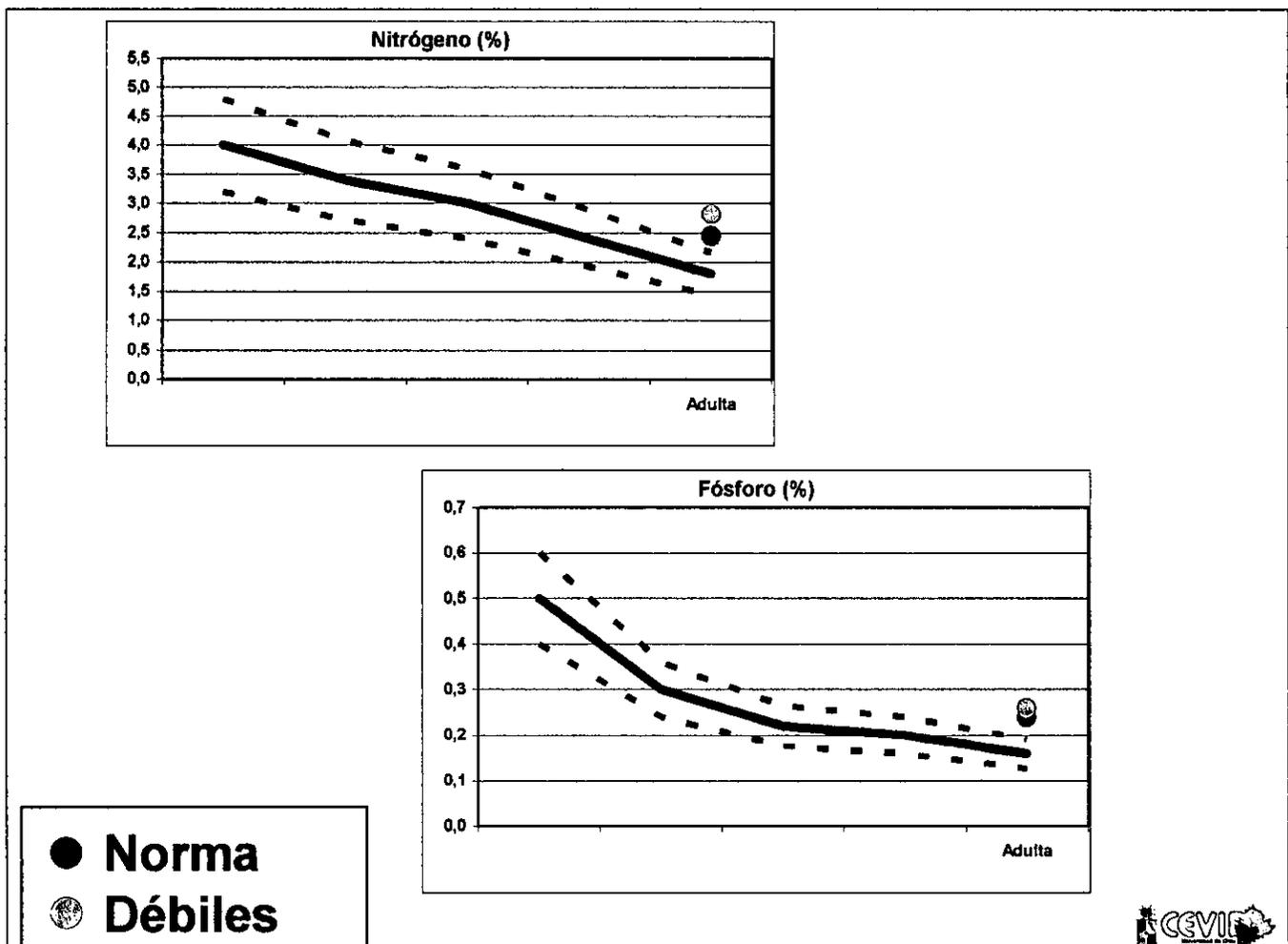
Plantas Chicas 2004

NUEVA: hojas posición 5 desde el ápice; ADULTA: hojas adultas sobre el racimo



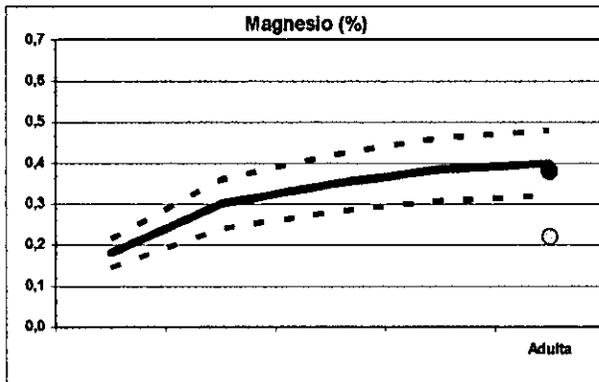
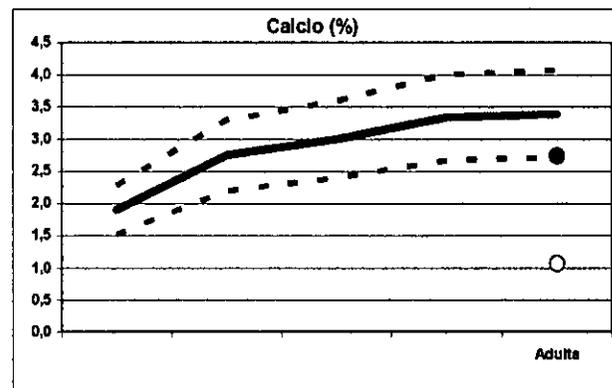
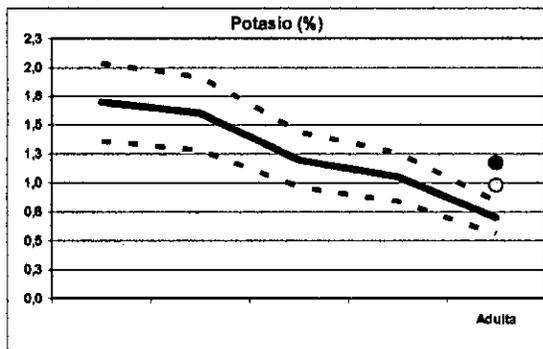
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Comparación del estatus nutricional entre plantas normales y débiles Corte 2**





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

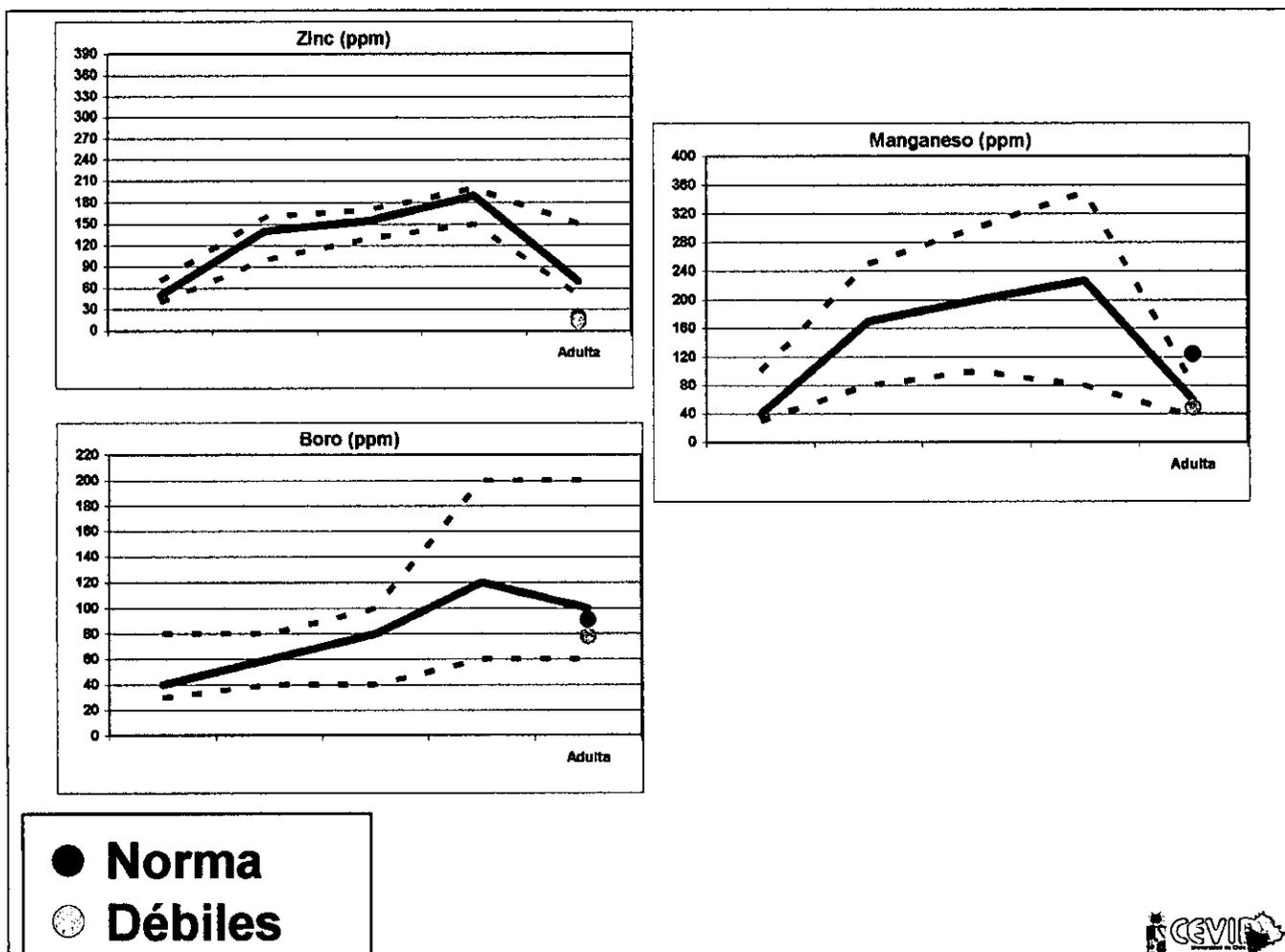


● Norma  
○ Débiles



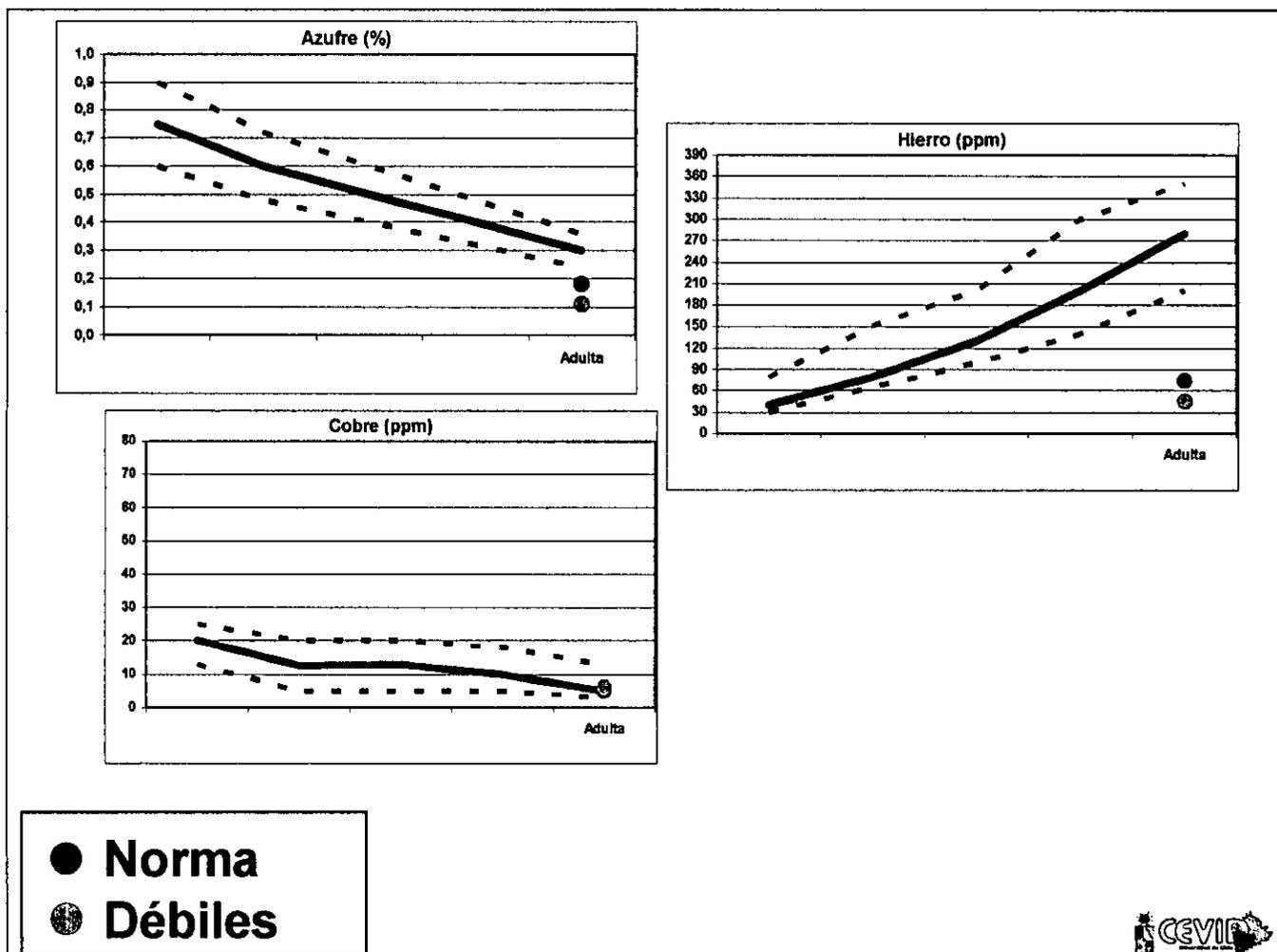


INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



**Comentario:** posteriormente a esta evaluación y en la siguiente temporada se determinó que las plantas débiles las cuales muchas de ellas comenzaron a morir, estaban siendo en sus raíces por los hongos cilindrocarpo y phytophthora



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**



Para salvar las plantas más afectadas se procedió a su afrancamiento (foto inferior) complementando con tratamientos con ácido fosforoso y benomilo al suelo.





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Caracterización del follaje de cada sitio**

La caracterización de canopia vegetal se realizó en cinco cuarteles del predio Los Loros (Cuadro 1) utilizando el equipo Digital Plant Canopy Imager CI-110, el que consiste en una cámara con un lente "ojo de pez", conectado a un software, que permite registrar por medio de una fotografía el IAF y la PAR (Anexo I). La fotografía de la canopia de cada parra evaluada fue tomada a una distancia de 1 m desde el suelo.

En cada cuartel se seleccionaron al azar 40 parras y las cuales fueron fotografiadas. Los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza y en caso de existir diferencias significativas, se realizó la prueba de comparación múltiple de SNK con un 5% de significancia.

En todos los cuarteles, el follaje fue de excelente calidad. Solamente en el corte 1C y debido a su historia, fue menor que el resto, pero con una clara evolución positiva en el tiempo.

Como se observa en la Figura 1, los cuarteles que presentan niveles mayores de IAF tienen valores de PAR más bajos que aquellos con menores niveles de éste, así representan una mayor canopia y a su vez, una mayor cantidad de hojas en la planta, puesto que el valor de la PAR indica la radiación fotosintéticamente activa que pasa a través de la canopia de la parra.

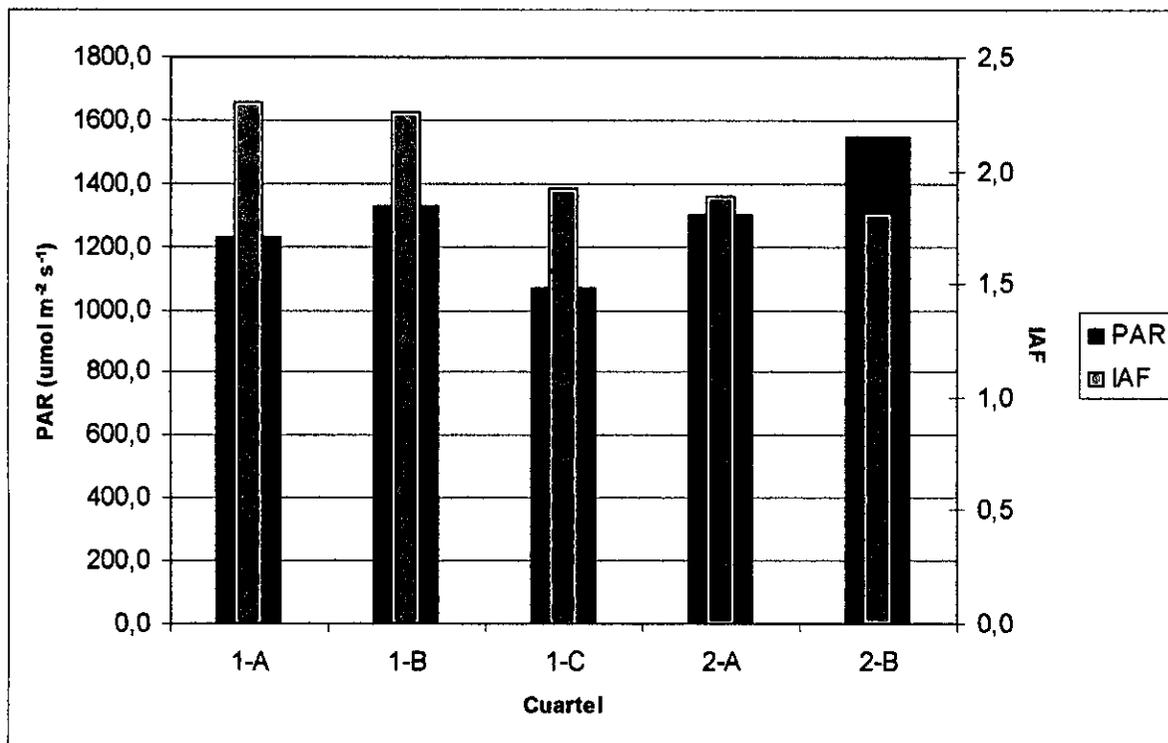


Figura 1. Índice de área foliar (IAF) y Radiación fotosintéticamente activa (PAR) en distintos cuarteles del predio Los Loros.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Los cuarteles 1-A y 1-B presentaron mejores características de canopia que el resto de los cuarteles puesto que el IAF alcanzó niveles mayores (Cuadro 2).

Los cuarteles 1-C, 2-A y 2-B presentaron diferencias significativas en cuanto a PAR a pesar del tener un IAF igual, lo que podría explicarse por la variación en la hora de medición.

Cuadro 2. Índice de área foliar (IAF) y Radiación fotosintéticamente (PAR) activa en distintos cuarteles del predio Los Loros.

Cuartel	PAR $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	IAF
1-A	1233 b*	2.3 b
1-B	1326 b	2.3 b
1-C	1070 a	1.9 a
2-A	1299 b	1.9 a
2-B	1550 c	1.8 a

\*Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ( $\leq 0,05$ ).

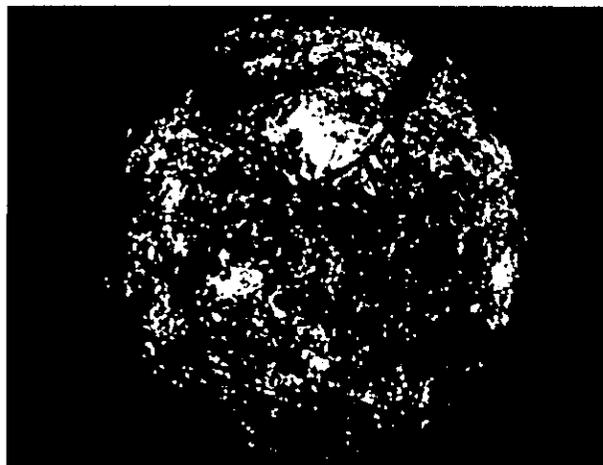


Figura 1. Fotografía con lente "ojo de pez" cuartel 1-A.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

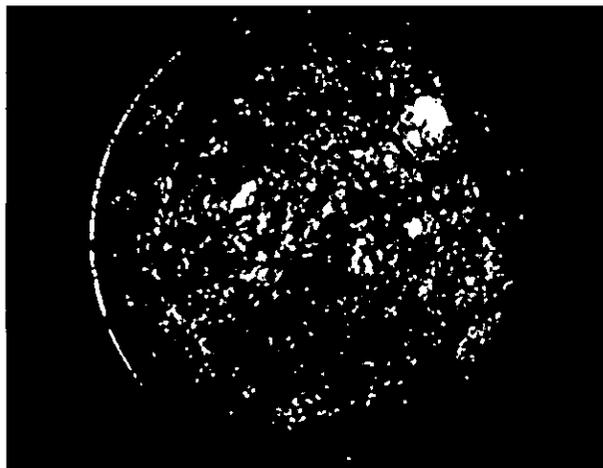


Figura 2. Fotografía con lente "ojo de pez" cuartel 1-B.

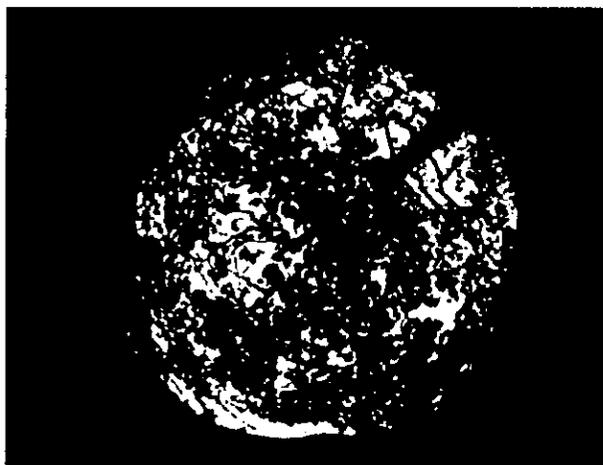


Figura 3. Fotografía con lente "ojo de pez" cuartel 1-C.

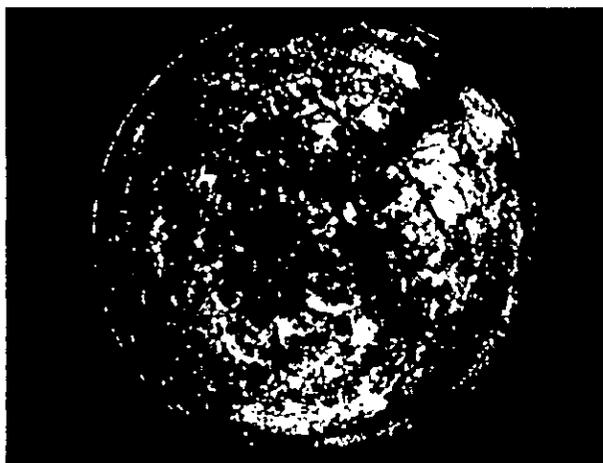


Figura 4. Fotografía con lente "ojo de pez" cuartel 2-A.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”

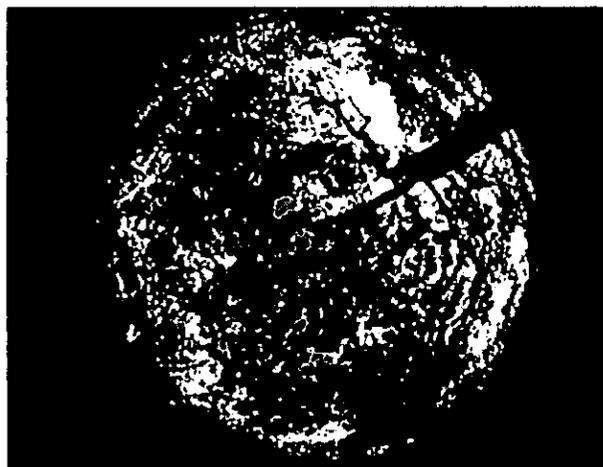


Figura 5. Fotografía con lente “ojo de pez” cuartel 2-B.

**Caracterización de la calidad de la fruta**

Los rendimientos de esta unidad oscilaron entre 2000 y 2700 cajas de 8,2 kg/ha. En general los calibres fueron extra y primera, caracterizándose la fruta por no presentar desgrane y bayas extremadamente firmes.

**Peso de los racimos**

Los racimos fueron catalogados de excelente calidad y tamaño promedio, comparado con la situación de parronales de superior de Atacama.

	Peso racimo(g)	Nº bayas / racimo
Promedio	548	89,9
Desv. Est.	126,12	25,09



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



Tamaño, peso y firmeza de las bayas

Se destaca la calidad de la fruta y sobre todo de la firmeza.

	Diámetro baya (mm)	Largo baya (mm)	Peso baya (g)	Firmeza baya (g * cm <sup>-2</sup> )
Promedio	21	26	7	295,97
Desviación estándar	0,26	1,42	0,55	42,52

Respecto de la firmeza, en el siguiente cuadro se presenta la firmeza en comparación con los rangos definidos para el equipo Firmtech. La fruta del ensayo se encuentra claramente en el rango de bayas firmes, lo que destaca al considerar que la fruta obtenida en otras regiones del país, como la zona central de Chile, la gran masa de muestras realizadas se ubican en el rango de racimo medianamente firme.

Categoría Superior Seedless	Rango firmeza (g * cm <sup>-2</sup> )	Rango firmeza (N)
Racimo firme	> 250	> 3
Racimo medianamente firme	221-250	2,4-3
Racimo blando	≤ 220	< 2,4

<b>FRUTA HUASCO</b>	<b>295,97</b>	<b>3,77</b>
---------------------	---------------	-------------



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Análisis mineralógico de raquis

Dada la excelente calidad de la fruta se procedió a evaluar los contenidos de nutrientes tanto en raquis, la pulpa y el jugo de la uva. Esto podría ser utilizado como referencia para otras unidades de estudio.

Raquis

	N total % (p/p)	N nítrico % (p/p)	N amoniacal % (p/p)	Calcio % (p/p)	Magnesio % (p/p)	Potasio % (p/p)	Boro mg/k	Molibdeno mg/k	Zinc mg/k
Promedio	1,388	0,072	0,182	0,738	0,034	3,456	24,8	< 5	19
Desv Est.	0,228	0,01304	0,0471	0,0823	0,00548	0,461	2,28		1,225

Pulpa

	Calcio % (p/p)	Magnesio % (p/p)	Potasio % (p/p)	Boro mg/k
Promedio	0,14	0,046	1,832	18,8
Desv. Est.	0,1263	0,00894	0,226	0,837

Jugo

	Calcio % (p/v)	Magnesio % (p/v)	Potasio % (p/v)	Boro mg/l
Promedio	0,0404	0,00654	0,1508	1,972
Desv. Est.	0,00639	0,00326	0,0137	0,1871

Conclusiones

- 1) Pequeñas productores de uva de mesa, pueden acceder a la producción de fruta de excelente calidad en la medida que se les apoye con tecnología y manejo técnico, de acuerdo a la realidad de cada sector del predio.
- 2) La fertirrigación, tecnología y el concepto asociado en torno a este manejo, es una excelente herramienta para asegurar la producción de fruta de excelente calidad.



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”**

---

- 3) Cambios puntuales en el manejo y diseño del riego, impacto positivamente en la calidad del follaje y rendimiento de fruta.
- 4) Con el adecuado diagnóstico e implementación de manejos en los parronales de Superior, es factible en esta zona sacar fruta firme, sin desgrane, sin uvilla y partiduras.



CENTRO DE ESTUDIO DE LA VID  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
[WWW.CEVID.CL](http://WWW.CEVID.CL)



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**EVALUACIÓN DEL USO DE TOMA DE MUESTRAS DE SUCCIÓN POR MEDIO DE MINI  
SONDAS DE EXTRACCIÓN DENOMINADAS "PELOS RADICALES" (SONDAS RHIZON  
EIJKELKAMP®), PARA EL CONTROL DE LA SOLUCIÓN SUELO.**



## EVALUACIÓN DEL USO DE TOMA DE MUESTRAS DE SUCCIÓN POR MEDIO DE MINI SONDAS DE EXTRACCIÓN DENOMINADAS "PELOS RADICALES" (SONDAS RHIZON EIJKELKAMP®), PARA EL CONTROL DE LA SOLUCIÓN SUELO.

**Carlos Benavides Z., Rodrigo Callejas R. Rodrigo Rojas y Pablo Avendaño.**

Se desarrolló un esquema experimental consistientes en dos etapas: 1). Laboratorio y 2). De Campo.

1) Prueba de laboratorio. Se realizó un preensayo en el Laboratorio de Viticultura de la Facultad de Cs. Agronómicas de la Universidad de Chile con el objeto de determinar en forma empírica el funcionamiento del extractor tipo Rhizon SMS (Eijkelkamp, 2003), definir el rango de presiones de trabajo y el tiempo necesario para obtener un volumen de solución suficiente que permita la medición de la concentración del nitrato.

Para extraer la solución suelo se proyectó el uso del método de extracción de solución Rhizon SMS (Eijkelkamp, 2003). El extractor está formado por un tubo de polímero orgánico hidrófilo y poroso, de 10cm de longitud (D. ext. 2,5mm; D. int. 1,5mm; volumen remanente 0,5mL) sellado en un extremo y en el otro conectado a un tubo de PVC de 10cm que termina en un conector roscado que permite el contacto con el exterior. En el interior del tubo una guía de acero de 15cm confiere cierta rigidez al extractor permitiendo así su inserción en el suelo. En la foto siguiente se muestran estas sondas.





INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

---

**Trabajo de laboratorio.** Se emplearon macetas con suelo de textura moderadamente fina (franco arcillosa) y un sistema de estanque de vacío con manómetro, conectado a una bomba de vacío. Se probaron succiones altas pero inferiores al punto de entrada de aire de las membranas. La prueba de laboratorio resultó positiva, pudiéndose extraer un volumen adecuado para la realización de análisis por los métodos habituales.

**Método.**

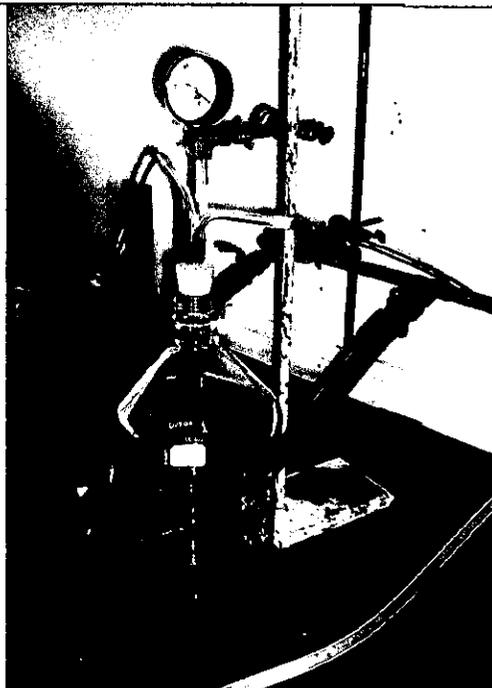
El extractor tipo Rhizon SMS fue introducido en forma radial, horizontalmente en una maceta plástica de 1L de capacidad, perforada en un costado, rellena de suelo tamizado a 0,46mm con un contenido de agua cercano a capacidad de campo (saturado y dejado drenar libremente 48 horas), para simular condiciones de campo, dejando el tramo de polímero poroso hidrófilo en íntimo contacto con el suelo. La solución suelo se extrajo aplicando vacío sobre el extremo roscado mediante una bomba de vacío Norteamericana, marca General Eléctric, modelo 5KC42JG402U, aplicando presiones en el rango de 0,5 a 0,85 bares. Dicha solución fue conducida a través de una manguera de PE de 4x6mm, a un frasco trampa (matraz erlenmeyer de 250mL), el que contó con un vacuómetro. El frasco trampa se conectó de igual forma a un frasco de vidrio para laboratorio Boeco de 5L, que actuó como cámara de vacío. Dicho frasco contó también con un vacuómetro para mantener un control de la presión en el sistema. Desde ahí, fue conectado a la bomba de vacío.

El tiempo de muestreo fue controlado con reloj y el volumen de solución extraído fue registrado utilizando una probeta.

En las siguientes fotos se muestra la instalación de laboratorio descrita.



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

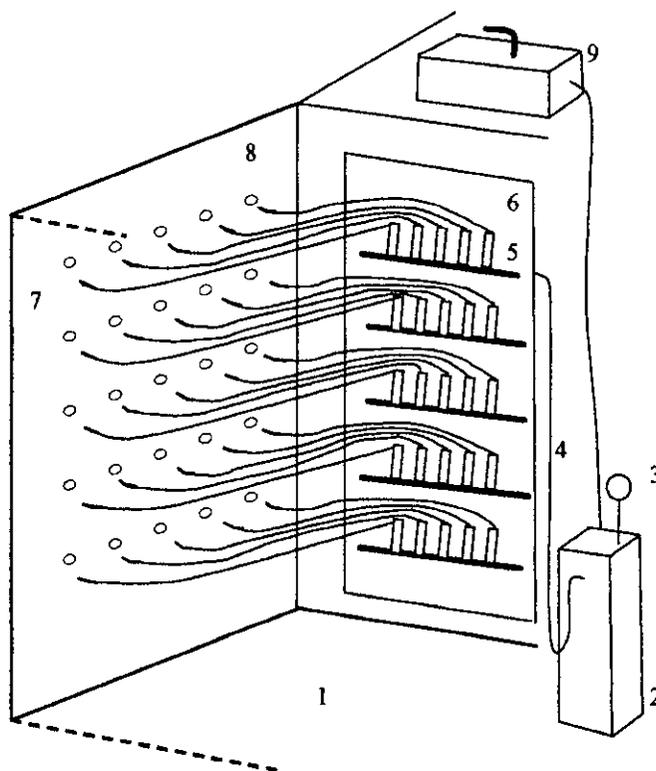




INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Se repitieron pruebas en laboratorio, pero utilizando un tanque de oxígeno en reemplazo de la bomba de vacío, dado que el sitio experimental en el campo (sector Turbina, Fundo Tres soles, Copiapó) se encontraba a distancia de la red eléctrica. La prueba consistió en observar las succiones posibles de desarrollar. En esta oportunidad, las cápsulas se colocaron en agua (sin suelo), para observar como trabajaban en situaciones de alto contenido de agua. La prueba fue positiva, se logró aplicar vacío regulando la presión entre 0.8 y 0.78 bares por un tiempo de 45 minutos, que se considero suficiente para el trabajo en condiciones de campo. Un primer problema no detectado fue que el estanque (un tubo de oxígeno convencional) trabajó actuando sobre un solo extractor. En el diseño de campo se iban a instalar una batería para succionar a varias profundidades simultáneamente con el fin de obtener un perfil instantáneo de concentraciones de nitrato.

2. Prueba de Campo. Se realizó a mediados de octubre de 2007. En el esquema siguiente se muestra el dispositivo proyectado.



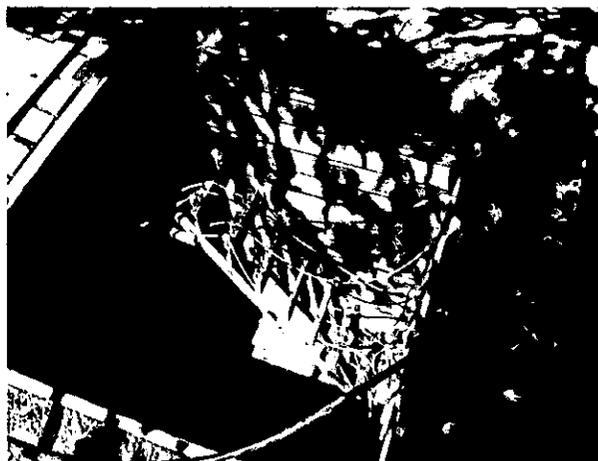


**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

---

El dispositivo fue instalado en campo en una cámara subterránea de madera, tipo rizotrón. Sobre el corte de suelo (perfil) se instaló una placa de acrílico perforada, como se observa en el esquema. En cada perforación, en sentido vertical, se colocaron sondas. El sistema se operó con un tanque de vacío.

En las fotos siguientes se muestran fotos de la instalación de campo.





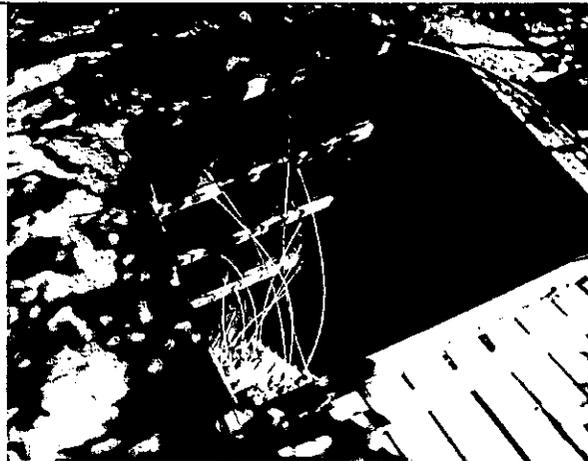
INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"



La colocación de las sondas se realizó buscando el mayor contacto posible entre suelo y membrana permeable. La cámara fue instalada en forma muy próxima al bulbo de mojado del emisor. Para asegurar condiciones de extracción, el suelo del sitio experimental había sido regado el día anterior y durante la mañana del ensayo.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”



Se realizaron varios intentos. Se obtuvo en dos casos un pequeño volumen de solución suelo, insuficiente para análisis. La mayor parte de las sondas instaladas no captaban solución. El estaque de vacío permitió obtener las succiones programadas, pero por periodos muy cortos.

### Conclusiones

Las sondas no permitieron el objetivo proyectado. Las posibles razones son las siguientes:

1. El suelo en la zona de instalación considerada no alcanzó un contenido de agua suficiente, el cual debe situarse entre saturación y capacidad de campo. El suelo estaba bajo condiciones de no saturación en la zona de instalación de los rhizones..
2. Hubo fallas, imposibles de impedir, en la obtención de una completa área de contacto entre cápsula y suelo, con lo cual el área de flujo fue insuficiente, para el tiempo de succión programado. El cual es deseable no sea muy extenso, dado el dinamismo del sistema de flujos.
3. La capacidad del estanque de vacío permitió mantener un reducido tiempo en operación el equipo, cuando se conectaron varias sondas simultáneamente.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**ESTUDIO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE EXUDADO, GENERADA DURANTE EL PROCESO DEL "LORO DE LA VID", COMO INDICADOR DE LA CONDICIÓN DE LA PLANTA PREVIO A LA BROTAÇÃO.**

Los Informes generados se presentan en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Informes generados**

<b>Título del documento</b>	<b>Nombre del archivo digital</b>
CALIBRACIÓN DE UN TEST RÁPIDO PARA LA EVALUACION QUÍMICA DEL AGUA DE RIEGO	INFORME RQFlex
ESTUDIO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE EXUDADO, GENERADA DURANTE EL PROCESO DEL "LORO DE LA VID", COMO INDICADOR DE LA CONDICIÓN DE LA PLANTA PREVIO A LA BROTAÇÃO.	INFORME Lloro



## CALIBRACIÓN DE UN TEST RÁPIDO PARA LA EVALUACION QUÍMICA DEL AGUA DE RIEGO

**Paulina Pino, Rodrigo Callejas, Bruno Razeto y Erika Kania.**

Tesis de Magíster en Ciencias Agropecuarias Mención en Producción Frutícola, Facultad de Ciencias Agronómicas,  
Universidad de Chile. paupino@uchile.cl.

### Resumen

El instrumento RQflex plus® (Merck, Darmstadt, Germany) es un equipo manual de reflectometría compuesto por reactivos que permiten evaluar la composición química de una muestra líquida en terreno. Esta característica, permitiría una mayor rapidez en la obtención de los resultados, al compararse con el servicio ofrecido por laboratorios especializados. En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01 y con el objetivo de determinar la precisión del método analítico del equipo, se procedió a evaluar la correlación existente entre los resultados analíticos entregados por reflectometría (equipo RQflex Plus) con las metodologías tradicionales de laboratorio.

### Materiales y Métodos

Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Viticultura de la Facultad de Cs. Agronómicas, Universidad de Chile, y en el Laboratorio Analab Chile S.A. Se usó agua de riego proveniente de predios de la III Región. Se utilizó el equipo RQflex Plus® (Merck, Darmstadt, Germany) y aquellos instrumentos empleados en las metodologías tradicionales de laboratorio (Eaton *et al.*, 2005).

Se tomaron 20 muestras de agua de riego en diversos parronales de la III Región para evaluar la precisión de los resultados analíticos entregados por el equipo RQflex Plus®. Todas las muestras se analizaron con el equipo RQflex Plus®. En forma paralela fueron enviadas al laboratorio Analab Chile S.A. De esta manera, una vez obtenidos los resultados analíticos, se contrastaron las mediciones realizadas por el equipo RQflex Plus® (reflectometría) versus las metodologías tradicionales de laboratorio (Eaton *et al.*, 2005). Se evaluaron las siguientes variables: nitrógeno nítrico (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y cloruro (Cl<sup>-</sup>).

Las metodologías empleadas por Analab Chile S.A. fueron las descritas por la Eaton *et al.* (2005). El procedimiento de la metodología de reflectometría del equipo RQflex Plus® fue el indicado en el manual de usuario del equipo.

### **Procedimiento de la metodología de reflectometría.**

El equipo RQflex Plus® es un aparato portátil usado para determinaciones químicas en soluciones. A través del principio de reflectometría, calcula la diferencia de intensidad de la luz emitida y de la luz reflejada en una varilla analítica o luego de atravesar una cubeta, entregando una determinación



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

cuantitativa del compuesto. Para evaluar un elemento se requiere un "kit" específico que lo determine. Cada "kit" está compuesto por un código de barras (que indica las longitudes de ondas a usar, su respectiva curva de calibración y tiempo de reacción) y por un test de varillas o de cubetas (que contienen los reactivos específicos para cada nutrimento). En la Figura 1 se muestra el equipo RQflex Plus® con un test de varillas.

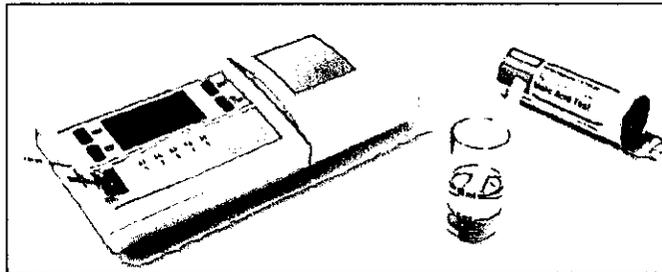


Figura 1. Equipo RQflex Plus® con un test de varillas y su código de barras dispuesto en el instrumento.

Antes de realizar las mediciones en las muestras líquidas se debe verificar su temperatura y su pH, éstos deben encontrarse en los rangos que se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Rangos de temperatura y pH para cada elemento a evaluar mediante RQflex Plus®.

Parámetro	Nitrato	Fosfato	Potasio	Calcio	Magnesio	Cloruro
Temperatura (°C)	15 – 30	15 – 30	20 – 40	15 – 30	15 – 30	20 – 30
pH	1 – 12	4 – 10	5 – 12	5 – 8	5 – 8	1*

\*Se verifica tras la adición de los reactivos.

Los test son capaces de cuantificar los compuestos químicos dentro un intervalo de medida definido. En el Cuadro 2 se muestran los distintos rangos de medición para varios nutrientes y su correspondiente tipo de test.

Cuadro 2. Intervalo de medida y tipo de test que posee cada "kit" para cada elemento.

Elemento	Intervalo de medida (mg L <sup>-1</sup> )	Tipo de test
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	5 – 225	Varillas
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	5 – 120	Varillas
Potasio (K)	1 – 25	Cubetas
Calcio (Ca)	5 – 125	Varillas
Magnesio (Mg)	5 – 100	Varillas
Cloruro (Cl)	2 – 50	Cubetas

Si el valor de la muestra de medición supera al intervalo de medida, se repitió la medición con nuevas muestras diluidas hasta obtener un valor que se encuentre dentro del rango de evaluación detallado en el Cuadro 2. Este valor se multiplicó por el correspondiente factor de dilución.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Análisis estadístico**

Para cada variable evaluada se realizaron correlaciones lineales entre los valores obtenidos con el instrumento RQflex Plus® y aquellos logrados con las metodologías estándares de laboratorio. El valor del coeficiente de correlación lineal de Pearson ( $r$ ), es un indicador de la asociación existente entre dos variables cualesquiera. Una correlación cercana a cero indica que las dos variables no están asociadas linealmente. Una correlación cercana a 1 indica que las variables están positiva y linealmente asociadas. Una correlación cercana a -1 indica que las variables están negativa y linealmente asociadas.

Además se obtuvieron las regresiones lineales, las cuales fueron sometidas a la Prueba F para evaluar la significancia del modelo. Se determinaron además los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para cada modelo. El valor del coeficiente de determinación es un indicador de la contribución de la variable "x" a la descripción de la variable "y", que también puede ser entendido como el porcentaje de la variabilidad de los datos que es explicado por el modelo. Los modelos obtenidos fueron sometidos también a análisis de significancia para la pendiente e intercepto y verificación del cumplimiento de los supuestos del modelo.

**Resultados**

La concentración de  $\text{NO}_3^-$  presente en el agua de riego evaluada por el método de Reflectometría empleada por el equipo RQflex Plus® presentó un alto coeficiente de correlación lineal de Pearson con el método tradicional de laboratorio ( $r = 0,95^{**}$ ) (Figura 1). Además se alcanzó un coeficiente de correlación lineal de Pearson de un  $r = 0,85^{**}$  para el K (Figura 2), un  $r = 0,79^{**}$  para el Ca (Figura 3), un  $r = 0,98^{**}$  para el Mg (figura 4) y un  $r = 0,95^{**}$  para el Cl (Figura 5). Todos estos coeficientes de correlación lineal de Pearson fueron estadísticamente significativos (\*\*al 1 %) evaluados con el estadístico t de Student.

En la figuras 1, 2, 3, 4 y 5 se presentan los gráficos de las correlaciones entre el método de reflectometría del equipo RQflex Plus® y las metodologías tradicionales de laboratorio para  $\text{NO}_3^-$ , K, Ca, Mg y Cl (Espectrofotometría A. M. = Espectrofotometría de absorción molecular; Espectrofotometría A. A. = Espectrofotometría de absorción atómica).



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

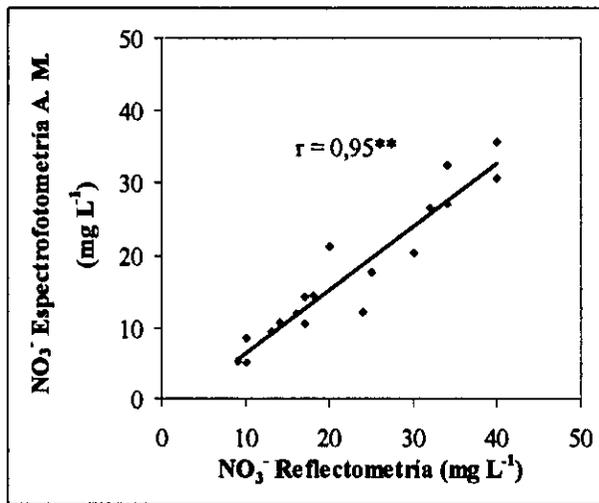


Figura 1. Correlación entre el equipo RQflex Plus® y la metodología tradicional de laboratorio para el NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

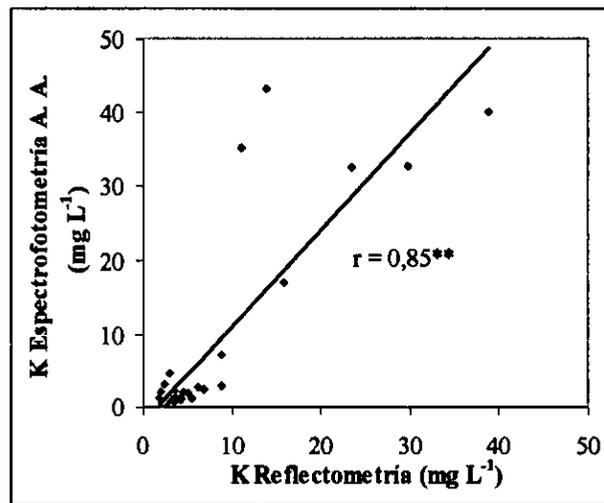


Figura 2. Correlación entre el equipo RQflex Plus® y la metodología tradicional de laboratorio para el K

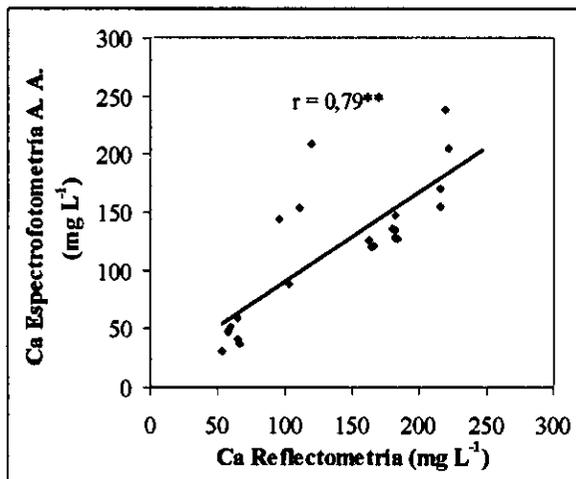


Figura 3. Correlación entre el equipo RQflex Plus® y la metodología tradicional de laboratorio para el Ca

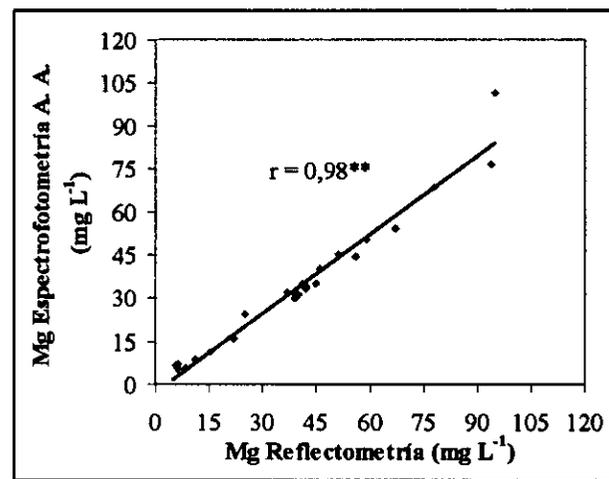


Figura 4. Correlación entre el equipo RQflex Plus® y la metodología tradicional de laboratorio para el Mg



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

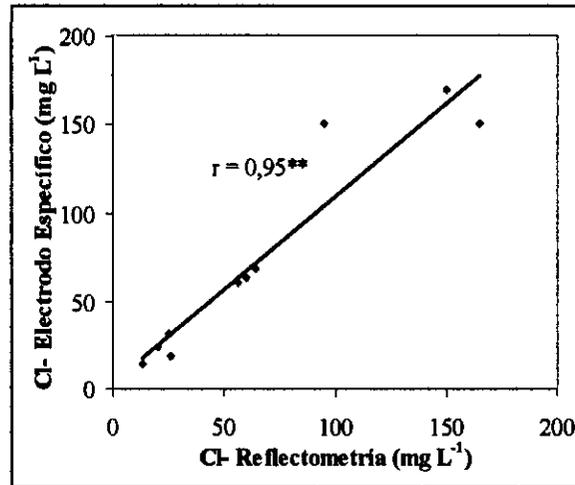


Figura 5. Correlación entre el equipo RQflex Plus® y la metodología tradicional de laboratorio para el Cl<sup>-</sup>

Se evaluó fosfato en agua de riego pero todas las muestras presentaron concentraciones inferiores al rango de detección de la metodología de reflectometría (5-120 mg L<sup>-1</sup>) (Cuadro 2) por lo tanto no se pudieron obtener las correlaciones con la metodología de colorimetría correspondiente a la que emplea el laboratorio.

Con el objetivo de conocer la función que relaciona los valores obtenidos con el equipo RQflex Plus® (variable independiente = x) con aquellos logrados por las metodologías tradicionales de laboratorio para cada elemento (variable dependiente = y), se realizó una regresión lineal simple entre las variables para cada elemento. Tales ecuaciones se presentan en el Cuadro 3 con sus respectivos coeficientes de determinación. Los modelos ajustados para NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mg y Cl<sup>-</sup> presentaron un alto coeficiente de determinación.

Cuadro 3. Modelos lineales obtenidas al relacionar la metodología de Reflectometría del equipo RQflex Plus® con las metodologías tradicionales de laboratorio.

Elemento	Función	R <sup>2</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$y = -2,094 + 0,872x$	0,90
K	$y = -1,98 + 1,31x$	0,72
Ca	$y = 13,848 + 0,768x$	0,62
Mg	$y = -2,732 + 0,911x$	0,96
Cl <sup>-</sup>	$y = 4,266 + 1,051x$	0,90



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Conclusiones**

El método reflectométrico del equipo RQflex Plus® entrega resultados que están altamente correlacionados con las Metodologías Tradicionales de laboratorio ( $r_{\text{nitrito}} = 0,95$ ;  $r_{\text{potasio}} = 0,85$ ;  $r_{\text{calcio}} = 0,79$ ;  $r_{\text{magnesio}} = 0,98$  y  $r_{\text{cloruro}} = 0,95$ ), por lo que el instrumento puede ser utilizado como una herramienta útil para la determinación química del agua de riego en terreno.

La posibilidad de realizar análisis químicos en el campo con un procedimiento amigable es una ventaja en términos de la rapidez de obtención de resultados y el bajo costo comparado con los análisis de laboratorio (Westerman, 1990; Holden y Scholefield, 1995; Benton y Slovacek, 1998; Hall and Raynor, 2002; MacKown and Weik, 2004), ya que el equipo se comercializa a US\$500 aproximadamente. Además varias investigaciones han mostrado la factibilidad y confiabilidad en la determinación del estado nutricional de los cultivos, siendo una herramienta útil para hacer evaluaciones en campo cuando se requiere de un análisis de laboratorio cercano y éste no se encuentra rápidamente disponible. Debido a los altos coeficientes de correlación lineal alcanzados en las evaluaciones es factible utilizar en terreno el instrumento RQflex Plus®, ya que es una herramienta sensible y útil para indicar la composición química de muestras de "agua". En las evaluaciones de calcio, el instrumento estaría entregando valores referenciales, debido al menor nivel de asociación obtenido con las Metodologías Tradicionales de laboratorio.

**Literatura consultada**

- BENTON, J. and D. SLOVACEK.** 1998. Tissue testing kits and procedures for nutrient element assessment in plant tissue. pp.119-128. In: Kalra, Y. Handbook of reference methods for plant analyses. CRC Press. Washington, USA. 300 p.
- EATON, A., L. CLESCERI, E. RICE and A. GREENBERG.** 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Centennial Edition. 1368 p.
- HALL, R. and K. RAYNOR.** 2002. Nutrient analysis for the Nursery Industry©. Combined Proceeding International Plant Propagators' Society 52: 126-129.
- HOLDEN, N. and D. SCHOLEFIELD.** 1995. Paper test-strips for rapid determination of nitrate tracer. Communications in Soil Science and Plant Analysis 26 (11-12): 1885-1894.
- MACKOWN, C. and J. C. WEIK.** 2004. Comparison of Laboratory and Quick-Test Methods for Forage Nitrate. Crop Science 44: 218-226.
- MERCK.** 2005. Manual del equipo RQflex Plus®. EMD Chemicals Inc. Gibbstown, USA. 32 p.
- WESTERMAN, R.** 1990. Soil testing and plant analysis. Third Edition. Soil Science Society of America Book Series. Madison, USA. 784 p.



## **ESTUDIO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE EXUDADO, GENERADA DURANTE EL PROCESO DEL "LLORO DE LA VID", COMO INDICADOR DE LA CONDICIÓN DE LA PLANTA PREVIO A LA BROTAÇÃO.**

**Rodrigo Callejas R. y Erika Kania**

### **Resumen**

Se define como "lloro" a la exudación líquida en los cortes de poda a fines de invierno en ausencia de follaje. Se postula que puede ser un buen indicador del estatus nutricional principalmente debido a que permitiría diagnosticar problemas de sales a inicio de la brotación (B, Cl, Na) y realizar manejo de sales previo a la brotación. El "lloro" es un proceso no del todo descifrado respecto a su funcionamiento. Se trata de la remoción de agua desde el suelo por las células epidermales de la raíz y su movimiento hacia el xilema bajo suficiente presión para producir el lloro o eliminación de líquido por puntos de corte. Es factible de presenciarse principalmente con podas tardías. Se ha evaluado una pérdida de entre 0,5 a 5,5 L/parras, sin embargo, esto no produce debilitamiento de las plantas. En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01 y con el objetivo de estudiar el "lloro" de la vid como indicador de la condición de la planta previo a la brotación, se procedió a evaluar su contenido nutricional.

### **Introducción**

Entre las técnicas de diagnóstico empleadas para controlar el estado nutricional de las plantas se encuentran el análisis de suelo, de agua y de tejido vegetal (Silva y Rodríguez, 1995). Los análisis de tejidos de plantas han sido reconocidos como la herramienta más confiable para determinar el estado nutricional de la vid (Christensen, 1969; Pérez, 1993). Entre los análisis de tejido que se analizan en la vid para determinar el estado nutricional, se pueden mencionar los análisis de pecíolo y de lámina foliar.

En la investigación de mejores indicadores del estatus nutricional de los frutales se ha recurrido al análisis de otras estructuras. En la vid, adicionalmente a los análisis de pecíolos y de lámina foliar, también se han hecho intento de evaluar los raquis, bayas, brotes, raíces y sarmientos (Ruiz, 2000), de los cuales el análisis del sistema radical, en el período de receso invernal, evidenció mejor el estado nutricional en relación al nitrógeno (Pérez, 1990; Silva y Rodríguez, 1995; Rombolá y Sorrenti, 2006). Además, se ha realizado análisis de brotes, especialmente para investigaciones sobre fertilizaciones foliares, debido a que es factible evitar muestrear brotes contaminados con aspersiones, escogiendo aquellos que se desarrollaron después de la aplicación foliar (Christensen, 1969). Por su parte, en palto se han estudiado las hojas, inflorescencias, pedúnculos, frutos y semillas (Granger, 2001; Razeto y Salgado, 2004), de los cuales el pedúnculo ha resultado la estructura más promisoría para el diagnóstico del estado nutricional, seguido por la inflorescencia.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

En la búsqueda de otros indicadores nutricionales, se observa con posibilidades de uso el "lloro" de la vid. La vid es una de las pocas especies que libera fluido xilemático cuando es podada cerca de la brotación (Roubelakis-Angelakis y Kliewer, 1979), a fines de invierno, en ausencia de follaje. La principal teoría que explica el fenómeno de exudación de líquido es la creación de presión en la raíz que promueve la movilización de reservas y la absorción de agua a través de procesos osmóticos (Kramer, 1969; Martínez de Toda, 1991) (Figura 1). Probablemente, su causa esté dada por las variaciones en el transporte de sal al xilema, generando una mayor concentración de sales al interior del xilema produciendo una presión osmótica que supera la fuerza con que el agua es retenida en el suelo, lo que permite su ingreso a la planta (Figura 2). Estas condiciones favorecen a que la exudación ocurra principalmente en la noche. Además, la exudación puede verse favorecida al elevarse la temperatura del suelo a fines de invierno junto con la reactivación de la respiración celular (Cruz, 2004).

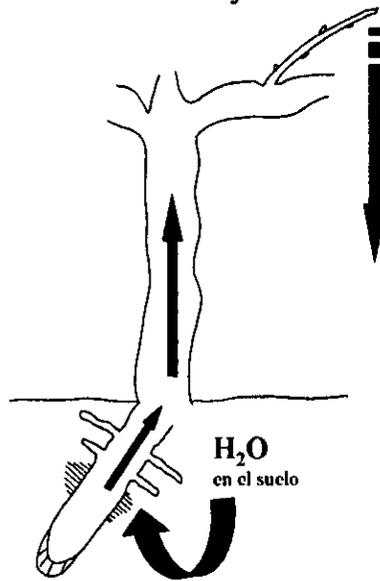


Figura 1. Mecanismo de exudación del "lloro"

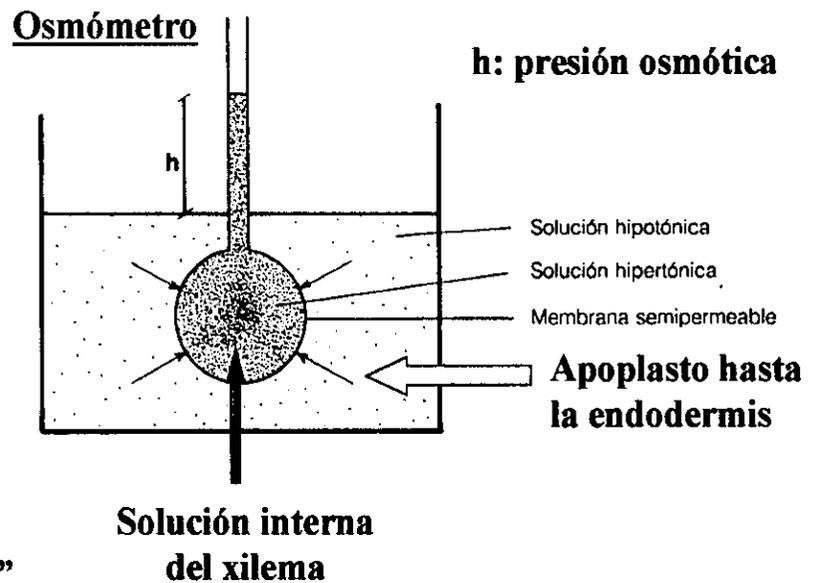
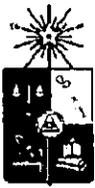


Figura 2. Funcionamiento de un "osmómetro."

La composición del exudado de vid puede utilizarse como indicador de las necesidades nutricionales de las plantas a la salida del receso invernal (Kramer, 1969). Dicha composición cambia con el abastecimiento de sal a las raíces y con la estación. Por ejemplo, en trigo se puede reconocer el amoníaco en los exudados cuando el cultivo está sometido a una alta fertilización amoniacal, o en algunas plantas halófitas que en las mismas condiciones emiten cloruro de sodio, de calcio y de potasio (Gola, 1943). De la misma manera, Sobrado (2004) evidenció que a mayor concentración de  $\text{Na}^+$  en el suelo, las hojas de *Laguncularia racemosa* aumentaban la capacidad de exudar sales. En general, se dice que los déficit de minerales impiden la exudación de líquido y que una alta fertilización nitrogenada aumenta el nivel de exudados en tocones de tomate (Minshall, 1964) y en tallos de "Sultanina" (Roubelakis-Angelakis y Kliewer, 1979).



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

De esta manera, la determinación del contenido de nutrientes provenientes del "lloro" constituye una guía útil para tomar decisiones de manejo general y específico, como es el caso de la fertilización nitrogenada y manejo de sales en postcosecha.

**Factores que afectan la intensidad del lloro:**

**a) Temperatura**

Se ha observada que existe una estrecha relación entre las temperaturas y la expresión del lloro, el cual se hace más evidente a temperaturas que bordean los 10 a 12 °C (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Temperaturas v/s expresión del lloro.**

Temperatura	Expresión del lloro
4 a 6°C	: mínimos síntomas de lloro.
8°C	: es muy bajo su expresión.
10 a 12 °C	: se hace evidente el lloro.

**b) Humedad de suelo:**

Si disminuye la disponibilidad de agua del suelo de 100% a 70% de la capacidad de campo, se ha observado una disminución de un 50% del lloro.

**Características y composición del exudado**

En la composición del "lloro" se ha detectado: Hidratos de carbono, Aminoácidos, Sustancias nitrogenadas, Minerales, Fitohormonas, entre otros.

La composición puede variar en función de: a) El pH del lloro varía con la naturaleza del suelo, b) La velocidad del lloro (efecto de dilución), c) Época de cosecha, d) Condiciones generales del año (clima por ejemplo), e) Programas nutricionales y f) Manejos de las plantas.

**Materiales y Métodos**

Se procedió a seleccionar 4 cuarteles con diferentes condiciones respecto de los niveles de conductividad eléctrica del suelo, normalmente producto de los diferentes manejos del agua de riego durante la temporada y la postcosecha. De los cuatro cuarteles seleccionados uno presentaba alto potencial productivo (Cuartel con historial de buenas producciones y calidad de fruta (calibre), con buen desarrollo de la canopia y con color óptimo de las hojas) (Cuadro 3).

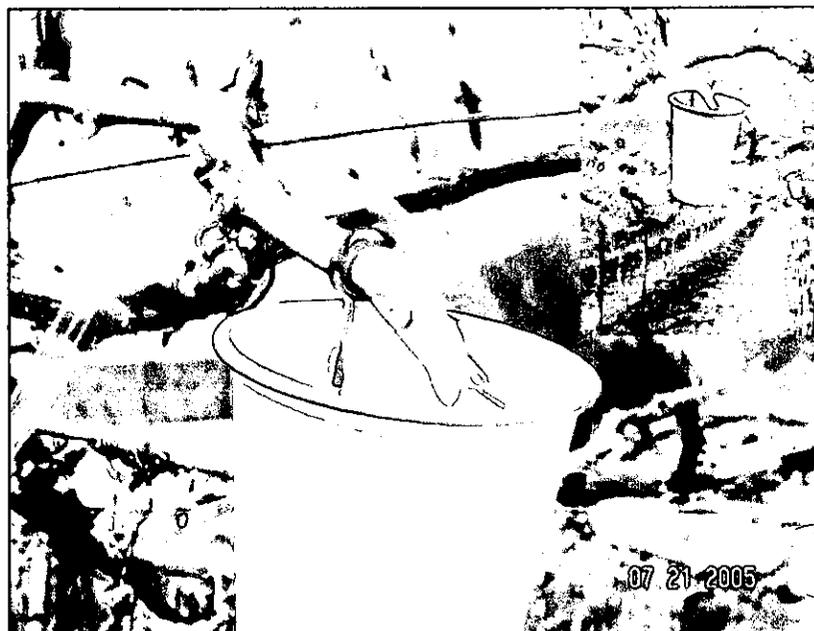


INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

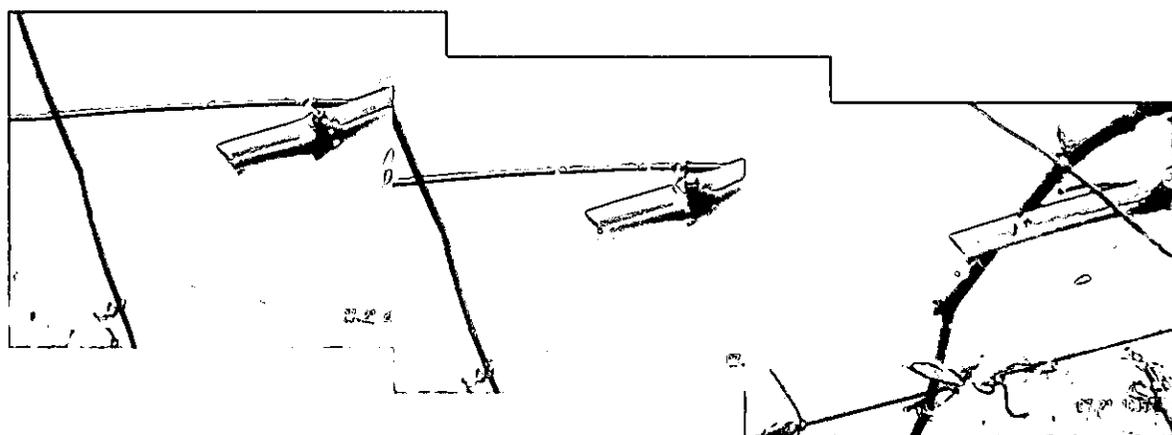
**Cuadro 3. Características de los cuarteles evaluados.**

Cuartel	Variedad	Salinidad del suelo	Potencial Productivo
1	Flame	No salino	Alto
2	Red Globe	Salino sódico	Bajo
3	Flame	Salino sódico	Bajo
4	Flame	Salino sódico	Bajo

Posteriormente a un riego se procedió seleccionar 15 plantas homogéneas por cuarteles, sanas y representativas del sector, a las cuales se les realizó un corte en sus cargadores, en donde se colocaron los "vasos colectores" (Figura 3), los cuales se colgaron por un par de horas en los cargadores de las plantas hasta juntar la cantidad suficiente de lloro (Figura 4).



**Figura 3: "Vasos colectores de lloro" instalados en los cortes de los cargadores**



**Figura 4. "Lloro de la Vid"**



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Adicionalmente se obtuvieron muestras del agua de riego de los predios, las cuales junto a las muestras de lloro fueron enviadas al laboratorio para su análisis.

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis **Multivariado de Componentes Principales** con el objetivo de explicar la variabilidad de los nutrientes y así poder relacionarlas con los cuarteles evaluados. Estos resultados se muestran mediante un gráfico **Bi-plot** creados con el software estadístico InfoStat (InfoStat, 2004). Se presenta además la matriz de correlación lineal de Pearson entre las variables así como la matriz de diagramas de dispersión entre los nutrientes.

El análisis de componentes principales (ACP) y los gráficos conocidos como Biplot son técnicas generalmente utilizadas para reducción de dimensión. Las técnicas de reducción de dimensión permiten examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables. Con el ACP se construyen ejes artificiales (Componentes principales), que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretabilidad. Los gráficos Biplot permiten visualizar observaciones y variables en un mismo espacio (el prefijo "Bi" en el nombre Biplot refleja esta característica), así es posible identificar asociaciones entre observaciones, entre variables y entre variables y observaciones.

Cada componente explica un porcentaje de la variabilidad total de las observaciones. La CP2 provee nueva información sobre variabilidad respecto a la provista por la CP1, es decir explica variabilidad entre las observaciones no explicada por la CP1.

En el análisis las variables fueron graficadas como vectores desde el origen (con terminaciones en triángulos amarillos). Las observaciones fueron graficadas con terminaciones en círculos de dos colores (azules: cuarteles de bajo potencial productivo; rojo: cuartel de alto potencial productivo).

Las **observaciones (cuarteles)** que aparecen en una misma dirección que una **variable (nutrientes)** podrían tener valores altos para esa variables y valores bajos en variables que se grafican en dirección opuesta.

Por otro lado, los ángulos entre los vectores que representan las variables pueden ser interpretados en término de las correlaciones lineales entre las variables. Ángulos de 90° entre dos variables indican que ambas variables no se encuentran correlacionadas. Ángulos agudos indican correlación positiva. Ángulos obtusos indicarían una alta correlación negativa entre las variables. Estos resultados se presentan por medio de una matriz de correlación de las variables evaluadas.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Resultados**

Los resultados analíticos de las muestras de "lloro" y agua de riego se presentan en los cuadros 4 y 5.

**Cuadro 4. Resultados analíticos de las muestras de "lloro".**

Cuartel	LORO																
	mg/l																
	Ph-LL	CE-LL	Ca-LL	Mg-LL	Na-LL	K-LL	HCO <sub>3</sub> -LL	Cl-LL	SO <sub>4</sub> -LL	NO <sub>3</sub> -LL	NNH <sub>4</sub> -LL	P-LL	Zn-LL	Mn-LL	Fe-LL	Cu-LL	B-LL
1	6,72	0,45	75	6,8	3,7	26,2	245,2	3,5	50,4	0,84	1,25	0,63	0,33	0,56	0,27	0,11	0,54
2	7,1	0,39	43,6	9	8,5	51,2	0,8	18	22,8	2,25	1,19	4,84	0,16	0,31	0,19	0,08	0,91
3	8,2	0,31	42	10	7,6	35,2	0,61	14,2	9,1	2,59	1,89	4,48	0,12	0,33	0,2	0,06	0,78
4	5,15	0,32	43	8,5	7,8	29,7	0,61	14,2	45,6	1,46	2,17	5,84	0,26	0,33	0,1	0,04	0,81

**Cuadro 5. Resultados analíticos de las muestras de agua de riego.**

Cuartel	AGUA DE RIEGO										
	mg/l										
	ph-A	CE-A	Ca-A	Mg-A	Na-A	K-A	HCO <sub>3</sub> -A	Cl-A	SO <sub>4</sub> -A	NO <sub>3</sub> -A	B-A
1	7,7	0,35	55,8	8,5	19,1	1,5	157	12,6	75	0,4	0,22
2	8,14	1,23	162,2	38,3	61,6	2,7	215,9	58,5	409,4	5,69	0,82
3	1,53	1,7	141	32,4	69	2,7	0,61	0,35	1824	7,79	0,9
4	1,53	1,7	141	32,4	69	2,7	0,61	0,35	1824	7,79	0,9

**Análisis 1. Considerando algunos elementos.**

Ejemplo de las simbologías:

Simbología	Interpretación
CE-LL	CE en el lloro
PH-LL	PH en el lloro
B-A	Boro en el agua de riego
Na-LL	Sodio en el agua de riego

Gracias al análisis multivariado de las Componentes Principales se pudo establecer una tendencia que relacionan las variables con los cuarteles de diferente potencial productivo (Figura 5).

El gráfico Bi-plot, presentado en la Figura 5, explica el 97 % de la variabilidad de los datos entre sus dos ejes principales. Como puede verse la primera componente (CP1) separa a los elementos CE-LL de CE-A, Na-A, B-A, Cl-LL, Na-LL y B-LL, por lo tanto la mayor variabilidad entre los nutrientes de los diferentes manejos se explica con estas variables (Figura 5, Cuadro 6). Se observa que el cuartel de alto potencial productivo (punto rojo), se encuentra en el extremo izquierdo y está asociado a un mayor nivel de CE en el lloro y menores niveles de B, Na y Cl en el lloro así como menores niveles de B, Na y CE en el agua de riego. Los cuarteles 3 y 4 (bajo potencial productivo) están asociados a altos valores de B, Na y Cl en el lloro así como altos valores de B, Na y CE en el agua de riego.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

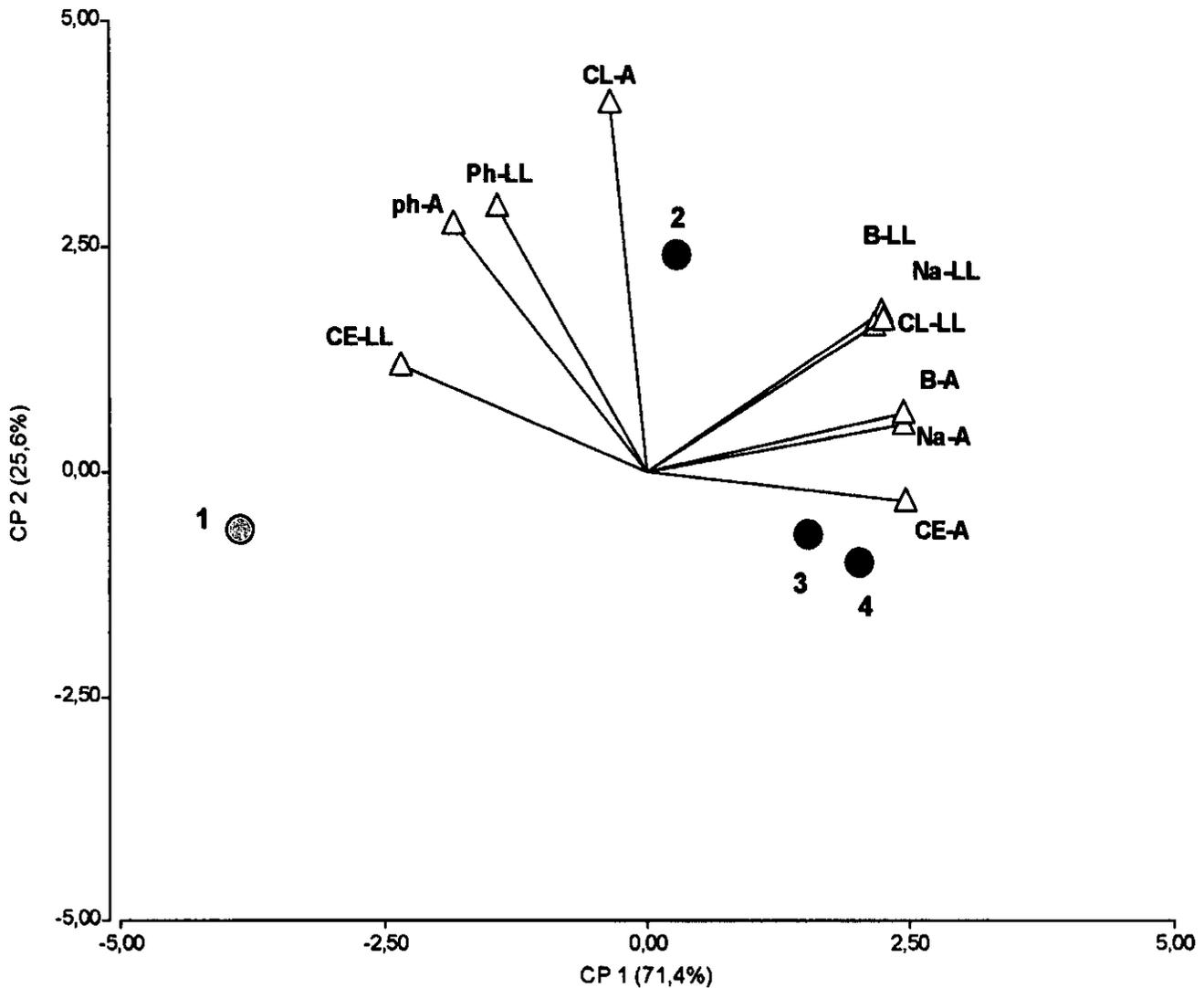


Figura 5. Representación Bi-plot del análisis de las Componentes Principales entre los nutrientes evaluados en las muestras de "lloro" y agua de riego (variables) y los diferentes cuarteles (observaciones)

Aquellas variables que presentan ángulos agudos (por ejemplo B y Na en lloro), presentan una alta correlación lineal (Cuadro 6), mientras que aquellas variables que se encuentran en sentido opuesto (por ejemplo Na en agua de riego con CE del lloro), presentan una alta correlación negativa.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Cuadro 6. Matriz de coeficientes de correlación lineal de Pearson entre las variables.**

	Ph-LL	ph-A	CE-LL	CE-A	Na-LL	Na-A	B-LL	B-A	CL-LL	CL-A
Ph-LL	1,00									
ph-A	0,85	1,00								
CE-LL	0,68	0,91	1,00							
CE-A	-0,59	-0,80	-0,97	1,00						
Na-LL	-0,21	-0,38	-0,73	0,86	1,00					
Na-A	-0,45	-0,65	-0,91	0,98	0,95	1,00				
B-LL	-0,33	-0,35	-0,67	0,82	0,96	0,90	1,00			
B-A	-0,43	-0,63	-0,90	0,97	0,96	1,00	0,91	1,00		
CL-LL	-0,22	-0,41	-0,75	0,88	1,00	0,96	0,95	0,97	1,00	
CL-A	0,74	0,77	0,43	-0,22	0,30	-0,02	0,29	0,01	0,27	1,00

**Análisis 2. Considerando todos los elementos analizados en el lloro**

Gracias al análisis multivariado de las Componentes Principales se pudo establecer una tendencia que relacionan las variables con los cuarteles de diferente potencial productivo (**Figura 6**).

El gráfico Bi-plot, presentado en la **Figura 6**, explica el 91 % de la variabilidad de los datos entre sus dos ejes principales. Como puede verse la primera componente (CP1) separa a los elementos FE-LL, CE-LL, Cu-LL, Ca-LL, HCO<sub>3</sub>-LL, Mn-LL, y Zn-LL de Mg-LL, Cl-LL, Na-LL, B-LL y P-LL, por lo tanto la mayor variabilidad entre los nutrientes de los diferentes manejos se explica con estas variables (**Figura 6**). Se observa que el cuartel de alto potencial productivo (punto rojo), se encuentra en el extremo derecho y está asociado a mayores niveles de Fe, Cu, Ca, Mn y Zinc en el Lloro. Por otra parte los cuarteles de bajo potencial productivo (puntos azules), se encuentran a la izquierda y están asociados a mayores niveles Mg, Cl, Na y B en el Lloro. Los niveles de Cl en el lloro están altamente y positivamente correlacionados con los niveles de Na y B en el lloro.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

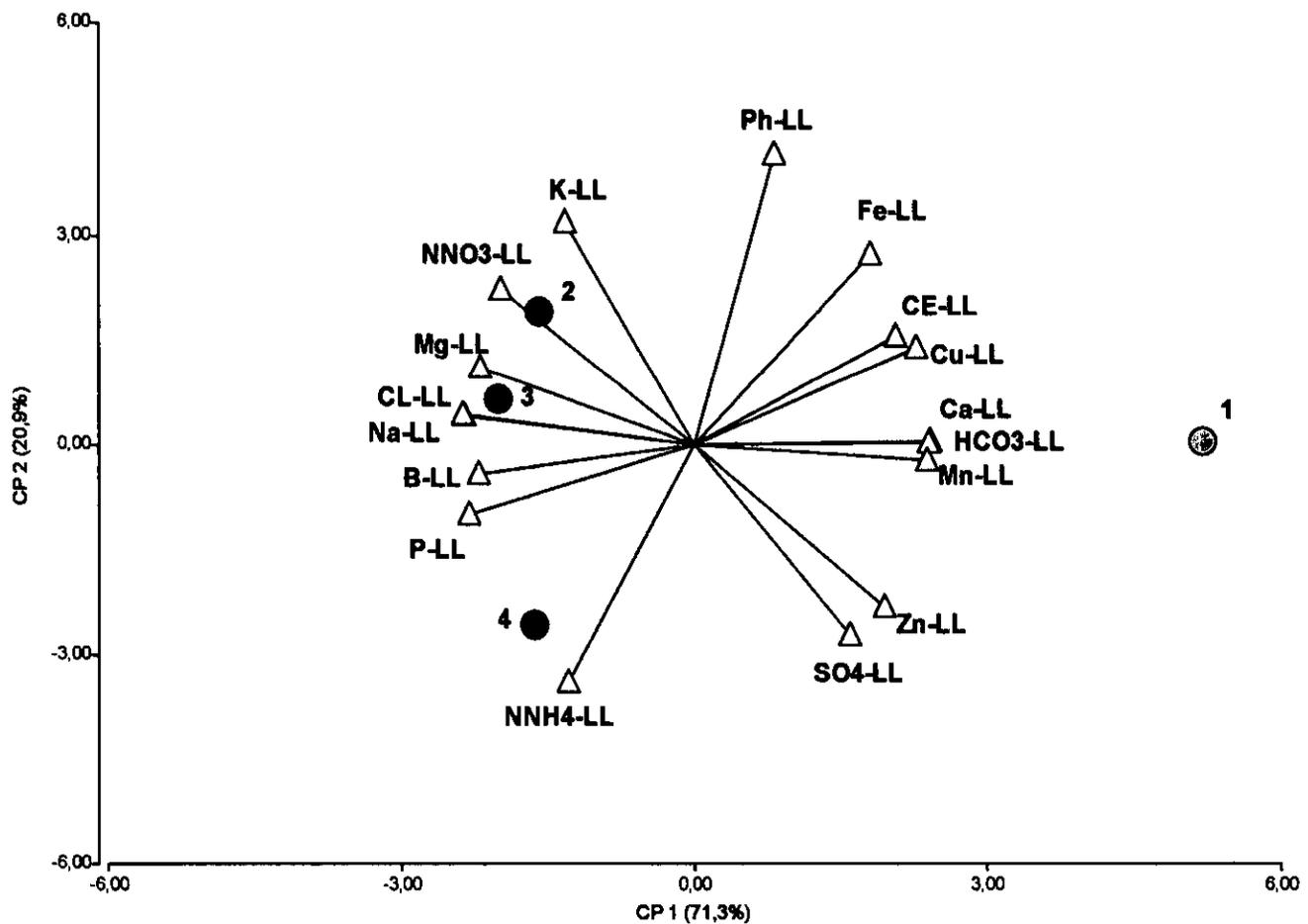


Figura 6. Representación Bi-plot del análisis de las Componentes Principales entre los nutrientes evaluados en las muestras de "lloro" y los diferentes cuarteles (observaciones).

### Conclusiones

De acuerdo a las condiciones en que se realizó este estudio, se puede concluir lo siguiente:

- La evaluación del "lloro de la vid" podría ser un buen indicador de la condición de la planta previo a la brotación.
- La toma de muestra no es siempre factible, ya que no basta cortar un cargador para que este lloro. Este proceso de toma de muestra demanda futuras investigaciones.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

---

**Literatura consultada**

Christensen, P. 1969. Seasonal changes and distribution of nutritional elements in Thompson Seedless grapevines. *American Journal of Enology and Viticultura* 20: 176-190.

Cruz, M. 2004. Enfermedades de la vid en el secano interior de la VII y VIII Regiones de Chile, manejo integrado. *Boletín INIA*, nº 111, 1-97.

Gola, G. 1943. *Tratado de botánica*. Labor. Buenos Aires. 1030 p.

Granger, C. 2001. Análisis químico de flores y frutos para el diagnóstico de la nutrición mineral en palto (*Persea americana* Mill.). Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 17 p.

Kramer, P. 1969. Relaciones hídricas de suelo y plantas: una síntesis moderna. Centro Regional de Ayuda Técnica. Edutex S.A., México. 538 p.

Martínez de Toda. 1991. *Biología de la vid, fundamentos biológicos de la viticultura*. Ediciones Mundi-Prensa, Castelló 37, Madrid, España. 351 p.

Minshall, H. 1964. Effect of nitrogen-containing nutrients on the exudation from detopped tomato plants. *Nature* 202: 925-926.

Pérez, J. 1990. Nutricional diagnosis of grapevines for table grapes. *Aconex (Chile)* 30: 10-15.

Pérez, J. 1993. Fertilización nitrogenada en vides (parte 2): eficiencia del uso del nitrógeno. *Aconex (chile)* 41: 19-25.

Razeto, B and J. Salgado. 2004. The inflorescence and fruit peduncle as indicator of nitrogen status of the avocado tree. *HortScience* 39(6): 1173-1174.

Rombolá, A. y G. Sorrenti 2006. Fertilización y diagnosis del estado nutricional de las especies frutales. *Fruticultura profesional* 161(sept-oct): 5-18.

Roubelakis-Angelakis, K. and M. Kliwer. 1979. The composition of bleeding sap from Thompson Seedless grapevine as affected by nitrogen fertilization. *American Journal of Enology and Viticulture*. 30: 14-18.

Ruiz, R. 2000. Dinámica nutricional en cinco parrones de diferente productividad del valle central regado de Chile. *Agricultura Técnica* 60(4): 379-398.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”

---

Silva, H. y J. Rodríguez. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Colección en agricultura, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 519 p.

Sobrado, M. 2004. Influence of external salinity on the osmolality of xylem sap, leaf tissue and leaf gland secretion of the mangrove *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. *Trees - Structure and Function* 18(4): 422-427.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**EVALUACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA RADICAL A TRAVÉS DE LA RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE DE LA SOLUCIÓN SUELO.**

Entre las técnicas de diagnóstico empleadas para controlar el estado nutricional de las plantas se encuentran el análisis químico de suelo, de agua y de tejido vegetal. Los análisis de tejidos de plantas han sido reconocidos como la herramienta más confiable para determinar el estado nutricional de la vid.

Dado que en la primera y segunda temporada de estudio no fue factible evaluar la capacidad del sistema radical, debido a la escasez de ellas, se procedió a buscar una nueva alternativa de diagnóstico del estado nutricional.: el extracto celular de pecíolo.

El Informe generado se presentan en el **Cuadro 6**.

**Cuadro 6. Informes generados**

<b>Título del documento</b>	<b>Nombre del archivo digital</b>
ANÁLISIS DE EXTRACTO CELULAR DE PECÍOLO	INFORME Savia



## ANÁLISIS DE EXTRACTO CELULAR DE PECÍOLO

**Paulina Pino, Rodrigo Callejas y Bruno Razeto**

Tesis de Magíster en Ciencias Agropecuarias Mención en Producción Frutícola, Facultad de Ciencias Agronómicas,  
Universidad de Chile. [paupino@uchile.cl](mailto:paupino@uchile.cl)

### Resumen

Entre las técnicas de diagnóstico empleadas para controlar el estado nutricional de las plantas se encuentran el análisis químico de suelo, de agua y de tejido vegetal (Silva y Rodríguez, 1995). Los análisis de tejidos de plantas han sido reconocidos como la herramienta más confiable para determinar el estado nutricional de la vid (Christensen, 1969; Pérez, 1993; Gil y Pszczólkowski, 2007). Los tejidos que tradicionalmente se examinan en la vid son los pecíolos y la lámina foliar, no obstante, el análisis de éstos ha presentado una serie de desventajas y limitaciones para evaluar el estado nutricional de la vid, entre ellas, la más importante es que han exhibido inconsistencias al relacionar potencial productivo con los niveles nutricionales (Ruiz, 2000; Rombolá y Sorrenti, 2006). Por su parte, el extracto celular de pecíolo presenta posibilidades de uso como indicador del estado nutricional en la vid. Sin embargo, aunque el análisis de laboratorio del extracto celular de pecíolo ha sido descrito por Hernando y Cadahia (1973), se requiere aplicar, evaluar y estandarizar metodología existente (Eaton *et al.*, 2005). En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01 y con el objetivo de desarrollar la metodología analítica del extracto celular de pecíolo, propuesta para tomate por Hernando y Cadahia (1973), se adaptó dicho procedimiento y se empleó para la evaluación nutricional en vid.

### Materiales y Métodos

La adaptación de la metodología se realizó en el Laboratorio Analab Chile S.A. Los materiales a empleados para la obtención de extracto celular de pecíolo fueron los descritos por Hernando y Cadahia (1973) y el procedimiento analítico descritos por los autores está compuesto por las siguientes etapas: 1) Toma de muestra, 2) Extracción, filtración y conservación, 3) Desproteínización y fraccionamiento, y 4) Evaluación de aniones y cationes.

Para validar la metodología propuesta por Hernando y Cadahia (1973) se determinó la precisión del método a través de la corrección de los errores sistemáticos del método, evaluación de la precisión del operador y de los errores aleatorios del procedimiento. Para hacer estas determinaciones se consideró los valores promedios de los rangos de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  y K descritos en la vid por Cadahia (2005). Éstos corresponden a 100-3000  $\text{mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ , 600  $\text{mg NH}_4^+ \text{ L}^{-1}$ , 15-500  $\text{mg PO}_4^{3-} \text{ L}^{-1}$  y 1000-12000  $\text{mg K L}^{-1}$ , los cuales fueron considerados para la preparación de una solución estándar con la cual se evaluó la técnica de análisis de extracto peciolar descrita por Hernando y Cadahia (1973). Se calibró el empleo de la resina determinando la velocidad de flujo de la muestra por la columna de fraccionamiento, determinación del volumen de lavado, de elución final y de regeneración requerida de acuerdo a la



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”

capacidad de intercambio catiónico de la resina. Una vez obtenidas las muestras de cationes y aniones se evaluó qué metodología emplear para la determinación de los analitos de interés considerando como criterio de selección el porcentaje de recuperación de la muestra, que estuviese dentro del rango de 70-120% (Eaton *et al.*, 2005). En paralelo se realizó la calibración de los instrumentos usados de acuerdo a las instrucciones del manual del equipo; confección de curvas de calibración con al menos cinco concentraciones acordes a los valores esperados en las muestras; evaluación de la sensibilidad del instrumento para el analito de interés (las regresiones lineales debieron tener como mínimo un coeficiente de correlación lineal de Pearson de 0,995); análisis de un estándar de concentración cercana al centro del rango analizado y se verificó periódicamente que el desarrollo del instrumento no hubiera variado significativamente desde la calibración inicial.

En una segunda etapa se empleó la metodología estandarizada en el análisis de las muestras generadas en terreno. Se llevó un control de calidad del procedimiento en la etapa de Fraccionamiento y en la determinación de los elementos mencionados. Se usó un reactivo blanco, el reactivo estándar utilizado en la calibración de la técnica y un *batch* de 10 columnas de fraccionamiento (Eaton *et al.*, 2005). El reactivo blanco fue agua destilada más todos los reactivos que entraron en contacto con la muestra durante el proceso analítico. Fue empleado para detectar alguna contribución por parte de él (que deben ser sustraídos de la muestra) y detectar algún error en cualquier paso del procedimiento. Se empleó un blanco y un estándar por cada *batch*.

Posteriormente se utilizó la metodología estandarizada para la evaluación de extracto celular de pecíolo de plantas de Red Globe de un año de edad, propagada por estaca y trasplantadas a baldes de 20 L en diciembre del año 2006. Se les regó con goteros de 4 L h<sup>-1</sup> y fertilizó entre enero y febrero 2007. El diseño del experimento fue completamente aleatorizado, se aplicaron 15 tratamientos de dosis crecientes de NPK, compuesto por tres repeticiones cada uno y la unidad experimental estuvo compuesta por dos plantas.

### Análisis estadístico

Para cada curva de calibración empleada se realizó regresiones lineales entre las concentraciones teóricas con que se preparó cada estándar y las concentraciones obtenidas en su evaluación. Se obtuvieron coeficientes de correlación lineal de Pearson ( $r$ ), para indicar la asociación existente entre las dos variables. Una correlación cercana a cero indica que las dos variables no están asociadas linealmente; si la correlación es cercana a 1 indica que las variables están positiva y linealmente asociadas. Una correlación cercana a -1 indica que las variables están negativa y linealmente asociadas. La significancia del coeficiente de correlación lineal de Pearson fue evaluada con el estadístico *t* Student.

Las regresiones lineales obtenidas en cada curva de calibración fueron sometidas a la Prueba F para evaluar la significancia del modelo. Además se determinaron los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para cada modelo, pues su valor indica la contribución de la variable “x” a la descripción de la variable “y”, que también puede ser entendido como el porcentaje de la variabilidad de los datos que es explicado por el modelo. Los modelos obtenidos fueron sometidos también a análisis de significancia para la pendiente e intercepto y verificación del cumplimiento de los supuestos del modelo.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

---

Luego de analizar las muestras de pecíolos de Red Globe se determinó la potencia y número de repetición requerido en cada análisis para la evaluación de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  y K.

### **Resultados y discusión**

A continuación se detalla el procedimiento analítico modificado y por etapas para la evaluación del extracto celular de pecíolo de uva de mesa.

#### **Proceso de toma de muestra y estabilización**

La toma de muestra se debe realizar entre 9:00 y 12:00 horas del día, período donde no hay variaciones significativas en el contenido de nutrientes por diferente intensidad lumínica (Hernando y Cadahia, 1973). No obstante, Nagarajah (1999) sugiere que dicha recolección se efectúe entre las 8:00 y 9:30, momento donde no apreció diferencias en la concentración de nitrato y potasio en análisis de extracto peciolar de Thompson Seedless. Además, es importante conocer la cantidad de muestra necesaria para hacer las evaluaciones.

Se recolectan las hojas con pecíolo en terreno, guardarlas en sobres de papel en una nevera portátil a baja temperatura y trasladarlas rápidamente al laboratorio. En el laboratorio se separan las hojas de los pecíolos, se limpian con agua destilada y se secan con el papel absorbente y se cortan en trozos de, a lo sumo, 0,5 cm de largo. Los trozos se congelan dentro de un termo con éter etílico más hielo seco a  $-60$  ó  $-70$  °C para congelar violentamente el tejido. Conservar pecíolos a  $-20$  °C.

#### **Trituración, centrifugación y filtrado**

Los trozos de pecíolos congelados se trituran, centrifugan y filtran para obtener la solución de muestra a analizar (Hernando y Cadahia, 1973). Conservar el filtrado a  $-20$  °C.

#### **Desproteínización y fraccionamiento**

A la muestra filtrada se le hace precipitar las proteínas con alcohol etílico absoluto. Después se separa la fracción proteica por centrifugación y se purifica por lavado con alcohol.

El fraccionamiento es la separación de la fracción aniónica y las moléculas no polares, quedando retenida en las resinas catiónicas fuertemente ácidas la fracción catiónica inorgánica y orgánica.

#### **Determinación de nitrato**

En la fracción de aniones se evalúa por espectrofotometría de absorción molecular en el rango ultravioleta, la cual mide la absorbancia de  $\text{NO}_3^-$  a 220 nm. Dado que la materia orgánica puede absorber a 220 nm y  $\text{NO}_3^-$  no lo hace a 275 nm, se mide esta absorbancia para corregir el valor de  $\text{NO}_3^-$ . Además se evalúa la presencia de  $\text{NO}_3^-$  en la fracción de cationes, en el caso se evidenciarse se considera como aporte.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”

---

**Determinación de fosfato**

En la fracción de aniones se evalúa por colorimetría del fosfo-vanadomolibdato midiendo la absorbancia de  $\text{PO}_4^{-3}$  a 466 nm. También se evalúa en la fracción de cationes, pues si se evidencia fósforo se considera como aporte.

**Determinación de amonio**

En la fracción de cationes se determina el  $\text{NH}_4^+$  por destilación de  $\text{NH}_3$  y titulación manual. Del mismo modo se evalúa la fracción de aniones, en el caso de evidenciarse amonio se considera como aporte.

**Determinación de potasio**

En la fracción de cationes se determina el potasio por espectrofotometría de absorción atómica (llama). Del mismo modo se evalúa la fracción de aniones, en el caso de evidenciarse se considera como aporte.

En relación a las adaptaciones en la metodología, el procedimiento tradicional indica el uso de una prensa de acero para la obtención de extracto peciolar (Hernando y Cadahia, 1973), sin embargo este método fue inaplicable con el peciolo de vid por ser un tejido fibroso (Nagarajah, 1999). Esta dificultad fue superada con el congelamiento violento del tejido vegetal, para provocar la ruptura celular, y con la posterior trituración del mismo. El congelamiento de los peciolos debe realizarse puesto que el soslayo de éste puede resultar en una subestimación de los nutrientes presentes en el extracto peciolar. Además, esta práctica ofrece la flexibilidad de almacenar las muestras congeladas (Nagarajah, 1999). En relación a la determinación de los iones analizados, se reemplazaron los procedimientos propuestos por Hernando y Cadahia (1973) para su evaluación por las aquellos usados en la actualidad (Sadzawka *et al.*, 2004; Eaton *et al.*, 2005).

Para estimar la probabilidad de que las metodologías usadas sean capaces de encontrar diferencias estadísticas, a continuación se describe la potencia obtenida en la evaluación de cada elemento para cada tratamiento de fertilización de dosis creciente y el número de repeticiones requerido para obtener una alta potencia (cuadros 1, 2 y 3).



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Cuadro 1. Potencia obtenida en el análisis de extracto peciolar para la evaluación de cada nutriente en los tratamientos de dosis creciente de nitrógeno.**

Nutriente	d <sup>1/</sup>	Desviación Estándar	Repeticiones (P = 70%)	Repeticiones (P = 80%)	Repeticiones (P = 90%)	Potencia (P) (%)
Extracto peciolar (mg L <sup>-1</sup> )						
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2830,9	193,5	-	-	-	100,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	54,3	1,856	-	-	-	100,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	2276,2	97,07	-	-	-	100,00
K	1919,6	130,7	-	-	-	100,00

<sup>1/</sup>d: Diferencia máxima entre promedios de los tratamientos.

**Cuadro 2. Potencia obtenida en el análisis de extracto peciolar para la evaluación de cada nutriente en los tratamientos de dosis creciente de fósforo.**

Nutriente	d <sup>1/</sup>	Desviación Estándar	Repeticiones (P = 70%)	Repeticiones (P = 80%)	Repeticiones (P = 90%)	Potencia (P) (%)
Extracto peciolar (mg L <sup>-1</sup> )						
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1700,20	343,40	-	-	-	98,02
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	40,457	2,552	-	-	-	100,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	3942,20	204,90	-	-	-	100,00
K	979,70	193,50	-	-	-	98,44

<sup>1/</sup>d: Diferencia máxima entre promedios de los tratamientos.

**Cuadro 3. Potencia obtenida en el análisis de extracto peciolar para la evaluación de cada nutriente en los tratamientos de dosis creciente de potasio.**

Nutriente	d <sup>1/</sup>	Desviación Estándar	Repeticiones (P = 70%)	Repeticiones (P = 80%)	Repeticiones (P = 90%)	Potencia (P) (%)
Extracto peciolar (mg L <sup>-1</sup> )						
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1276,6	394,7	3	4	5	71,11
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	78,3	1,722	-	-	-	100,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	1269,1	137,1	-	-	-	100,00
K	1772,2	262,1	-	-	-	99,99

<sup>1/</sup>d: Diferencia máxima entre promedios de los tratamientos.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

---

### Conclusiones

Se logró adaptar la metodología de análisis de extracto celular de peciolo de vid cumpliendo con los estándares de calidad empleados en el laboratorio Analab Chile S.A.

Las metodologías empleadas en el laboratorio para la determinación de amonio, fosfato y potasio tuvieron una sensibilidad superior al 98% en la detección del compuesto usando tres repeticiones. Mientras que en la evaluación del nitrato dicha sensibilidad fue de 71% y para aumentarla a un 90% se requiere de cinco repeticiones.

### Literatura consultada

**BENTON, J. and D. SLOVACEK.** 1998. Tissue testing kits and procedures for nutrient element assessment in plant tissue. pp.119-128. In: Kalra, Y. Handbook of reference methods for plant analyses. CRC Press. Washington, USA. 300 p.

**CADAHIA, H.** 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3<sup>a</sup> ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 683 p.

**CHRISTENSEN, P.** 1969. Seasonal changes and distribution of nutritional elements in Thompson Seedless grapevines. American Journal of Enology and Viticulture 20: 176-190.

**EATON, A., L. CLESCERI, E. RICE and A. GREENBERG.** 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Centennial Edition. 1368 p.

**GIL, G y PSZCZÓLKOWSKI, P.** 2007. Viticultura: fundamentos para optimizar producción y calidad. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 535 p.

**HERNANDO, V. y C. CADAHIA.** 1973. El análisis de savia como índice de fertilización, estudio comparativo con el análisis foliar. Manuales de Ciencia Actual N° 7. CSIC, Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Madrid. España. 167 p.

**NAGARAJAH, S.** 1999. A petiole sat test for nitrate and potassium in Sultana grapevines. Australian Journal of Grape and Wine Research 5: 56-60.

**PÉREZ, J.** 1993. Fertilización nitrogenada en vides (parte 2): eficiencia del uso del nitrógeno. Aconex (Chile) 41: 19-25.

**ROMBOLÁ, A. y G. SORRENTI.** 2006. Fertilización y diagnosis del estado nutricional de las especies frutales. Fruticultura profesional 161(sept-oct): 5-18.

**RUIZ, R.** 2000. Dinámica nutricional en cinco parrones de diferente productividad del valle central regado de Chile. Agricultura Técnica 60(4): 379-398.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

---

**SADZAWKA, A., R. GREZ, M. CARRASCO y M. MORA.** 2004. Métodos de análisis de tejidos vegetales. Comisión de Normalización y Acreditación (CNA), Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Santiago, Chile. 53 p.

**SILVA, H. y J. RODRÍGUEZ.** 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Colección en agricultura, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 519 p.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**GENERACIÓN DE ESTÁNDARES DE INTERPRETACIÓN DEL ESTATUS  
NUTRICIONAL, DE ACUERDO AL SISTEMAS DRIS Y CND EN "SULTANINA"**

Los Informes generados se presentan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Informes generados**

<b>Título del documento</b>	<b>Nombre del archivo digital</b>
ESTUDIO DEL SISTEMA DRIS PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE LA VID "SULTANINA" EN EL VALLE DE COPIAPÓ	INFORME DRIS
ESTUDIO DEL SISTEMA CND PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE LA VID "SULTANINA" EN EL VALLE DE COPIAPÓ	INFORME CND



## ESTUDIO DEL SISTEMA DRIS PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE LA VID "SULTANINA" EN EL VALLE DE COPIAPÓ

**Mauricio Galleguillos, Rodrigo Callejas, Antonio Rustom y Erika Kania**

### Resumen

El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) es una metodología de interpretación de los análisis químicos foliares, para evaluar el estado nutricional de los cultivos. En el marco del proyecto INNOVA – CHILE – CORFO (04-CR-10-PAD-01) se está trabajando en la determinación de las normas foliares para la vid "Sultanina", Valle de Copiapó. Después del establecimiento de las normas DRIS se calcula un índice para cada nutriente denominado IN-DRIS (Beaufils, 1973), los que fluctúan entre valores positivos y negativos. Según Walworth y Summer (1987), el valor cero en los IN-DRIS representa el punto en el cual el nutriente, en particular, manifiesta las mejores relaciones de balance nutricional dentro de la planta respecto de todos los demás elementos bajo diagnóstico. Los IN-DRIS positivos indican un exceso relativo de ese elemento respecto a los demás elementos, mientras que, los índices negativos indican una deficiencia relativa del elemento respecto a los otros elementos. La metodología DRIS también calcula un índice general equivalente a la suma de los valores absolutos de los IN-DRIS de cada nutriente (Baldock y Shuttle, 1996), llamado índice del balance de nutrientes (IBN) (Rathfon y Burger, 1991). Entre más cercano a cero es el IBN, menos desequilibrio existirá entre los nutrientes en la planta (Snyder y Kretschmer, 1987).

### Materiales y Métodos

En este estudio se creó una base de datos de los registros de análisis foliares (peciolo en la floración) con información proveniente de cultivos de uva de mesa "Sultanina" de la zona de Copiapó, III Región.

Para el cálculo de las normas DRIS preliminares se utilizaron los criterios descritos en la literatura por Walworth *et al.* (1986). En el análisis las unidades productivas fueron clasificadas de acuerdo a su productividad, donde se adoptó un grupo de referencia, que corresponden a los cuarteles de alta productividad, según lo estipulado por Beaufils (1973).

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis **Multivariado de Componentes Principales** con el objetivo de explicar la variabilidad de los IN-DRIS y así poder relacionarlas con los cuarteles evaluados. Estos resultados se muestran mediante un gráfico **Bi-plot** creados con el software estadístico InfoStat (InfoStat, 2004).

El análisis de componentes principales (ACP) y los gráficos conocidos como Biplot son técnicas generalmente utilizadas para reducción de dimensión. Las técnicas de reducción de dimensión permiten examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables.



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

Con el ACP se construyen ejes artificiales (Componentes principales), que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretabilidad. Los gráficos Biplot permiten visualizar observaciones y variables en un mismo espacio (el prefijo "Bi" en el nombre Biplot refleja esta característica), así es posible identificar asociaciones entre observaciones, entre variables y entre variables y observaciones.

Cada componente explica un porcentaje de la variabilidad total de las observaciones. La CP2 provee nueva información sobre variabilidad respecto a la provista por la CP1, es decir explica variabilidad entre las observaciones no explicada por la CP1.

Las **observaciones (cuarteles)** que aparecen en una misma dirección que una **variable (IN-DRIS)** podrían tener valores altos para esa variables y valores bajos en variables que se grafican en dirección opuesta. Por otro lado, los ángulos entre los vectores que representan las variables pueden ser interpretados en término de las correlaciones lineales entre las variables. Ángulos de 90° entre dos variables indican que ambas variables no se encuentran correlacionadas. Ángulos agudos indican correlación positiva. Ángulos obtusos indicarían una alta correlación negativa entre las variables. Estos resultados se presentan por medio de una matriz de correlación de las variables evaluadas.

### Resultados

Los resultados permitieron la obtención de normas preliminares para uva de mesa "Sultanina", correspondientes a las medias de la subpoblación de más alto rendimiento, de acuerdo a los criterios de Walworth *et al.* (1986) y de Walworth y Summer (1987), (cuadros 1 y 3).

Comparando las normas preliminares obtenidas (**Cuadro 1**), con las normas actualmente en uso para uva de mesa "Sultanina" (**Cuadro 2**), desarrolladas en California y mejoradas en Italia (Christensen y Cook, 1966; Sullivan, 1971; Fregoni, 1999), se aprecian diferencias en elementos como nitrógeno, cobre, zinc y potasio.

**Cuadro 1. Normas preliminares obtenidas a partir del grupo de alta productividad (>2000 cajas/ha).**

Variable	Promedio	CV (%)
N total (g·100g <sup>-1</sup> )	1,26	14,0
P (g·100g <sup>-1</sup> )	0,31	46,1
K (g·100g <sup>-1</sup> )	1,46	21,4
Ca (g·100g <sup>-1</sup> )	1,75	9,3
Mg (g·100g <sup>-1</sup> )	0,48	13,0
Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )	16,86	24,6
Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )	105,20	54,6
Mn (mg·kg <sup>-1</sup> )	69,06	26,2
B (mg·kg <sup>-1</sup> )	156,20	57,1



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

**Cuadro 2. Normas internacionales utilizadas en la actualidad para vid en peciolo en la floración (Adaptado de Fregoni,(1999)).**

Elemento	Muy deficiente	Deficiente	Normal	Elevado	Toxico
N (%)			0,8 - 1,2		
P (%)	< 0,15	0,15 - 0,20	0,2 - 0,5	> 0,50	
K (%)	< 0,8	0,8 - 2,0	2,0 - 2,5	2,5 - 3,0	> 3,0
Ca (%)			1,25 - 2,5		
Mg (%)	< 0,2	0,2 - 0,3	0,3 - 0,8	0,8 - 1,0	> 1,0
Mn (mg·kg-1)	< 20	20 - 25	25 - 150	> 150	
Zn (mg·kg-1)	< 15	15 - 25	25 - 50	> 50	
Cu (mg·kg-1)	< 3	3 - 10	10 - 15	> 15	
B (mg·kg-1)	< 25	25 - 30	30 - 75	75 - 100	> 100

**Cuadro 3. Normas preliminares DRIS (media y coeficiente de variación)**

Relación	Media	CV (%)	Relación	Media	CV (%)
N/P	4,017	55,5	N/P	4,017	45,9
K/N	1,156	18,5	K/N	1,156	21,7
Ca/N	1,389	14,3	Ca/N	1,389	15,0
Mg/N	0,383	17,7	Mg/N	0,383	17,7
Cu/N	13,349	27,2	Cu/N	13,349	19,9
N/Zn	0,012	51,5	N/Zn	0,012	44,3
Mn/N	54,679	28,3	Mn/N	54,679	27,4
N/B	0,008	86,3	N/B	0,008	82,3
K/P	4,644	71,7	K/P	4,644	60,9
Ca/P	5,581	54,3	Ca/P	5,581	48,9
Mg/P	1,540	45,3	Mg/P	1,540	44,8
Cu/P	53,626	67,7	Cu/P	53,626	52,3
P/Zn	0,003	83,7	P/Zn	0,003	26,8
Mn/P	219,656	70,7	Mn/P	219,656	44,5
P/B	0,002	129,7	P/B	0,002	45,0
K/Ca	0,832	17,6	K/Ca	0,832	19,6
K/Mg	3,015	24,5	K/Mg	3,015	25,9
K/Cu	0,087	38,7	K/Cu	0,087	26,9
K/Zn	0,014	53,3	K/Zn	0,014	62,9
Mn/K	47,301	29,1	Mn/K	47,301	48,9
K/B	0,009	85,8	K/B	0,009	110,7
Ca/Mg	3,624	12,0	Ca/Mg	3,624	13,6
Ca/Cu	0,104	29,6	Ca/Cu	0,104	25,3
Ca/Zn	0,017	53,1	Ca/Zn	0,017	50,4
Mn/Ca	39,359	28,0	Mn/Ca	39,359	31,4
Ca/B	0,011	87,5	Ca/B	0,011	89,1
Mg/Cu	0,029	32,7	Mg/Cu	0,029	30,7
Mg/Zn	0,005	56,5	Mg/Zn	0,005	47,9
Mn/Mg	142,627	33,2	Mn/Mg	142,627	24,4
Mg/B	0,003	92,2	Mg/B	0,003	86,9
Cu/Zn	0,160	51,3	Cu/Zn	0,160	51,3
Mn/Cu	4,096	45,1	Mn/Cu	4,096	45,1
Cu/B	0,108	97,5	Cu/B	0,108	98,1
Mn/Zn	0,656	42,7	Mn/Zn	0,656	42,7
Zn/B	0,674	42,5	Zn/B	0,674	43,0
Mn/B	0,442	60,6	Mn/B	0,442	61,0



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Después del establecimiento de las normas DRIS se calculó el IN-DRIS para cada nutriente de cada cuartel bajo estudio. A modo de ejemplo se presentan los IN-DRIS e IBN de los cuarteles bajo estudio con más bajos y más altos IBN (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Producción, índices DRIS (IN – DRIS), índices de balance nutricional (IBN) y secuencias de deficiencias a excesos de nutrientes, para los cuarteles que presentaron los más bajos y más altos índices IBN.**

Producción Cajas / ha	Índices DRIS									IBN	Secuencia de deficiencia y excesos
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn			
3321	2	2	-4	2	9	-4	-3	-4	30	K = Cu = Mn > Zn > N = Ca = P > Mg	
1221	-62	-16	-6	-21	13	-11	-9	70	208	N > P > Cu > Zn > K > Mg > Ca > Mn	

El máximo valor determinado para los IBN-DRIS fue de 208 y el mínimo 30. Los cuarteles de baja productividad presentaron valores absolutos superiores a 15 para los IN-DRIS. Estos valores, según Landriscini y Galantini (2003), significarían deficiencias o excesos en la concentración de los elementos que estarían afectando nocivamente al desarrollo adecuado de la planta. Por el contrario, en el grupo de IBN con menores valores se observa que, prácticamente, no presenta ningún valor absoluto de índice superior a 15. Esto significa que no hay deficiencias nutricionales al ser cuarteles equilibrados, lo cual se refleja por los niveles de productividad alta.

El Análisis de las Componentes Principales de los Índices DRIS, representado mediante el gráfico Bi-plot explica el 71,9 % de la variabilidad de los datos entre sus dos ejes principales, del cual el 43,7% corresponde al eje CP1 y el 28,2% al eje CP2 (Figura 1).

Los IN-DRIS están representados por puntos verdes. La productividad, esta representada por puntos rojos (alta productividad), puntos celestes (media productividad) y puntos azules (baja productividad). En el eje principal (CP1) se observa que la mayor variabilidad entre los índices se ve explicada principalmente por las variables IN-DRIS K, IN-DRIS P e IN-DRIS Zn. Se observa que la mayor parte de los puntos rojos, correspondientes a datos de alta productividad relativa se encuentran en el extremo izquierdo y están relacionados directamente con los IN-DRIS P e IN-DRIS Zn e indirectamente con los IN-DRIS K. Mientras que los puntos azules, correspondientes al grupo de baja productividad se encuentran en el extremo derecho del gráfico, relacionados directamente con el IN-DRIS K e indirectamente con los IN-DRIS P e IN-DRIS Zn. Los puntos de media productividad se encuentran repartidos en dos zonas.

En cuanto al eje CP2 se ve que la mayor variabilidad entre datos se da entre IN-CND N e IN-CND Mg. Los puntos ubicados en la parte superior del gráfico se relacionan directamente con IN-CND N, mientras que los ubicados en la parte inferior se relacionan directamente con IN-CND Magnesio.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

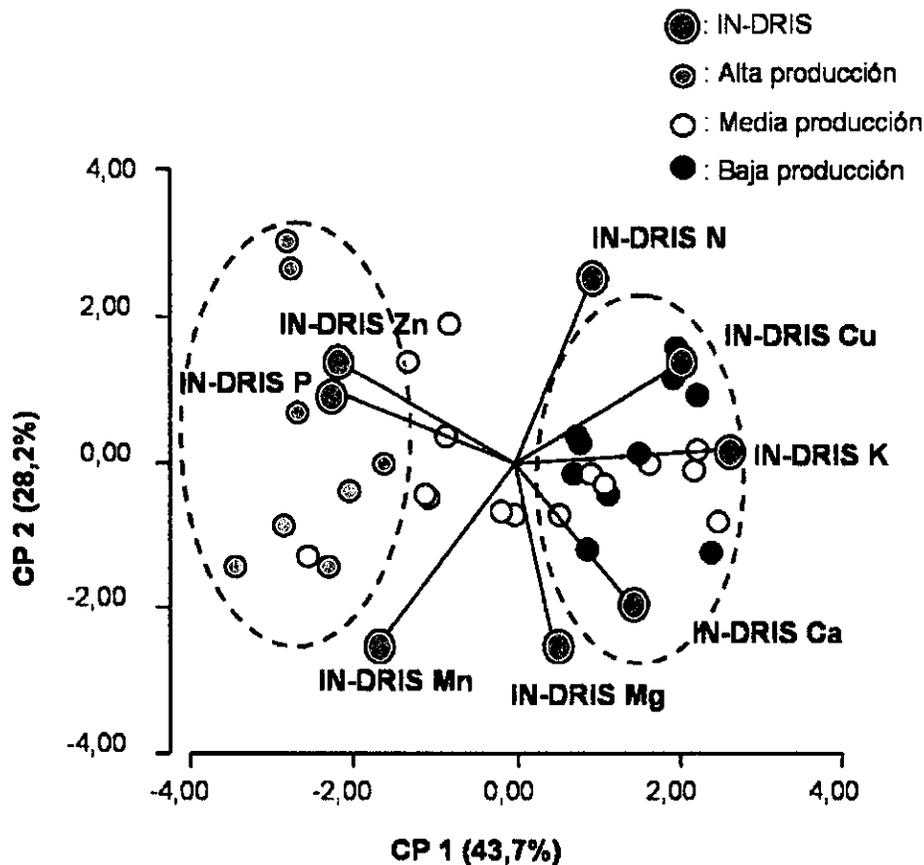


Figura 1. Representación Bi-plot del análisis de las componentes principales de los IN-DRIS.

Conclusiones

- Se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas entre los IN-DRIS (potasio, fósforo, cobre y zinc) y la productividad.
- Se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas para todas las concentraciones de elementos y sus respectivos IN-DRIS.
- El análisis multivariado de componentes principales, graficado a través del Bi-plot demostró ser una poderosa herramienta estadística para establecer tendencias sobre la variabilidad entre IN-DRIS con respecto a la productividad.



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Literatura consultada

- BALDOCK, J. O. AND E.E. SCHUTLE. 1996. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agronomy Journal* 88: 448-456.
- BEAUFILS, E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Science Bulletin* 2. University of Natal, S.Africa.
- FREGONI, M. 1999. Viticoltura di qualità. Edizioni l'Informatore Agrario, S. R. L. 707 p.
- INFOSTAT (2004). InfoStat versión 2004. Manual de Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- INFOSTAT (2004). InfoStat versión 2004. Software Estadístico. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- LANDRISCINI, M.R. Y J.A. GALANTINI. 2003. Aplicación de la metodología DRIS al Cultivo de Trigo en la Región Semiárida Pampeana. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com/articulos/landriscini>. (consulta: 10 de Diciembre 2004).
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Segunda edición. Academic Press Limited. London, Reino Unido. 889 p.
- RAFTHON, R.A. AND E. J.A.BURGER, 1991. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) nutrient norms for fraser fir Christmas trees. *Forest Science* 37: 998-1010.
- SNYDER, G.H. AND A.E. KRETSCHMER. 1987. A DRIS analysis for bahiagrass pastures. *Soil Crop Science Society of Florida Proceeding* 47: 56-59
- WALWORTH, J.L., W.S. LETSCH, AND M.E SUMMER. 1986. Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. *Journal of American Society, Soil Science* 50:123-128.
- WALWORTH, J.L. AND M.E. SUMMER. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Advance-in Soil Science*, 6: 149-188.



## ESTUDIO DEL SISTEMA CND PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE LA VID “SULTANINA” EN EL VALLE DE COPIAPÓ

Erika Kania, Rodrigo Callejas y Paulina Pino

### Resumen

En el marco del proyecto INNOVA – CHILE – CORFO (04-CR-10-PAD-01) se está trabajando en la determinación de las normas foliares para la vid “Sultanina”, Valle de Copiapó. Paralelamente al desarrollo del Sistema de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) (Galleguillos *et al.*, 2005), se está estudiando el Sistema de Diagnóstico de Composición Nutricional (CND) desarrollada en Canadá (Parent y Dafir, 1992). El CND utiliza la misma base de datos desarrollada para DRIS, pero difiere en su cálculo. La metodología considera adicionalmente, un parámetro R que representa el resto de los elementos no considerados en el análisis (95 %, comprendido por C, H y O). Después del establecimiento de las normas CND se calcula un índice para cada nutriente denominado IN-CND. Estos índices fluctúan entre valores positivos y negativos, indicando un exceso o deficiencia relativa de ese nutriente, respecto a los demás elementos. El valor cero en los IN-CND representa el punto en el cual el nutriente, en particular, manifiesta las mejores relaciones de balance nutricional dentro de la planta respecto de todos los demás elementos bajo diagnóstico. Finalmente, se calcula el balance de los índices CND, denominado  $r^2$ . El índice  $r^2$  nos indica que mientras más alejado de 0 más desbalanceada se encuentra la planta.

### Materiales y Métodos

En este estudio se creó una base de datos de los registros de análisis foliares (peciolo en la floración) con información proveniente de cultivos de uva de mesa “Sultanina” de la zona de Copiapó, III Región.

Basados en los trabajos realizados por Parent y Dafir (1992), Parent *et al.* (1994) y Khiari *et al.* (2001), se efectuaron los cálculos de los índices CND.

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis **Multivariado de Componentes Principales** con el objetivo de explicar la variabilidad de los IN-CND y así poder relacionarlas con los cuarteles evaluados. Estos resultados se muestran mediante un gráfico **Bi-plot** creados con el software estadístico InfoStat (InfoStat, 2004).

El análisis de componentes principales (ACP) y los gráficos conocidos como Biplot son técnicas generalmente utilizadas para reducción de dimensión. Las técnicas de reducción de dimensión permiten examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables. Con el ACP se construyen ejes artificiales (Componentes principales), que permiten obtener gráficos de



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
“RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN”

dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretabilidad. Los gráficos Biplot permiten visualizar observaciones y variables en un mismo espacio (el prefijo “Bi” en el nombre Biplot refleja esta característica), así es posible identificar asociaciones entre observaciones, entre variables y entre variables y observaciones.

Cada componente explica un porcentaje de la variabilidad total de las observaciones. La CP2 provee nueva información sobre variabilidad respecto a la provista por la CP1, es decir explica variabilidad entre las observaciones no explicada por la CP1.

Las **observaciones (cuarteles)** que aparecen en una misma dirección que una **variable (IN-CND)** podrían tener valores altos para esa variables y valores bajos en variables que se grafican en dirección opuesta. Por otro lado, los ángulos entre los vectores que representan las variables pueden ser interpretados en término de las correlaciones lineales entre las variables. Ángulos de 90° entre dos variables indican que ambas variables no se encuentran correlacionadas. Ángulos agudos indican correlación positiva. Ángulos obtusos indicarían una alta correlación negativa entre las variables. Estos resultados se presentan por medio de una matriz de correlación de las variables evaluadas.

### Resultados

Las normas preliminares para uva de mesa “Sultanina” generadas correspondieron a las medias de la subpoblación de más alto rendimiento, de acuerdo a los criterios de Walworth *et al.* (1986) y de Walworth y Summer (1987), (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Normas preliminares obtenidas a partir del grupo de alta productividad (>2000 cajas/ha).**

Variable	Promedio	CV (%)
N total (g·100g <sup>-1</sup> )	1,263	14,0
P (g·100g <sup>-1</sup> )	0,314	46,1
K (g·100g <sup>-1</sup> )	1,460	21,4
Ca (g·100g <sup>-1</sup> )	1,755	9,3
Mg (g·100g <sup>-1</sup> )	0,484	13,0
Mn (mg·kg <sup>-1</sup> )	69,060	26,2
Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )	105,200	54,6
Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )	16,860	24,6
B (mg·kg <sup>-1</sup> )	156,196	57,1

El análisis de los valores obtenidos como normas para el desarrollo de la metodología CND (Cuadro 1), muestra que la magnitud de los valores de los coeficiente de variación son elevados, comparados con los valores obtenidos en investigaciones controladas. Estos resultados reflejan la variación real que ocurre en condiciones productivas ( Walworth y Summer (1987) y Rodríguez y Rodríguez (1997) ).



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

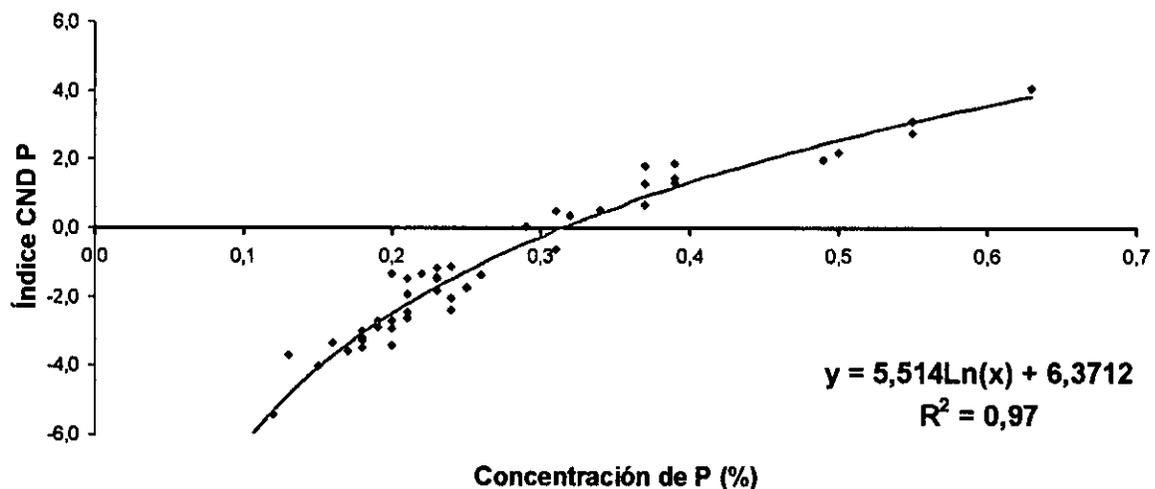
Después del establecimiento de las normas se calcularon los índices CND para cada nutriente de cada cuartel bajo estudio. A modo de ejemplo se presentan los IN-CND de los cuarteles bajo estudio con más bajos y más altos IBN ( $r^2$ ) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Producción, Índices CND (IN - CND), índices de balance nutricional ( $r^2$ ) y secuencias de deficiencias a excesos de nutrientes, para los cuarteles que presentaron los más bajos y más altos índices  $r^2$ .**

Producción Cajas / ha	IN - CND						IBN ( $r^2$ )	Secuencia de deficiencia y excesos
	N	P	K	Ca	Mg	Resto		
3240	0,02	0,34	-0,31	-0,07	0,37	0,06	0,37	K>Ca>N>R>P>Mg
1731	1,17	-6,33	1,04	0,90	-0,13	0,42	43,66	P>Mg>R>Ca>K>N

El máximo valor determinado para los IBN-CND ( $r^2$ ) fue de 43,66 y el mínimo 0,37. Los valores más negativos o positivos significarían deficiencias o excesos en la concentración de los elementos que estarían afectando negativamente al desarrollo adecuado de la planta.

Entre los resultados más importantes se destacan correlaciones estadísticamente significativas para los índices IN-CND (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio) versus la productividad y correlaciones estadísticamente significativas para todas las concentraciones de elementos y sus respectivos IN-CND. De los elementos analizados, el IN-CND del fósforo fue el que mostró la más alta asociación con la concentración foliar de la planta ( $R = 0,97$ ) en la población analizada (Figura 1).



**Figura 1. IN-CND P en función de la concentración de fósforo.**



INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"

Gracias al análisis multivariado de las componentes principales se pudo establecer tendencias que relacionan los IN-CND (K, P, Ca y Resto) con la productividad. El gráfico Bi-plot, explica el 75,5 % de la variabilidad de los datos entre sus dos ejes principales (Figura 2). Los IN-CND están representados por puntos verdes. La productividad, esta representada por puntos rojos (alta productividad), puntos celestes (media productividad) y puntos azules (baja productividad).

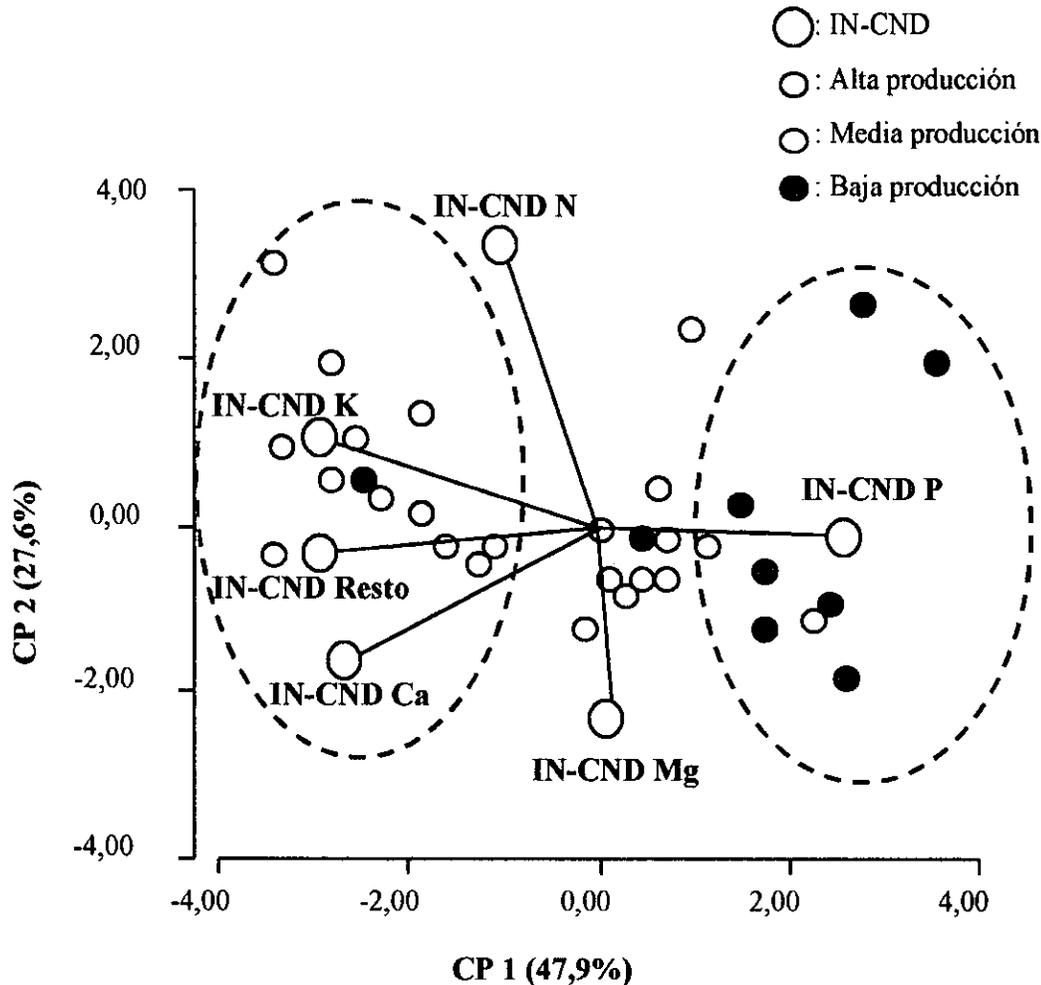


Figura 2. Representación Bi-plot del análisis de las componentes principales de los IN-CND.

En el eje principal (CP1) se observa que la mayor variabilidad entre los índices se ve explicada principalmente por las variables IN-CND P, IN-CND K, IN-CND Resto e IN-CND Ca. Se observa que la mayor parte de los puntos rojos, correspondientes a datos de alta productividad relativa, se encuentran en el extremo derecho y están relacionados directamente con el IN-CND P e indirectamente con los IN-CND K, IN-CND Ca e IN-CND Resto. Contrariamente, los puntos azules correspondientes al grupo de baja productividad se encuentran en el extremo izquierdo y en el centro del gráfico. Los ubicados en el extremo izquierdo están relacionados directamente con el IN-CND K, IN-CND Ca y IN-



**INFORME FINAL PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01  
"RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN"**

CND Resto e indirectamente con el IN-DRIS P. Los puntos de media productividad se encuentran repartidos en el gráfico. Los del centro del gráfico no permiten inferir ninguna conclusión, mientras que los ubicados en el costado derecho se comportan igual que los puntos rojos.

En cuanto al eje CP2 se ve que la mayor variabilidad entre datos se da entre IN-CND N e IN-CND Mg. Los puntos ubicados en la parte superior del gráfico se relacionan directamente con IN-CND N, mientras que los ubicados en la parte inferior se relacionan directamente con IN-CND Magnesio.

### Conclusiones

- Se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas para todas las concentraciones de elementos y IN-CND.
- Se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas entre los IN-CND nitrógeno, fósforo, potasio, y calcio con la productividad.
- El uso del análisis multivariado de las componentes principales demostró ser una poderosa herramienta estadística para determinar tendencias sobre la variabilidad entre los índices CND y productividad.

### Literatura consultada

- GALLEGUILLOS, M., CALLEJAS, R., RUSTOM, A. y KANIA, E. 2005. Estudio del sistema DRIS para el diagnóstico nutricional de la vid "Sultanina" en el Valle de Copiapó. 56° Congreso Agronómico de Chile, 11-14 octubre 2005, Chillán, Chile.
- INFOSTAT (2004). InfoStat versión 2004. Manual de Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- INFOSTAT (2004). InfoStat versión 2004. Software Estadístico. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- KHIARI, L., PARENT, L.E. AND TREMBLAY, N. 2001. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agron. J.* 93: 802-808
- PARENT, L.E., AND DAFIR, M. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *Journal of American Society Horticulture Science* 117. (2): 239-242.
- PARENT, L.E., CAMBOURIS, A.N. AND MUHAWENIMANA, A. 1994. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. *Journal of American Society Soil Science.* 58:1432-1438.
- RODRÍGUEZ, V. Y O. RODRÍGUEZ, 1997. Normas foliares DRIS para el diagnóstico nutricional del plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. Harton). Venezuela. *Revista Facultad Agronomía*, 14:285-296.
- WALWORTH, J.L., W.S. LETSCH, AND M.E SUMMER. 1986. Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. *Journal of American Society, Soil Science* 50:123-128.
- WALWORTH, J.L. AND M.E. SUMMER. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Advance in Soil Science*, 6: 149-188.