777.299.
U. 299.
2008.
2-2.

INFORME TÉCNICO FINAL

PARTE 2

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

CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN.

Dentro de las actividades de capacitación y difusión, se realizaron principalmente reuniones de trabajo y presentación de resultados con los productores participantes del proyecto. Entre estas reuniones se destaca la vista del Prof. Dr. Juan Vera, CSIC, Murcia, España y la visita del Prof. Dr. Adamo Rombolá, de la Universidad de Bologna, Italia (**ver boletines julio 2007 y octubre 2007, Cuadro 11**).

Además se realizaron presentaciones en el Congreso Agronómico (**Cuadro 8**), se desarrollaron Boletines Técnicos (**Cuadro 9**) así como Artículos de Extensión (**Cuadro 10**).

En mayo del 2008 se participó, presentando resultados del proyecto, en el Seminario PDP ACONEX COPIAPÓ (**Cuadro 11**).

Cuadro 8. Presentaciones en Congresos Agronómicos

Título del documento	Congreso	Año	Nombre del archivo digital
ESTUDIO DEL SISTEMA DRIS PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE LA VID "SULTANINA" EN EL VALLE DE COPIAPÓ	56° CONGRESO AGRONÓMICO DE CHILE Chillán, Chile	2005	Póster DRIS Congreso Agronómico 2005
EFECTO 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"	57° CONGRESO AGRONÓMICO DE CHILE Santiago, Chile	2006	Póster B y Zn Congreso Agronómico 2006
CALIBRACIÓN DE UN TEST RÁPIDO PARA LA EVALUACION QUÍMICA DEL AGUA DE RIEGO	58° CONGRESO AGRONÓMICO DE CHILE Arica, Chile	2007	Póster RQFlex Congreso Agronómico 2007
ESTUDIO DEL SISTEMA CND PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE LA VID "SULTANINA" EN EL VALLE DE COPIAPÓ	58° CONGRESO AGRONÓMICO DE CHILE Arica, Chile	2007	Póster CND Congreso Agronómico 2007

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
Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas
Centro de Estudio de la Vid (CEVID)
e-mail: rcalleja@uchile.cl, ekania@uchile.cl

Introducción

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 esta trabajando en la determinación de la 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 (pecíolo 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).

Para el análisis estadístico se utilizó análisis de regresión y correlación y se complementó el estudio con análisis multivariado para demostrar las posibles tendencias existentes. Estos resultados se muestran mediante un gráfico Bi-plot creados con el software estadístico InfoStat (InfoStat, 2004)

Resultados y Discusión

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), (Cuadro 1).

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 ($g \cdot 100g^{-1}$)	1,263	14,0
P ($g \cdot 100g^{-1}$)	0,314	46,1
K ($g \cdot 100g^{-1}$)	1,460	21,4
Ca ($g \cdot 100g^{-1}$)	1,755	9,3
Mg ($g \cdot 100g^{-1}$)	0,484	13,0
Mn ($mg \cdot kg^{-1}$)	69,060	26,2
Zn ($mg \cdot kg^{-1}$)	105,200	54,6
Cu ($mg \cdot kg^{-1}$)	16,860	24,6
B ($mg \cdot kg^{-1}$)	156,196	57,1

Cuadro 2. Normas internacionales utilizadas en la actualidad para vid en pecíolo 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 ($mg \cdot kg^{-1}$)	< 20	20 – 25	25 – 150	> 150	
Zn ($mg \cdot kg^{-1}$)	< 15	15 – 25	25 – 50	> 50	
Cu ($mg \cdot kg^{-1}$)	< 3	3 – 10	10 – 15	> 15	
B ($mg \cdot kg^{-1}$)	< 25	25 - 30	30 - 75	75 – 100	> 100

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 3).

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.

Cuadro 3. Producción, índices DRIS (N – IBRN), índices de balance nutricional (IBN) y secuencia de deficiencias o excesos de nutrientes para los cuarteles que presentaron los más bajos y más altos índices IBN

Producción Cajas / ha	Índices DRIS									
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	IBN	Secuencia de deficiencia y excesos
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

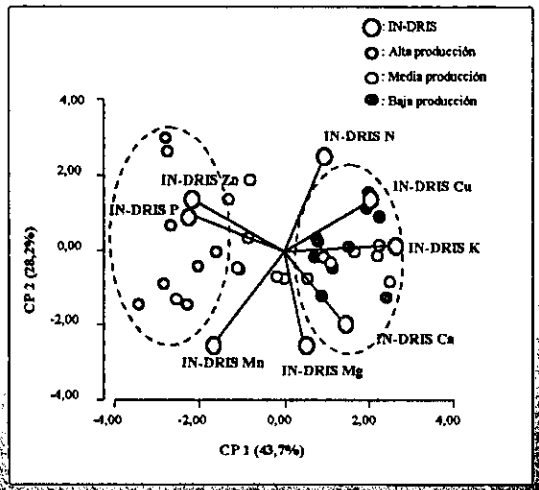


Figura 1. Representación Bi-plot del análisis de las componentes principales de los IN-DRIS

El Análisis de Los 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 está representada por puntos rojos (alta productividad), puntos celestes (media productividad) y puntos [illegible] (baja productividad). En el eje principal (CP1) se observa que la mayor variabilidad entre los índices se [illegible] principalmente por las variables IN-DRIS K, IN-DRIS P e IN-DRIS Zn. Se observa que [illegible] de los puntos rojos, correspondientes a datos de alta productividad [illegible] cuarteles y están relacionados directamente con los IN-DRIS P e IN-DRIS Zn [illegible] IN-DRIS K. Mientras que los puntos verdes, correspondientes al grupo de baja productividad, se encuentran en el extremo derecho del gráfico, relacionados directamente con [illegible] e indirectamente con los IN-DRIS P e IN-DRIS Zn. Los puntos de media productividad [illegible] repartidos en dos zonas.

En cuanto al eje CP2 se ve que la mayor variabilidad entre datos se da entre IN-DRIS Cu e IN-DRIS Mg. Los puntos ubicados en la parte superior del gráfico se relacionan directamente con IN-DRIS Cu, en tanto, que los ubicados en la parte inferior se relacionan directamente con IN-DRIS Magnesio.

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.

[illegible]

Esta investigación se realizó con el financiamiento otorgado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Proyecto Innova-Chile (04-CR-10-PAD-01).

EFECTO 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"

Rodrigo Callejas, Carlos Benavides, Daniel Desmartis y Erika Kania
Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas
Centro de Estudio de la Vid (CEVID)
e-mail: rcalleja@uchile.cl

Introducción

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 triptofano, 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 elemento.

Materiales y Métodos

En la localidad de San Felipe, V Región, variedad Flame Seedless, se efectuaron 4 tratamientos de Boro (0, 1, 2 y 4 kg·ha^{-1}), 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.

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^{-1}) y Sulfato de Zn (0, 5, 10, 20 y 40 kg·ha^{-1}) aplicados al suelo en dos oportunidades: brote 50 cm y 100 cm. Se realizaron evaluaciones foliares en 4 oportunidades.

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 (Foto 2).

Foto 1. Dosificadores colgados en las plantas

Resultados y Discusión

En el primer ensayo, "Flame Seedless", 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 1 y 2).

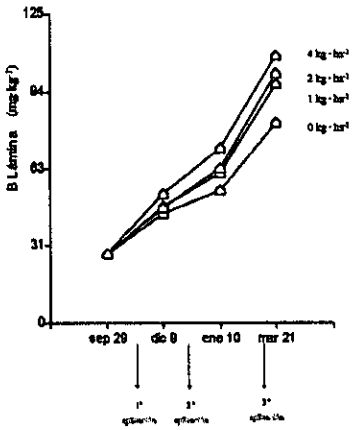


Figura 1. Contenido de boro foliar, suelo franco.

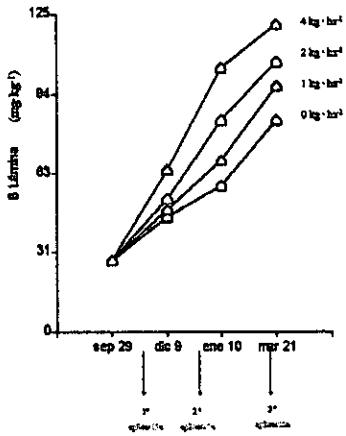


Figura 2. Contenido de boro foliar, suelo textura gruesa.

Respecto al segundo ensayo, "Red Globe", los contenidos foliares de Zn no mostraron una tendencia clara, como respuesta a los tratamientos efectuados (figuras 3 y 4).

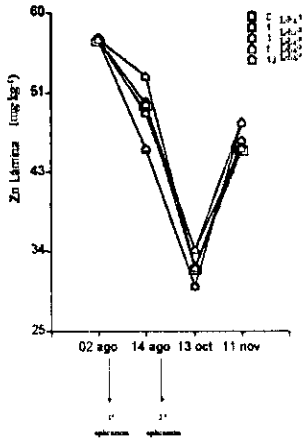


Figura 3. Contenido de zinc foliar. Tratamiento: Quelato de zinc.

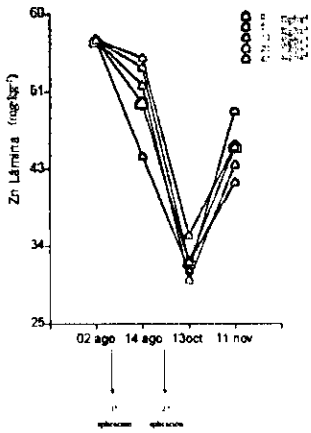


Figura 4. Contenido de zinc foliar. Tratamiento: sulfato de zinc

CALIBRACIÓN DE UN TEST RÁPIDO PARA LA EVALUACION QUÍMICA DEL AGUA DE RIEGO

Paulina Pino, Rodrigo Callejas y Erika Kania
Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas
Centro de Estudio de la Vid (CEVID)
e-mail: paupino@uchile.cl, rcalleja@uchile.cl, ekania@uchile.cl.

Introducción

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 realizar su calibración respecto a la analítica tradicional para la determinación de nitrato, potasio, calcio y magnesio en agua de riego.

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 "lloro" (exudado de sarmientos) y agua de riego provenientes de la Región de Atacama. El diseño del experimento fue completamente aleatorizado. Se tomaron, al menos, 15 muestras en diversos parrones.

Las muestras de "lloro" se obtuvieron a fines de invierno de la temporada 2006-2007, desde los cargadores podados en este período. Éste se colectó en un vaso plástico de 200 mL hasta juntar la cantidad suficiente de "lloro". El agua de riego se obtuvo de tranques, pozos, canales o ríos, según como se abasteció cada predio. Todas las muestras fueron enviadas al laboratorio Analab Chile S.A. En forma paralela, tanto para el "lloro" como para el agua de riego, se analizaron por Reflectometría, con el equipo RQflex Plus® (Figura 5). De esta manera, una vez obtenido los distintos valores, se contrastaron las mediciones realizadas por Reflectometría versus las Metodologías Tradicionales de laboratorio. Se evaluó nitrógeno nítrico ($N\text{-}NO_3^-$), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). Las metodologías empleadas por Analab Chile S.A. fueron las descritas por APHA *et al.* (1989), para $N\text{-}NO_3^-$ se usó Colorimetría y para K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+}, Espectrofometría de Absorción Atómica.

Para cada elemento se realizaron regresiones entre los valores obtenidos con el instrumento RQflex Plus® y aquellos logrados con las metodologías estándares de laboratorio.

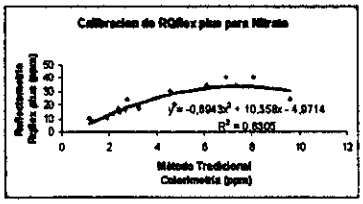


Figura 1. Calibración de RQflex plus® para Nitrato

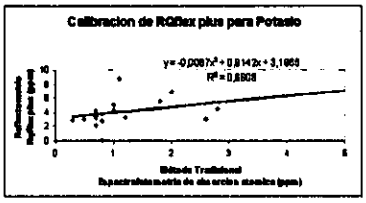


Figura 2. Calibración de RQflex plus® para Potasio

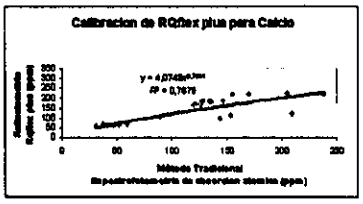


Figura 3. Calibración de RQflex plus® para Calcio

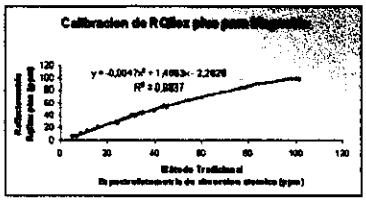


Figura 4. Calibración de RQflex plus para Magnesio

Resultados y Discusión

La concentración de nitrato presente en el "lloro" y en el agua de riego evaluada por Reflectometría presentó, con una regresión cuadrática, un alto coeficiente de determinación con el Método Tradicional (R^2=0,83), representado en la Figura 1. Mientras que para la evaluación del potasio se obtuvo, con el mismo tipo de regresión, un R^2=0,68 (Figura 2). Además, se alcanzó un R^2=0,77 para el calcio y un R^2=0,98 para la medición del magnesio, con una regresión potencial y cuadrática, respectivamente (figuras 3 y 4).

Los altos coeficientes de determinación indican que en las regresiones obtenidas, para cada elemento, las Metodologías Tradicionalmente de laboratorio explican la variabilidad del método de Reflectometría en el porcentaje obtenido para cada uno. No obstante, los resultados obtenidos para potasio y calcio presentan un menor nivel de asociación. Estos resultados obtenidos concuerdan con los valores alcanzados en otros estudios (Jemison y Fox, 1988; Holden y Scholefield, 1995; Rosen *et al.*, 1996; Rodrigo *et al.*, 2005; Rodrigo *et al.*, 2006).

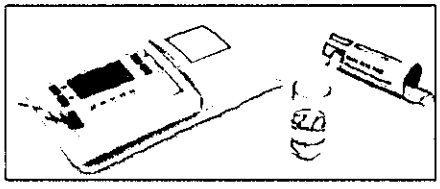


Figura 5. Equipo RQflex Plus® con un test de varillas

Conclusiones

Debido al alto coeficiente de determinación alcanzado en las evaluaciones, es factible utilizar el instrumento RQflex plus® en terreno como herramienta para indicar la composición química del agua de riego. En las evaluaciones de potasio y calcio, el instrumento estaría entregando valores referenciales, debido al menor nivel de asociación obtenido con las Metodologías Tradicionales de laboratorio.

Citas Bibliográficas

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.
JEMISON J. and R. FOX. 1988. A quick-test procedure for soil and plant tissue nitrates using test strips and hand-held reflectometer. Communications in Soil Science and Plant Analysis 19(14): 1569-1582.
ROSEN, C., M. ERREBHI and W. WANG. 1996. Testing petiole sap for nitrate and potassium: a comparison of several analytical procedures. HortScience 31(7): 1173-1176.
RODRIGO, M., J. GINESTAR, M. BOIX and C. RAMOS. 2005. Evaluation of rapid methods for nitrate plant sap analysis of globe artichoke grown in sand culture. Acta Horticulturae 697: 393-398.
RODRIGO, M., J. GINESTAR and C. RAMOS. 2006. Evaluation of rapid methods for nitrate sap analysis in artichoke. Acta Horticulturae 700: 237-240.
APHA, AWWA, WPCF. 1989. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17 ed. Ediciones Díaz Santos, S. A. Madrid, España.

Esta Investigación se realizó con el financiamiento otorgado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Proyecto Innova-Chile (04-CR-10-PAD-01).

ESTUDIO DEL SISTEMA CND PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE LA VID "SULTANINA" EN EL VALLE DE COPIAPÓ

Erika Kania, Rodrigo Callejas y Paulina Pino
Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas
Centro de Estudio de la Vid (CEVID)
e-mail: ekania@uchile.cl , rcalleja@uchile.cl, paupino@uchile.cl

Introducción

En el marco del proyecto INNOVA – CHILE – CORFO (04-CR-10-PAD-01) se esta trabajando en la determinación de la normas foliares para la vid "Sultanina", Valle de Copiapó. Paralelamente al desarrollo del Sistema de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) (Gallegullos *et al.*, 2005), se esta 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 (pecíolo 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. Posteriormente en el análisis estadístico se correlacionaron diferentes parámetros tales como productividad, concentraciones de elementos, índices CND e índices de balance nutricionales. El estudio se complementó, además, con análisis multivariado de Componentes Principales, con el objetivo de explicar la variabilidad de los índices CND y así poder realacionarlos con la productividad. Estos resultados se muestran mediante un gráfico Bi-plot creados con el software estadístico InfoStat (InfoStat, 2004).

Resultados y Discusión

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).

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)).

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).

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.

Cuadro 1. Normas preliminares obtenidas a partir del grupo de alta productividad (>2000 cajas/ha).

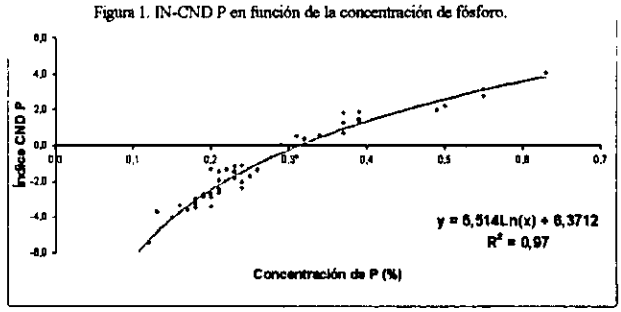
Variable	Promedio	CV (%)
N total ($g \cdot 100g^{-1}$)	1,263	14,0
P ($g \cdot 100g^{-1}$)	0,314	46,1
K ($g \cdot 100g^{-1}$)	1,460	21,4
Ca ($g \cdot 100g^{-1}$)	1,755	9,3
Mg ($g \cdot 100g^{-1}$)	0,484	13,0
Mn ($mg \cdot kg^{-1}$)	69,060	26,2
Zn ($mg \cdot kg^{-1}$)	105,200	54,6
Cu ($mg \cdot kg^{-1}$)	16,860	24,6
B ($mg \cdot kg^{-1}$)	156,196	57,1

Cuadro 2. Producción, Índices CND (IN – CND), Índices de balance nutricional (r^2) y secuencias de deficiencias o excesos de nutrientes, para los cuarteles que presentaron los más bajos y más altos índices r^2.

Producción Cajas / ha	IN - CND N	P	K	Ca	Mg	Resto	IBN (r^2)	Secuencia de deficiencia y excesos
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

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 esociación con la concentración foliar de la planta (R^2 0,97) en la población analizada (Figura 1).

Figura 1. IN-CND P en función de la concentración de fósforo.

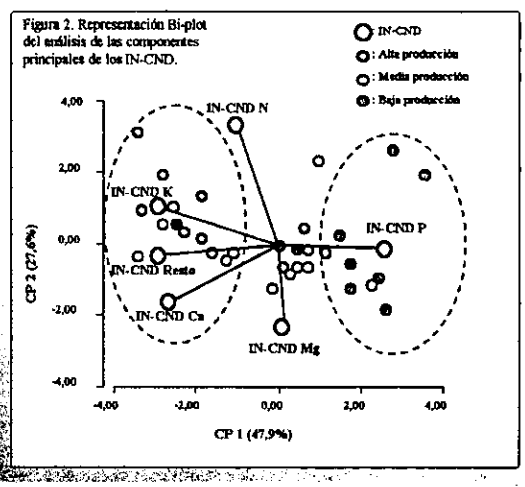


Gracias al análisis multivariado de las componentes principales se pudo establecer tendencias que relacionan los IN-CND (K, P, Ca y Resto) con la productividad. El grafico Bi-plot, explica el 75,5 % de la variabilidad de los datos entre sus dos ejes principales (Figura 2). Los IN-CND están representados por puntos verdes. La productividad, esta representada por puntos rojos (alta productividad), puntos celestes (media productividad) y puntos azules (baja productividad).

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-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 mayores correlaciones, mientras que los ubicados en el cuadrante derecho se comportan igual que los puntos rojos.

En el eje secundario (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 Mg.

Figura 2. Representación Bi-plot del análisis de las componentes principales de los IN-CND.



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.

GALLEGUILLOS M., CALLEJAS R., BUSTOS M. y KANIA E. [illegible] Congreso Agronómico de Chile, 11-14 octubre 2005, Castro, Chile.
INFOSTAT (2004). InfoStat versión 2004. Manual de Usuario. [illegible]
INFOSTAT (2004). InfoStat versión 2004. Software Estadístico. [illegible]
KHIARI L., PARENT L.E. AND TREMBLAY N. [illegible] Agronomie 21:295-304.
PARENT L.E. AND DAFIR M. (1992). A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. Journal of the American Society for Horticultural Science 117(239-243).
PARENT L.E., CAMPOSURIS, A.H. AND MINKARTINIANIA, A. (1994). Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato. Agronomy Journal 86:197-201.
RODRÍGUEZ, V. O. RODRÍGUEZ. 1997. Normas foliares DRIS para el diagnóstico nutricional de la vid. [illegible] Agronomía 14:295-304.
WALWORTH, R. J. AND J. SUMMER. 1987. Diagnosis of boundary line relationships. [illegible]
WALWORTH, R. J. AND J. SUMMER. 1987. The diagnosis and interpretation of [illegible]

Cuadro 9. Boletines Técnicos Centro de Estudio de la Vid.

Volumen	Nº	Mes / Año	Nombre del archivo digital
2	1	Enero 2006	Boletín Técnico CEVID enero 2006
2	3	Julio 2006	Boletín Técnico CEVID julio 2006
2	4	Octubre 2006	Boletín Técnico CEVID octubre 2006
3	2	Abril 2007	Boletín Técnico CEVID abril 2007
3	3	Julio 2007	Boletín Técnico CEVID julio 2007
3	4	Octubre 2007	Boletín Técnico CEVID octubre 2007
4	1	Enero 2008	Boletín Técnico CEVID enero 2007

CEVID
Universidad de Chile

BOLETÍN TÉCNICO
CENTRO DE ESTUDIO DE LA VID

Volumen 2; Número 1 Enero 2006

CONTENIDOS

1. **Editorial**
2. **Proyecto FDI-Fertirrigación en parronales.** Necesidad de una visión integrada del manejo de un parronal.
3. **Sitio web: www.cevid.cl**
4. **Novedades**

Editorial

En ciertos lugares de Chile, los productores ya han comenzado a enfrentar las decisiones de manejo de postcosecha (postcosecha activa), principalmente las relacionadas con la fertilización. Sin embargo, es importante considerar 3 aspectos que son prioritarios y están interrelacionado, al momento de iniciar esta actividad:

a) Es fundamental preocuparse de la **condición de las hojas** de las vides, protegiéndolas del ataque de arañitas y oidio. En muchos casos es factible observar graves daños por ambas causas, situación no considerada por los productores, quienes igual gastan dinero en implementar los programas nutricionales durante esta etapa.

b) **Riego en postcosecha** (desde enero en adelante). Se requiere de máxima preocupación respecto de este parámetro. Normalmente las preocupaciones se concentran en los meses de activo crecimiento y con principal atención desde cuaja en adelante, sin embargo, mantener una adecuada condición hídrica de la planta durante los meses de la postcosecha activa, permite que la planta acumule reserva, se exprese un óptimo crecimiento del sistema radical y se prepare para la próxima temporada.

c) Control de los **niveles de sales** en el suelo, si se requiere. Si los valores de conductividad eléctrica a nivel de suelo son altos, es importante iniciar un programa de lavado con el objetivo de ir bajando paulatinamente estos valores a no más de 2 dS/m de CE. Lo anterior requiere de un adecuado diagnóstico en el perfil y control al final del programa implementado.

Proyecto FDI-Fertirrigación en parronales.

Con el apoyo de CORFO y la participación de un sin número de productores del Valle de Copiapó, el CEVID inició sus actividades dentro del marco del 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".**

Foto 1. Vista de un parronal en Copiapó

La experiencia práctica en el Valle, manifiesta que el manejo del agua de riego y la fertilización formarían parte de los principales factores que, si se utilizan en forma inadecuada, estarían generando las condiciones de baja productividad y menor calidad de la fruta. De esta manera se hace primordial estudiar en forma sistemática, bajo las condiciones locales y en forma integrada, el comportamiento de estas dos áreas sobre el desarrollo de las vides.

Foto 2. Equipo fertirrigador (CDTEC)

Se espera adaptar las bases teóricas de la fertirrigación a las condiciones de los parronales, dado que las condiciones de manejo de esta especie son totalmente diferentes a los cultivos (hortalizas), de donde emanó esta tecnología.

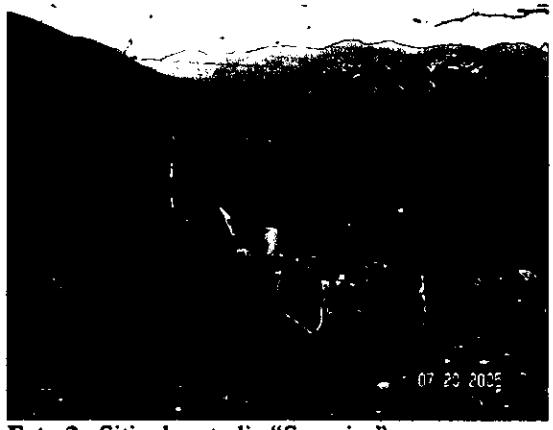


Foto 3. Sitio de estudio "Superior"

Este proyecto FDI, pretende generar y validad criterios agronómicos de acuerdo a las necesidades productivas de los parrones de Copiapó, introduciendo nuevas tecnología que inclusive, no están

siendo desarrolladas en el país bajo otro tipo de proyecto. Los productos generados sentarán un importante precedente en el sistema productivo, tanto localmente como a nivel nacional.

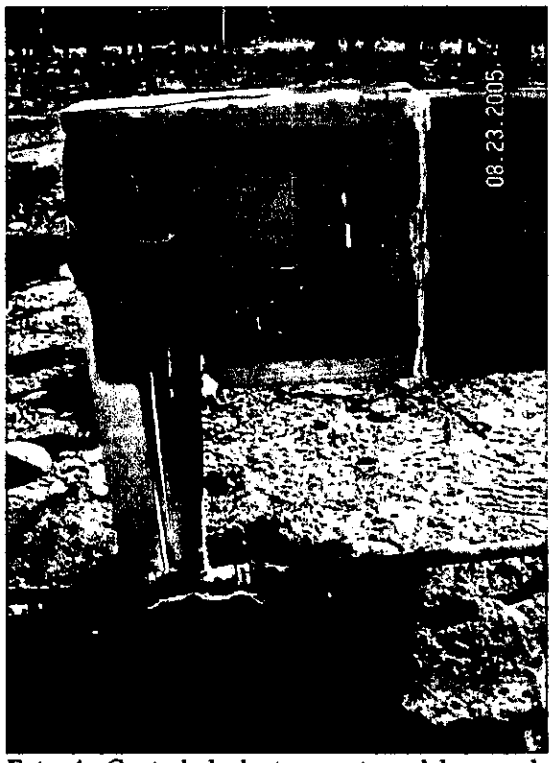


Foto 4. Control de la temperatura del agua de riego y su relación con los cambios de la temperatura en el perfil de suelo.

Sitio web: www.cevid.cl

Totalmente renovada se encuentra la página del Centro de Estudio de la Vid, de la Universidad de Chile. Recomendamos su visita, dado los nuevos artículos que han sido recientemente publicados.

Novedades

En los últimos días de diciembre del 2005, se le informó al CEVID la adjudicación de un nuevo proyecto de investigación en parronales. Con el objetivo de complementar los conocimientos que se están generando en los proyectos FIA-Raíces y FDI-Fertirrigación, esta nueva iniciativa INNOVA, abordará bajo los conceptos de sustentabilidad, el estudio de la materia orgánica en parronales. Se suman al equipo de trabajo los profesores Cecilia Baginsky y Oscar Seguel.

Foto 5. Generación de compost "in situ".

CEVID, Boletín Técnico editado por el Centro de Estudio de la Vid
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Claudio Pastenes V.
Editores: Rodrigo Callejas R.; Bruno Razeto M.
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

CEVID
Universidad de Chile

BOLETÍN TÉCNICO
CENTRO DE ESTUDIO DE LA VID

Volumen 2; Número 3 Julio 2006

CONTENIDOS

1. **Editorial.**
2. **Visita del embajador de Israel en Chile, Sr. David Cohen.**
3. **Centro Tecnológico de Fruticultura de la III Región.**
4. **Novedades.**

Editorial

Mal recuerdo dejará la temporada 2005-2006 a los productores de uva de mesa del país, ya que, adicionalmente al bajo valor del dólar, se sumaron las inesperadas heladas de primavera y la mala condición de llegada de la fruta en destino (**Foto 1**).

Foto 1. Variedad Flame.

Si bien el dólar y las heladas son factores que escapan al accionar de aquellos que nos dedicamos a este rubro, mejorar la condición de la fruta e incrementar el prestigio de la uva chilena, es una tarea impostergable.

Se estima que para lograr el objetivo antes mencionado, y considerando las problemáticas que se observan cada año en este cultivo, es necesario realizar una re-ingeniería de los sistemas productivos, abordando específicamente los desafíos que se observan a nivel de campo. Se estima que uno de los puntos centrales, es colocar el ***CONOCIMIENTO AL SERVICIO DE LOS PRODUCTORES***, para lo cual se requieren asesores y consultores con una formación sólida, que puedan enfrentar los nuevos desafíos productivos. Entonces, se requiere a la brevedad, la existencia en el país de gente joven con estudios de ***MAGISTER y DOCTORADO aplicados***, de manera que puedan conjugar, en forma eficiente, la teoría y la práctica en estrategias de manejo adaptadas a las diversas realidades del país.

Lo anteriormente planteado, se hace más urgente por nuevas amenazas al negocio. Países competidores avanzan en forma acelerada en la producción de uva de mesa y, en muchos casos, gracias a los aportes de expertos calificados chilenos. Por otro lado, los costos se incrementan, principalmente por la mano de obra, llegando inclusive en algunos casos a la falta de personal disponible para realizar adecuadamente las labores que el cultivo requiere.

Por lo anteriormente planteado, se estima fundamental re-discutir el negocio de la uva de mesa y priorizar los puntos fundamentales que deben ser abordados por todos los participantes del sistema, definiendo objetivos a corto, mediano y largo plazo.

Visita del embajador de Israel en Chile, Sr. David Cohen.

En uno de los predios del Valle de Copiapó (**fotos 2, 3 y 4**), donde el CEVID lleva a cabo las actividades enmarcadas dentro del proyecto INNOVA-CORFO de Fertirrigación, tuvimos la grata visita del embajador de Israel, Sr. David Cohen.

Foto 2. Presentación en terreno de información sobre los trabajos del CEVID, Universidad de Chile.

En su oportunidad, se le explicó el rol que juega la Universidad de Chile en la III Región, informándole en detalle sobre los ensayos llevados a cabo para enfrentar las principales problemáticas de esta zona semi-árida del país.

Foto 3. Sr. Embajador de Israel y participantes en la visita.

Foto 4. Entrevista a la profesora de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Carmen Prieto.

Por su parte, el Sr. Embajador informó sobre todas aquellas actividades

formativas y para adquisición de capacidades ofrecidas por Israel en el área agrícola, manifestando su gran interés por facilitar el acceso a las alternativas ofrecidas por su país.

Centro Tecnológico de Fruticultura de la III Región.

El proyecto, financiado en su primera etapa por CORFO a través de su Comité INNOVA Chile, pretende desarrollar el Centro Tecnológico de Fruticultura, de manera de aumentar la competitividad de la III Región en el área frutícola (**fotos 5 y 6**). En esta primera etapa de desarrollo del Centro Tecnológico, y de acuerdo a las necesidades de los productores, la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile pondrá a disposición su capacidad científica, técnica y formativa, para la generación y fortalecimiento de capacidades regionales de nuevos recursos humanos en el área frutícola. Asimismo, seguirá desarrollando herramientas tecnológicas, aumentando la oferta de servicios dirigidos al sector productivo, para incrementar la competitividad de la Región.

Foto 5. Cultivo de Olivo en la III Región.

Paralelamente, se persigue consolidar en la zona de Atacama, la presencia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, de manera de potenciar y consolidar el trabajo realizado hasta el momento en múltiples iniciativas, y así continuar con el desarrollo de tecnologías apropiadas para la Región, las que, en muchos casos, podrían ser totalmente nuevas para el país. Al mismo tiempo, esta iniciativa permitirá apoyar la formación de nuevos Ingenieros Agrónomos egresados de la Universidad, los cuales podrán conocer las diferentes realidades de la Región, ampliando sus horizontes laborales dentro del país, tal como ha ocurrido en estos últimos 5 años.

En síntesis, el proyecto pretende ofrecer un sin número de productos y servicios que satisfagan la demanda de los fruticultores o potenciales inversionistas en la III Región. Las principales áreas son: a) Capacitación y formación de RR.HH. especializados, b) Asistencia técnica y servicios tecnológicos avanzados, c) Difusión tecnológica y d) Investigación y desarrollo tecnológico.

Foto 6. Parronales en la III Región.

Finalmente, se reitera que el Centro Tecnológico deberá autofinanciase una vez terminado este proyecto de dos años. Por tal motivo y con el objetivo de ser una herramienta útil y eficiente para los

futicultores de la Región, se deberá trabajar estrechamente con la Asociación de Productores y Exportadores Agrícolas del Valle de Copiapó (APECO) y productores del Valle del Huasco, satisfaciendo en forma creativa sus demandas, de manera de fortalecer el sistema productivo frutícola de Atacama.

Novedades

En el mes de septiembre se tiene programada una sesión de trabajo en el Instituto CSIC, Murcia, España, la que será coordinada por el Dr. Juan Vera. Se abordarán temáticas relacionadas con: fertirrigación, nutrición, raíces, partiduras y manchas en las bayas,

CEVID, Boletín Técnico editado por el Centro de Estudio de la Vid
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Claudio Pastenes V.
Editores: Rodrigo Callejas R.; Bruno Razeto M.; Carlos Benavides Z. y Erika Kania K..
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

CEVID
Universidad de Chile

BOLETÍN TÉCNICO
CENTRO DE ESTUDIO DE LA VID

Volumen 2; Número 4 Octubre 2006

CONTENIDOS

1. **Editorial.**
2. **Centro Tecnológico de Fruticultura de la III Región.**
3. **Simposio de nutrición vegetal en Lérida, España.**
4. **Sesión de trabajo en el Instituto CSIC, Murcia, España.**
5. **Manchas y partiduras en bayas de uva de mesa.**
   Dr. Rodrigo Callejas.
6. **Novedades.**

Editorial

Se inicia una nueva temporada, más tranquila en su comienzo respecto de las brotaciones (**Foto 1**), pero con zonas del país donde los parronales manifiestan un menor número de racimos por planta. Es factible que esta condición, sea consecuencia de las graves heladas que se presentaron el año anterior en una importante zona productora de uva de mesa del país.

La situación observada en los valles de Copiapó y Huasco, se ha estado expandiendo a la Zona Central del país, donde hay sectores con cargas muy ajustadas. Habrá que esperar un tiempo para tener una visión definitiva sobre la cantidad de racimos comerciales, que se obtendrá en esta temporada.

Foto 1. Brotación en "Sultanina".

Centro Tecnológico de Fruticultura de la III Región.

Durante el mes de julio y agosto, en conjunto con productores del Valle del Huasco y Copiapó (**Foto 2**), se llevaron a cabo los diferentes encuentros dirigidos a determinar las necesidades que tienen los sistemas productivos de fruta, de manera de generar las actividades que conformarían el proyecto INNOVA

CORFO, "**Centro Tecnológico de Fruticultura de la III Región**".

Foto 2. Productores de Huasco Alto y Alto del Carmen.

Gracias a la activa participación de agricultores, el apoyo del PTI-Huasco, la Asociación de Productores y Exportadores Agrícolas del Valle de Copiapó (APECO), el esfuerzo de su presidente Sr. Joseba Zugadi y académicos de la Universidad de Chile, se pudo concretar el proyecto final, presentado a INNOVA-CORFO para su auspicio.

Simposio de nutrición vegetal en Lérida, España.

El día 29 de septiembre se realizó en la ciudad de Lérida, España, un interesante encuentro en torno a la nutrición vegetal, especialmente dedicado al rubro frutícola. Un gran número de presentaciones se refirieron a la importancia de generar sistemas eficientes de diagnóstico y control del estatus nutricional de los frutales. En la ocasión se entablaron lazos para iniciar trabajos en conjunto con el Dr. Adamo Rombolà, Universidad de Bologna, Italia.

Sesión de trabajo en el Instituto CSIC, Murcia, España.

En el marco del proyecto de Fertirrigación, INNOVA-CORFO, se llevaron a cabo las reuniones de trabajo con el Dr. Juan Vera, del CSIC, Murcia, España (**fotos 3 y 4**).

Foto 3. Sistema de conducción de parronales en Murcia, España.

En la ocasión, se abordaron temáticas relacionadas con los criterios de fertirrigación, la economía del agua en los sistemas productivos de uva de mesa, estudios sobre crecimiento de raíces y las estrategias a seguir, dentro del proyecto de fertirrigación que se realiza en la III Región de nuestro país.

Eliminado: ,

Foto 4. Dr. Juan Vera, CSIC, Murcia.

Partiduras y manchas en bayas de uva de mesa.

Respondiendo a una invitación del Sr. Alfonso Lucas Espadas, del Servicio de Sanidad Vegetal de Murcia, se compartió experiencia con respecto a las problemáticas de partiduras y generación de manchas en bayas de variedades de uva de mesa.

Partiduras. Con respecto a este problema, se conversó en torno a los severos daños generados en una nueva variedad (Rus) que se está cultivando en esa zona de España.

Foto 5. Estrías en las bayas **(Foto: gentileza del Sr. Alfonso Lucas Espada).**

Es una variedad sin semilla, blanca, de fuerte desarrollo vegetativo y elevada producción, que produce bayas grandes sin necesidad de aportes hormonales, aunque en esa situación, el raquis es muy fino y débil. En todos los casos, tiene una epidermis muy fina que casi desaparece al degustar la baya.

Inicialmente, la epidermis muestra unas manchas en forma de estrías o líneas longitudinales (**Foto 5**), irregulares, paralelas a veces, convergentes otras, que acaban rompiendo la piel (**Foto 6**), produciendo grietas o heridas, por las que se favorece la proliferación de patógenos que inducen podredumbres, que pueden llegar a ser muy severas.

Con formato: Italiano (Italia)

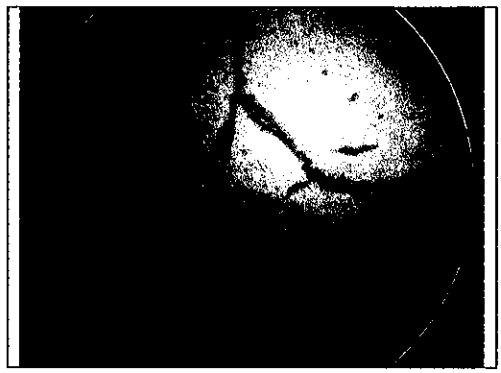


Foto 6. Partiduras en las bayas **(Foto: gentileza del Sr. Alfonso Lucas Espada).**

Manchas. Con respecto a este problema y de acuerdo a la experiencia que tienen en el Servicio de Sanidad Vegetal de Murcia, se estimó que algunas manchas observadas en fotografías obtenidas en Chile, corresponderían a trips de California (*Frankliniella occidentales*), (**fotos 7 y 8**).

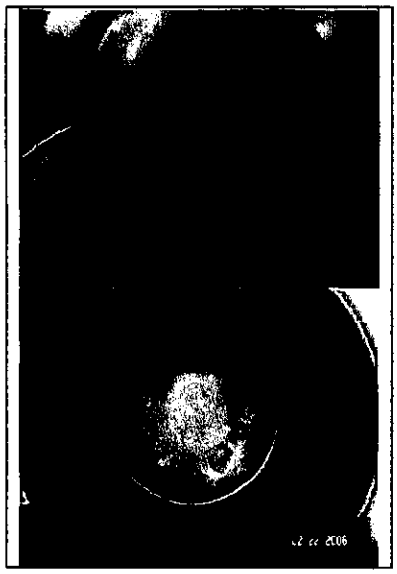


Foto 7. Daño de trips de California. Foto superior obtenida en Murcia, España (Foto: gentileza del Sr. Alfonso Lucas Espada). Foto inferior obtenida en Chile, RM.

En Murcia, se observan daños severos a la madurez, sobre todo en variedades cultivadas en invernadero o bajo malla, especialmente las que muestran una elevada densidad de vegetación y vigor, como es Superior Seedless.

Adicionalmente, se concluyó que muchas de las manchas observadas en Chile no correspondían a las generadas por trips, dejando la ventana abierta a otro tipo de desorden fisiológico (**Foto 9**).

El Sr. Alfonso Lucas Espada mencionó que este otro tipo de manchas también son detectadas en parronales de uva de mesa de la comarca de Murcia.

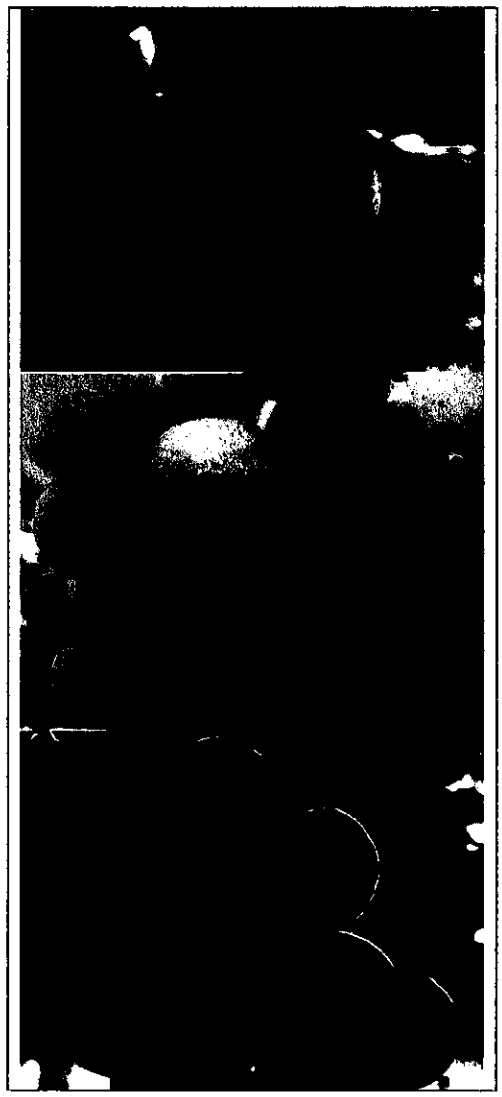


Foto 8. Daño de trips de California, Murcia, España (Foto: gentileza del Sr. Alfonso Lucas Espada).

Foto 9. Racimos observados en Chile, RM, 2006, donde se mezclan distintos tipos de manchas.

Con esta información, se visitó uno de los principales productores de uva de mesa de esa Región de España, que estaba concluyendo las cosechas de la temporada 2006. En su oportunidad, los encargados mencionaron que en algunas ocasiones y en variedades blancas, se veían afectados en forma importante por manchas diferentes a las generadas por ataque de trips. Estas fueron posibles de ser visualizadas con dificultad, en uva que se encontraba guardada en el frigorífico **(Foto 10)**.

Foto 10. Bayas manchadas, Murcia.

Se mencionó que una de las formas de controlar la intensidad de este problema, era manejar altas producciones en los parronales (mayor a 30 ton/ha), dado que si esta cantidad era menor, la aparición del problema cercano a la cosecha era alarmante.

Finalmente, agradecer gentilmente a todas las personas que nos recibieron en Murcia y permitieron una provechosa estadía en esa Región de España, en especial al Dr. Juan Vera, Dra. Mª Carmen Ruíz Sánchez, alumnos doctorantes del CSIC, así como a los señores José Luis Hernández Costa, Tomás Paredes Cánovas, José María Pérez Díaz y Alfonso Lucas Espada.

Novedades

En nuestra página WEB (www.cevid.cl), se encuentran los nuevos trabajos presentados por CEVID en el 57° Congreso Agronómico de Chile realizado entre el 17 y 20 de octubre: Ellos son:

Eliminado: ¶

1) EFECTO DE DIFERENTES DISEÑOS DE RIEGO SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTAS ADULTAS DE VID "FLAME SEEDLESS", A DOS AÑOS DEL INICIO DEL ESTUDIO.

2) EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INVERNAL DE RAÍCES DE VID, VARIEDAD "SULTANINA", EN LA III REGIÓN.

3) EFECTO DE LA PODA DE RAÍCES Y APLICACIONES COMPLEMENTARIAS EN VID "SULTANINA", A DOS AÑOS DEL INICIO DE LOS TRATAMIENTOS

4) EFECTO DE DISTINTAS DOSIS DE B Y Zn APLICADAS AL SUELO, SOBRE EL CONTENIDO DE ESTOS ELEMENTOS EN LÁMINA DE VID "FLAME SEEDLESS" Y "RED GLOBE"

5) EFECTO DE LAS APLICACIONES FOLIARES DE B Y Zn EN OTOÑO O INVIERNO, SOBRE EL CORRIMIENTO Y "MILLERANDAGE" EN VIDES "CARMÉNÈRE"

6) USO DEL SENSOR "SOIL MOISTURE WET" (DELTA T®), EN EL SEGUIMIENTO DE LAVADO DE SALES DEL SUELO, MEDIANTE RIEGO POR GOTEO Y TENDIDO, EN UN PARRONAL DE UVA DE MESA EN LA TERCERA REGIÓN.

Adicionalmente, está pronto a salir el artículo de extensión:

LA RAÍZ DE LA VID: CRECIMIENTO Y EFICIENCIA EN EL CONTROL DE NEMATODO

CEVID, Boletín Técnico editado por el Centro de Estudio de la Vid
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Claudio Pastenes V.
Editores: Rodrigo Callejas R.; Bruno Razeto M.; Carlos Benavides y Erika Kania K..
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

CEVID
Universidad de Chile

BOLETÍN TÉCNICO
CENTRO DE ESTUDIO DE LA VID

Volumen 3; Número 2 Abril 2007

CONTENIDOS

1. **Editorial.**
2. **Efectos colaterales de las heladas del año 2005.**
   Dr. Rodrigo Callejas
3. **Altas temperaturas y ola de calor afecta racimos durante su desarrollo en la Región Metropolitana.**
   Dr. Rodrigo Callejas.
4. **Uso del minirizotrón como metodología para observa el crecimiento de raíces en la vid.**
   FIA-PI-C-2003-1-A-037
   Dr. Rodrigo Callejas.
5. **Novedades.**

Editorial

De acuerdo a las actuales condiciones económicas del país, la organización de una nueva temporada nos plantea dos objetivos fundamentales que se deben lograr: ***CANTIDAD y CALIDAD.*** Si bien en el pasado una baja cantidad, pero de buena calidad o una buena cantidad, pero de una calidad media, permitía una rentabilidad interesante en el rubro de la uva de mesa, los nuevos tiempos no admiten equivocaciones en los planes de manejo de los parronales. Si somos capaces de avanzar en este camino, y ahora contra el tiempo, podremos seguir creyendo en el éxito fruticola de Chile.

EFECTOS COLATERALES DE LAS HELADAS DEL AÑO 2005.

Dr. Rodrigo Callejas

Las graves heladas y bajas temperaturas que se presentaron en la primavera del año 2005 y tal como se preveía, generaron, en muchos casos, menores producciones por hectárea en dos cosechas consecutivas: a) primero en la temporada 2005-2006, por el daño sobre los brotes en primavera y la menor calidad de los racimos provenientes de brotes del cono secundario (segundo brote) y b) en la temporada 2006-2007, al no preverse en las podas y ajustes de carga, la presencia de un importante número de racimo con un menor desarrollo (cilíndricos, más cortos, menor número de bayas, menor elongación de los hombros, etc.). Esta última condición sería producto de las inadecuadas temperaturas en que se desarrollaron inicialmente las yemas en la primavera

del 2005, que posteriormente formó parte del material de poda del invierno del 2006 y responsables de la producción del verano del 2007.

En algunos casos específicos esta condición se marcó aún más, al cambiarse los criterios de poda en variedades fértiles con el objetivo de ahorrarse la amarra de los cargadores, pasando de podas con cargadores de largo medio (5-6 yemas) a poda en pitones.

Estas experiencias nos obligan a insistir en la necesidad de planificar en mejor forma la labor de poda, considerando entre muchos factores, el comportamiento del clima durante la primavera del año anterior.

El primer paso para lograr el éxito en una temporada, es asegurar la presencia de un número adecuado de racimos (fertilidad efectiva), sin embargo, aún persiste la necesidad de investigación seria de las Universidades e Institutos, para lograr mayor exactitud al momento de tomar decisiones.

ALTAS TEMPERATURAS Y OLA DE CALOR AFECTA RACIMOS DURANTE SU DESARROLLO EN LA ZONA CENTRAL.

Dr. Rodrigo Callejas.

Terminando el año 2006, se presentó un fenómeno de altas temperaturas (ola de calor) en la zona central de Chile, provocando importantes daños sobre los racimos (**Figura 1**).

Desgraciadamente en los Fundos y cuarteles afectados, no se pudo asociar, registrar y analizar esta situación respecto de la condición hídrica de las unidades afectadas. Esto se menciona, dado que el daño no fue parejo y se estima que los parrones que no se encontraban en una óptima condición hídrica, fueron los más afectados. Agradecemos las fotos enviadas por el Ing. Agr. Sergio Ibañez B. de la empresa Bayer CropScience, Chile.

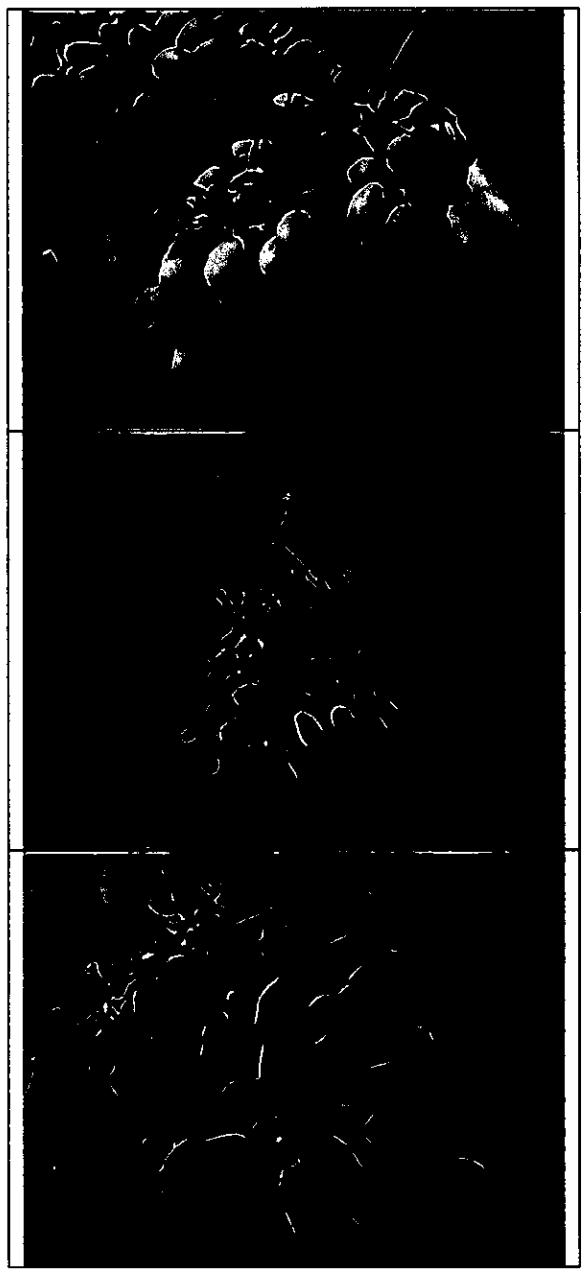


Figura 1. Daño por altas temperaturas en "Sultanina".

USO DEL MINIRIZOTRÓN COMO METODOLOGÍA PARA OBSERVA EL CRECIMIENTO DE RAÍCES EN LA VID.

Dr. Rodrigo Callejas.

En el marco del proyecto FIA-PI-C-2003-1-A-037, se llevó a cabo el diseño de minirizotrones para la observación rápida de raíces, fabricados en madera y vidrio. (**Figura 2**). El objetivo de la instalación, cercano a la zona del tronco de las vides, de estas estructura, es poder realizar un seguimiento constante del crecimiento de las raíces utilizando una metodología rápida, sencilla y práctica, lo que permitirá detectar los momentos de crecimiento del sistema radical. El registro de la información se puede realizar con una cámara digital, existiendo la posibilidad del procesamiento de la imagen con un "software" específico.

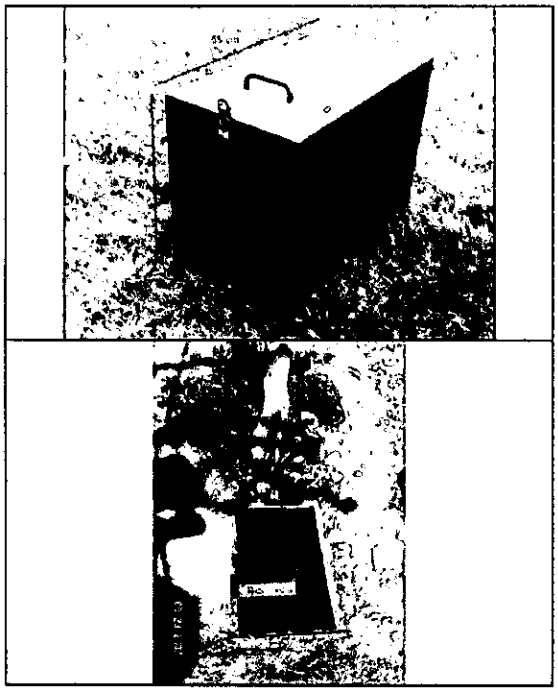


Figura 2. Minirizotron utilizado para la observación del crecimiento del sistema radical en los primeros 50 cm de profundidad.

Novedades

Se estudia la posibilidad de realizar la versión n° 3 del "Diplomado de fisiología de la vid y manejo de parronales", en la ciudad de La Serena. Mayor información en nuestra página WEB (www.cevid.cl).

El CEVID tiene el claro objetivo de apoyar a aquellos que quieren seguir estudiando y perfeccionándose, tanto en el país como en el extranjero. En el marco de esta tarea, unos de nuestros asistentes y estudiante del magíster de fruticultura, José Ignacio Covarrubias, ya se encuentra en una pasantía en Bologna, Italia, bajo la coordinación del Dr. Adamo Rombolà (**Figura 3**). Esperamos que estos casos se multipliquen y nuestros agrónomos adquieran una nueva forma de hacer fruticultura en Chile.

Figura 3. Evaluación de raíces en Kiwi. José Ignacio Covarrubias y André De Piere.

CEVID, Boletín Técnico editado por el Centro de Estudio de la Vid
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirectora: Ph.D. Cecilia Peppi.
Editores: Rodrigo Callejas R.; Cecilia Peppi, Carlos Benavides y Erika Kania K..
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

CEVID
Universidad de Chile

BOLETÍN TÉCNICO
CENTRO DE ESTUDIO DE LA VID

Volumen 3; Número 3 Julio 2007

CONTENIDOS

1. **Editorial.**
2. **Pixie, una nueva variedad de vid.**
   Dra. María Cecilia Peppi
3. **Rescatable: John Bruton, el ex Primer Ministro que sacó a Irlanda del subdesarrollo (Extracto de entrevista realizada por Delfau, A. y A. Mardones. 2007. Revista Mensaje Nº 559)**
4. **El instrumento RQflex plus® (Merck, Darmstadt, Germany), es una buena alternativa para ser usado en terreno. INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01**
   Dr. Rodrigo Callejas.
5. **Diplomado Fisiología de la vid y manejo de parronales en zonas áridas y semi-áridas.**
6. **Metodologías empleadas en la evaluación del sistema radical. FIA-PI-C-2003-1-A-037**
   Dr. Rodrigo Callejas.
7. **Visita del Prof. Dr. Juan Vera. CSIC, Murcia España. INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01**
8. **Novedades.**

Editorial

La baja del dólar y el difícil repunte en los meses venideros, las alzas en el costo de la mano de obra, combustibles, insumos y la actual legislación laboral, tienen muy preocupados a todos los actores que participan en la industria de la producción y exportación de fruta fresca, principalmente en la uva de mesa.

A pesar del sin número de declaraciones sobre cada uno de los factores antes mencionados, es importante hacer una reflexión más profunda en torno a la industria de la uva de mesa y para esto planteamos las siguientes preguntas: a) ¿Cuál es la razón de los bajos rendimientos promedios a nivel nacional?, b) ¿Porqué el incremento de los rendimiento se ha transformado en una cima difícil de escalar? y c) Si bien en muchos casos las producciones son altas, ¿porqué la calidad final de la fruta termina por transformar el año en un pésimo negocio?.

La nueva temporada 2007-2008 a comenzado y junto a la inestabilidad que se respira en el negocio frutícola, la inestabilidad climática complica aún más el panorama. Esperamos que los criterios de poda, aplicaciones de cianamida hidrogenada y las estrategias de control de helada permitan llegar a primavera con una buena dotación de fruta, que ayude a enfrentar los malos momentos que se viven.

PIXIE, UNA NUEVA VARIEDAD DE VID.

Dra. María Cecilia Peppi

En agosto del 2006 el ARS (Agricultural Research Service) del USDA liberó Pixie, una variedad enana de uva, que con las condiciones adecuadas puede florecer y cuajar fruta durante todo el año. Los racimos de Pixie no tienen valor comercial, sin embargo, el continuo hábito de floración de la planta permite su uso en investigación y en academia **(Figura 1)**.

Pixie fue desarrollada por Peter Cousins del USDA ARS-Geneva en colaboración con David Tricoli de The Ralph M. Parsons Foundation Plant Transformation Facility de la Universidad de California-Davis. El Pinot Meunier, una variedad quimérica que presenta una capa con una mutación de baja sensibilidad a giberelinas fue el material base utilizado.

Usando flores de Pinot Meunier -más específicamente anteras- se indujeron callos embriogénicos que al ser tratados con giberélico permitieron obtener plantas de entrenudos muy cortos y que producen flores durante todo el año (en invernadero), sin importar la edad de la planta. Esta vid enana puede ser de 25 cm de largo o incluso menos, y desarrollar racimos que como máximo tienen 10 cm. El ahorro en espacio es de especial interés para genetistas, pero la presencia de yemas, flores, fruta inmadura y fruta madura en una misma planta es seguramente el punto más atractivo para investigadores y estudiantes que pueden utilizar Pixie como planta modelo.

Pixie no está sujeta a patentes y está disponible de sus creadores.

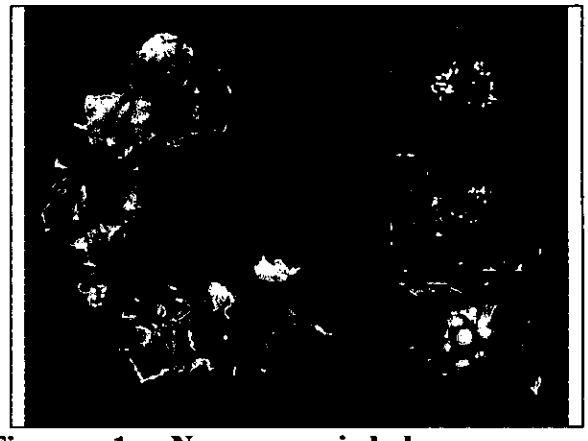


Figura 1. Nueva variedad enana denomina da Pixie.

RESCATABLE: JOHN BRUTON, EL EX PRIMER MINISTRO QUE SACÓ A IRLANDA DEL SUB-DESARROLLO (Extracto de entrevista realizada por Delfau, A. y A. Mardones. 2007. Revista Mensaje N° 559)

¿Y fue en su país la Educación un tema importante para lograr el "milagro irlandés"?

Fue muy importante. En Irlanda se instauró más bien tardíamente la Educación secundaria gratuita; no lo hicimos hasta 1966. En cambio, la mayoría de los países europeos lo habían hecho a fines de los años cuarenta. Irlanda fue un país pobre por largo tiempo. Cuando entré a la Universidad en 1965, sólo el 11% de la gente de mi edad ingresaba a la Educación superior. Ahora el 57% esta yendo a la Universidad y esto es un gran cambio. La historia de Irlanda es una historia de inversión extranjera, que en el último tiempo ha derivado también en mucha innovación

doméstica. Pero el empuje inicial vino de la inversión externa. Entonces, para que vinieran los inversores de otros países, teníamos que ser atractivos para ellos, y gracias al cambio en la Educación lo logramos. Debíamos hacer posible no sólo invertir en Irlanda, sino también tener bajos impuestos y la posibilidad de sacar el dinero del país. Que tuvieran la libertad para llevárselo. Si les hubiéramos dicho que debían dejar el dinero en Irlanda, no habrían venido a realizar inversiones.

¿Es posible conciliar un alto crecimiento económico con justicia social?
Pienso que es imposible alcanzar la justicia social en el mundo moderno sin un alto crecimiento económico. De hecho, es necesario un alto crecimiento económico para poder pagar la justicia social. Observando el mundo de hoy, basado en la economía de mercado, podemos ver que no todos serán capaces de ganar lo que quisieran o lo que la sociedad espera que ganen. Por eso, es necesario tener algo para poder ayudarlos, y la única manera de hacerlo es a través de otra gente a la que le ha ido muy bien y que tiene recursos para compartir.

Eso es cierto, pero con un alto crecimiento económico no se alcanza automáticamente la justicia social.....
No. Para eso es necesario el Estado. El gobierno tiene el rol de promover la justicia social y de decidir cuál es la mejor manera de promoverla. Algunas veces puede ser más importante darle a la gente una buena educación que darle dinero o un sistema de salud perfecto. En ocasiones se tiene que elegir, no se puede hacer todo. Y a veces hay que reconocer que en el mundo moderno, si usted trata de establecer un sistema perfecto de impuestos al trabajo, parte de la gente a la que espera aplicar el impuesto simplemente dejará el país y se irá a otro lugar. Y con ello todos perderán. Es decir, se tiene que hacer ciertas concesiones prácticas.

En Irlanda Uds. lograron un acuerdo entre sindicatos, empresarios y el gobierno. ¿Se trata de una situación única? ¿Cree que es posible que se pueda replicar en otros países?
Pienso que es muy bueno lo que logramos. Pero, por supuesto, como muchas de las cosas que hicimos, se hicieron por presión. Presionados por las circunstancias. Porque tuvimos un tiempo muy duro en los '80 debido a políticas financieras demenciales comenzadas en 1977, y todos reconocieron que si queríamos salir de esos problemas necesitábamos reunirnos y ponernos de acuerdo.

¿Y cómo lo hicieron?
El acuerdo básico entre los sindicatos, los empresarios y el gobierno consistió en lo siguiente: por una parte, los sindicatos aceptarían ejercer menos presión por el aumento de sus salarios y, a cambio, el gobierno les prometió que los beneficios que pudieran lograr económicamente serían gravados con menores impuestos. Fue posible realizar el acuerdo porque mucho antes ya existía un cuerpo llamado Consejo Nacional Económico y Social, donde agricultores, hombres de negocios, empleados y gobierno estaban representados. Ese Consejo produjo muy buenos informes académicos sobre el problema que enfrentaba el país. Por haber estados trabajando junto a los líderes empresariales y las asociaciones sindicales, preparando estos informes con confianza, se logró que el acuerdo fuera posible. No hubiera sido factible saliendo de la nada. Si hubiéramos puesto repentinamente a todos en un lugar, mostrándoles lo que es aceptable hacer, no creo que hubiéramos podido pasar. Sucedió y fue creciendo naturalmente gracias a los estados previos de cooperación que hubo.

EL INSTRUMENTO RQFLEX PLUS® (MERCK, DARMSTADT, GERMANY), ES UNA BUENA ALTERNATIVA PARA SER USADO EN TERRENO.

Dr. Rodrigo Callejas

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 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 realizar su calibración respecto

a la analítica tradicional para la determinación de nitrato, potasio, calcio y magnesio en agua de riego. En forma general, se puede señalar que debido al alto coeficiente de determinación obtenido en las evaluaciones, es factible emplear este instrumento en terreno como herramienta para indicar la composición química del agua de riego.

DIPLOMADO FISIOLOGÍA DE LA VID Y MANEJO DE PARRONALES EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMI-ÁRIDAS.

En el mes de julio del 2007 y gracias a la ayuda del Ing. Agr. Enólogo y exAlumno del Diplomado, Sr. Sergio Toro, se dio inicio en la ciudad de La Serena a la tercera versión del conocido Diplomado en Uva de Mesa que ofrece la Universidad de Chile. Los asistentes en esta oportunidad son:

Lisardo Álvarez
Ricardo Baltra
Sr. Bastía Castillo
José Miguel Bauzá
Marcelo Castro
Manuel Contador
Sebastián Cortéz
Carolina Cruz
Rodrigo Díaz
Guillermo Flores
Andrés Fuenzalida
Eduardo Gálvez
Hernán Gándara
Christian Gisseleire
Cristián Heredia
Rodrigo Hernández
José Miguel Tapia
Constantino Kukulis
Felipe León
Yanett Maureira
Gonzalo Meza
Ricardo Miranda
Daniel Muñoz
Cristián Narea
Georg Polzenius
Marcelo Rojas
Daniel Saavedra
Jaime Toro
Cristián Venegas
Pablo Vera

METODOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA RADICAL. FIA-PI-C-2003-1-A-037

Dr. Rodrigo Callejas.

Dado el gran interés que hemos detectado, respecto de los métodos utilizados para evaluar el sistema radical en el marco del proyecto de raíces (FIA), a continuación se nombrarán y mostraran gráficamente cada uno de ellos.

1) Método del barreno: Es factible utilizar el barreno en la toma de muestra, solamente en suelos sin piedras (**Figura 2**). Se puede hacer un cálculo por volumen de suelo.

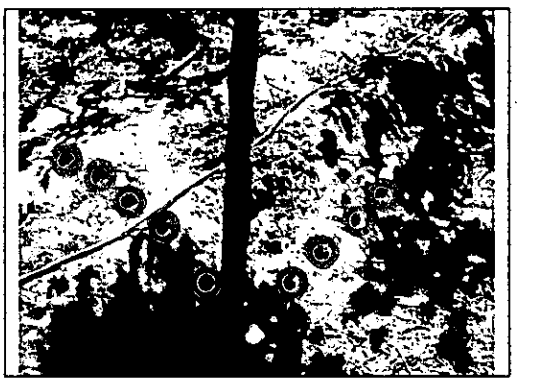


Figura 2. Método del barreno

2) Mapeo rápido en calicata. Permite registrar en forma rápida la distribución espacial de las raíces, sin mayores detalles (**Figura 3**). Este método es aconsejable en el proceso de control del riego, que comúnmente se realiza a nivel de campo.

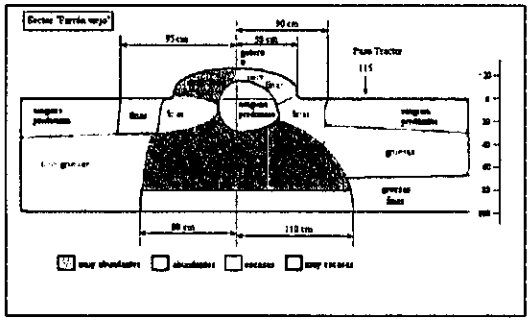


Figura 3. Mapeo rápido en calicata.

3) Mapeo detallado en calicata. Permite determinar con exactitud la cantidad y tamaño de las raíces, de acuerdo a una escala predeterminada, ubicadas en el perfil de suelo. Esta metodología es la más exacta y recomendada, al momento de evaluar los efectos de productos bioestimulantes aplicados al sistema radical. La información obtenida permite generar gráficos fáciles de entender (**Figura 4**).

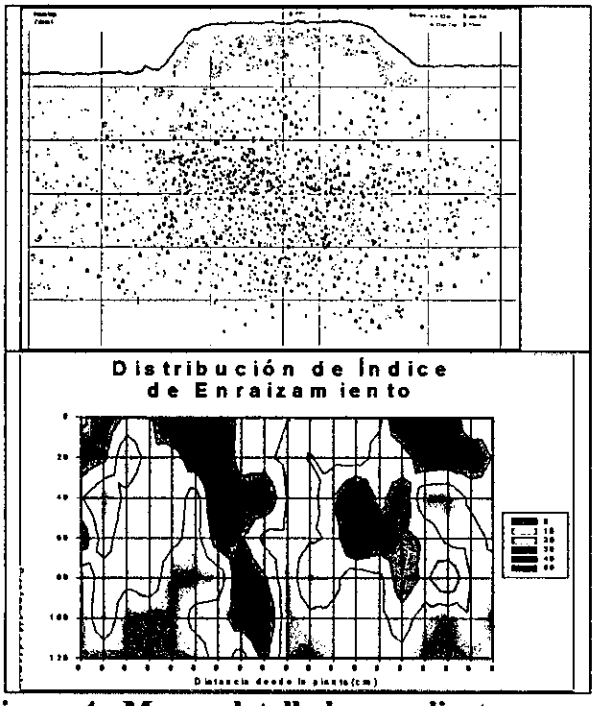


Figura 4. Mapeo detallado en calicata

4) Método de los monolitos. Factible de ser empleados en suelos de texturas medias y finas, sin la presencia de piedras. Permite estimar número de raíces o peso de ellas, respecto de un volumen determinado (**Figura 5**).

5) Empleo de jaulas de enraizamiento. Esta metodología involucra poda de raíces al ser instaladas las jaulas en el suelo. La experiencia nos señala que requiere de un gran número de repeticiones por plantas, dada la alta variabilidad de la información obtenida en cada una de ellas (**Figura 6**).

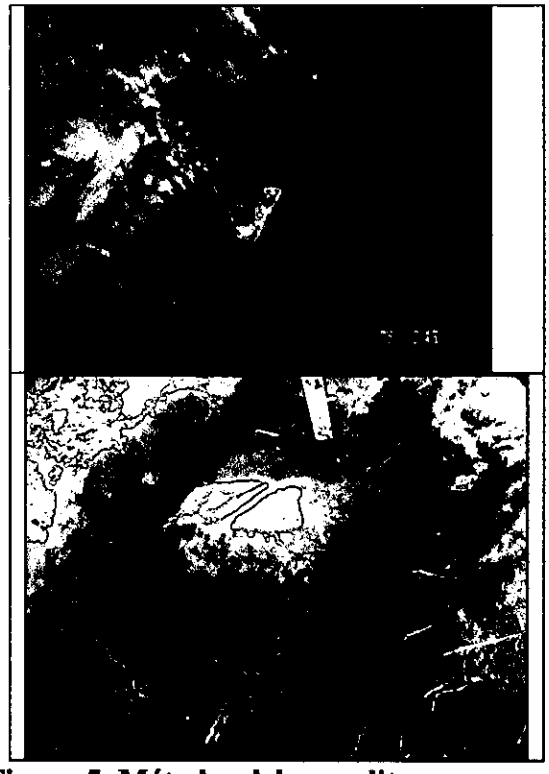


Figura 5. Métodos del monolito.

Es importante señalar que las conclusiones que se puedan generar al estudiar las raíces en el perfil de suelo, al realizar ensayos y probar técnicas de inducción de crecimiento de raíces, deben ser sistemáticamente evaluadas bajos los principios del método científico y no solamente por la apreciación visual del que cree ver algo diferente.

Finalmente, luego de 4 años de trabajo en esta área, gracias al financiamiento FIA,

la experiencia nos señala que es una labor lenta, sucia y con alta variabilidad en los resultados, pero que requiere de mayores estudios científicos para valorizar su aporte en el éxito de la producción frutícola.

Figura 6. Jaulas de enraizamiento.

VISITA DEL PROF. DR. JUAN VERA. CSIC, MURCIA, ESPAÑA. INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01

En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01; nos visitó en el mes de julio el Prof. Dr. Juan Vera, del CSIC, Murcia, España. Durante su estadía se visitaron los lugares de ensayo del proyecto de fertirrigación en la III Región, se reunió con productores tanto de la III como de la IV regiones y se realizaron reuniones con profesores y alumnos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Figura 7. Visita del Prof. Dr. Juan Vera. Reunión en terreno y seminario.

Novedades

En el mes de agosto se espera la visita del Prof. Dr. Adamo Rombola, Universidad de Bologna, Italia, en el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01.

CEVID, Boletín Técnico editado por el Centro de Estudio de la Vid
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Cecilia Peppi A.
Editores: Rodrigo Callejas R.; Cecilia Peppi; Carlos Benavides y Erika Kania K..
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

CEVID
Universidad de Chile

BOLETÍN TÉCNICO
CENTRO DE ESTUDIO DE LA VID

Volumen 3; Número 4 Octubre 2007

CONTENIDOS

1. **Editorial.**
2. **Visita del Prof. Dr. Adamo Rombolá. Universidad de Bologna, Italia. INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01**
3. **Visita del Prof. Dr. José García-Jiménez. Catedrático, Fitopatólogo del Instituto Agroforestal Mediterráneo de la Universidad Politécnica de Valencia.**
4. **Técnicas interpretativas del análisis foliar.**
   Erika Kania K. Ing. Agr. Estudiante de Doctorado. Universidad de Chile.
   Proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01
5. **Novedades.**

Editorial

Debido a que el inicio de esta nueva temporada se ha enmarcado en uno de los años más fríos de los últimos decenios, la gran mayoría de los productores del norte del país asumieron una posición activa frente a esta condición. Por un lado, implementaron medidas para control de heladas y por otro, retrasaron las aplicaciones de cianamida hidrogenada con el objetivo de demorar la brotación de las parras.

Si bien en una primera evaluación los daños han sido menores que los estimados, se debe esperar hasta fines de noviembre para definir posibles retrasos en las fechas de inicio de las cosechas y en consecuencia, cambios en las gestiones que realiza la industria al exportar.

VISITA DEL PROF. DR. ADAMO ROMBOLÁ UNIVERSIDAD DE BOLOGNA, ITALIA. INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01

En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01; nos visitó en el mes de agosto el Prof. Dr. Adamo Rombolá, experto en nutrición, viticultura y manejo de cubiertas vegetales de la Universidad de Bologna. Durante su estadía se visitaron los lugares de ensayos

del proyecto de fertirrigación en la III Región, se reunió con productores tanto de la III como de la IV Región **(figuras 1 y 2)** y se realizaron reuniones con profesores y alumnos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Figura 1. Visita del Prof. Dr. Adamo Rombolá. Seminarios.

Los principales tópicos abordados en su visita fueron: nutrición con énfasis en las deficiencias de hierro y zinc, importancia del silicio en la planta, uso de cubiertas vegetales para un manejo más integral de la nutrición y algunos antecedentes del comportamiento de los patrones para vides.

En sus últimos días en Chile, se visitaron viñas en la Región Metropolitana

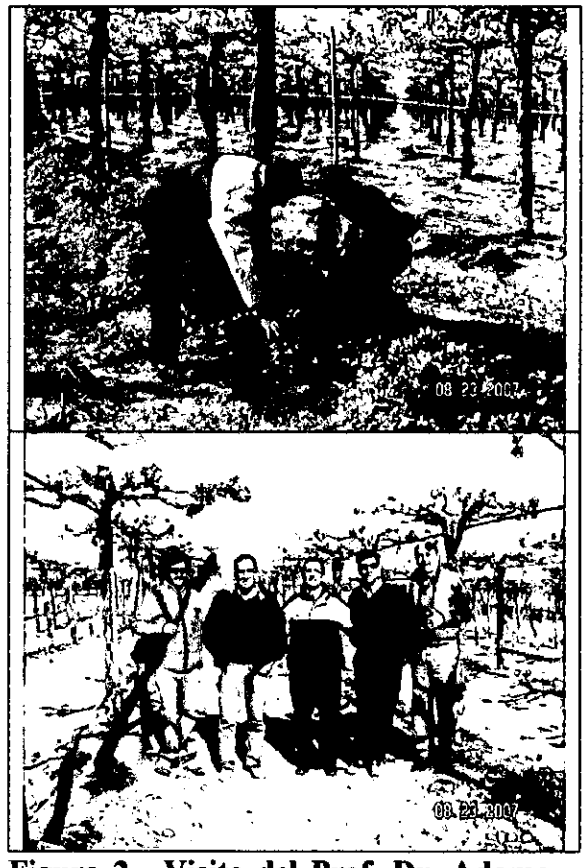


Figura 2. Visita del Prof. Dr. Adamo Rombolá de los ensayos de campo.

VISITA DEL PROF. DR. JOSÉ GARCÍA-JIMÉNEZ. INSTITUTO AGROFORESTAL MEDITERRÁNEO, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.

En el marco de las actividades de investigación del Prof. Jaime Montealegre y las clases del diplomado "Fisiología de la vid y manejo de parronales en zonas áridas y semi-áridas", visitó el país el Profesor Dr. García-Jiménez experto en enfermedades de la madera en viñedos.
Durante su visita a la ciudad de La Serena, dicto un seminario y visitó parronales de la zona **(Figura 3).**

Figura 3. Profesor Dr. García-Jiménez (al fondo) junto a profesores de la Universidad de Chile y participantes del Diplomado.

TÉCNICAS INTERPRETATIVAS DEL ANÁLISIS FOLIAR.

Erika Kania K. Ing. Agr. Estudiante de Doctorado Universidad de Chile.

Proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01

Un número importante de metodologías para el diagnóstico de la nutrición vegetal han sido implementadas desde que los agricultores comenzaron a utilizar el análisis de tejidos, sin embargo, cada una de ellas tienen ventajas, debilidades y desventajas.

Como una respuesta parcial a los problemas propios de cada método una técnica interpretativa alternativa, el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), ha ganado gran reconocimiento. El método DRIS usa índices para cada nutriente, obtenidos de la media aritmética de funciones calculadas considerando las relaciones de todas las parejas de elementos en las que interviene el elemento considerado. Estas relaciones están elegidas de tal manera que su variación con la edad de la hoja sea mínima, por lo que aunque normalmente son el cociente entre los elementos, pueden ser también el producto. En el cálculo de las funciones interviene el coeficiente de variación de la norma de la relación entre los elementos. Si este coeficiente de variación es bajo indica que los elementos están bien relacionados fisiológicamente y la función tendrá mucha repercusión en los cálculos de los índices. Por el contrario, si el coeficiente de variación es elevado ambos elementos tendrán poca relación y su influencia en el índice será mínima. El rendimiento del cultivo se relaciona adecuadamente con la sumatoria de todos los índices en valor absoluto, por lo que esta sumatoria se considera un índice de la producción y es representativo del balance global de todos los nutrientes implicados en la nutrición de la planta. Se demuestra que un buen balance, es más importante a la hora de obtener elevadas producciones que mantener cada nutriente individual en un nivel adecuado.

Después del establecimiento de las normas DRIS, se calcula un índice para cada nutriente que fluctúa entre valores positivos y negativos. Esencialmente el índice de un nutriente corresponde a la media de la desviación desde el óptimo que son los valores de las normas. Valores negativos del índice DRIS nos indican que el nivel del nutriente esta bajo lo óptimo. Consecuentemente entre más negativo sea el índice, más deficiente es el nutriente. De esta manera un índice DRIS positivo nos indica que el nivel de el nutriente esta por sobre lo óptimo. Un índice DRIS igual a cero nos indica que el nutriente esta en el nivel óptimo. La metodología DRIS también calcula un índice general, que es la sumatoria de los valores absolutos de los índices de cada nutriente, llamado índice del balance de nutrientes (IBN-DRIS). Entre más cercano a cero el valor del IBN-DRIS,

menos desequilibrio existirá entre los nutrientes.

Posteriormente al DRIS aparece la técnica CND desarrollada en Canadá. Esta utiliza la misma base de datos desarrollada para DRIS pero difiere en su cálculo. Con ella también se calculan índices individuales para cada nutriente pero usando su relación respecto a la media geométrica, G, de todos los nutrientes y componentes del material vegetal. Además, considera un parámetro R que representa el resto de los elementos no considerados en el análisis.

Esta técnica también ha demostrado ser menos dependiente de la fecha de muestreo del análisis foliar.

En la actualidad y en el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, se están generando las normas foliares para la zona norte del país, de manera de poder implementar el sistema de interpretación en la producción de uva de mesa.

Novedades

Para el mes de enero del año 2008 se estima el comienzo de las actividades del CENTRO TECNOLÓGICO DE FRUTICULTURA DE LA TERCERA REGIÓN, gracias al esfuerzo conjunto entre productores, INNOVA CORFO y la Universidad de Chile.

CEVID, Boletín Técnico editado por el Centro de Estudio de la Vid
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Cecilia Peppi A.
Editores: Rodrigo Callejas R.; Cecilia Peppi y Erika Kania K.
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

CEVID
Universidad de Chile

BOLETÍN TÉCNICO
CENTRO DE ESTUDIO DE LA VID

Volumen 4; Número 1 Enero 2008

CONTENIDOS

1. **Editorial.**
2. **La necesidad de clasificar la uva de exportación, bajo parámetros objetivos.**
   Dra. María Cecilia Peppi
   Dr. Rodrigo Callejas
3. **SAPITO: Sistema sencillo de control del riego.**
   INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01
   Dr. Rodrigo Callejas.
4. **Novedades.**

Editorial

Todos los años nos enfrentamos a las mismas labores que realizamos en los parronales y centrales de embalajes ("packing"), reviviendo un sin número de falencias que tiene el sistema exportador y que arrastramos año a año.

En verano el turno le toca a los procedimientos de cosecha, siendo evidente que la industria de la uva de mesa requiere de estándares y sistemas objetivos para caracterizar los parámetros de calidad de la fruta, de manera que la clasificación de lo exportado sea ecuánime y basado en el método científico.

Es necesario descartar, el "parece que funciona"; "color verde copiapino", "rojo burro", "racimos con buenas piernas para el viaje" o "nos fue mal, ya que para un mismo calibre, parece que este año las bayas pesaron menos".

De la misma forma y para maximizar las utilidades de la industria, se requiere en forma urgente de un sistema de segregación de fruta que permita decidir entre uva de venta rápida, de guarda y no exportable.

Lo anteriormente planteado, nos impone una gran tarea a toda la industria, dejando en claro que estamos lejos de lograr el objetivo de ser una potencia alimentaria.

LA NECESIDAD DE CLASIFICAR LA UVA DE EXPORTACIÓN, BAJO PARÁMETROS OBJETIVOS.

Dra. María Cecilia Peppi
Dr. Rodrigo Callejas

La mítica Torre de Babel ejemplifica la necesidad de tener un mismo idioma para lograr las grandes empresas que se propone una nación. Es así como la seriedad de una industria productora de alimento y la inserción en un mundo globalizado, obliga a los diferentes actores a manejar un mismo lenguaje para entenderse. Si bien existe en la uva de mesa un concepto de calidad exportable, hay que considerar que los parámetros que se utilizan para su clasificación, salvo por el tamaño de bayas (calibre), sólidos solubles y acidez, en su gran mayoría son estimaciones subjetivas basadas en la apreciación del encargado de campo, cosecheros, seleccionadoras o controles de calidad.

La firmeza se ha señalado como factor fundamental que limita la vida de post-cosecha, pero aún se habla de bayas "blandas", "de poca consistencia", "firmes", etc. sin números que definan estos conceptos. Dadas las características visco-elásticas de frutos relativamente blandos como la uva, las mediciones más adecuadas de este parámetro tienen mayor relación con la deformación que con las pruebas de ruptura de las bayas. Nuestros estudios preliminares señalan que es factible segregar fruta en forma objetiva adaptando y calibrando equipos disponibles en el mercado.

La intensidad y uniformidad del color de las bayas es uno de los aspectos más importantes para los consumidores (**Figura 1**). Como las antocianinas son los pigmentos responsables del color en uvas, es común medir su nivel y/o composición para evaluar el color. Si bien la intensidad del color es útil para describir uvas para vinificación y vinos, en uva de mesa la gama de colores es mucho más amplia y la intensidad del color no es suficiente como información. En el caso de uvas de mesa rojas es necesario definir los distintos tonos a igual que en las blancas (**Figura 2**). Además, en estas últimas no hay antocianinas, por lo tanto medir directamente el color es la única alternativa de clasificación objetiva. Se ha señalado la medición con colorímetro de L*, C* y h° como la más conveniente para la evaluación del color de frutas; además, es más simple, rápida y precisa que el análisis de antocianinas, las cuales no presentan una relación lineal con el color.

Por otra parte, aún no se han desarrollado instrumentos que permitan pronosticar el nivel de desgrane en la cosecha, realizándose para esta labor acciones como soltar racimos desde una altura determinada o agitar los racimos para promover la caída de las bayas.

De la misma forma no existe un lenguaje común acerca de qué es un "buen raquis". Su calidad está determinada por su grosor, flexibilidad, color y resistencia a deshidratación. En la actualidad su clasificación es subjetiva y depende de la experiencia del cosechero o clasificador en la línea de embalaje.

Adicionalmente, a pesar que el pronóstico de cosechas no es un factor de calidad, sí incide sobre ella, siendo imprescindible tener un sistema eficiente que permita la anticipación de los eventos (por ejemplo, antes de ajuste de carga). La variación de la forma y calidad de los racimos y el desarrollo de la baya (peso a término) pueden afectar drásticamente el éxito de una unidad productiva.

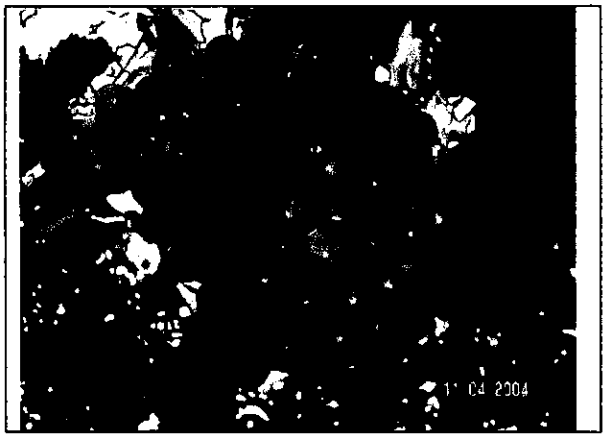


Figura 1. Racimo de Flame en torno a la pinta.

Figura 2. Racimo de Sultanina disparejo en sus granos de uva y color ámbar de las bayas.

SAPITO: SISTEMA SENCILLO DE CONTROL DEL RIEGO. INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01

Dr. Rodrigo Callejas.

Todo productor se hace 2 preguntas claves respecto de su sistema de riego: 1) ¿Se riega realmente las horas necesarias y de acuerdo a lo estipulado previamente? y 2) ¿La descarga de los goteros es la óptima, o en otras palabras, es adecuado el coeficiente de uniformidad del sistema?

La primera pregunta apunta a la necesidad de controlar a quienes ejercen las labores de ejecución de los riegos y la segunda, a definir problemas graves de los sistemas de riego, lo que obligaría a invertir sí o sí en las mejoras que sean necesarias.

En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, se diseñó **SAPITO**, aparato sencillo conformado por un pluviómetro y un sistema de registro instantáneo de datos (**Figura 3**).

Figura 3. Equipo denominado SAPITO y forma de evaluar en terreno la descarga de los goteros.

En la práctica el pluviómetro móvil ha permitido determinar problemas específicos en sectores de riego (**Figura 4**), definiendo las causas del comportamiento singular de grupos de plantas. En otros casos, se han definido importantes diferencias en los coeficientes de uniformidad de los sistemas de riego, los cuales debieran ser reparados a la brevedad, tanto por

necesidades agronómicas, como por la necesidad de ser eficientes en el uso del agua y fertilizante, de manera de responder a los requerimientos de la producción integrada de fruta de exportación.

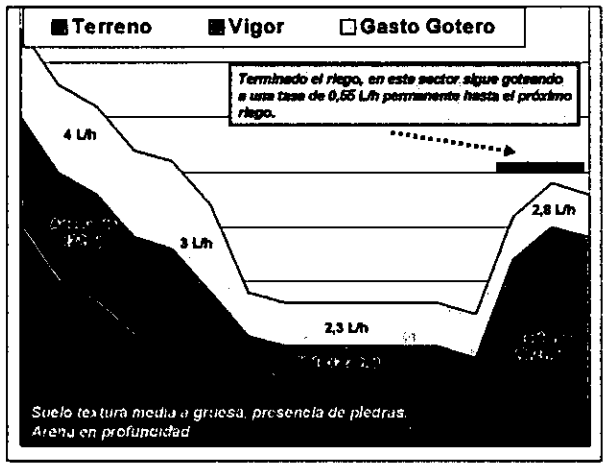


Figura 4. Ejemplo de información obtenida al evaluar con el equipo SAPITO.

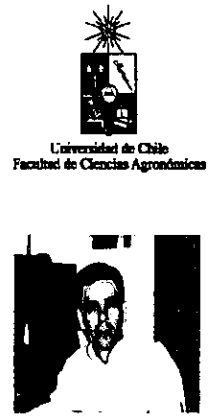
Novedades

Al cierre de las postulaciones al Magíster de Fruticultura 2008, ya son 12 los alumnos inscritos para el semestre de invierno de este año.

CEVID, Boletín Técnico editado por el Centro de Estudio de la Vid
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Cecilia Peppi A.
Editores: Rodrigo Callejas R.; Cecilia Peppi y Erika Kania K.
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

Cuadro 10. Artículos de Extensión Centro de Estudio de la Vid.

Título del documento	Nombre del archivo digital
LA RAÍZ DE LA VID: ¿CÓMO PODEMOS OBSERVAR EL CRECIMIENTO DE RAICES?	ARTÍCULO Rhizotron y Minirizotron
CONSIDERACIONES EN LA DETERMINACIÓN DE UN PROGRAMA DE NUTRICIÓN, EN PARRONES DEBILITADOS DE UVA DE MESA	ARTÍCULO Parrón debilitado reservas
FERTILIZACIÓN FOLIAR: ¿CUÁNDO SE JUSTIFICA O DEBEMOS PREVER EL USO DE FERTILIZANTES FOLIARES?	ARTÍCULO Uso de Fertilizantes foliares
LA PÉRDIDA DE LA FERTILIDAD FÍSICA DEL SUELO EN PARRONES DE UVA DE MESA.	ARTÍCULO Pérdida Fertilidad Física
WET SENSOR: EXPERIENCIA PRÁCTICA EN EL CONTROL DE HUMEDAD Y CONTENIDO DE SALES DEL SUELO, EN HUERTOS FRUTALES	ARTÍCULO Wet Sensor
REFLEXIONES EN TORNO AL USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO Y FERTILIZANTES EN PARRONALES: EL NITRÓGENO COMO UN ESTUDIO DE CASO EN UN SUELO DE TEXTURAS GRUESAS.	ARTÍCULO Reflexiones en torno al uso del agua



LA RAÍZ DE LA VID: ¿CÓMO PODEMOS OBSERVAR EL CRECIMIENTO DE RAICES?

Rodrigo Callejas R.
Dr.sc.agr. Universidad de Chile.

José Tomás Wieczorek V.
Lic. Cs. Agr. CEVID. U. de Chile

José Ignacio Covarrubias P.
Ing. Agr. M. Sc. CEVID. U. de Chile.

Resumen

El potencial productivo de las vides normalmente se ha tratado de relacionar con el desarrollo de la parte aérea de la planta, generando históricamente un gran número de estudios para dicha parte del sistema, la parte visible, dejando de lado el estudio y la observación práctica del comportamiento de las raíces. Tener una visión clara de las raíces resulta esencial, ya que son el principal factor en el balance de carbohidratos de la vid; proveen de agua y nutrientes necesarios para crecimiento aéreo y fructificación y recogen señales positivas o negativas desde el suelo que son transmitidas bioquímicamente a la parte aérea, con repercusión en la fruta. Entonces, es fundamental tener la capacidad de verificar la actividad radical, estimar volumen de raíces, su calidad y su localización en el suelo, de manera de interpretar de mejor forma el comportamiento de una unidad productiva. En el marco del los proyectos FIA-PI-C-2003-1-A-037 y posteriormente INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01; se crearon y validaron sistemas de evaluación del crecimiento del sistema radical en vides, los cuales se encuentran disponibles para ser utilizados por los productores.

Palabras claves: rizotrones, minirizotrones, uva de mesa, sistema radical.

Introducción

Debido a la existencia de un "equilibrio funcional" entre la parte aérea y el sistema radical (Van Noordwijk y Willigen, 1987), y que la productividad de los parronales no se explica simplemente por las condiciones de suelo y la nutrición, es fundamental profundizar el conocimiento de esta parte de la vid (Callejas y Benavides, 2006) y paralelamente, transferir a los productores metodologías simples y de uso práctico, que les permitan avanzar en este camino.

Se ha determinado que si en la práctica se conoce el patrón de crecimiento anual de las raíces de un parronal, es posible ser más eficiente en el manejo de esta especie, ya que se tendrá una importante herramienta para enfrentar algunas decisiones fundamentales, tales como:
a) Tomar decisiones frente al momento en que se deben aplicar los fertilizantes durante la temporada; principalmente tomando en cuenta que en la actualidad se están utilizando productos solubles vía riego tecnificado.
b) Tomar decisiones frente al momento en que se deben aplicar los nematicidas, aspecto cada vez más importante y crítico en el país.
c) Tomar decisiones frente a la aplicación de pesticidas al suelo para el control de insectos, enfermedades, etc.
d) Tratar de entender la relación que existe entre el desarrollo vegetativo y de la fruta, con el crecimiento de la raíz durante la temporada, lo que permitiría obtener mejores conclusiones en torno a la búsqueda de un manejo óptimo para los parronales.

Debido a las dificultades que presenta el estudio "in situ" del sistema radical, son requeridas técnicas especiales para investigar la arquitectura, enraizamiento, crecimiento anual y mortalidad de las raíces (Böhm, 1979). Frente a esta necesidad y en el marco del proyecto FIA-PI-C-2003-1-A-037, llevado a cabo en la III Región del país, "Desarrollo de un modelo del crecimiento y una metodología de evaluación de las raíces de la vid, a nivel de campo, como base para el incremento sustentable de la productividad de los parronales de uva de mesa", se probó el uso de cámaras tradicionales de observación o rizotrones, con el objetivo de realizar el seguimiento anual del crecimiento de raíces.

En este artículo, se entregará la información necesaria para que los productores puedan construir y probar en terreno el uso de cámaras de observación tradicionales y variaciones del modelo inicial (minirizotrones; INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01), proponiendo cambios destinados a mejorar la utilización de esta herramienta.

Aspectos generales

Los primeros estudios realizados con cámaras de observación con pared de vidrio las realizó el investigador alemán J. Sachs en el año 1873, de acuerdo a Böhm (1979). Esta nueva técnica fue mejorada para la observación de raíces en suelos no disturbados por McDougall (1916, citado por Böhm, 1979). Posteriormente, la metodología se fue adaptando a cada cultivo, llegándose a construir verdaderos laboratorios subterráneos para la observación continua del sistema radical (Soileau *et al.*, 1974).

En general, los rizotrones están destinados a la observación de perfil vertical del suelo a través de un vidrio, en donde es posible, si existe crecimiento radical, observar y cuantificar esta estructura de la planta (**Figura 1**).

La exposición de las raíces a la luz debe ser evitada ya que reduce el crecimiento de ellas, induce la suberización y deprime el desarrollo lateral. Sin embargo, Böhm (1979) señala que debido al corto tiempo a que son expuestas las raíces a la luz en la observación en rizotrones, no se ha observado, en la mayoría de los casos, una negativa influencia sobre la expresión de crecimiento del sistema radical. Los importantes avances en el conocimiento del sistema radical con esta metodología, obtenidas en numerosas investigaciones a nivel mundial, permiten concluir que los rizotrones son una herramienta eficiente, para el estudio a nivel de campo del sistema radical.

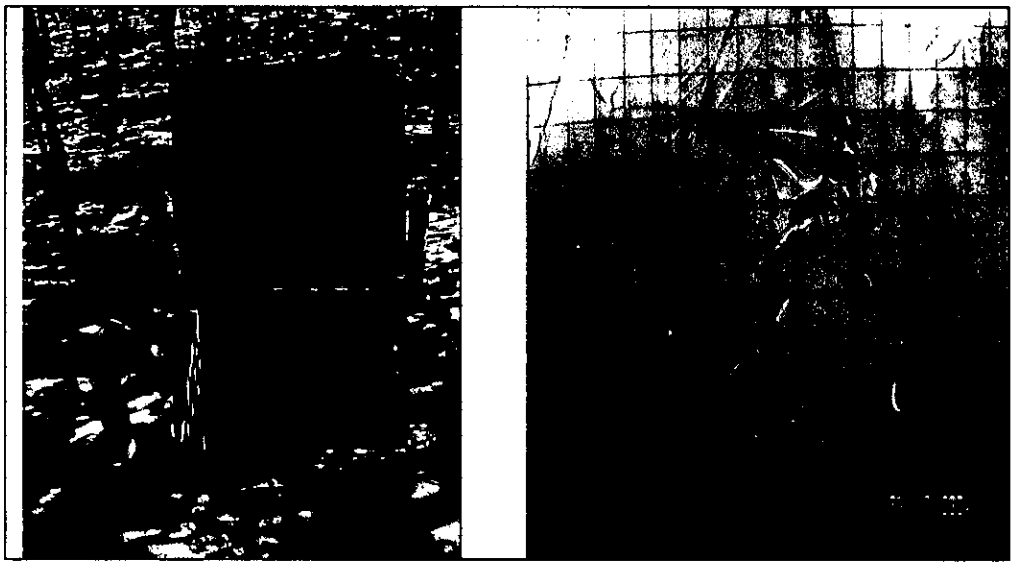


Figura 1. Foto izquierda; vista general de una cámara de observación o rizotron, instalado en un parronal. Foto derecha, pared de vidrio que permite la observación de raíces.

Construcción y uso de rizotrones

Con el objetivo de implementar esta metodología de observación y seguimiento del crecimiento del sistema radical en parronales, a continuación se explicará cómo construir, instalar y utilizar esta técnica.

Rizotrón tradicional

Dimensiones e instalación: los rizotrones, son cajones de madera u otro material, que en uno de sus lados (el más cercano a la planta) lleva un vidrio sobre el cual se halla un cuadriculado, a través del cual se ven las raíces (**Figura 2**). Las dimensiones del cajón (rizotrón) deben ajustarse al tamaño del vidrio, el cual debe ser de 100 x 100 cm x 8 mm de espesor (este grosor es debido a la gran presión que ejerce el suelo sobre el vidrio). Habitualmente no es necesario que el cajón tenga fondo, pero se aconseja que las paredes estén forradas para evitar el desmoronamiento del suelo. Adicionalmente, se debe fabricar una tapa, forrada en el interior con un plástico negro para evitar la entrada de luz (**Figura 3**).

Uno de los puntos críticos es la instalación del vidrio contra la pared que se utilizará para observar las raíces. Para esto, es fundamental dejar esa pared lo más nivelada y lisa posible para proceder a adosar el vidrio en ella. Con el objetivo que todo quede perfectamente en contacto y evitar los bolsones de aire, se puede utilizar arena fina para rellenar los espacios que quedan entre el vidrio y la pared del suelo.

Una vez instalado el rizotron, el vidrio también debe estar cubierto por un plástico o paño negro, el cual solo se saca en los momentos en que se realizan las mediciones (**Figura 3**). Se recomienda antes de instalar los rizotrones en el suelo, pintar la estructura y forrar con plástico la parte externa de las maderas que queda en contacto con el suelo. De esta manera se evitará la pudrición de la estructura.

El vidrio del rizotrón se debe cuadricular a 2,5 x 2,5 cm utilizando un lápiz o plumón de pintura. Se recomienda no utilizar plumones de tinta, ya que a pesar de ser indelebles, con la humedad se borran rápidamente.

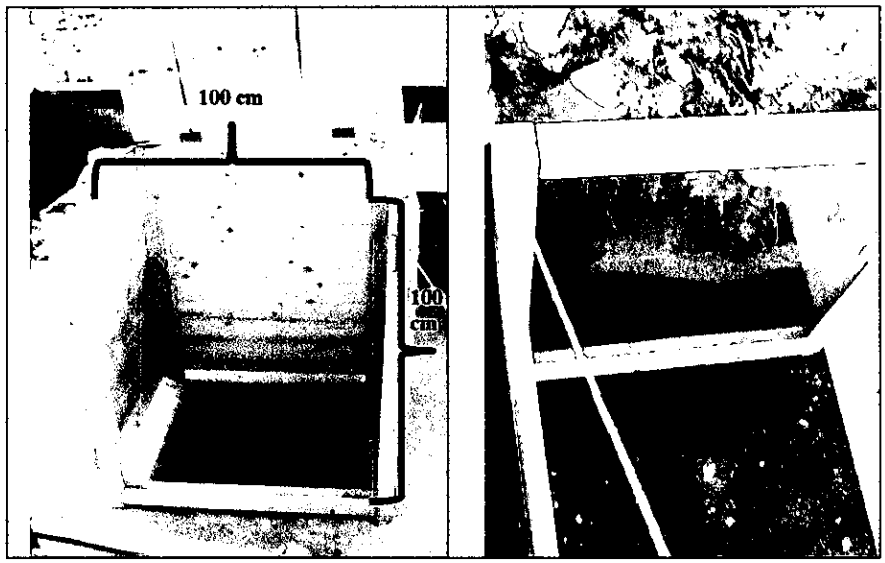


Figura 2. Foto izquierda, estructura y dimensiones de un rizotron. Foto derecha, vista de un rizotron recién instalado.

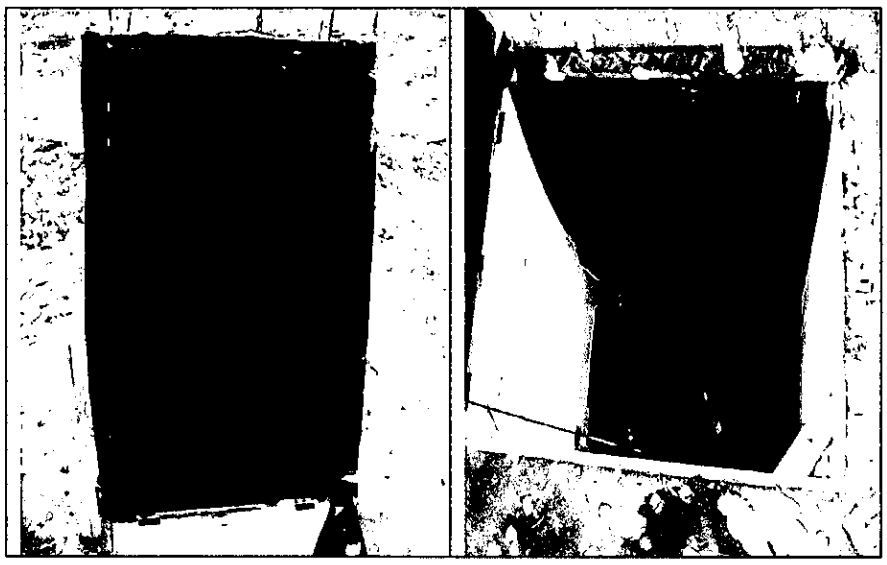


Figura 3. Foto izquierda, plástico negro en la tapa del rizotron. Foto derecha, vista del vidrio tapado con plástico negro.

En el Cuadro 1 se presenta en detalle un presupuesto de los materiales requeridos para llevar adelante la construcción de un rizotrón tradicional, de buenas cualidades para la observación de raíces.

Ubicación en el terreno. Los rizotrones deben instalarse en la sobre hilera (para evitar el paso de la maquinaria principalmente) a unos 20 a 30 cm del cuello de la planta (**Figura 4**), permitiendo tener una visión mas certera de lo que esta ocurriendo con las raíces. Una vez hecha la calicata, se procede a colocar la estructura con el lado del vidrio mirando hacia la planta, asegurándose que la tapa quede a ras de suelo, de manera que no interfiera con las labores de manejo (poda, regulación de la carga, manejo del follaje, cosecha, etc.).

Cuadro 1. Presupuesto estimado para la construcción de un rizotrón.

TABLAS 1 X6"	100 cm	4	1886	7544
TABLAS 1 X6"(tapa)	1,15 cm	3	1886	5658
clavos 2"		1	483	483
clavos 3"		1	483	483
clavos 4"		1	483	483
visagras 3 x 3 "		2	529	1058
porta candado 4 x1/2"		1	1021	1021
paño o plástico		1	1000	3000
tarugo madera 1" x 91cm		1	640	640
silicona		1	2312	2312
pistola silicona		1	752	752
candado		1	3450	3450
lápiz pintura		1	1200	1200
vidrio 100x100x8mm		1	21600	21600
TOTAL				58486

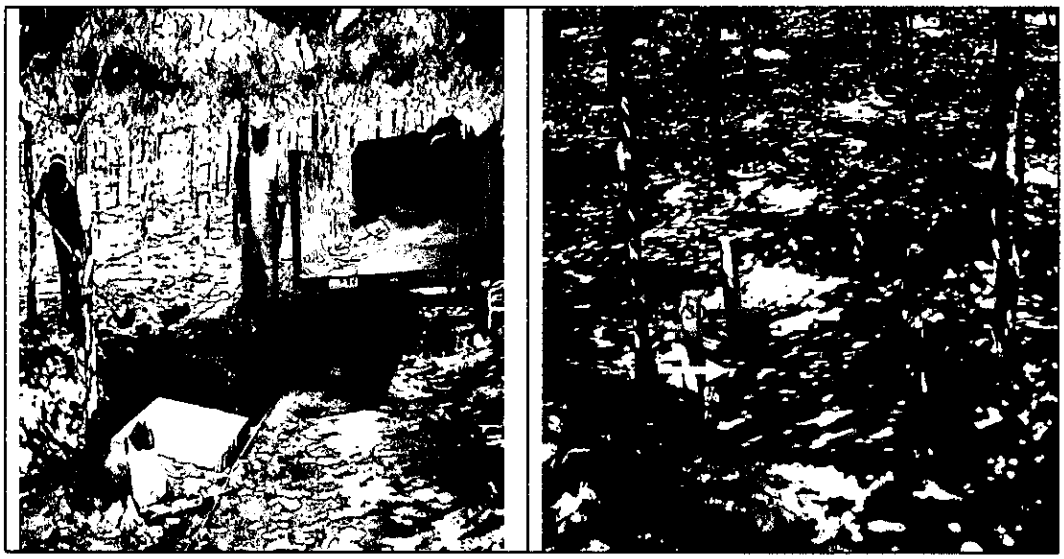


Figura 4. Ubicación del rizotrón en terreno

Metodología de evaluación

Las mediciones se realizan contando el número de intersecciones entre las raíces nuevas (blancas) y el cuadriculado del vidrio (**figuras 5 y 6**). Además, hay que tener en consideración no contar las raíces que ya fueron medidas, por lo que se sugiere utilizar plumones de dos o más colores para ir alternándolos entre evaluaciones.

Figura 5. Proceso de registro de crecimiento de raíces.

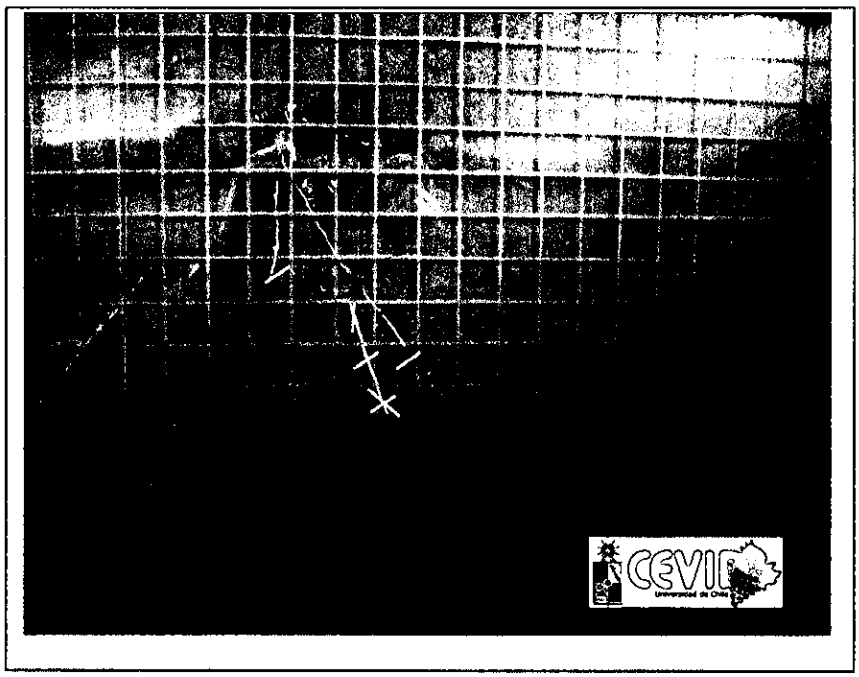


Figura 6. Marcas de intersecciones en el vidrio del rizotrón.

Las mediciones pueden realizarse cada semana en los periodos de mayor actividad (primavera verano) y cada 15 días en otoño, para bajar la intensidad a 1 vez al mes en invierno. Sin embargo, la experiencia obtenida en el proyecto FIA-Raíces indica que en la III Región el crecimiento en invierno no se detiene, por lo que la frecuencia de evaluación debe ser ajustada en el período de receso al comportamiento de cada planta según la zona.

Una simple gráfica de los datos obtenidos, permite visualizar los períodos de mayor crecimiento de las plantas bajo observación (**Figura 7**).

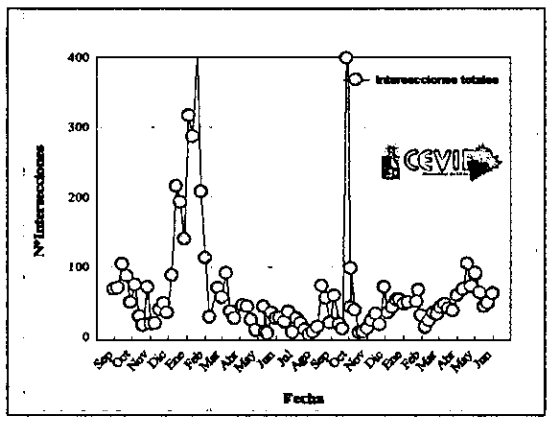


Figura 7. Número de intersecciones de raíces.

Para obtener información más detallada, se pueden marcar diferentes secciones del vidrio, de manera que las gráficas permitan una mejor interpretación del comportamiento del sistema radical. Normalmente estas separaciones se realizan por profundidad o en respuesta a diferentes clases texturales dentro del perfil (**Figura 8**). De igual forma y si se requiere, se pueden instalar termómetros de pincha para registrar la temperatura de suelo. Para esto y con la ayuda de un taladro, se procede a realizar un orificio en una de las caras de madera del rizotrón (**Figura 9**).

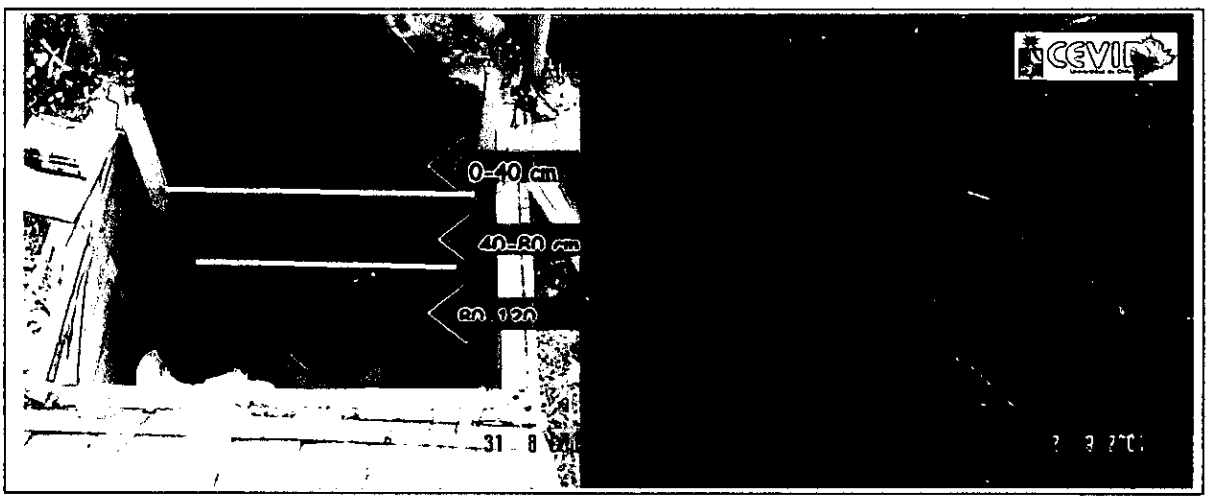


Figura 8. Evaluación del sistema radical a distintas profundidades.

Adicionalmente, utilizando la información de número de intersecciones, se pueden obtener las curvas de crecimiento de raíces durante la temporada, o calcular el largo de la raíz, utilizando la metodología propuesta por Böhm (1979), donde:

Largo de la Raíz = 0,786 x número de intersecciones medidas x unidad del cuadriculado (cm)

Otra forma de estimar el largo de las raíces y que es utilizada principalmente en laboratorio, es emplear la metodología propuesta por Newman (1965), utilizando la fórmula:

$$R = \frac{Pi \times N \times A}{(2 \times H)}$$

Donde: R es la longitud de raíces (cm), N es el número de intersecciones con el cuadriculado, A es el área del vidrio del rizotrón (cm^2) y H es la longitud total de líneas del cuadriculado (cm).

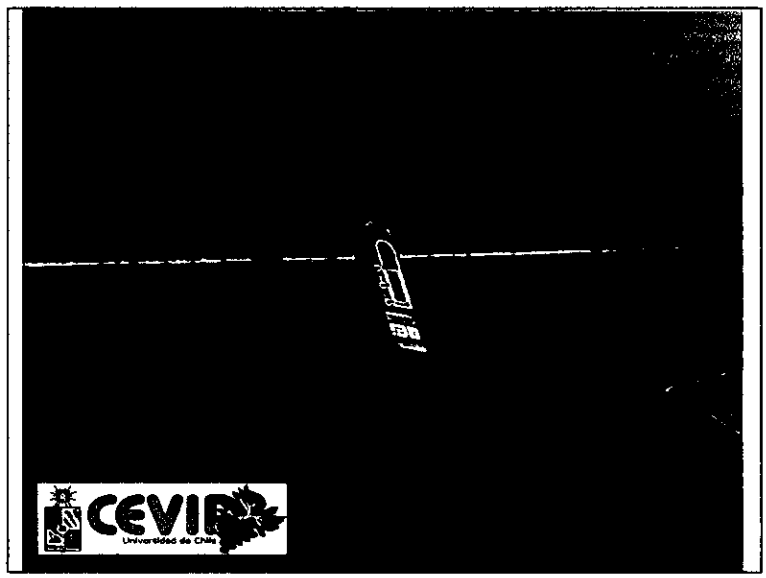


Figura 9. Evaluación de la temperatura de suelo en una de las caras del rizotrón

Minirizotrón

El objetivo principal del uso del "minirizotrón", es monitorear durante la temporada el crecimiento de raíces en la parte superficial del suelo, detectar problemas como ataques de nematodos y estimar la intensidad del crecimiento en lugares específicos, a través de una metodología rápida, sencilla y práctica. En este caso el registro del crecimiento se realiza a ojo desnudo (observación visual) o a través de una foto digital (recomendado, **Figura 10**).

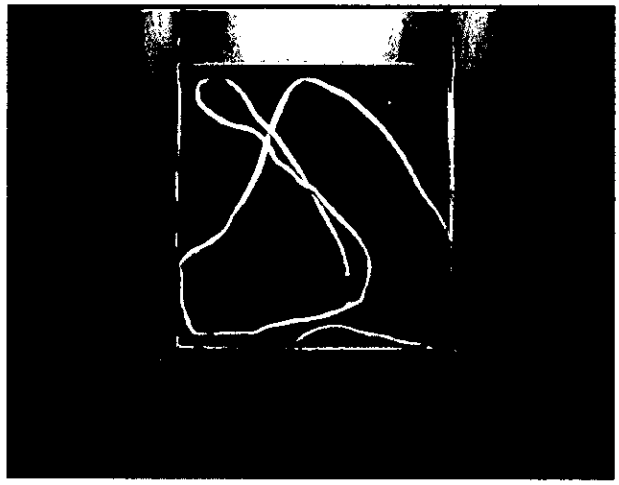


Figura 10. Simulación de la imagen que se toma en el minirizotrón. En la foto se visualiza un cordón para comprobar la claridad del contraste de colores entre una raíz y el suelo.

Fabricación. Se utilizan tableros contrachapados de madera, pintados por dentro de color negro, un vidrio, una fuente de luz, una plataforma para posar la cámara fotográfica y una placa metálica que impide el impacto de la luz que emite el foco hacia la cámara fotográfica, de manera de obtener una foto de buena calidad.

Dimensiones e instalación: Uno de los lados del "minirizotrón" (el más cercano a la planta), tiene un vidrio de 8 mm, a través del cual se ven las raíces. Las dimensiones del cajón deben ajustarse al tamaño del vidrio. Se debe fabricar una tapa forrada en el interior con un plástico negro, para evitar la entrada de luz y la pudrición de la madera. (**Figura 11 y 12**).

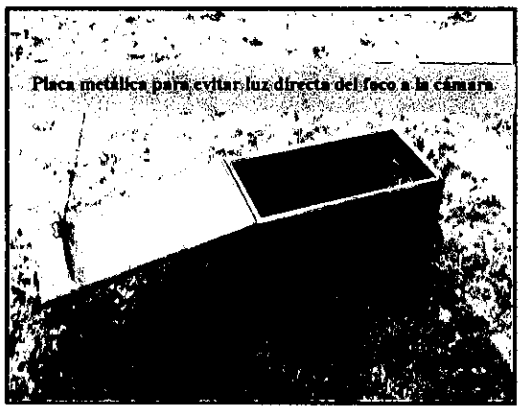


Figura 11. "Minirizotrón" con la tapa abierta.

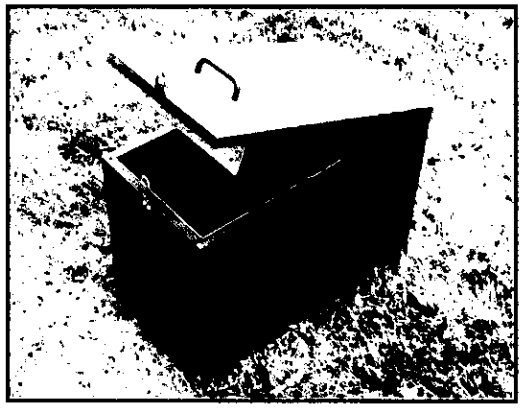


Figura 12. Vista frontal del implemento.

El cajón tiene 55 cm de largo, 35 cm de profundidad y 25 cm de ancho (**Figura 13**). El vidrio, que permite tomar la foto del perfil, es de 25 x 25 cm x 8 mm de espesor y se ubica en el extremo del cajón más cercano a la planta. La plataforma sobre la cual se posa la cámara fotográfica tiene una altura de 10 cm para que la foto salga centrada y se ubica en el extremo opuesto al vidrio (**Figura 14**). La fuente de luz se ubica fijada a la tapa del cajón apuntando hacia abajo, es decir, ilumina el vidrio desde arriba, pero sin darle luz directa a la cámara. La placa metálica tiene 7 cm de largo por 25 cm de ancho y se ubica próximo a la fuente de luz, tapando la incidencia de esta hacia la cámara fotográfica (Figura 12).

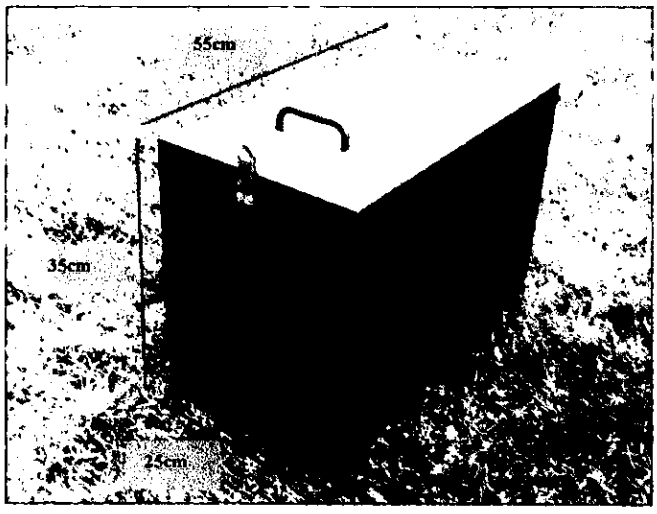


Figura 13. Dimensiones del minirizotrón.

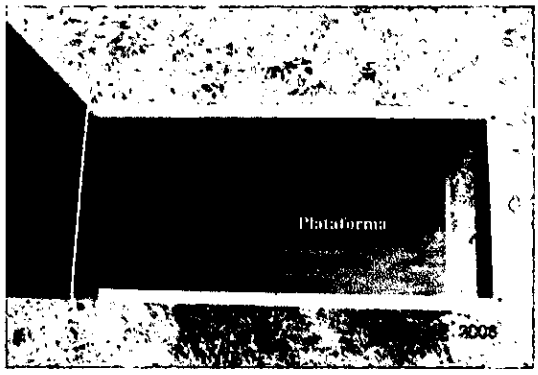


Figura 14: Plataforma para posar la cámara en lado opuesto al vidrio.

Se recomienda que antes de instalar los "minirizotrones" en el suelo, se pinten o se forren en plástico, ya que esto ayudará a evitar la pudrición de la madera. El costo aproximado del "minirizotrón" es de US$ 55.

El "minirizotrón", al igual que el "rizotrón tradicional", debe ser instalado en la sobrehilera (para evitar daños por el paso de la maquinaria) a unos 20-30 cm del cuello de la planta, lo que nos permitiría tener una visión mas certera de lo que está ocurriendo con las raíces, (también se pueden instalar "minirizotrones" anexos en la entrehilera, por un costado de la planta). Para instalarlos, se debe realizar un hoyo de tal manera que el cajón quede con el lado del vidrio mirando hacia la planta y la tapa quede al nivel de la superficie del suelo (**Figura 15**).

Figura 15. Disposición del minirizotrón en el suelo y fotografía del crecimiento de raíces.

Metodología de evaluación

Tal como se señaló al inicio, este aparato puede ser utilizado por una parte, para observar si se produce o no crecimiento de raíces en la parte superficial del suelo y por otro lado, para realizar seguimientos más específicos y sistemáticos con una cámara digital. En este caso, es recomendable ajustar el lente y *zoom* de la cámara al tamaño del vidrio, de manera que la foto contenga la totalidad de la imagen, del mayor tamaño dentro de la foto y con la mejor calidad posible. El análisis de las fotografías se realiza a través de la observación visual en oficina o utilizando un software (en etapa de prueba), que permite calcular longitud de raíces por volumen de suelo fotografiado. Además y en el caso de usar el vidrio cuadriculado, se puede realizar el mismo conteo de raíces efectuado con el rizotron tradicional, pero en este caso en forma directa en la foto. Posteriormente se pueden aplicar las metodologías de Böhm (1979) o Newman (1965).

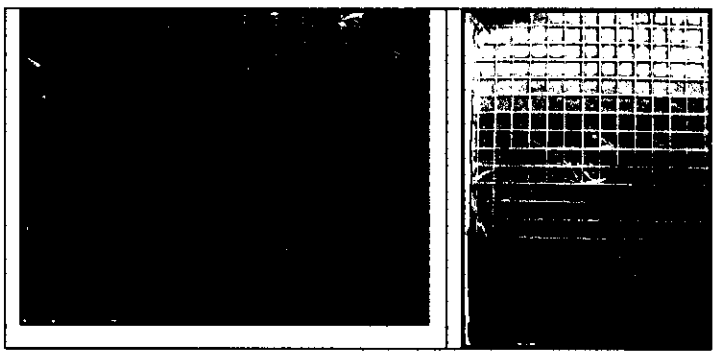


Figura 16. Imágenes de raíces fotografiadas en minirizotrones.

Comentarios finales

La generación de tecnologías que permitan el estudio de las raíces, así como su utilización práctica por los productores deben seguir siendo una prioridad. Entender el comportamiento de la mitad visible de las vides es tan importante para el éxito productivo, como conocer la mitad oculta y si no lo entendemos de esta manera, seguiremos buscando las soluciones a los problemas frutícolas en forma deficiente, incompleta y por cierto, apartados de una búsqueda integral de las soluciones que se requieren.

Literatura consultada

BÖHM, W. 1979. Methods of studying root systems. Springer-Verlag. Berlin. 187 pág.
CALLEJAS, R. y BENAVIDES, C. 2006. La raíz de la vid: su estudio es garantía del incremento del potencial productivo. Revista electrónica CEVID, Fac. Cs. Agr. Universidad de Chile. Disponible en: http://www.cevid.cl/investigacion.htm
NEWMAN, E. I. 1965. A method of estimating the total length of root in a sample. J. Appl. Ecol. 2:139-145.
SOILEAU, J. M., D.A. MAYS, F.E. KHASAWNEH and V.J. KILMER. 1974. The rizotron-lysimeter research facility at TVA, Muscle Shoals, Alabama. Agron. J. 66, 828-832.
VAN NOORDWIJK, M. and DE WILLINGEN, P. 1987. Agricultural concept of root: From morphogenetic to functional equilibrium between root and shoot growth. Neth. J. Agr. Sci. 35: 487-496.

Artículo de Extensión del Centro de Estudio de la Vid.
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Cecilia Peppi A.
Correctores: Profesores Bruno Razeto M., Carlos Benavides Z. y Erika Kania.
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

CONSIDERACIONES EN LA DETERMINACIÓN DE UN PROGRAMA DE NUTRICIÓN, EN PARRONES DEBILITADOS DE UVA DE MESA

Rodrigo Callejas R.
Dr.sc.agr. Universidad de Chile.

Carlos Benavides Z.
Ing. Agr. CEVID. Universidad de Chile.

José Ignacio Covarrubias P.
Ing. Agr. M. Sc. CEVID. Universidad de Chile.

Resumen

Para enfrentar la nueva realidad en que se enmarca la producción de uva de mesa, especialmente en la Zona Norte de Chile, se requieren parrones de alta productividad que permitan la obtención de fruta de alta calidad y condición. Sin embargo, frente a la existencia de una importante superficie de parrones debilitados, es fundamental enfrentar la problemática y, en lo posible, definir las posibles causas que originaron el problema. En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, se plantean resultados y reflexiones que permitirán ir avanzando en este importante objetivo.

Palabras claves: Nitrógeno, potasio, reservas nutricionales, vid, fertilización.

Introducción

Las vides pueden ser consideradas un sistema biológico perfecto, que de acuerdo a las condiciones en que se desarrolla el cultivo y los criterios de manejo implementados, logran alcanzar altos potenciales productivos. Sin embargo y para las condiciones del norte de Chile, es común ver unidades que van decayendo paulatinamente durante los años en vigor y potencial productivo (Callejas *et al.* 2008). Respecto a este punto, similares situaciones han sido reportadas por Ruiz *et al.* (1995) y Selles *et al.* (2001) para la zona de Aconcagua, donde la mala calidad del sistema radical y deterioro de factores físicos del suelo provocaron el decaimiento de los parrones y con esto los rendimientos.

Tanto en el Valle de Copiapó como en el Huasco, es común observar parrones de mala calidad, con pobre material de poda y fruta deteriorada a la cosecha producto del exceso de luz directa que impacta la fruta. Esta situación afecta directamente los rendimientos promedios regionales, tal como se observa en el **Cuadro 1.**

Cuadro 1. Rendimiento promedio de 3 variedades de uva de mesa (cajas de 8,2 kg), en parrones de plena producción.

Variedad	III Región	IV Región	V Región	RM	VI Región
Sultanina	1756	1585	1378	2195	1707
Flame	1951	2073	2305	2439	2683
Red Globe	3902	3902	4024	4146	4024

*Elaborado a partir de datos de DECOFRUT, de acuerdo a los reportes de expertos calificados de las principales exportadoras del país.

En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, llevado a cabo en la III Región del país, se presentarán algunos antecedentes y reflexiones en torno a los criterios de fertilización, como complemento a las estrategias utilizadas para mitigar o mejorar la condición de los parrones que se encuentran en malas condiciones.

Condición de un parrón debilitado: Baja capacidad o potencial productivo

La **capacidad o potencial productivo**, se define como la cantidad de acción con respecto al crecimiento y cantidad total de fruta que la vid es capaz de producir. Por otro lado, el **vigor** corresponde a calidad o condición que se expresa como el rápido crecimiento de las partes de la vid. Esencialmente se refiere al ritmo de crecimiento.

Existen diversas formas de evaluar el potencial productivo de las vides, para lo cual es importante considerar tanto la producción como el crecimiento vegetativo. En forma práctica se aconsejan los siguientes:

a) Producción bruta (kg/ha).
b) Producción exportada (ton/ha), más el desecho (kg/ha).
c) Peso de la poda (kg/planta).

Adicionalmente, se pueden considerar otras variables como el largo y diámetro de los internudos, pero no es eminentemente práctico y aún se requiere evaluar su eficacia. Respecto al diámetro de tronco a una altura determinada o el cálculo del área de la sección transversal del tronco (ASTT) es una variable que también requiere ser evaluada para las condiciones de la Zona Norte de Chile.

En la **Figura 1** se proponen rangos de clasificación de parrones considerando el peso de poda. Respecto a la fruta producida y considerando el objetivo central de la III Región de obtener primores, puede ser que no necesariamente un productor opte a muy altos rendimientos con un buen parrón, debido a que existe la posibilidad que al maximizar las utilidades la combinación perfecta sea producir menos, pero saliendo antes con la cosecha. Si este es el caso, es importante considerarlo en el análisis. Otro punto importante a considerar es que en la Zona Norte, parrones clasificados por los productores como de alto vigor (o capacidad productiva), solamente alcanzan la categoría de vigor medio, cuando se comparan respecto de parrones de la Zona Central.

Adicionalmente, en la **Figura 1** se puede observar la tendencia a la baja en los rendimientos con valores muy elevados de peso de poda, lo que involucra un parrón con alto potencial de crecimiento vegetativo, situación que puede provocar grandes desequilibrios en las plantas induciendo a una baja sustancial de la producción. Esta situación se debería a la generación

masiva de yemas vegetativas y por ende a un bajo número de racimos potenciales de ser cosechados. Por otro lado, parrones de la categoría bajo o muy bajo, el peso de poda podría estar sub-valorado dado que un correcto criterio de poda en este caso, manifiesta la necesidad de dejar el máximo de material en la planta, minimizando la eliminación vía poda, transformándose prácticamente en una limpieza suave de la planta.

Finalmente, se concluye de lo anterior que es posible estimar la productividad potencial de un parronal evaluando el peso de poda de las plantas.

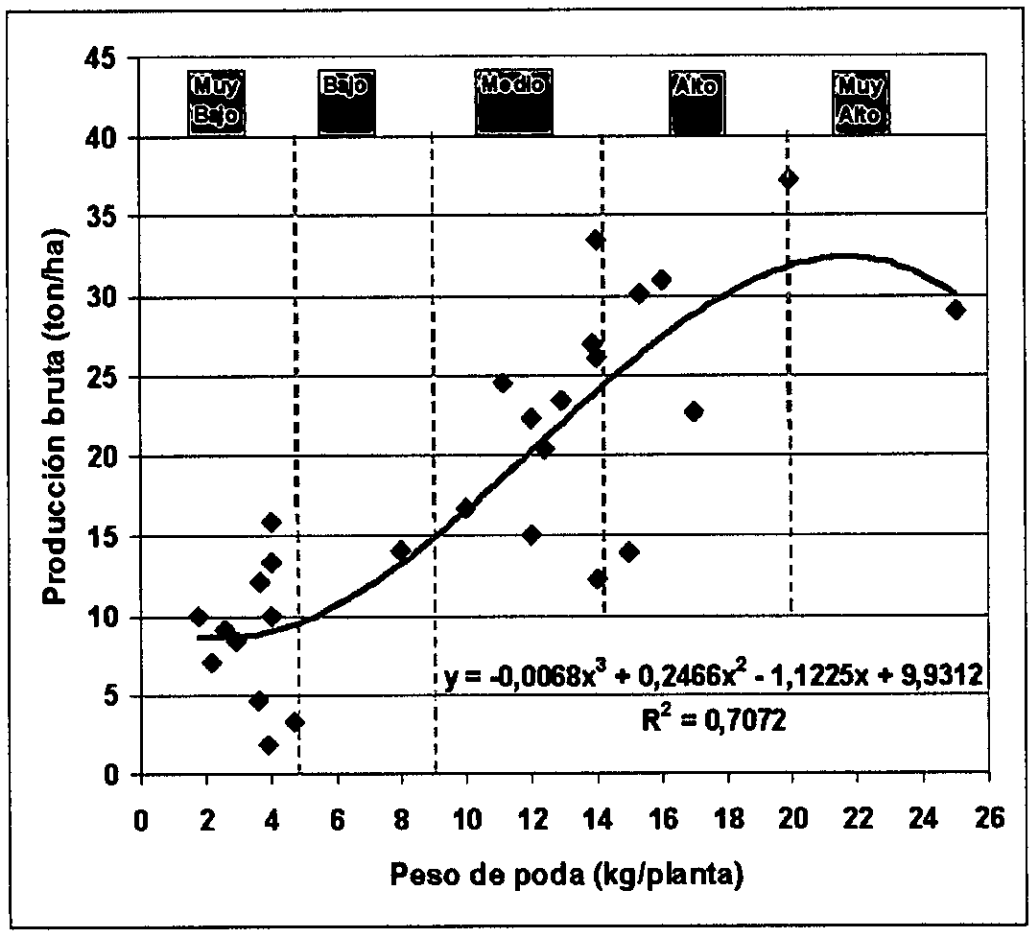


Figura 1. Relación entre el peso de poda y la producción bruta de un parrón. Adicionalmente se señalan rangos de potencial productivo para la variedad Sultanina. Fuente: evaluaciones del proyecto y adaptación de información presentada por Ruiz (2000).

Balance funcional

Existe un equilibrio funcional entre la copa (parte aérea de la vid) y el sistema radical (Figura 2). Cualquier estrategia a implementar para levantar y mejorar las condiciones de un parronal debilitado, debe considerar medidas en ambas estructuras. En la medida que no se tome conciencia, existe la plena convicción que a través de manejos inadecuados alteraremos negativamente esta relación, no logrando maximizar las utilidades de la unidad productiva.

En parrones sujetos a deficiencias de agua y nutrientes -funciones de la raíz-, se afecta principalmente el crecimiento del brote y la fruta, sin embargo, bajo deficiencias de hidratos de carbono -función de las hojas-, se afecta principalmente el

crecimiento de la raíz. Finalmente, cualquiera de las dos estructuras que no se encuentre funcionando en forma óptima, será el causante del inicio de la generación de un parronal debilitado. Por otro lado, frente a la implementación de una estrategia para subsanar esta condición; hay que considerar que se esta enfrentando un problema fisiológico complejo donde no basta solamente con aplicar productos que hagan, supuestamente, crecer las raíces o inducir crecimiento vegetativo en forma artificial.

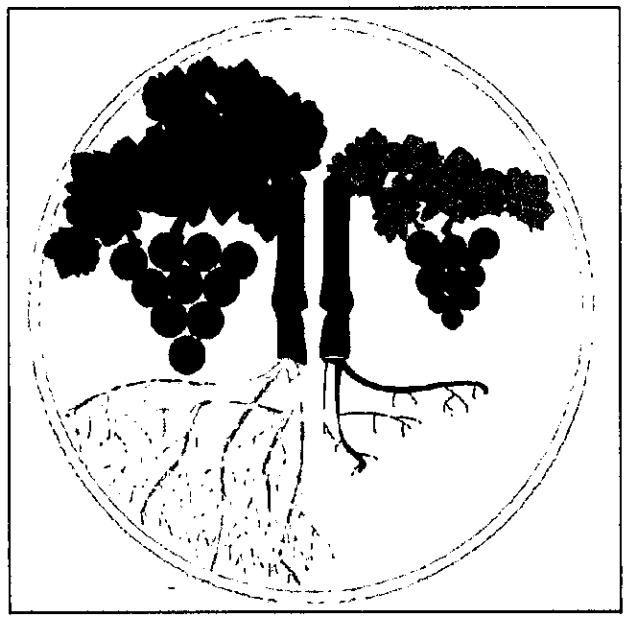


Figura 2. Representación del equilibrio funcional entre la copa (parte aérea de la vid) y el sistema radical.

Importancia de las reservas nutricionales en las vides

Las reservas en los frutales de hoja caduca son esenciales para su sobrevivencia en el invierno (resistencia al frío) y muy relevantes para el primer período de crecimiento de las plantas en la temporada.

Se consideran reservas (Tromp, 1983), a todas las sustancias alimenticias que no son usadas en la asimilación y respiración, almacenándose en alguna parte de la planta hasta que son requeridas y que para el caso de las vides, ello ocurre principalmente al inicio de la primavera. En esta dinámica se identifican siempre dos tipos de órganos; los productores o "Fuentes" (Ej: hojas, que producen hidratos de carbono) y los órganos consumidores o "Sumideros" (Ej: racimos, hojas, raíces, etc., que consumen hidratos de carbono).

Los lugares de almacenamiento de reservas en las vides son aquellos constituidos por células vivas, encontrándose en las yemas, sarmientos, brazos, tronco y raíces, siendo el tejido conductor conocido como floema el encargado de conectar los órganos fuentes y sumideros (Tromp, 2005). Por otra parte, los niveles de reservas acumuladas pueden variar año con año, siendo, en un parronal adulto, fundamental la condición de la planta en función de la relación carga frutal dejada hasta cosecha y el índice de área foliar. Adicionalmente, existen otros factores fundamentales como la intensidad de luz, temperatura ambiental, diseño de plantación, riego, fertilización (cantidad y época), sanidad de la planta, etc.

Tipos de reservas en la vid

A continuación se presentará en forma resumida las principales formas en que algunas sustancias fundamentales para el desarrollo de las vides son almacenadas y el rol que juegan principalmente al inicio de la temporada de crecimiento.

Hidratos de carbono. Estas sustancias son los compuestos básicos para la construcción de estructuras vegetales, así como fuentes de energía en la síntesis de compuestos involucrados en algún aspecto del metabolismo de las vides (crecimiento y

reproducción). Uno de los primeros eventos que tendría un impacto sobre la productividad es la formación de la copa (follaje) y el nivel de área foliar. Si bien se menciona que para los cultivos esto se ve limitado principalmente por la disponibilidad de nutrientes, especialmente el nitrógeno, para el caso de las plantas frutales leñosas esto depende adicionalmente en forma relevante de las reservas de hidratos de carbono.

En la vid, los hidratos de carbono se movilizan hacia los lugares de reservas como sacarosa y son almacenados en forma de almidón (Kliewer, 1981; Koblet and Perret, 1972). Este proceso de removilización es muy importante en el período de postcosecha, sin embargo, su comienzo puede ocurrir antes de la cosecha y dependerá del balance entre fuente y sumidero que presenten las plantas.

En las primeras 3 semanas de crecimiento en primavera (Figura 3), las necesidades de hidratos de carbono son cubiertas por las reservas de la planta, ya que en ese período el brote en activo crecimiento se comporta como un órgano sumidero (consumidor). Esta situación ocurre ya que las hojas no son capaces de exportar hidratos de carbono producidos por la fotosíntesis, hasta que su superficie no sobrepasa el 50% del tamaño final. Respecto al brote, éste se torna autosuficiente cuando se han desarrollado 10 hojas, de las cuales las 3 basales ya están exportando (Quinlan y Weaver, 1970).

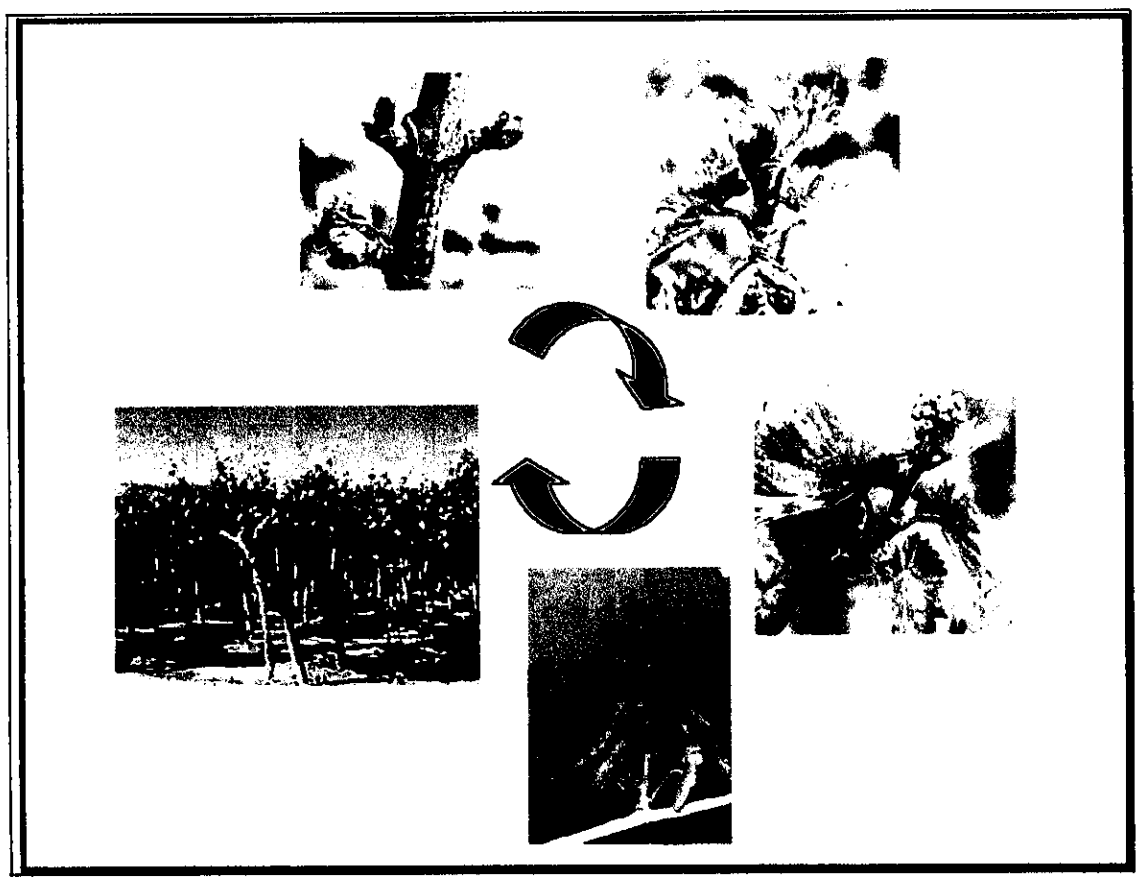


Figura 3. Período crítico al inicio de crecimiento de las vides en primavera.

Los nuevos brotes obtendrían los hidratos de carbono inicialmente del tejido de la yema, del nudo y entrenudo que lo sostiene, pasando posteriormente a jugar un rol importante en el balance total, el tronco y la raíz. En este período el 98% de los hidratos de carbono se utilizarían para la formación de materia seca estructural, lo que implica y especialmente para parrones debilitados de la Zona Norte, que si los niveles de reservas son bajos es prácticamente imposible lograr la recuperación del parronal. Por tales razones y si se hacen bien las cosas, el levantamiento de un parrón debilitado involucraría a lo menos 3 años de trabajo, priorizando el aspecto recuperación por sobre el productivo.

Entre el período de inicio de maduración de la fruta y cosecha, los hidratos de carbono se dirigen principalmente a los racimos, los que además y si la producción es importante, atraen también estas sustancias desde las reservas como sarmiento y tronco (proporción del 40%). Se señala que el tronco sirve de amortiguador o regulador de la nutrición del brote y del racimo, después de pinta y durante la maduración, siempre que hubiera existido acumulación de reservas.

Nitrógeno. Las funciones del nitrógeno en las vides se pueden resumir de la siguiente forma: formación de proteínas y enzimas, constituyente de la clorofila, regulación de la utilización de hidratos de carbono, control del turgor de las células y crecimiento vegetativo de las plantas.

Durante el período de postcosecha y cuando las hojas comienzan su período de senescencia, se ha estimado que entre el 30 al 50 % del N presente en la hoja es removilizado a reservas, lo que obliga a tener un follaje sano y funcionando en forma óptima hasta el final de la estación. Posteriormente en primavera, del total del N utilizado en la vid para el nuevo crecimiento el 30% proviene de reserva. Este monto se reduce en un 76% al estado de brote con 5 hojas y otro 20 % hacia plena flor.

Lo anteriormente señalado ocurriría en plantas sanas, equilibradas, las que se encuentran creciendo en climas mediterráneos similares a la Zona Central de Chile, donde las vides crecen lentamente en primavera y requieren de mayor tiempo para cumplir su ciclo fenológico (entre brotación y cosecha). Por el contrario, para zonas de primores existen muchas preguntas sin respuestas, por ejemplo: ¿Cómo afecta a la dinámica interna del nitrógeno, el uso de la Cianamida Hidrogenada para compensar la falta de horas frío y lograr adelantar las fechas de brotación?, ¿Cómo responden las plantas a una mayor tasa de crecimiento diaria?, ¿Es capaz la planta de satisfacer la alta demanda de nitrógeno, en un período más corto? y ¿Cómo se afectan las plantas, frente a deficientes niveles de reservas nitrogenadas, sobre todo en parrones debilitados?. Todas estas dudas son las que complican el diseño de una buena estrategia para enfrentar este problema.

El lugar de almacenamiento y nivel de las reservas nitrogenadas en parrones equilibrados, pueden alterarse de acuerdo al manejo. Aplicaciones tardías en postcosecha, tienden a promover la acumulación en las raíces. Aplicaciones de postcosecha tempranas a mediados del verano y con plantas activas, se acumulan en brotes (sarmientos, yemas) y raíces. Tratamientos foliares con urea en postcosecha, han permitido elevar las reservas principalmente en yemas y brotes. Las podas drásticas, provocan una importante reducción de las reservas de la planta.

En las vides el nitrógeno de reserva se encuentra formando compuestos solubles (nitrato, amonio, amino ácidos y amidas) y compuestos insolubles (proteínas). Sin embargo, es reconocido que el componente principal y más eficiente en las vides sería la arginina (4 átomos de N y 6 de C), señalándose que el 60% de N soluble en las raíces correspondería a este aminoácido. De la **Figura 4** (Kliewer y Cook, 1971), se puede rescatar el importante rol que juegan las reservas nitrogenadas ubicadas en la parte aérea como impulsor del primer crecimiento en la primavera. Se detecta una caída en los niveles de arginina en el sarmiento en paralelo con la brotación, mientras que en la raíz la actividad se iniciaría más tarde.

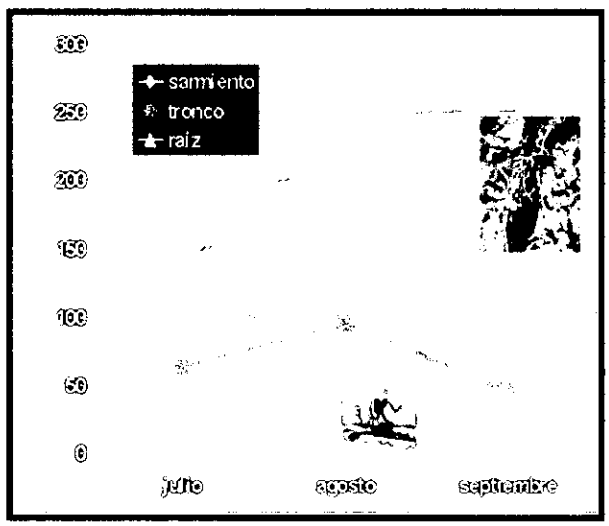


Figura 4. Concentración de arginina en "Thompson Seedless".

Potasio. Este elemento no solo juega un rol fundamental en el crecimiento de las bayas, sino en diversas funciones del crecimiento y desarrollo de la planta. Algunos de estos ejemplo son: activación enzimática (más de 50 diferentes enzimas); regulación de los procesos de osmosis, regulación estomática, síntesis de ATP (energía); transporte de azúcares y nitratos, síntesis de almidón, etc.

En las vides (Conradie y Saayman, 1989; Groot Obbink *et al.* 1973), se menciona que el crecimiento primaveral se sostiene gracias al consumo del 50% de las reservas invernales de K, para el caso de una planta equilibrada. Esto manifiesta que no solamente en el período de llenado de grano, este elemento es consumido en forma significativa por las vides.

Las deficiencias detectadas en primavera, se deberían a que en ese período se registra una alta tasa de crecimiento de la copa (follaje), lo que se agravaría debido a bajas reservas invernales, inadecuado suministro de fertilizantes potásicos y mala absorción del elemento por la planta (mala calidad de raíces).

Fósforo. El P es fundamental en la acumulación y transformación de energía (ATP, ADP). Adicionalmente, cumple roles fundamentales formando parte de ácidos nucleicos, coenzimas, nucleótidos, proteínas, lípidos y azúcares. Forma parte de la semilla, favorece el crecimiento de la raíz y resistencia a las enfermedades (Fregoni, 1999).

Para el caso de durazneros, Gil (2000) señala que durante los dos primeros meses desde la brotación, este elemento disminuye como componente estructural o de reserva, a favor de un nuevo crecimiento (16 g/árbol). De este monto, un 57% proviene de las raíces. La demanda posterior hasta cosecha, también sería subsidiada en menor proporción por la raíz. En esta misma línea y para la vid, Badour (1963) señala que el 50% del P requerido por la copa es obtenido de reservas hasta floración, lo que denota el importante rol de las reservas.

Reflexiones sobre la nutrición de parronales desvigorizados

A continuación se presentan algunas reflexiones en torno a las estrategias que se pueden implementar al enfrentar este tipo de parrones, así como proposiciones de actividades y cambios en los criterios de manejo.

Hidratos de carbono. Básicamente hay que abordar la problemática de tres puntos de vista: criterios de poda, mejoras en los manejos durante la temporada y carga equilibrada.

Criterio de poda: Esta labor es eminentemente detrimental para las vides (Winkler, 1965) debido a la eliminación de parte importante de las reservas de hidratos de carbono, sobre todo las utilizadas al inicio de la brotación (de sarmientos y nudos e internudos). Por tales razones, se aconseja una poda "sucia" en la que se despunta lo justo y necesario considerando, una vez brotada la planta, la realización de un manejo en verde limitado para equilibrar la planta si es necesario. En muchos casos se hace equivocadamente una poda apitonada pensando en vigorizar el brote, sin embargo, la experiencia y los estudios señalan que esto se logra solamente en parras de vigor medio hacia arriba.

Manejos y consideraciones en la temporada: Hay que tener una eficiente fuente productora de hidratos de carbono tanto en cantidad (n°de hojas) como en calidad. Cuando hablamos de cantidad, hay que pensar en podas suaves con un máximo de hojas en relación a la fruta deseada. Respecto a la calidad, se refiere básicamente a hojas de buen tamaño (evitar las deficiencias nutricionales, ej zinc), color verde oscuro según variedad (sin deficiencias de hierro, magnesio, u otras alteraciones nutricionales) y sanas (sin daño del viento, de oidio y arañita).

Carga equilibrada: Se refiere a no sobre cargar las plantas cuando se encuentran en malas condiciones. Normalmente los productores que presentan este tipo de parrones, equivocadamente pretenden recuperar el dinero invertido dejando un mayor número de racimos que los que objetivamente las plantas pueden llevar a término, sin darse cuenta que lo único que se logra es agravar la mala condición de las plantas.

Nitrógeno.

Una hectárea de parrón con una producción anual promedio de 35 ton/ha, presenta una absorción diaria de N en primavera que oscila entre 0,55 y 0,75 kg/ha (Yara, 2005). Asumiendo un total de 50 días entre inicio de brotación y plena flor, arroja un consumo total aproximado de 34 kg de N por hectárea para el período como se puede observar en la **Figura 5 superior**, cantidad que representa el 30% de la absorción total del parronal.

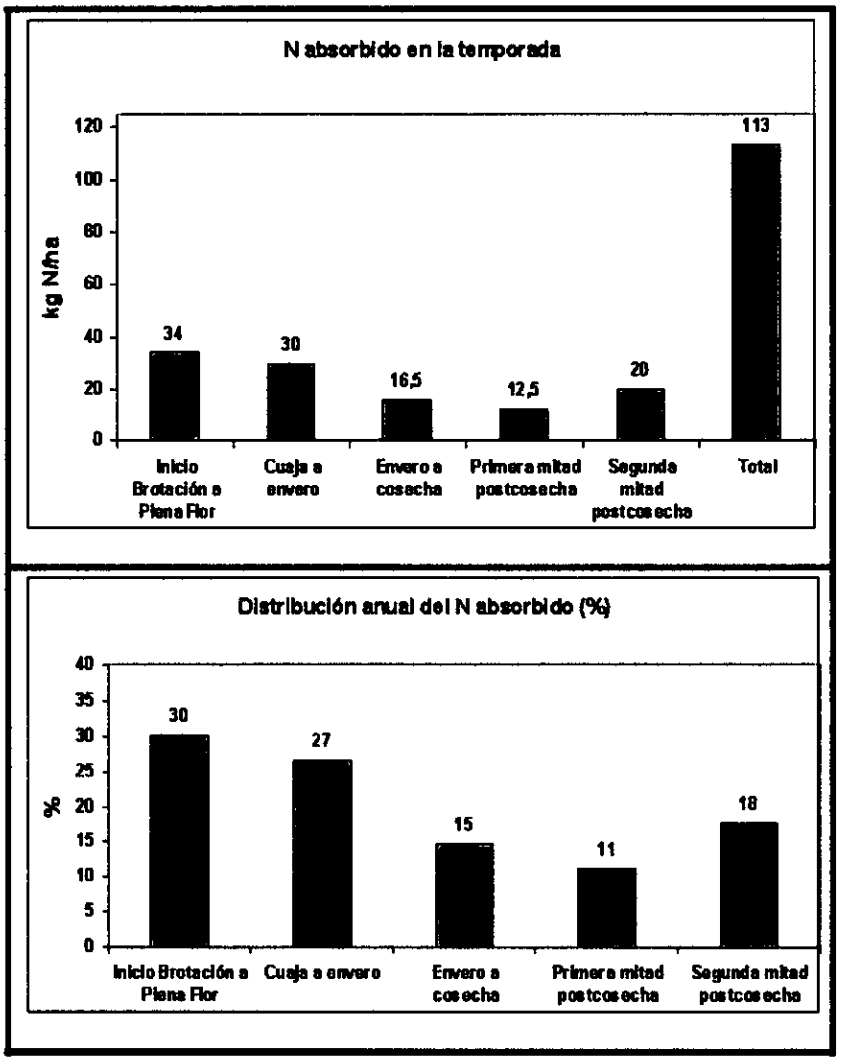


Figura 5. Nitrógeno (kg/ha) absorbido durante la temporada en un parrón de 35 ton de producción (figura superior). Adicionalmente (figura inferior), se señala la distribución (%) de los valores de la figura superior (Adaptado de Yara, 2005).

De acuerdo a la **Figura 5**, el 30% del nitrógeno absorbido ocurre entre el inicio de la brotación y la plena flor, lo que sumado al aporte proporcionado por las reservas, confirma el claro rol que juega este nutriente en la conformación de la estructura básica de las vides en el re-inicio de la actividad vegetativa. Si se asume hipotéticamente que la planta ocupa un 100% de los 34 kg/ha de N absorbido y que el 30% del nitrógeno que necesitan las vides en primavera proviene de reservas, el balance final arroja una demanda aproximada de 48 kg N/ha.

El nitrógeno y los parrones debilitados en suelos de textura gruesa. La proporción de parrones débiles en condiciones de suelos de texturas gruesas es importante en la III Región del país. Estos suelos se caracterizan por: a) una baja retención de humedad, b) alto grado de lavado de nutrientes y como complemento c) menor eficiencia de las raíces, debido al mayor ataque de nematodos.

Probables causas de la inducción de los parrones debilitados. De acuerdo a la experiencia obtenida a través del proyecto de fertirrigación INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, las causas serían las siguientes:

A) Bajo nivel de reservas nitrogenadas y paralelamente de hidratos de carbono, lo que actúa como freno cada primavera en la búsqueda de un mejoramiento de esta situación. Si bien las dosis de referencias anuales de N son altas, el criterio de aplicación y distribución de la dosis en la temporada y adicionalmente, la baja relación hojas en función de la fruta (podas severas); no permiten una respuesta positiva de las vides. El rol de la condición hídrica de la planta y su relación con el nitrógeno será abordado en un próximo artículo de extensión.

B) Alta ineficiencia del método de fertilización. Aparte del análisis de la eficiencia de fertilización tradicional, en el caso de la fertirrigación se debe incluir otros factores que tienen relación con el funcionamiento del riego, por lo tanto, conviene distinguir dos tipos de eficiencias:

1) Eficiencia del sistema de riego: Normalmente se asume que los sistemas de riego por goteo tienen una alta eficiencia (90%), sin embargo, la práctica señala que los valores reales se ubican entre el 60% y 70%.

2) Eficiencia de fertilización: La dosis de referencia para le fertilización nitrogenada, determinada a partir del balance entre la demanda del cultivo y el suministro de nutrientes al sistema (Figura 6), esta sujeta a un gran número de ineficiencias desde el momento que sale la solución fertilizante desde el gotero (falta de raíces, fijaciones en el suelo, antagonismos, dilución del fertilizante, lavado en profundidad, etc.). Se ha estimado que la eficiencia podría variar entre un 30 a 70 % dependiendo de las condiciones en que se realizó la fertilización, lo que definirá finalmente la cantidad de producto a utilizar (Figura 7).

$$Drf\ (kg\ n/ha) = \frac{Dn\ (kg/ha) - Sn\ (kg/ha)}{EFn}$$

Drf: Dosis de referencia de fertilización
Dn: Demanda de nutriente del parronal
Sn: Suministro de nutriente (guano, restos de poda, hojas, nitrato en el agua, etc.)
EFn: Eficiencia de la fertilización
n = Nutriente

Figura 6. Estimación de la dosis de referencia de un parronal.

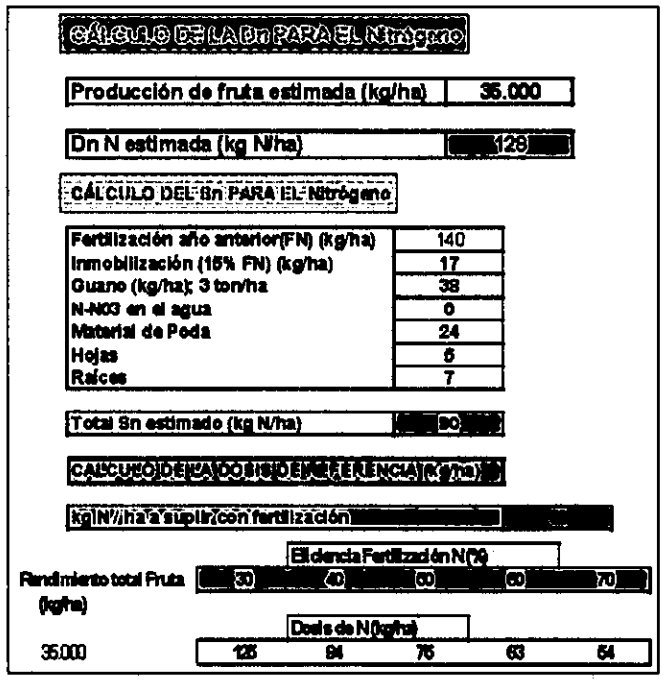


Figura 7. Demostración del cálculo de la dosis de referencia (Dn) y el efecto de la eficiencia de fertilización sobre la cantidad total de fertilizante a utilizar.

En resumen, normalmente y en la mayoría de los parronales en producción se produce un déficit (Dn>Sn); por lo que se requiere de la fertilización. Sin embargo, parte de este nutriente no es tomado por la planta, por lo que es necesario ajustar la dosis según la eficiencia de la aplicación.

Basado en la información entregada, asumiendo hipotéticamente un parrón equilibrado con 2500 cajas/ha en un suelo de textura gruesa, la pregunta es ¿con cuánto nitrógeno deberíamos haber fertilizado, asumiendo todas las otras condiciones en óptimo estado?. Para esto realizaremos un cálculo sencillo y verificaremos que tan acertado está nuestro criterio al momento de realizar la determinación de la dosis de referencia para la situación planteada.

Supuestos y condiciones de cálculo para el período desde inicio de brotación hasta plena flor:

- ✓ Absorción aproximada de N: 22 kg/ha (se asume un total de 22 ton/ha de fruta producida, y 10% desecho).
- ✓ Eficiencia del sistema de riego: 70 %.
- ✓ Eficiencia de fertilización: 50% para ese tipo de suelo.
- ✓ Cantidad de fertilizante nitrogenado que se necesita: 62,9 kg N/ ha.

Respecto a lo anterior y asumiendo una dosis de fertilización tradicional para este tipo de parrones de 25 a 35 kg/ha de nitrógeno, queda claramente en evidencia que las dosis empleadas no satisfacen la demanda.

Si el parrón comienza a debilitarse, pierde capacidad de reservas y la eficiencia decae drásticamente producto de la mala calidad de raíces, e insuficiente actividad de las hojas (transpiración y metabolismo), se podría tener un escenario muy grave de subdosificación.

- ✓ Absorción aproximada de N: 15,5 kg/ha (Se asume un total de 1500 cajas/ha y 30% de desecho, lo que da 16 ton/ha de fruta producida).
- ✓ Eficiencia del sistema de riego: 70 %.
- ✓ Eficiencia de fertilización: 30% para ese tipo de condición.
- ✓ Cantidad de fertilizante nitrogenado que se necesita: 73,8 kg N/ ha.

Frente a estas elevadas dosis, surge siempre el rechazo y aparece el fantasma de las probables toxicidades. Esta situación ocurre básicamente debido a que el criterio de distribución de la dosis de nitrógeno tradicionalmente utilizado en la Zona, se realizan en los 7 riegos que normalmente se realizan el período, lo que evidentemente (10 kg N/ha por riego) podría provocar problemas. Obviamente este esquema de trabajo no es lo óptimo para este tipo de suelo.

C) Ineficiencia de distribución: Esta eficiencia se genera del descalce entre la oportunidad de absorción de la planta (demanda diaria) y la oportunidad de fertilización.

De acuerdo a lo señalado anteriormente, un parrón de una hectárea y de una producción promedio de 35 ton/ha presentaba en primavera una absorción diaria de N que oscila entre 0,55 y 0,75 kg/ha, completando una demanda total de 34 kg/ha en el período. Si consideramos un criterio tradicional para la zona (dosis y distribución), se obtiene una dosis de 35 kg/ha de N distribuida en 7 riegos, generando una fertilización promedio de 5 kg N/riego (**Figura 8**).

En la **Figura 8** queda claramente en evidencia, que un parronal que se encuentra en un suelo de baja fertilidad natural, de textura gruesa y con baja retención de nutrientes (baja capacidad de intercambio catiónico), dependerá en gran medida de la fertilización entregada en forma exógena. En este caso se produce el grave descalce entre la absorción y lo fertilizado. Por un lado las plantas necesitan diariamente aproximadamente 0,6 kg de N/ha (**Figura 9**, línea verde) y el programa de fertilización lo hace en las 3 primeras semanas, a modo de ejemplo, cada 7 días. Si bien el cálculo directo señala una absorción semanal de 4,2 kg N/ha (0,6 kg x 7 días) y se podría pensar que la fertilización esta cubriendo esta demanda (5 kg N/semana o riego; **Figura 9**, línea azul); hay 2 puntos claves que generan un hambre marcado de N: 1) Este tipo de suelo tiene muy poca capacidad de retención del fertilizante (capacidad de funcionar como reservorio) y 2) al considerar la eficiencia de fertilización, en vez de 5 kg/ha de N por riego se requeriría de a lo menos 10 a 12 kg de N por cada uno de ellos (**Figura 8**, línea roja).

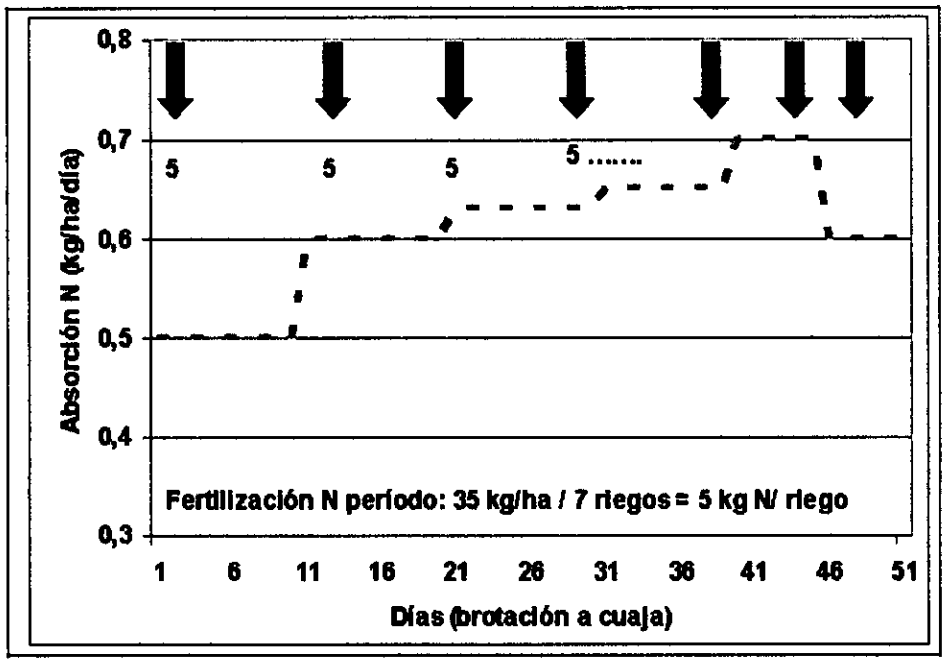


Figura 8. Absorción diaria de N (línea punteada roja) y fertilización nitrogenada realizada por cada riego en un parronal de uva de mesa, textura gruesa. Flechas azules indican los momentos de riego. Los números asociados los kg de N/ riego.

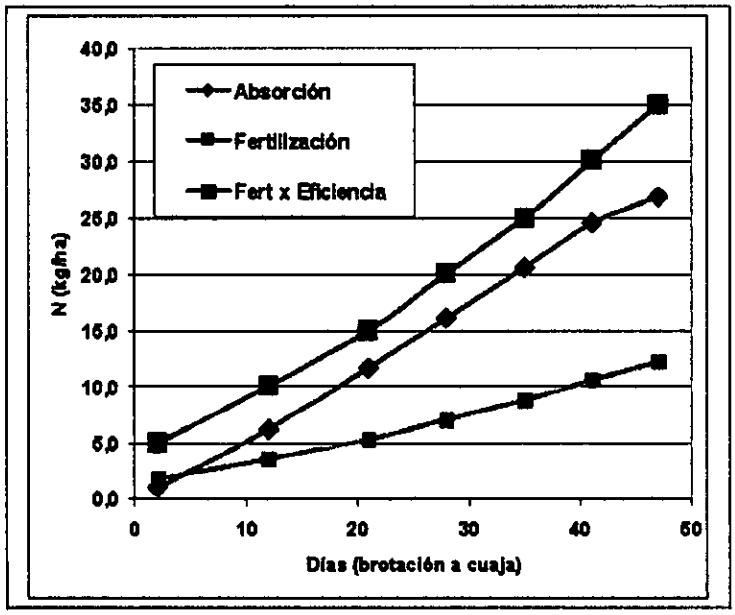


Figura 9. Representación grafica de la estimación de absorción, aporte de la fertilización bajo condiciones ideales y afectada por la eficiencia.

CEVID
Universidad de Chile

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas

FERTILIZACIÓN FOLIAR: ¿CUÁNDO SE JUSTIFICA O DEBEMOS PREVER EL USO DE FERTILIZANTES FOLIARES?

Rodrigo Callejas R.
Dr.sc.agr. Universidad de Chile.

José Ignacio Covarrubias P.
Ing. Agr. M. Sc. CEVID. Universidad de Chile.

Carlos Benavides Z.
Ing. Agr. CEVID. Universidad de Chile.

Resumen

Los fertitilizantes foliares son una herramienta de amplio uso en la producción de uva de mesa, sin embargo y en muchos casos, los efectos que se señalan para cada producto son difíciles de observar en forma clara a nivel de campo o en la cosecha. En el último tiempo, el mercado se ha visto inundado con productos supuestamente de gran tecnología, que permitirían una mayor eficiencia de absorción y removilización en la planta, permitiendo satisfacer las deficiencias específicas y con esto, mejorando la condición de las vides y su fruta. Sin embargo, todavía se requiere tiempo para probar en terreno tales bondades, asumiendo que la experiencia ha señalado que hay una gran diferencia entre lo que se señale en un seminario o un catálogo y los efectos reales sobre la calidad y condición de la fruta. En este artículo y en el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, se entregan algunas consideraciones claves para definir si una unidad productiva requiere de la utilización de productos foliares.

Palabras claves: uva de mesa, fruta, racimo, nutrientes, microelementos.

Introducción

Las actuales exigencias de los mercados de la uva de mesa y la realidad económica del país, esta obligando a los productores de esta especie a ser extremadamente cuidadosos en la gestión global de su sistema productivo. El éxito del negocio se ve enfrentado a importantes barreras productivas que en la práctica no son fáciles de sobrepasar. Sin considerar la total ausencia

de enfermedades y plagas en los racimos, se debe lograr obtener: a) parrones de alto potencial productivo (Ej.: 3.000 cajas/ha de 8,2 kg para "Sultanina"), b) racimos con bayas de gran tamaño (exigencias de calibre por variedades), c) fruta sin desórdenes fisiológicos (palo negro, bayas blandas, raquis débiles, etc.) y d) fruta que soporte el largo tiempo de transporte y almacenamiento ("fruta viajera").

En la actualidad es normal escuchar comentarios tales como, "antiguamente, 10 años atrás, la uva no tenía tantos problemas" o "los parrones no eran tan débiles"; sin embargo, fácilmente nos olvidamos que las producciones promedios, en esas épocas, no superaban las 1500 cajas/ha en "Sultanina" o que las exigencias de calibre eran menores. Este nuevo panorama, obliga a profesionalizar el sistema productivo e incrementar las exigencias de enseñanza en las universidades, de manera que los nuevos profesionales entiendan cabalmente los conceptos de fisiología frutal y puedan aplicar los conocimientos, adaptándolos a la gran diversidad agroclimática en donde se desarrolla el cultivo de uva de mesa en Chile.

En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, llevado a cabo en la III Región del país, se trabajó durante 3 años con parronales sujetos a un sinnúmero de problemas relacionados con la nutrición, siendo necesario profundizar los aspectos relacionados con la aplicación foliar de nutrientes. A continuación presentamos la primera parte de las experiencias generadas en este ámbito y los fundamentos que generan la necesidad de la utilización de estas prácticas.

Aspectos generales a considerar

Las aplicaciones foliares se realizan normalmente bajo dos criterios: a) cuando se presentan claros síntomas de deficiencias de un elemento (ej. clorosis férrica o deficiencias de Zn, **Figura 1**) o b) bajo un programa de manejo, definido como tradicional para una especie frutícola. En ambos casos, es importante considerar que si se producen síntomas visibles de deficiencias, sobre todo a nivel foliar o del desarrollo del brote, hay que asumir un grado de pérdida del potencial productivo del árbol frutal (Razeto, 1991).

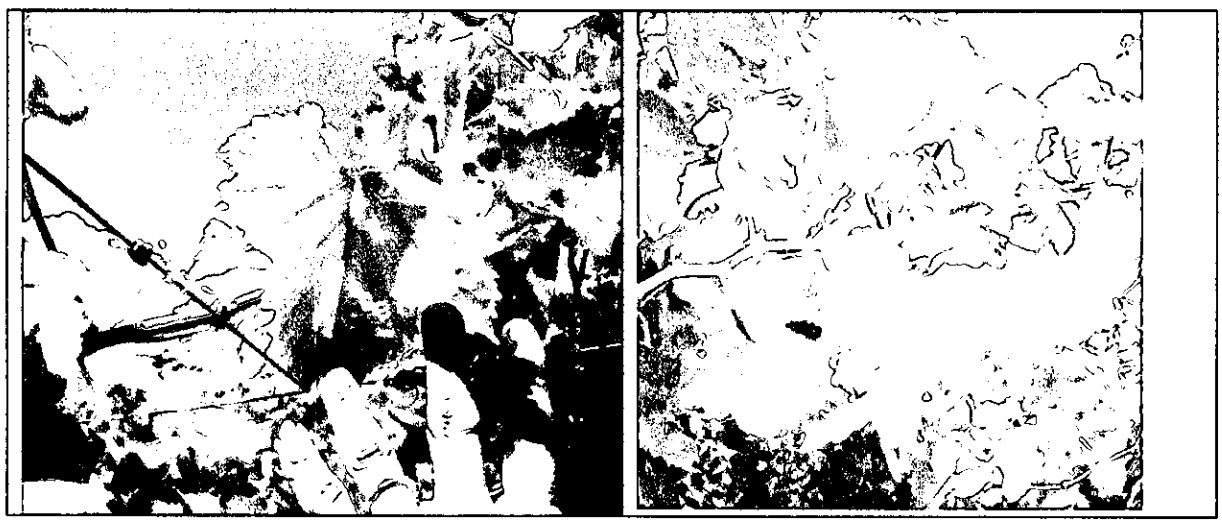


Figura 1. Deficiencias de hierro (izquierda) y zinc (derecha) en parronales de uva de mesa, III Región, Atacama.

Adicionalmente, hay que tener en claro que ningún programa de foliares, por muy sofisticado que sean sus formulaciones de acuerdo a la información entregada por vendedores de agroquímicos, puede solucionar problemas importantes de desequilibrios que tiene un parronal, generados por ejemplo por. mal criterio de riego, malos criterios de fertilización al suelo, mala aireación del suelo, falta de raíces, tejido afectado por heladas, bajas temperaturas, inapropiados criterios de poda en parronales desvigorizados, fuertes ataques de nematodos, falta de materia orgánica en el suelo, suelos de texturas gruesas con baja retención de agua, etc.

Dada la gran diversidad de condiciones físicas y químicas de suelo, calidad del agua de riego y variabilidad agroclimáticas en donde se cultiva la vid, e inclusive si se considera solamente la III Región, la determinación de un programa complementario

de productos foliares esta sujeto a un gran dinamismo, lo que obliga a conocer los aspectos básicos para definir una estrategia válida.

Por otro lado y dada las dificultades, en muchos casos, de observar claramente sus efectos, los fertilizantes foliares carecen de buena reputación y se pone en duda su real necesidad. A continuación mencionamos algunos de las críticas o mitos, generados en torno a ellos, que en muchos casos se generan por el exceso de expectativas que se les asigna al momento de ser comercializados:

a) Los productos foliares no funcionan o nunca he visto los efectos que me señalan. Son muchos los agricultores que tienen esta opinión debido a la falta de efectos puntuales de sus aplicaciones, sin embargo, debemos señalar que en muchos casos las bondades de las aspersiones quedan claramente registradas, aunque no necesariamente es garantía de una solución total del problema (**Figura 2**).

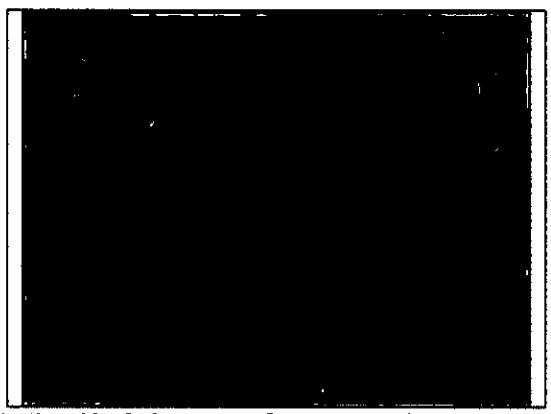


Figura 2. Aplicación foliar de un Quelato de hierro, III Región, Sultanina.

b) No me preocupan los micronutrientes, ya que con los foliares soluciono las deficiencias. Hay numerosos casos donde las deficiencias de micronutrientes requieren un análisis más profundo en la búsqueda de una solución eficiente del problema. Basado en los trabajos de investigación desarrollados por el CEVID en uva de mesa desde el año 2000, se puede mencionar dos casos típicos en este punto: 1) deficiencias de boro en varias cuencas a lo largo del país y 2) deficiencias de zinc, principalmente en la zona norte de Chile (**Figura 1, derecha**). En ambos casos, las aplicaciones foliares por si solas no solucionan el problema, lo que obliga al uso racional de estos elementos en aplicaciones al suelo.

c) Todos los productos son iguales, por lo que mi preocupación es solamente el precio. La experiencia práctica nos señala que no todos los productos que ofrece el mercado presentan igual grado de acción. Lo primero que se le exige a un producto foliar es la total ausencia de toxicidad al ser utilizado y por supuesto, las compatibilidades básicas para ser asperjado con fungicidas, insecticidas y reguladores de crecimiento. Lo anterior es fácilmente comprobable, sin embargo, cuando se requiere comparar su accionar evaluando variables intermedias, por ejemplo contenido del elemento en el tejido, la variabilidad de los datos no permiten obtener claras diferencias. Siempre se ha planteado para el caso de la uva de mesa, que este tipo de comparaciones debería terminar con la evaluación del producto final, la fruta, principalmente en las etapas de postcosecha. Finalmente y frente a este complejo punto, hay que tener en claro que si se ofrece un producto foliar de alta tecnología y por supuesto de mayor precio, hay que exigir estudios básicos y científicos que avalen los argumentos utilizados para su venta.

d) Lo importante es la cantidad del elemento por hectárea y no la calidad de la formulación. Este viejo eslogan de los años 80 ya no tiene razón de ser. Son muchas las empresas serias en el mundo que invierten año a año en nuevas tecnologías, buscando mayores compatibilidades y una mejor absorción de los nutrientes foliares, con el objetivo de entregar lo que la planta necesita con una mínima contaminación del medio ambiente. De acuerdo a nuestra experiencia, hay productos que por su formulación son aplicados en menor cantidad de ingrediente activo por hectárea y sin embargo, presentan mejores resultados.

¿Cuándo se justifica o se debe prever el uso de fertilizantes foliares?

Se aconseja que para cada una de las condiciones que se presentan a continuación, se realicen las evaluaciones permitentes, tales como análisis de suelo, agua, de tejido (hojas, pecíolo, flor, raíz, yema, feminelas, etc.), savia, solución suelo, etc., apoyados por un ingeniero agrónomo o especialista del ramo.

En condiciones de suelo con limitaciones físicas que restringen la disponibilidad de nutrientes

Suelos de texturas gruesas. Principal cuidado se debe tener en estos suelos **(Figura 3)**, que se caracterizan por poseer gran proporción de arena en el perfil, alto contenido de piedras y en general bajo porcentaje de matriz de suelo. De igual forma hay que actuar cuando adicionalmente, las plantas se ubican sobre sustratos, fruto de la total alteración de la condición natural del suelo o importación de materiales externo a la unidad productiva. En muchas de estas situaciones se ha detectado una baja fertilidad natural de los suelos, potenciándose el problema, por la baja capacidad de retención de aquellos elementos aplicados por el sistema de riego.

Figura 3. Suelo de textura gruesa, gran cantidad de piedras y arena.

Las principales condiciones a tomar en cuenta en este tipo de suelos son:
a) Corrección volumétrica de la muestra. En este tipo de texturas, no es fácil obtener suelo para enviar al laboratorio. Al momento de interpretar la información de la analítica, se debe realizar una corrección volumétrica de manera de no sobre estimar la nutrición natural del suelo.
b) Bajo contenido de materia orgánica (< 3%). La materia orgánica es un componente fundamental al momento de evaluar la fertilidad de los suelos. De ella depende la estabilidad de los agregados, la capacidad de retención de agua, la retención de cationes, los aporte de N y S y la fertilidad en general.
c) Baja capacidad de intercambio catiónico (< 10 meq/100g). Este parámetro indica la capacidad del suelo de almacenar potasio, calcio, magnesio y sodio, siendo la base de la nutrición de las plantas y mantención del pH del suelo.
d) Menor retención de agua del suelo y alteración de las condiciones de absorción por parte de las raíces. Bajo estas condiciones se dificulta la absorción de los nutrientes presentes en la solución suelo.
e) Pérdidas por lavado. Una parte importante de los fertilizantes aplicados por el sistema de riego, se lavan más allá del sector poblado por las raíces, lo que hace imposible su utilización.

Suelo de texturas finas. Estos suelos no obstante poseer algunas cualidades superiores en comparación a los suelos de textura gruesa (mayor capacidad de retención de agua y de nutrientes catiónicos), presentan un comportamiento real (físico, químico, biológico) que depende fundamentalmente de las características de su sistema poroso y composición mineralógica de la arcilla presente. Se puede generalizar diciendo que la calidad de un suelo de textura fina (suelos con >40% de arcilla), evaluado en términos del potencial de generación de problemas nutricionales en la vid y otros cultivos, está ampliamente controlada por el tipo, clase y estabilidad de su estructura y por la clase de arcilla dominante. Varias limitaciones pueden mencionarse en relación al efecto de estos factores sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la capacidad de

absorción del sistema radical. Entre las principales se tienen: problemas de aireación, problemas de resistencia mecánica y problemas de fijación de potasio (**Figura 4**).

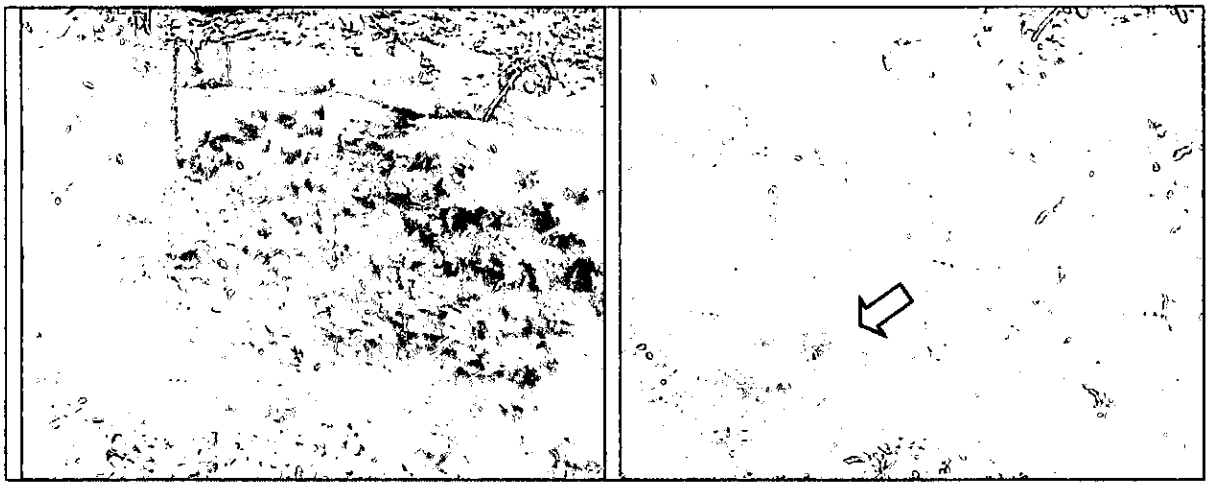


Figura 4. Suelo de textura fina, masivo (densificado). Se observan claros rasgos redoximórficos en la base del perfil (flecha roja, fotografía de la derecha). Valle de Copiapó.

Problemas de aireación. En suelos arcillosos el deterioro estructural por inadecuado manejo (compactación) o por ausencia natural de estructura (suelos masivos), afecta la disponibilidad de oxígeno en el suelo, debido a restricciones en la tasa de difusión de oxígeno asociadas a la predominancia de microporosidad (se presenta cuando >90% del volumen de suelo está constituido por poros capilares), un aspecto que es agravado bajo condiciones de exceso de agua en el suelo, debido a riego deficiente (frecuencia y tiempo de riego inadecuados).

Una falla parcial de oxigenación (hipoxia) o total (anoxia) induce:
1. una deficiente o nula absorción de agua debido a la combinación de tres factores: cambios metabólicos que afectan la permeabilidad al agua de membranas biológicas, reducción de la tasa de crecimiento de raíces (elongación y proliferación) y mortalidad de raíces.
2. una deficiente o nula absorción de nutrientes por mecanismos de transporte activo que dependen de la actividad metabólica de las raíces (capacidad respiratoria). Un ejemplo común de esto es la menor absorción de potasio. Otros nutrientes tales como N, P, Ca y Cu pueden presentar menores contenidos foliares en suelos afectados por hipoxia (debido a falta de translocación interna en la planta), en tanto que otros (Fe, Mn) pueden aumentar sus niveles foliares por cambios químicos favorables (ver punto 4).
3. una alteración de ciclos elementales esenciales que dependen de la mineralización de la materia orgánica (actividad microbiológica), afectando la disponibilidad de nitrógeno, azufre y boro; o que dependen de procesos microbiológicos oxidativos (nitrificación).
4. cambios locales en el potencial redox del suelo, lo cual genera aumentos o alteraciones en las formas químicas absorbibles de ciertos elementos (Mn, Fe, S, N) e incluso la formación de sustancias reducidas (H_2S, CH_4), algunas con reconocida acción fitotóxica.

Problemas de resistencia mecánica. Una mala condición estructural en suelos de textura fina dominados por arcillas expandibles, determina una alta dependencia entre crecimiento radical y contenido de agua del suelo (Callejas *et al.*, 2008). Frente a excesos relativos de agua se induce hipoxia y frente a déficit relativos, se incrementa la resistencia mecánica de la matriz la cual reduce la penetración y elongación de raíces en el suelo, complicando de este modo la nutrición hídrica y mineral del cultivo a lo que se suman señales hormonales de origen radical, en suelos densos, que inhiben el crecimiento aéreo y la tasa transpiratoria, lo que se manifiesta en términos finales, como una disminución del potencial productivo de las plantas.

Problemas de fijación de potasio. Otro factor que debe ser considerado es la naturaleza mineralógica de la arcilla. Este cobra importancia con referencia a la nutrición potásica de las plantas, la cual es altamente dependiente del equilibrio dinámico entre los procesos de fijación y liberación de potasio en suelos de textura fina, ya que son altamente dependientes del tipo y cantidad de arcilla presente en interacción con la condición estructural del suelo. De partida es necesario indicar que la

presencia de arcilla incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC), permitiendo sostener altas tasas de absorción de potasio debido al mayor poder tampón que esta confiere.

La fijación de potasio (incremento de la fracción no intercambiable o lentamente disponible) consiste en una severa retención electroestática del elemento en las capas silíceas de los minerales de arcilla (otros cationes como Ca y Mg debido a su gran tamaño iónico no presentan este problema). Es un fenómeno que ocurre primariamente en suelos con predominio de arcillas expandibles o parcialmente expandibles como vermiculita, illita y esmectita (arcillas del tipo 2:1), a diferencia de las arcillas del tipo 1.1 (caolinita, haloisita) que no fijan potasio y se manifiesta en situaciones en que la falta de una adecuada fertilización potásica de mantención, ha reducido de manera importante el contenido de la fracción no cristalina de K en el suelo. Según estudios realizados en la zona central (Ruiz y Sadzawka, 2005), la magnitud de la fijación en casos extremos de agotamiento de la reserva de K no intercambiable puede alcanzar a 40-50%, implicando una fuerte demora (varias temporadas) en la recuperación de los niveles nutricionales adecuados, debido a una menor eficiencia de la fertilización potásica, obligando al uso de dosis de corrección altas.

De acuerdo con lo indicado, las posibilidades de uso de la fertilización foliar en los tres problemas identificados en suelos de textura fina con predominio de arcillas expandibles y afectados por una deficiente condición estructural (limitaciones permanentes o de lenta modificación, respectivamente) puede ser una alternativa viable en el corto plazo y en combinación con un mejoramiento del manejo hídrico. No obstante, ésta debe ser considerada como medida de emergencia especialmente tratándose de macronutrientes. En el largo plazo, los problemas asociados a mala estructura (porosidad y resistencia mecánica) deben motivar un manejo de suelo con elevada participación del uso de materia orgánica y los referentes a fijación de potasio, se resuelven con un adecuado programa de fertilización de mantención.

Bajo condiciones químicas del suelo y agua de riego, que limitan la solubilidad y disponibilidad del nutriente.

El pH es uno de los principales variables que se debe considerar en la determinación de una posible deficiencia nutricional y por ende, la determinación del uso de fertilizantes foliares. De acuerdo al valor de este factor en el suelo, situación que tiene una estrecha relación con el del agua de riego, los elementos podrán estar en una condición de solubilidad o insolubilidad, (disponibilidad o no), alterando la capacidad de las vides de acceder a ellos. En el **Cuadro 1** se presentan los rangos óptimos de disponibilidad de cada nutriente.

Cuadro 1. Rangos óptimos de pH, para la disponibilidad de nutrientes.

Término descriptivo	Rango de pH-H_2O	Efectos esperables
Últra ácido	< 3,5	Condiciones muy desfavorables
Extremadamente ácido	3,6 - 4,4	
Muy fuertemente ácido	4,5 - 5,0	Probable toxocidad de Al.
Fuertemente ácido	5,1 - 5,5	Exceso de Co, Fe, Mn y Zn. Deficiencia de B, Ca, Cu, K, Mg, Mo, P y S. Actividad bacteriana escasa.
Moderadamente ácido	5,6 - 6,0	Adecuado para la mayorís de los cultivos
Débilmente ácido	6,1 - 6,5	Máxima disponibilidad de nutrientes
Neutro	6,6 - 7,3	Mínimos efectos tóxicos Bajo ph 7,0 no hay $CaCO_3$
Débilmente alcalino	7,4 - 7,8	Suelos generalmente con $CaCO_3$
Moderadamente alcalino	7,9 - 8,4	Disminuye la disponibilidad de P. Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe, Mn y Zn. Clorosis férrica
Fuertemente alcalino	8,5 - 8,9	En suelos no sódicos puede haber $MgCO_3$. Mayores problemas de clorosis férrica. Toxicidad de B.
Muy fuertemente alcalino	> 9,0	Presencia de carbonato de sodio. Suelo sódico. Actividad microbiana escasa. Condiciones muy desfavorables.

Los valores teóricos presentados en el **Cuadro 1**, se ven confirmado en gran parte para la vid de acuerdo a la información presentada en el **Cuadro 2** (Fregoni, 1999).

Cuadro 2. Correlación entre el pH del suelo y los niveles de nutrientes en el follaje (Fregoni,1999)

Elemento	r	Significancia
N	+0,08	n.s.
P	+0,35	**
K	-0,14	n.s.
Ca	+0,40	**
Mg	+0,14	n.s.
Suma de macroelementos	+0,31	**
N/K	+0,21	*
K/Mg	-0,11	n.s.
K/Ca	-0,34	**
K/(Ca+Mg)	-0,31	**
B	+0,11	n.s.
Fe	-0,02	n.s.
Mn	-0,45	**
Suma de B+Fe+Mn	-0,36	**
Zn	+0,23	*
Cu	+0,56	**
P/Fe	+0,16	n.s.
Fe/Mn	+0,46	**

Interacción entre iones: exceso natural o artificial (fertilización) de un ión que induzca competencia

La absorción de nutrientes puede estar sujeta a procesos de sinergismos, donde se potencia la toma de una elemento por acción de otro, o antagonismos, ya sea por la formación de precipitados y compuestos no absorbible por las raíces o por competencia directa en los procesos de ingreso a este órgano. A continuación (**Cuadro 3**) se presentan un resumen de los sinergismos y antagonismos entre los diferentes iones.

Cuadro 3. Sinergismos y antagonismos entre los diferentes iones.

Ión	NO_3^-	NH_4^+	$H_2PO_4^-$	K^+	SO_4^{-2}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Mn^{+2}	Zn^{+2}	Cu^{+2}	B	Fe^{+2}	MoO_4^{+2}	Cl^-
NO_3^-		+	-	+	-	+	+							-
NH_4^+	+			-		-	-							
$H_2PO_4^-$	-					-	-		-				-	-
K^+	+	-				-	-							
SO_4^{-2}	-					-							-	-
Ca^{+2}	+	-	-	-	-		-	-	-	-	-			
Mg^{+2}	+	-	+	-		-		-						
Mn^{+2}						-	-		-	-		-		
Zn^{+2}						-		-		-		-		
Cu^{+2}						-		-	-			-		
B						-								
Fe^{+2}								-	-	-				
MoO_4^{+2}			-		-									
Cl^-	-		-		-									

En forma complementaria se señalan a continuación y en forma específica, la interacción generada entre algunos iones comúnmente utilizados en la nutrición de las vides. Algunas de estas consideraciones, podrían tener un efecto positivo al momento de enfrentar situaciones de exceso de un elemento en el suelo, por ejemplo Cl.

Tal como se señaló anteriormente, lo importante en la gestión técnica de un parronal es el control permanente del comportamiento de las plantas frente a los programas de manejos que se implementan. Si bien normalmente se pone atención a desequilibrios nutricionales productos de las condiciones naturales del sitio de trabajo (excesos de un elemento), no hay que descartar aquellas situaciones provocadas por el hombre, las que se transforman en los efectos colaterales producto de la necesidad de adicionar nutrientes a través de la fertilización anual de los parrones. Un ejemplo de esto lo podemos observar en la **Figura 4**, donde se ve claramente que la fertilización potásica, realizada principalmente luego de la cuajadura de las bayas, influye directamente en los tenores de Ca en las láminas. Hay que considerar que el Ca se va acumulando en la lámina durante la temporada y si en este órgano se detecta deficiencias, con mayor razón se provocarán problemas a nivel de otros órganos, donde su llegada es más dificultosa (Callejas, 2005).

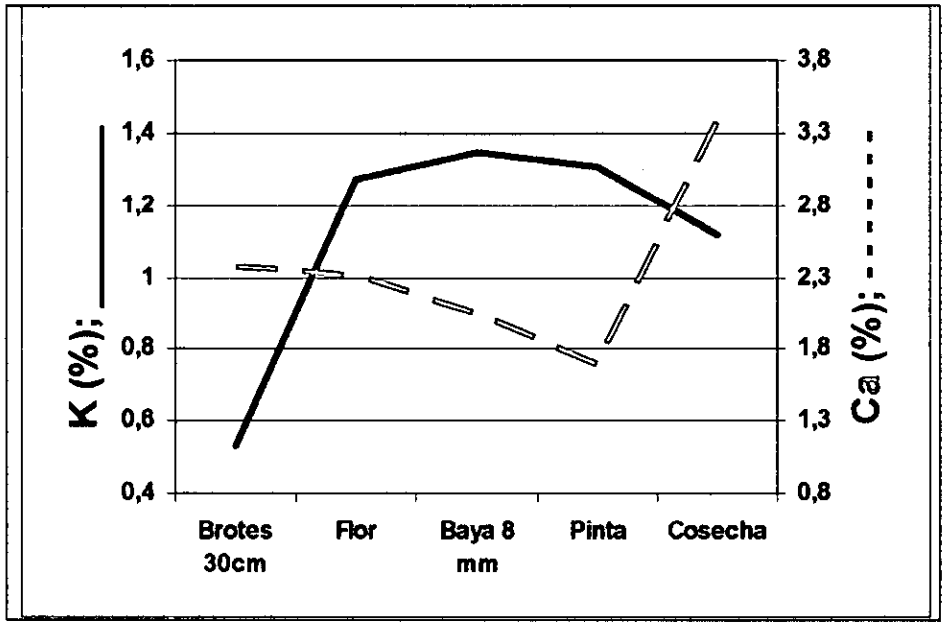


Figura 4. Comportamiento de los contenidos (%) de K y Ca en la lámina "Sultanina", en un parronal del Valle de Copiapó.

Desfavorables condiciones para el crecimiento del sistema radical.

La utilización de los fertilizantes aplicados o las pérdidas de ellos por lavado, dependerán directamente de la actividad que presenten las raíces en la temporada (Warner, 2002). Por lo tanto, en la medida que las curvas de crecimiento de las raíces, así como los factores locales que la regulan sigan siendo una incógnita, estaremos lejos de optar a un manejo eficiente de los fertilizantes.

En general existe la tendencia a que la tasa de absorción de agua y nutrientes decline en la medida que el sitio de absorción se aleja desde el ápice de la raíz. Sin embargo, este patrón puede depender de muchos factores tales como el tipo de ión (nutrientes minerales), la condición nutricional y la especie. En el ápice de la raíz, las células presentan una endodermis no suberizada y un gran número de pelos radicales, que permiten incrementar el área de absorción de agua (Cailloux, 1970) y nutrientes (Barley y Rovira, 1970). Solamente en la medida en que se genere una raíz nueva (secundaria), el sector suberizado, volverá a incrementar la tasa de absorción (Häussling *et al.*, 1988).

Por lo tanto, si las condiciones de crecimiento del sistema radical no es el adecuado, influirá directamente sobre la dinámica de absorción y disponibilidad de nutrientes en los parronales. Es importante evaluar los siguientes parámetros locales, de manera de detectar probables deficiencias en el sistema: a) desfavorables condiciones de humedad de suelo. b) desfavorables condiciones de oxígeno en el suelo, c) pérdida de la estructura de suelo y d) desfavorables condiciones de temperatura.

Malas condiciones sanitarias de las raíces

Esta demás señalar que si el sistema radical se ve afectado por ataque de hongos, bacterias, insectos o nematodos, se disminuye drásticamente su funcionalidad. La mantención de un sistema radical sano, será el primer paso hacia el incremento de la eficiencia de la planta, en el camino de la mantención o incremento del potencial productivo (Callejas, 2004).

Fisiología funcional de los órganos de la vid, principalmente la FLOR y el FRUTO

Como veremos más adelante, hay condiciones especiales en las plantas que afectan la movilidad de los nutrientes absorbidos lo que redunda directamente en la generación de deficiencias en órganos específicos, tales como flores y frutos. Normalmente las plantas presentarán adecuadas condiciones nutricionales, avalado por los análisis realizados en pecíolo o lámina, pero sin embargo, algunos problemas asociados a déficit nutricionales podrán ser detectados a nivel de campo. Los ejemplos clásicos son las deficiencias de Ca en la fruta y las de B en la inflorescencia.

Movilidad de los elementos en la planta. Una vez que los elementos son absorbidos por la planta, están sujetos a un sin número de procesos confiriéndoles características especiales respecto de su movilidad interna. Esta característica afecta directamente a algunos de ellos, en los procesos de removilización en momentos de alta demanda o su acumulación en órganos de reservas durante la entrada del reposo invernal. En el **Cuadro 4**, se presentan los diferentes nutrientes y su clasificación de acuerdo a su movilidad.

Cuadro 4. Movilidad de los nutrientes en dirección basipétala

Muy móviles	Móviles	Parcialmente móviles	Mínima movilidad
Sodio Nitrógeno Magnesio	Potasio Fósforo Azufre Cloro	Cobre Manganeso Hierro Zinc Molibdeno	Boro Calcio

Deficiencias funcionales permanentes. Estas deficiencias tiene estrecha relación con el desarrollo y funcionalidad de los haces vasculares respecto de algunos nutrientes, específicamente el xilema del fruto. El colapso temprano y paulatino del xilema, dificulta la llegada de de elementos cuya movilidad se realiza principalmente vía xilemática, tales como Ca y B. Se señala que con 6 a 7 ° Brix en las bayas, prácticamente el movimiento a través del xilema es imperceptible, generando deficiencias funcionales permanentes.

Deficiencias funcionales transitorias. Este tipo de deficiencias se asocian ha altas tasas de consumo de nutrientes por órganos fuentes, como son las inflorescencias y las bayas. En ciertos momentos del desarrollo se producen "peak" de demanda de nutrientes, en donde la absorción por parte de la raíz, la movilización a través del tejido vascular y la re-distribución dentro de la planta no dan abasto, produciéndose deficiencias transitorias que pueden provocar importante daño económico. Para ejemplificar este tipo de deficiencia, podríamos mencionar el gran consumo de K durante el llenado del grano y el importante consumo de B durante el proceso de floración y cuajadura. Otro ejemplo que puede calzar en este tipo de problema, sería las probables deficiencias de hidratos de carbono al inicio de la brotación, provocadas por la gran actividad metabólica en el proceso de formación de la nueva estructura fotosintética de la planta.

Transpiración de los órganos y la influencia de factores ambientales. Es conocido el hecho que las condiciones climáticas modulan el comportamiento general de las plantas. Específicamente en la capacidad de los órganos de acceder a nutrientes, la transpiración juega un rol fundamental, proceso que se ve afectado principalmente por la temperatura y humedad ambiental (Callejas, 2005).

Inhibiciones correlativas entre órganos. Los procesos de inhibición correlativa en la planta, controlados principalmente por el "pool" de hormonas y sus interrelaciones, determinan en muchos casos desequilibrios puntuales y/o permanentes en

diversos órganos. Un sin número de estos procesos se encuentran estrechamente ligados a los ya mencionados anteriormente, haciéndose muy difícil separar la causa y efecto de cada uno de ellos (Callejas y Reginato, 2000; Callejas *et al*, 2004; Callejas, 2005). Por esta causa, en muchas ocasiones las razones fisiológicas que se puedan esgrimir para realizar una campaña publicitaria de un producto, no tiene razón de ser, dado lo complejo y desconocido de las relaciones existente entre las hormonas, nutrientes, agua, metabolitos secundarios, condición general de la planta, clima, etc.

En estos procesos de inhibición se plantea la existencia de órganos dominantes y otros dominados, determinando esta condición ya sea el momento en que se generaron (edad) o la posición que ocupan en la estructura de la planta. Nos referimos a los conocidos conceptos de dominancia apical y dominancia primogénita. Respecto a esto, la competencia brote/inflorescencia y su efecto sobre el raleo en uva de mesa, ya sea natural o por efecto sinérgico con el ácido giberélico, es un ejemplo de este tipo de proceso que puede alterar la adecuada nutrición del órgano dominado.

Ausencia de semillas. Podríamos haber mencionado el efecto de la presencia o ausencia de semillas, así como el efecto de diferente número de semillas en las bayas, como otro ejemplo de procesos de inhibiciones correlativa entre órganos, sin embargo, lo planteamos por separados de manera de tomar consciencia que gran parte del esfuerzo que hacemos en el proceso productivo en los parronales, es con fruta sin semilla.

La semilla es un órgano, que si bien parece insignificante, juega un rol fundamental en el desarrollo equilibrado de los frutos, condición que en la mayoría de las variedades de uva de mesa tratamos de reemplazar por la adición exógena de ácido giberélico. Al margen del efecto sobre el crecimiento de la fruta, una baya bien nutrida es sinónimo de una adecuada condición y calidad final de la fruta y en esto el número de semilla tiene una directa influencia (**Figura 5**).

Parrones debilitados. En la vid, el principal sustrato de energía para la respiración son los carbohidratos, generados a partir de un eficiente sistema fotosintético. Por tal razón la funcionalidad de la raíz, órgano que no tiene esta capacidad, depende directamente de los recursos proporcionados por la parte aérea. Si el parrón se encuentra debilitado (Callejas *et al.* 2008), con poco crecimiento de sus cargadores, delgados y limitado número de hojas, las estrategias nutricionales deben ser readecuadas considerando un especial cuidado con el uso de fertilizantes foliares. Sin embargo, lo principal es detectar la causa que originó esta condición y no esclavizarse de las aplicaciones foliares, sembrando falsas esperanzas en la búsqueda de una solución equivocada del problema.

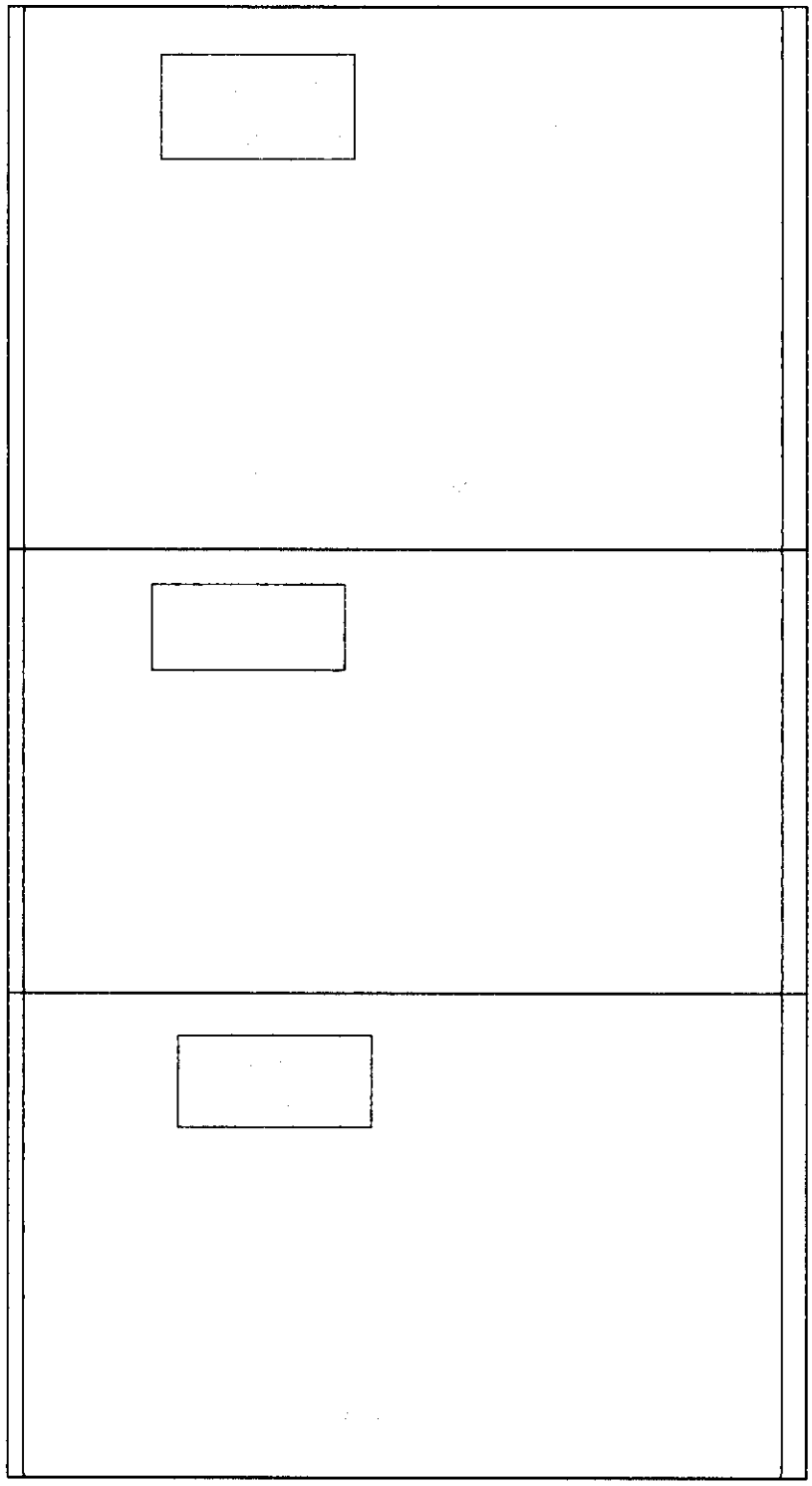


Figura 2. Contenido de K, Ca y Mg durante el desarrollo de la fruta "Barbera"en la fruta en función del número de semillas/bayas.
DDF=días después de flor

Comentarios finales: Estrategia versus Producto

Muchos productores confían más en el o los productos que en la generación de una estrategia para mejorar el potencial productivo de los parrones. La búsqueda de un criterio adecuado a las condiciones locales de un predio, requiere de una visión integral de los diferentes factores que afectan el desarrollo de la vid. La experiencia muestra una gran inmovilidad a la innovación e inversión personal en este punto, manteniendo la esperanza "en el producto", más que en una estrategia agronómica eficiente en el cultivo de los parrones. La estrategia requiere tiempo y conocimiento del sitio, caminar los parrones, ojala en varias etapas del desarrollo de las plantas, saber donde y cómo tomar las muestras que se requieran analizar, conocer al equipo humano que trabaja en el predio, transformar los datos en información y analizarla en forma integral, para posteriormente proponer la estrategia que requiere ser comprobada y ajustada.

Literatura citada

BARLEY, K.P. and A. D.,ROVIRA, 1970. The influence of root hair on the uptake of phosphate. Communs. Soil. Sci. Plant Analysis. 1:287-292.

BOSELLI, M., B. VOLPE and C. DI VAIO. 1995. Effect of seed number per berry on mineral composition on grapevine (*Vitis vinifera* L.) berries. *Journal of Horticultural Science.* 70, 509 – 515.

CAILLOUX, M. 1972. Metabolism and the absortion of water by roots hairs. Can. J. Bot. 50:557-573.

CALLEJAS, R. y G. REGINATO. 2000. Añerismo en manzanos. Formación de la yema floral y factores que determinan la alternancia en las producciones. Revista Frutícola (Chile) 21(3): 77- 82.

CALLEJAS, R., WIECZOREK, J.T. y KUSCH, C. 2004. La raíz del problema, del bajo potencial productivo de parrones de uva de mesa, está en la raíz. Revista electrónica CEVID, Fac. Cs. Agr. Universidad de Chile. Disponible en: http://www.cevid.cl/investigacion.htm

CALLEJAS, R. 2005. El palo negro y raquis débiles: aplicaciones tempranas de fertilizantes foliares bajo una visión integrada del problema. Revista electrónica CEVID, Fac. Cs. Agr. Universidad de Chile. Disponible en: http://www.cevid.cl/investigacion.htm

CALLEJAS, R., C. BENAVIDES y J. I. COVARRUBIAS. 2008. La pérdida de la fertilidad física del suelo en parrones de uva de mesa. Revista electrónica CEVID, Fac. Cs. Agr. Universidad de Chile. Disponible en: http://www.cevid.cl/investigacion.htm

CALLEJAS, R., C. BENAVIDES y J. I. COVARRUBIAS. 2008. Consideraciones en la determinación de un programa de nutrición en parronales debilitados de uva de mesa. Revista electrónica CEVID, Fac. Cs. Agr. Universidad de Chile. Disponible en: http://www.cevid.cl/investigacion.htm

FREGONI, M. 1999. Viticoltura di Qualità. Edizioni L'Infor--matore Agrario, Verona, Italy, 213 pp.

HÄUSSLING, M. C., A. JORNS, G. LEHMBECKER, CH. HECHT-BUCHHOLZ, and H. MARSCHNER. 1988. Ion and water uptake in relation to root development in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) J. Plant Physiol. 133, 486-491.

PRAT, C. J. 1965. Influence of soil pH on the relative availability of macronutrients and micronutrients in the soil. Chem. Fert. Sci. Am, 212: 62-72.

RAZETO, B. 1991. La nutrición mineral de los frutales, deficiencias y excesos. SOQUIMICH Comercial S.A., Chile. 105 p.

RUIZ R. y A. SADZAWKA. 2005. Nutrición y fertilización potásica en frutales y vides. Colección Libros INIA N° 14. INIA. Chile. 79 p.

WARNER, G. 2002. Research sheds light on roots growth. Good fruit grower. Disponible en : www.goodfruit.com

Artículo de Extensión del Centro de Estudio de la Vid.
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Cecilia Peppi A.
Correctores: Profesores Bruno Razeto M., Erika Kania K. y Cecilia Peppi A.
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

CEVID
Universidad de Chile

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas

LA PÉRDIDA DE LA FERTILIDAD FÍSICA DEL SUELO EN PARRONES DE UVA DE MESA.

Rodrigo Callejas R.
Dr.sc.agr. Universidad de Chile.

Carlos Benavides Z.
Ing. Agr. CEVID. U. de Chile.

José Ignacio Covarrubias P.
Ing. Agr. M. Sc. CEVID. U. de Chile.

Resumen

La uva de mesa se cultiva en la zona norte de Chile, específicamente la Región de Atacama, bajo evidentes condiciones edafoclimáticas que presentan ciertas dificultades, tales como la falta de frío invernal, probabilidades de helada, mayor contenido de sales del suelo, entre otras. Adicionalmente y debido a la larga data que tiene este cultivo en la zona, se evidencias notorios problemas de compactación de suelo que afectan directamente el manejo del agua de riego, el control de las sales del suelo y la condición de las plantas, debido principalmente al menor desarrollo del sistema radical. En este artículo se abordan algunos conceptos básicos en torno a la pérdida de fertilidad física de los suelos y se proponen algunas actividades para enfrentar esta problemática.

Palabras claves: compactación, densidad aparente, resistencia penetrométrica, suelo vivo.

Introducción

La calidad de un suelo como medio de crecimiento de la vid, depende por un lado de su "fertilidad química" (pH, nutrientes, elementos tóxicos) y por otro, lo que se ha denominado "fertilidad física". Este último concepto involucra cuatro condiciones dinámicas que influyen directamente en el crecimiento y productividad de las plantas: a) las condiciones hídricas, b) térmicas, c) de aireación y d) resistencia mecánica de los suelos (Benavides 1992, Canales, 2007).

Las propiedades físicas inherentes tales como densidad aparente, textura, agregación y distribución de poros, etc.; están relacionadas con el potencial productivo de los parronales, sólo a través de sus efectos sobre las condiciones dinámicas del

sistema. Esto se debe a que modifican las propiedades conductivas y de almacenamiento de los suelo. Adicionalmente, las condiciones dinámicas dependen del manejo implementado en el parronal y definiendo esto como una variable exógena, al sistema suelo, se concluye que las propiedades físicas inherentes no bastan para definir totalmente la calidad del suelo como medio de crecimiento de las parras (Benavides, 1992; Hofmann *et al.* 1995).

En el cultivo de los parronales y a pesar de una excelente preparación de suelo en preplantación, incluido la modificación de perfiles (Benavides , 2007); los suelos van perdiendo su fertilidad física, generando innumerables problemas a nivel de planta lo que repercute directamente en los rendimientos (Schroeder, 1992; Hofmann *et al.*, 1995; Redl *et al.*, 1996;) y sobre todo en los costos de producción, dado que muchos productores invierten en otro tipo de mejoras, tales como; mayores cantidades de fertilizantes, nematicidas, uso de bioestimulantes, etc., en vez de atacar el problema base que tienen que con la pérdida de las condiciones físicas óptimas del suelo.

En este artículo y en el marco de los diagnósticos realizados para el proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, llevado a cabo en la III Región del país, se presentarán algunas de las problemáticas observadas en terreno y que de no ser consideradas, pueden afectar el correcto funcionamiento de otros factores fundamentales en la producción de uva de mesa temprana, tales como el riego, el manejo de las sales, el crecimiento de raíces, etc.

Composición básica del suelo de un parronal

Cuando se observa una calicata, se suele caer en el error de asociar el suelo como un todo solamente a las piedras, gravas, partículas de arena, arcilla o limo, en otras palabras, aquello que vemos o tocamos. Sin embargo, si este recurso y sus alteraciones son considerados como una unidad viva o biológicamente activa, tenemos que incluir en su constitución, además de las sustancias minerales, el humus, el agua, los organismos y el aire (**Figura 1**). Por lo tanto, cualquier cambio que se produce en el suelo, ya sea por causas naturales o antrópicas, no solamente afectamos la parte física del suelo sino toda una cadena de eventos que repercuten directamente en la actividad de este recurso y por ende, en los frutales, las producciones y el éxito del negocio.

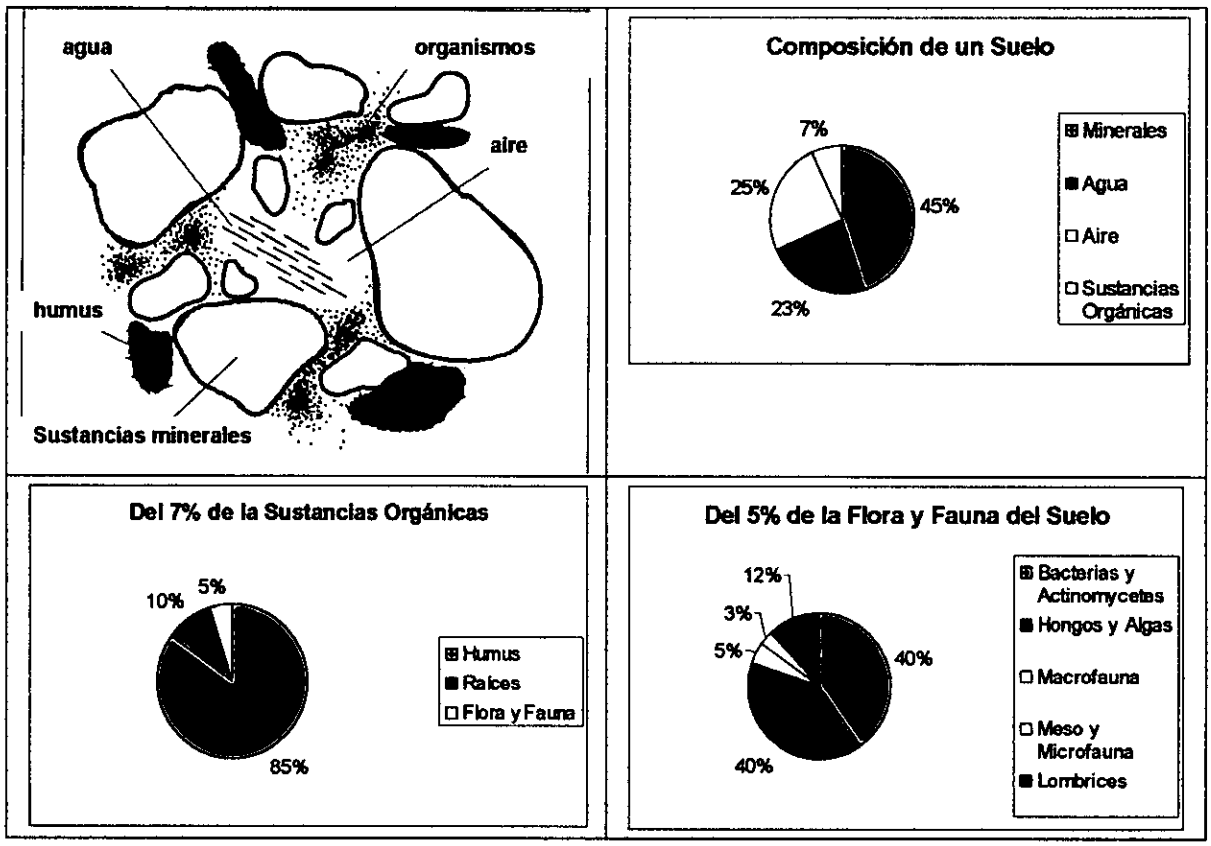


Figura 1. Composición del suelo (Adaptado de Eichenberger y Vogtmann, 1981 y Hofmann *et al.* 1995).

Al respecto, Benavides (1992) menciona que la fase sólida se encuentra constituida por materiales inorgánicos que se encuentran integrados con restos orgánicos, en diverso estados de alteración que determinan las características geométricas de la matriz y por lo tanto, las del espacio poroso en el cual las fases líquidas y gaseosas son retenidas y transportadas. La fase líquida se denomina solución suelo. Esta contiene solutos orgánicos e inorgánicos, sustancias sólidas en suspensión y gaseosas disueltas. Finalmente, la composición gaseosa es similar a la atmosférica, difiriendo en la proporción de oxígeno, vapor de agua y dióxido de carbono, lo que depende de las condiciones de aireación de cada suelo.

Algunas definiciones básicas de variables descriptivas de suelo

Existen un sin número de variables que permiten definir la descripción cuantitativa del suelo. En este caso en particular y tomando atención al problema de la compactación, se hará referencia a la densidad real, la densidad aparente (relaciones entre masa y volumen de las fases) y la porosidad del suelo (Viguera *et al*, 2004).

Densidad real. Corresponde a la densidad de las partículas sólidas del suelo. Se determina dividiendo el peso del suelo secado a estufa por el volumen que ocupan los sólidos, excluyéndose el peso del agua y el volumen de poros. La densidad real de los suelos minerales más comunes varía entre 2,5 a 2,7 g/cm^3.

Densidad aparente. Se refiere a la densidad de una muestra de suelo tal como es, incluyendo el volumen ocupado por los poros. Este parámetro es un reflejo del desarrollo de porosidad en los suelos. Rangos entre 1,1 a 1,2 g/cm^3 no presentarían problemas para el correcto desarrollo de las raíces y la planta en general, sin embargo, los problemas se van acrecentando a partir de 1,5 g/cm^3.

Porosidad. Los poros del suelo, irregulares en cuanto a tamaño, forma y dirección, son los espacios comprendidos entre las partículas sólidas del suelo. El tamaño de ellos es más importante respecto del número, cuando se refiere al crecimiento de las vides. Los suelos arcillosos presentan poros pequeños y numerosos, retienen una gran cantidad de agua y se debe manejar con cuidado su aireación. Respecto a los suelos arenosos, el gran tamaño de los poros permiten una baja retención de agua, sin problemas de aireación. De esta manera, se señala que los suelos de texturas medias son los ideales para el cultivo, permitiendo el equilibrio entre poros grandes y pequeños, lográndose un adecuado balance de contendido de agua y aireación del suelo.

Si bien el laboreo permite mullir el suelo, este efecto es temporal ya que el efecto desaparece en algunas semanas. En el caso específico del Valle del Copiapó y parte baja del Valle del Huasco, el exceso de sodio produce la disgregación del suelo en superficie, parte del cual en conjunto con el agua penetra dentro del suelo, obstruyendo muchos poros, lo que provoca la disminución de la permeabilidad al aire y el agua.

La porosidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porosidad} = \frac{\text{Densidad real} - \text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \times 100\ (\%)$$

Potencial mátrico. De acuerdo a Benavides (1992), se define como la cantidad de trabajo por unidad de peso del agua requerida para transportar una cantidad infinitesimal de solución suelo, desde un punto del suelo hasta el pool de referencia, el cual contiene una solución de composición idéntica a la del agua del suelo y que se encuentra a la misma elevación, presión y temperatura". Entre los componentes del potencial del agua del suelo, uno de los más directamente relacionados con el contenido de humedad es el potencial mátrico. Respecto a esto, se pude señalar que la energía de retención del agua depende de la cantidad de agua presente, esto permite definir una relación funcional entre contenido y potencial mátrico, la cual se denomina "curva característica de humedad", distinta para cada suelo y que corresponde a una de las dos propiedades hidráulicas fundamentales de los suelos. Por lo tanto, de denomina curva característica de humedad a las curvas obtenidas al graficar el contenido de humedad versus el potencial mátrico, relación gobernada por la distribución de los poros del suelo y los fenómenos capilares asociados.

Compactación del suelo

Tradicionalmente la compactación en suelos cultivados ha estado relacionada al uso de maquinarias. Todas las labores en parronales como por ejemplo, aplicación de pesticidas, herbicidas, cosecha, aplicaciones de guano, etc., implican el uso de tractores e implementos cuyo peso, y de acuerdo al tamaño de los neumáticos y condición de humedad, provocan la compactación del suelo (**Figura 2**).

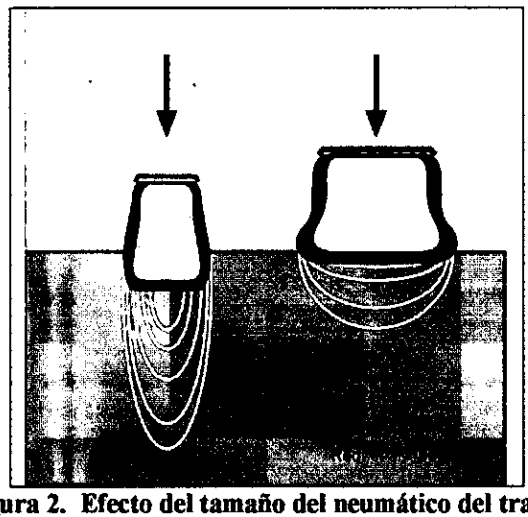


Figura 2. Efecto del tamaño del neumático del tractor, para un mismo peso, sobre la compactación del suelo (Redl *et al.* 1996).

En el proceso de compactación, los agregados se comprimen disminuyendo la porosidad, principalmente los macroporos, resultando en un incremento de la densidad aparente del suelo (Rius, 2005) y en consecuencia la generación de un menor potencial productivo debido a la menor disponibilidad de agua, nutrientes, aireación, crecimiento de raíces y cambios negativos en los variados componentes del suelo (Van Huyssteen, 1988).

La compactación se puede dar en todas las clases texturales y combinaciones de ellas en el perfil de suelo (Rius, 2005), generándose diferentes umbrales críticos para variables fundamentales en el desarrollo de la vid (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Valores estimados de agua total, disponible y porosidad para dos extremos hipotéticos de estructura del suelo.

TEXTURA	ESTRUCTURA	AGUA TOTAL mm/m	AGUA DISPONIBLE mm/m	POROSIDAD %	CLASIFICACIÓN
Arena	buena	100	80	20	pobre
	compactada	40	28	16	muy pobre
Areno limoso	buena	190	90	18	buena
	compactada	100	30	12	muy pobre
Arcillo limoso	buena	200	90	25	buena
	degradada	140	30	8	muy pobre
Arcillosa	buena	190	90	8	moderada
	degradada	150	24	4	muy pobre
Arcillas expandibles	buena	225	132	8	moderada
	degradada	150	65	1	muy pobre

Fuente: Water management for grape production research to practice. Cooperative Research Centre for Viticulture. 1998. Citado por Rius, 2005.

En la medida que los suelos se van compactando, la capacidad del material del suelo de resistir la fuerza de deformación se va incrementando. Si bien los estudios de la resistencia mecánica han considerados variables como la densidad aparente o el potencial mátrico, de acuerdo a Benavides (1992) y Bernie (1996), la resistencia penetrométrica la más utilizada debido a las altas correlaciones (>0,95) entre la resistencia al suelo al penetrómetro y el porcentaje de penetración de las raíces (**Figura**

3). De acuerdo a Bennie (1996), el impedimento mecánico tiene un similar efecto sobre la elongación de las raíces de diferentes plantas, señalándose para la vid un valor crítico de 2 MPa (Rius, 2005).

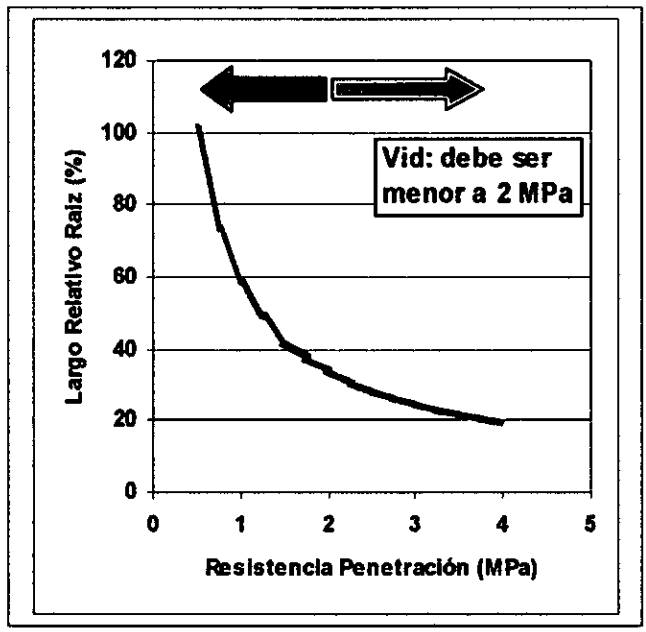


Figura 3. Relación entre el crecimiento relativo de las raíces y la resistencia penetrométrica del suelo. La regresión fue obtenida en estudios con maíz, algodón, trigo y maní; $y=58{,}349 \cdot x^{-0{,}788}$; $R^2=0{,}8$ (Bennie, 1996).

Compactación del suelo y crecimiento de las raíces

Tal como se puede deducir de lo anteriormente señalado, la compactación del suelo puede afectar directa o indirectamente el crecimiento y desarrollo de las raíces. Directamente por el impedimento mecánico para que ellas crezcan e indirectamente por el efecto sobre diferentes factores tales como, nutricionales, aireación, disponibilidad de agua, acumulación de sales, etc., que inducen cambios fisiológicos y metabólicos fundamentales en el desarrollo de las raíces.

Crecimiento longitudinal y radial de las raíces. De acuerdo a diferentes estudios, la resistencia mecánica se relaciona inversamente con la elongación y directamente con el grosor de las raíces. El incremente de la resistencia penetrométrica, reduce la tasa de elongación celular y en paralelo, incrementa la expansión radial, obteniéndose raíces más gruesas y rígidas (Materechera, *et al.* 1993). También se ha planteado, que este efecto puede disminuir la tasa de división celular de las raíces nuevas en activo crecimiento.

Distribución de las raíces. Es evidente, cuando se observa en las calicatas la distribución del sistema radical, que la compactación define los sitios ocupados por las raíces (Van Huyssteen, 1988). Cuando el impedimento mecánico es muy intenso, considerando óptimas condiciones de otros parámetros físicos y químicos, las raíces no se extienden en el espacio asignado durante el diseño del huerto frutal, generando alteraciones del potencial productivo esperado.

Morfología de las raíces. La compactación genera cambios morfológicos importantes en las raíces, deformándolas y engrosándolas. En muchos casos el desarrollo de raíces laterales disminuye, bajando la capacidad exploratoria del sistema radical. Adicionalmente, se ha detectado un incremento del cilindro central de la raíz, que para el caso del maíz fue asociado a un mayor número y diámetros promedios de los haces vasculares

Fisiología de la raíz. Estos aspectos han sido poco estudiados y las conclusiones no permiten tener claridad de los resultados. Básicamente se plantean alteraciones en el potencial osmótico y producción de etileno por las raíces. Tampoco se tiene claridad respecto del balance hormonal, principalmente lo que respecta a citoquininas.

Funcionalidad de las raíces. Bennie (1996) resume los efectos detrimentales sobre el crecimiento de la planta, debido a la alteración del funcionamiento de la raíz por efecto de la mayor resistencia mecánica:
a) Una disminución de la materia seca de la parte área en varias especies.
b) Una reducción en la absorción de nutrientes, principalmente P y K, por ser inmóviles en el suelo; Ca y nitrato y microelementos como Fe, Mn y Zn.
c) Una disminución de la tasa transpiratoria debido a una menor densidad y largo de raíces y en consecuencia, menor contenido de agua disponible para la planta. Se plantea que el incremento de la absorción de agua en función del largo de raíz, cuando la planta se encuentra en una condición de compactación, es insuficiente para compensar la reducción del largo total del sistema radical, considerado normal para el óptimo desarrollo de la parra.
d) Reducción de la producción, por incremento del estrés hídrico y nutricional.
e) Incremento de ataques de enfermedades o parásitos, al tener confinadas las ríces a un menor volumen de suelo.

Compactación de suelos en parronales de la III Región

En el marco del Proyecto de Fertirrigación, INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, se hicieron reiteradas evaluaciones de la condición de suelos de diversos productores de la Región, de manera de considerar este factor en la respuesta de los parrones al riego, nutrición, lavado de sales, presencia de raíces y comportamiento general de las plantas. Es importante recordar que las plantaciones de parronales en la III Región se iniciaron en forma masiva a comienzos de la década de los 80, por lo que a la fecha muchos de ellos tienen más de 20 años en producción, siendo evidentes la pérdida de fertilidad física producto de la compactación de los suelos. El incremento de la resistencia mecánica se observa generalmente en 2 situaciones (**Figura 4**): a) compactación por el paso de la maquinaria en la entre hilera y b) compactación por el paso de personas en la sobre hilera.

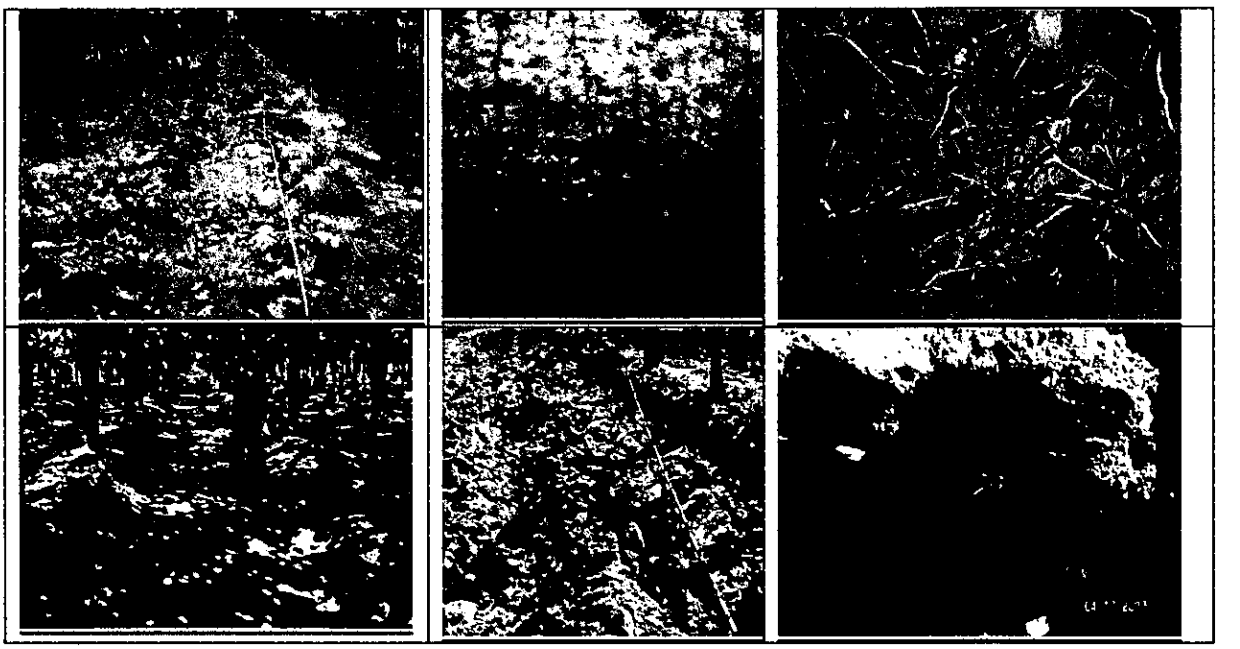


Figura 4. Ejemplos de situaciones de suelos compactados. Superior izquierda, entrehilera compactada por el paso de maquinaria. Superior centro, perfil de suelo compactado por debajo del paso de la rueda del tractor, observándose total ausencia de raíces. Superior derecha, sector compactado, pero con presencia de piedras, en donde esta condición permite una mejor aireación y concentración de raíces creciendo activamente, a pesar del entorno compactado. Inferior izquierda, camellón sujeto a la compactación producto del paso del personal que realizan las labores del parronal (poda, ajuste de carga, arreglo de racimo, etc.). Inferior centro, camellón compactado. Inferior derecha, sector de la sobre hilera (sin camellón) compactado, sin presencia de raíces.

Si bien las situaciones planteadas en la **Figura 4** son observadas en terreno por los productores, se estima que el grado de conciencia que se tiene de las consecuencias agronómicas negativas colaterales que se producen, es más bien limitada.

En la **Figura 5**, se observa claramente el sector compactado por el paso de la rueda del tractor lo que afecta directamente el movimiento lateral del agua de riego. El agua proveniente del sector del gotero tiende a profundizar por el costado de la zona compactada promoviéndose el movimiento en profundidad, dificultando su llegada a los sectores más allá de la zona compactada (sector de suelo a partir de 1,2 m hacia la entre hilera), e inclusive alternando ciclos de riegos cortos y largos (alto y bajo volumen de agua aplicada por riego).

De la misma forma, en la **Figura 6** se evidencia el mismo efecto sobre el comportamiento de las sales del suelo. Debido a la compactación, a través del tiempo se va produciendo una alta concentración de sales en el sector del paso de la maquinaria, producto del fenómeno antes expuesto al que esta sujeto el agua de riego. La imposibilidad de lavar esos sectores dada la menor conductividad hidráulica, llevan a la paulatina elevación de la conductividad eléctrica de ese sector del perfil.

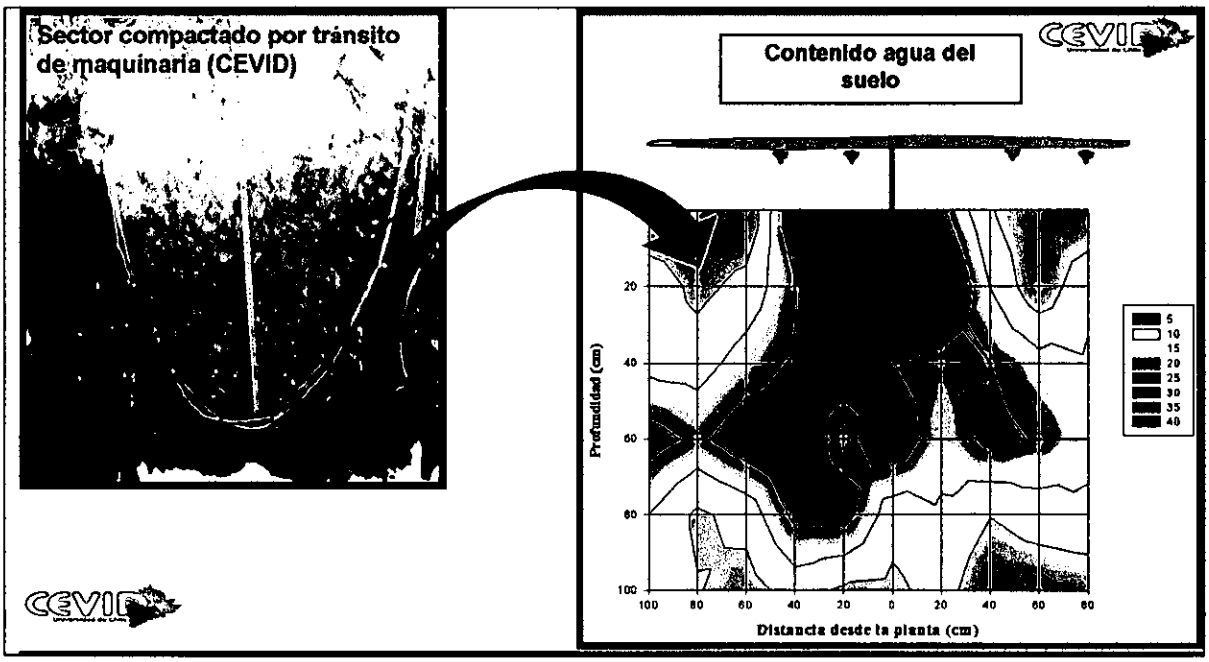


Figura 5. Sector compactado de la entre hilera por el paso del tractor y efecto sobre la distribución del agua de riego en el perfil.

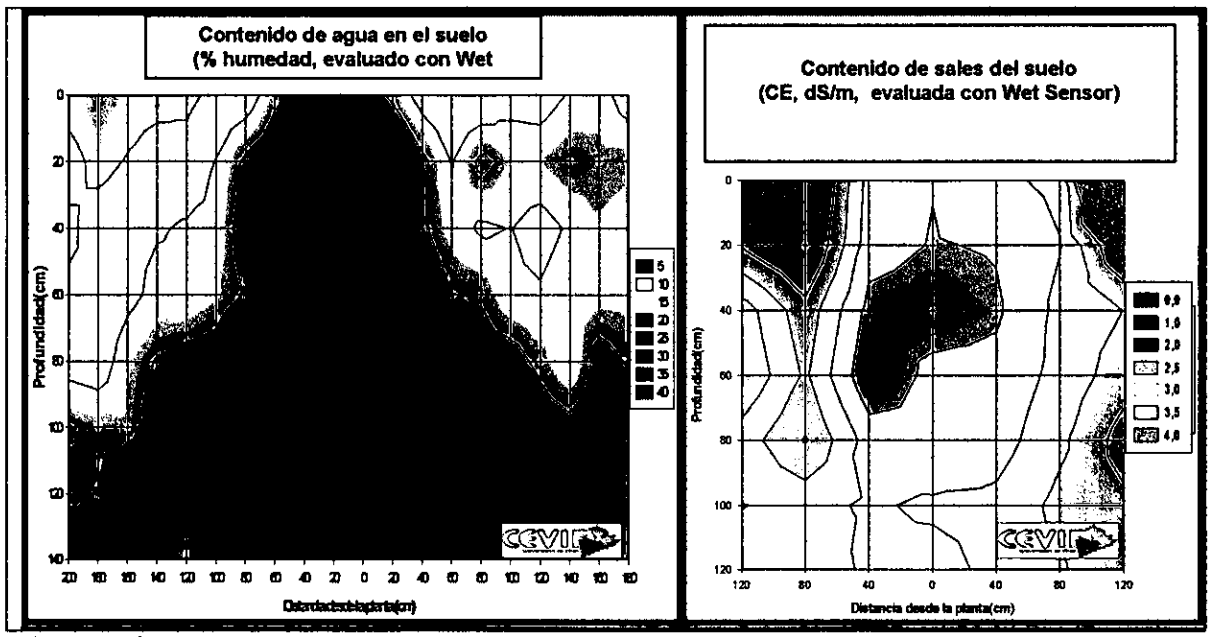


Figura 6. Sector compactado de la entre hilera por el paso del tracto y efecto sobre la acumulación de sales en el perfil.

Si las condiciones anteriores las relacionamos con la presencia de raíces, en la **Figura 7** queda en evidencia el negativo efecto de la compactación del suelo sobre el crecimiento de esta importante estructura de la planta. Tanto los dos sectores laterales por donde pasa el tractor, así como el área ubicada en la sobrehilera manifiestan baja o nula presencia de raíces. En este último caso, la ausencia de raíces se puede deber a la interacción de dos factores, uno a la compactación por parte de las personas al caminar por sobre hilera y otro por la permanente saturación del suelo bajo el gotero, producto de las largas horas de riego implementadas por los productores.

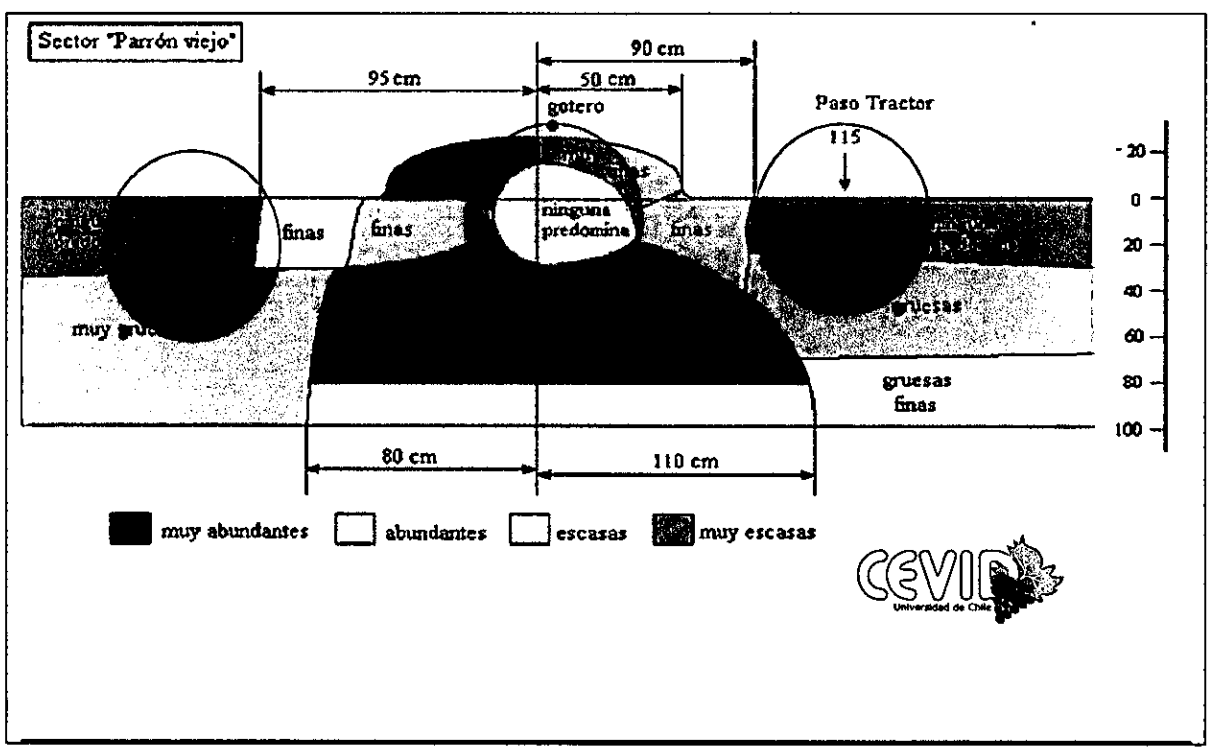


Figura 7. Evaluación del número de raíces en un suelo franco, Valle de Copiapó, III Región. En los círculos rojo se muestran los sectores afectados por la compactación.

Proposiciones para enfrentar la problemática

Para enfrentar este problema, lo primero es promover en los productores la idea que la compactación puede ser un gran freno del óptimo de desarrollo de la planta y por lo tanto de los rendimientos y éxito del negocio. Una vez realizada esta socialización del problema, es importante ejecutar ciertas actividades ya probadas y validadas por sus buenos resultados (**Figura 8**), así como apoyar el estudio de alternativas nuevas generadas en el marco del manejo integrado y sustentable de los parronales. Estas últimas proposiciones se están estudiando a través de un nuevo proyecto conocido en la zona como "Suelo Vivo" (INNOVA-CORFO; Universidad de Chile).

Algunas de las acciones que se pueden realizar son las siguientes:
a) Laboreo superficial con arado cincel en la entrehilera para romper la costra que sella el suelo.
b) Subsolado para romper el sector compactado por el paso del tractor.
c) Cruzar superficialmente con arado cincel para eliminar el sector compactado de la sobre hilera, en la medida que las distancias de plantación lo permitan. En esta misma línea, se debe estudiar la adquisición de maquinarias utilizadas en otros países, específicamente para esta labor.
d) Formación de un colchón orgánico utilizando materia orgánica y restos de poda, para ralentizar la compactación producida en la sobrehilera por el paso de la gente. Esta práctica esta siendo validada a través del proyecto "Suelo Vivo".
e) Cubiertas vegetales en la sobrehilera para generar mullimiento, permitir el incremento de la materia orgánica tanto en superficie como en profundidad, mejorar la aireación del suelo, promover el control natural de nematodos, etc. Estas prácticas serán estudiadas a través del proyecto "Suelo Vivo".
f) Modificación de perfiles en nuevas plantaciones o replantaciones (Benavides, 1991).

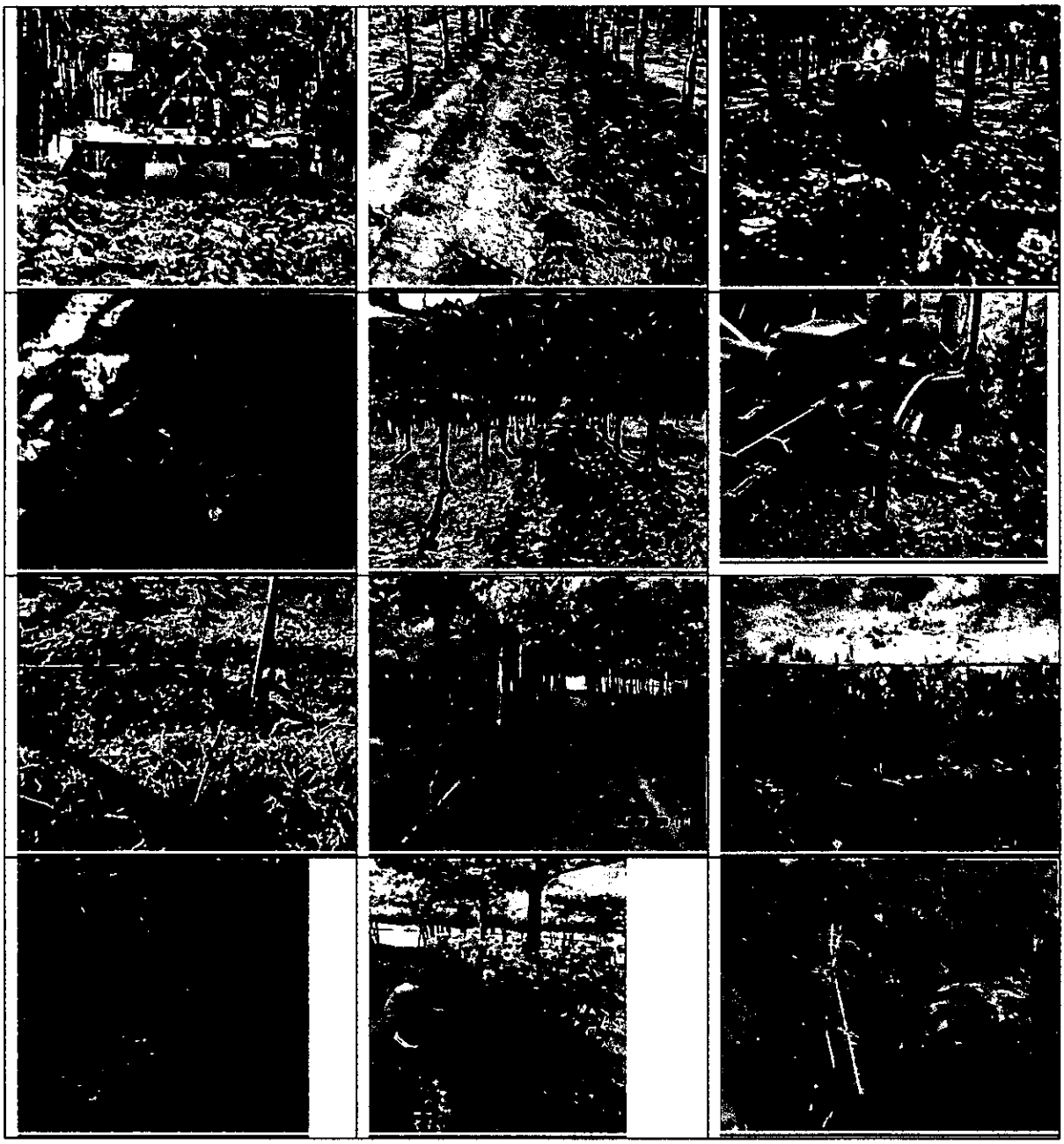


Figura 8. Diversas actividades para enfrentar el problema de la compactación en parronales. (Ver texto en el artículo)

Comentarios finales

Labores que permitan enfrentar el problema de la compactación de los suelos, deben estar siempre presente en los programas de manejos implementados en los parronales. El buen manejo de la fertilidad química, así como la óptima respuesta de la planta a las prácticas de riego, podrán ser exitosas en la medida que los productores asuman la fertilidad física del suelo como la base que sustenta el sistema productivo de la uva de mesa en la Región de Atacama.

Literatura consultada

Benavides, C. 1991. Modificación de perfiles de suelos. En: Manejo de suelos en huertos frutales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 35 (Cap. 5), pp 93-110.

Benavides, C. 1992. El suelo como sistema físisco. En. Suelos, una visión actualizada del recurso. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38. Universidad de Chile. pp. 121-153.

Bennie, A. 1996. Growth and mechanical impedance. In. Plant Roots, The Hidden Half. Edited by Waisel, Y, A. Eshel and U. Kafkafi. Marcel Dekker, Inc. Eds. pp. 453-470.

Canales, 2007.

Hofmann, U. P. Köpfer und A. Werner. 1995. Ökologischer Weinbau. Ulmer. 260 S.

Materechera, S. A., Alston, A. M., Kirby, J. M. and Dexter, A. R. (1993). Field evaluation of laboratory techniques for predicting the ability of roots to penetrate strong soil and of the influence of roots on water sorptivity. Plant Soil 149: 149-158.

Redl, H., W. Rockenbauer und H. Traxler. 1995. Weinbau Heute. Leopold Stocker Verlag. 612 S.

Rius, X. 2005. Apuntes de viticultura australiana. Agrolatino Ed. España. 445 pag.

Van Huyssten, L. 1988. Soil preparation and grapevine root distribution – A qualitative and quantitative assessment. In: The grapevine root and its environment. Edited by Van Zyl J. L. Viticultural and Oenological Research Institute Stellenbosch. pp. 1-15.

Viguera J, A. Albarrán, F. Llera, E. Ferrera y T. García. 2004. Estudio de suelos y su analítica. Instituto de Ciencia de la Educación. 119 pag.

Artículo de Extensión del Centro de Estudio de la Vid.
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Cecilia Peppi A.
Correctores: Profesores Bruno Razeto M., Erika Kania K. y Cecilia Peppi A.
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

CEVID
Universidad de Chile

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas

WET SENSOR: EXPERIENCIA PRÁCTICA EN EL CONTROL DE HUMEDAD Y CONTENIDO DE SALES DEL SUELO, EN HUERTOS FRUTALES

Rodrigo Callejas R.
Dr.sc.agr. Universidad de Chile.

Carlos Benavides Z.
Ing. Agr. CEVID. U. de Chile

José Tomás Wieczorek V.
Lic. Cs. Agr. CEVID. U. de Chile

Resumen

En la actualidad enfrentamos una etapa en el desarrollo de nuestra viticultura, donde el concepto "eficiencia en el uso de los recursos" está jugando un rol fundamental en el éxito del negocio, ya sea por un tema de costos o para cumplir con las nuevas normativas de exportación bajo conceptos de sustentabilidad. En esta línea, es prioritario desarrollar y validar sistemas de monitoreo del agua del suelo y su relación con la condición de la planta. Por tales razones y en el marco de desarrollo en la III Región de Chile (zona árida) del proyecto **INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01**, se estudió y validó la utilización del equipo WET Sensor con el objetivo de disminuir los errores en el manejo del agua de riego, obtener una metodología de fácil implementación a nivel predial que permita cuantificar y controlar los niveles de agua de riego, validando una herramienta que permita adaptar el riego no solamente a las necesidades de la planta, sino de acuerdo a las condiciones de salinidad del medio, lo que obliga a considerar volúmenes extra de agua de riego para lavado durante la temporada.

Palabras claves: TDR, riego, uva de mesa.

Introducción

En la Zona Norte del país, los productores se han acostumbrado a definir el criterio de riego en los parronales a través de la observación del contendido de humedad del suelo en calicata, de manera de maximizar las producciones y calidad de la fruta. Sin embargo y de acuerdo al trabajo permanente en la zona, se han detectado importantes ineficiencias en el uso del agua de riego, determinándose la necesidad de implementar tecnologías que permitan conjugar el cuidado de este recurso y el éxito del sistema productivo de uva de mesa. Lo anterior se plantea ya que en la actualidad el concepto "eficiencia en el uso de los recursos" está jugando un rol fundamental ya sea por un tema de costos o para cumplir con las nuevas normativas de exportación bajo conceptos de sustentabilidad.

La observación permanente de calicatas ("calicateo") con el objetivo de definir criterios de riego ha permitido mejoras en las condiciones del parronal, sin embargo, la ejecución de esta actividad presenta varias desventajas para el productor. Al respecto podemos mencionar algunos puntos críticos:
a) Es subjetiva. Normalmente el dueño o el administrador y en muchos casos el asesor, que solamente los visita 1 vez por mes al predio, son capaces de ir modelando el criterio que se debe utilizar con respecto al riego.
Si el dueño o el asesor, por ejemplo no puede estar presente en el predio, se convierte el proceso de decisión en un problema crítico de solucionar. Lo anterior se debe a lo sensible que pueden ser las parras a equivocaciones en el criterio de manejo, sobre todo en condiciones edáficas complejas (suelos estratificados, sales, sistemas de riego subdimensionados, sistemas de riego mal diseñados, etc).

b) Es difícil capacitar y traspasar la responsabilidad del monitoreo a un subalterno. Dado lo complejo del método, el productor o encargado del predio muchas veces no es capaz de traspasar esa responsabilidad a un técnico u obrero calificado.

c) Falta de historial. Con la forma actual de "calicateo" no es factible registrar lo observado, así como la respuesta del suelo y las raíces a un cambio en el manejo o ensayos de experimentación práctica. Al pasar el tiempo los detalles observados se olvidan, no quedan escritos y se pierde en gran medida una valiosa información generada con mucho esfuerzo físico y de dinero. Se requiere por lo tanto volver a repetir todos los años la práctica de calicateo nuevamente en forma general en el predio.

d) La información no es reproducible. Dado lo subjetivo del sistema y la falta de una cuantificación efectiva, la información no puede ser traspasada a otros productores ya que el lenguaje para expresar "lo que se vio en el suelo" responde solamente a la experiencia de la persona que lo realizó, situación que puede llevar a grandes errores cuando se trata de aplicar en un sector "A", interpretando lo que se dijo respecto de un sector "B".

A través del proyecto de Fertirrigación **INNOVA-CORFO (04-CR10PAD-01)** y basado en la experiencia previa del grupo de trabajo (Callejas *et al.* 2004), se probó y validó el uso del instrumento WET-Sensor, con el objetivo de ser utilizado en la observación de calicatas y de esa manera obtener información objetiva de los parámetros contenido de agua del suelo, contenido de sales y adicionalmente de suelo.

Descripción del instrumento

El equipo WET Sensor acoplado a un recolector de datos HH2 Moisture Meter versión 2 (Delta – T Devices Ltda®), forma parte de los equipos denominados TDR (**Figura 1**). Este sensor genera una señal de 20 MHz desde el cilindro metálico del centro, lo cual produce un pequeño campo magnético que se transmite a través del suelo. Éste determina sus propiedades dieléctricas a través de los cambios que se producen en la señal generada por el sensor, enviando esta información al recolector de datos el cual calcula el contenido de humedad y la conductividad eléctrica, utilizando funciones de calibración. Finalmente, la temperatura es determinada por el cilindro central.

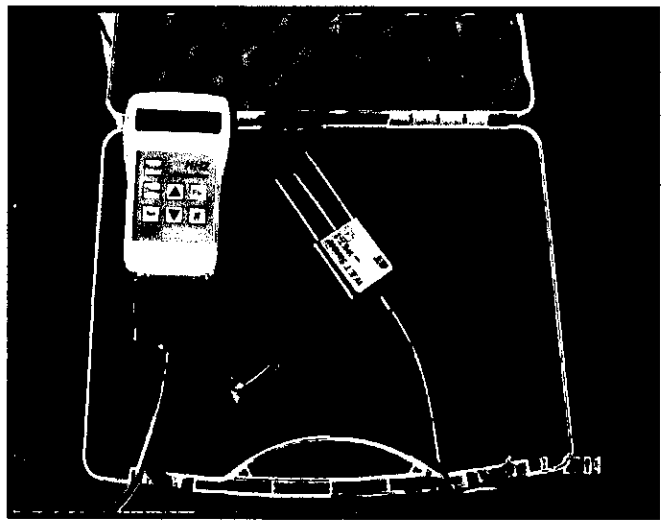


Figura 1. Instrumento WET Sensor acoplado a un recolector de datos HH2 Moisture Meter versión 2 (Delta – T Devices Ltda®),

Calibración del equipo en la evaluación del contenido de sales del suelo

La calibración se llevó a cabo realizando evaluaciones paralelas, entre el sistema tradicional de análisis de conductividad eléctrica (CEe, dS/m) del suelo y la evaluación con el WET Sensor (Callejas *et al.* 2002). Para esto, se tomaron muestras de suelo (muestra de la zona de raíces tomada desde la sobrehilera hasta la mitad de la entrehilera) para determinación de CEe en laboratorio y por medición "in situ" y en forma paralela con el equipo.

De acuerdo a lo expresado en la **Figura 2**, se puede inferir que el instrumento WET Sensor es una buena herramienta para evaluar la CE, sobre todo en el rango donde las sales afectan comercialmente los rendimientos de las vides (2,5 a 7 dS/m).

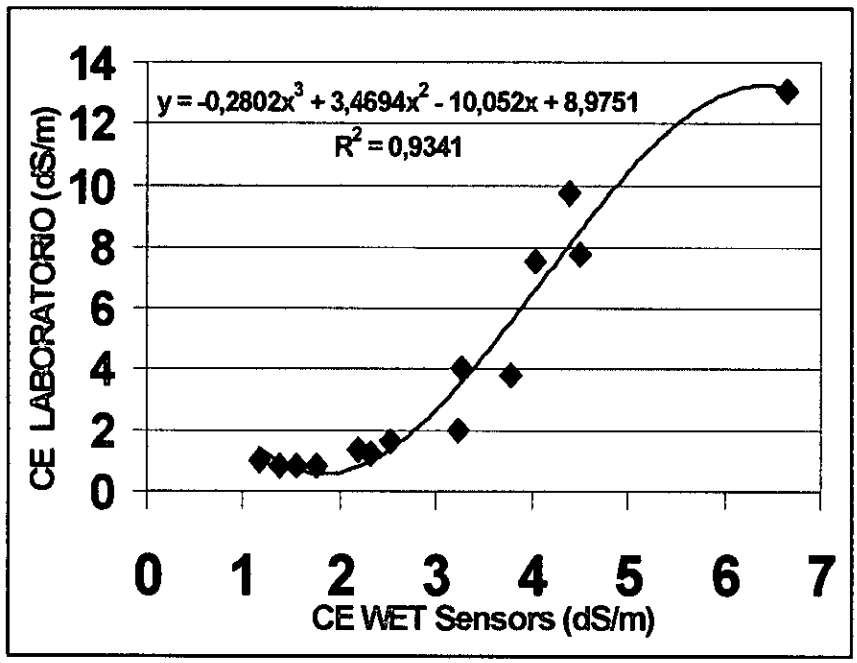


Figura 2. Calibración del equipo WET Sensor.

Velocidad y costo involucrados en la evaluación

Cuando se implementa un programa estándar de evaluación química de suelo, por ejemplo para iniciar una nueva plantación, el número de muestras no es elevado, lo que no tiene un impacto en los costos en que se debe incurrir. Sin embargo, si existe la necesidad de hacer un seguimiento continuo del perfil de suelo, debido a la presencia constante de elevados niveles de sales tanto en el agua de riego como en el suelo, los costos son evidentemente altos utilizando el método tradicional.

En la **Figura 3 (izquierda)**, se puede observar el resultado que se obtiene del control en el tiempo de la CEe en un proceso de lavado de sales del suelo, en base a una muestra compuesta de una sección de la calicata. La experiencia constata un mayor costo en dinero, un costo de oportunidad (a lo menos 1 semana para obtener los resultados) y pérdida de detalle al analizar el perfil de suelo, al trabajar con muestras compuestas.

Si consideramos la **Figura 3 (derecha)**, es notoria la mayor cantidad de información que arroja la evaluación de todo el perfil de suelo utilizando el instrumento, permitiendo definir comportamientos específicos, producto del proceso de lavado de sales del suelo. La gráfica ha sido construida con 112 evaluaciones sistemáticas realizadas en el perfil, empleando una cuadrícula de 20 x 20 cm. Si esta información se tratara de realizar con la metodología tradicional de evaluación de CEe, los costos se elevarían a aproximadamente U$ 1.400 por calicata.

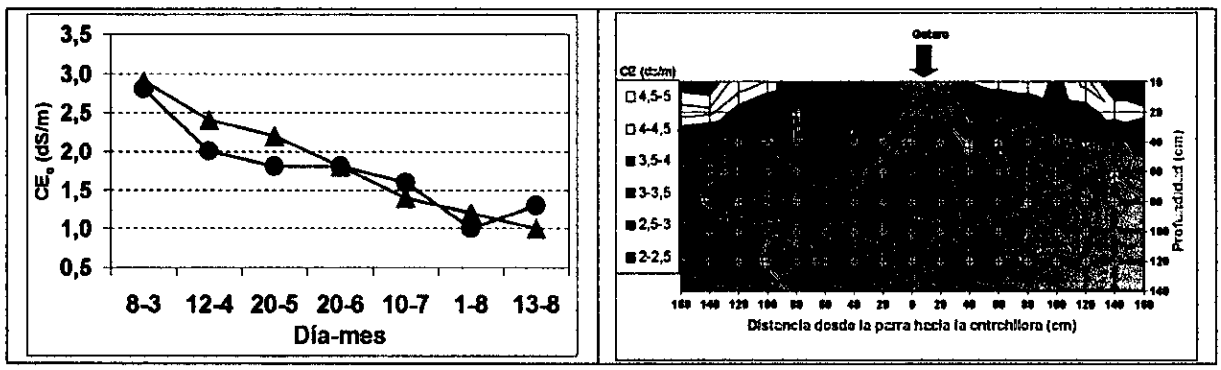


Figura 3. Seguimiento de la CEe bajo la metodología tradicional de laboratorio (izquierda) y control de la misma utilizando el instrumento WET Sensor (derecha).

Consideraciones prácticas al utilizar el instrumento

El equipo WET Sensor no puede ser considerado un implemento robusto, sólido y para ser utilizado en terreno sin cuidados especiales. El recolector de datos se ha comportado sin problemas y su carcasa de plástico ha permitido resistir el ambiente húmedo o la presencia de polvo en suspensión, sin embargo, las puntas del sensor (**Figura 4**) son débiles y en muchos casos terminan por doblarse o simplemente quebrarse. Esta situación se ha observado en las siguientes condiciones: a) suelos con presencia de piedras, donde éstas se introducen entre 2 puntas al insertas el sensor en el perfil; b) suelos o sectores del perfil muy compactados, donde no debería intentarse su introducción y c) operario no calificado y cuidadoso, que hace mal uso del equipo.

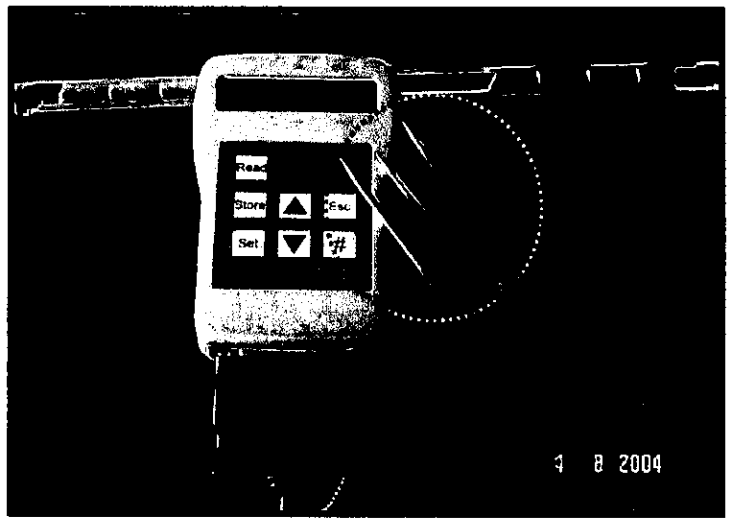


Figura 4. Puntas del sensor WET.

De acuerdo a la experiencia ganada utilizando el equipo, se procedió a construir un "pincho" (**Figura 5**), que permitiera en forma práctica generar previamente los 3 orificios de diámetro menor a las puntas, asegurándose una entrada libre pero ajustada de las 3 puntas del sensor. De esta manera, al detectar piedras o zonas muy compactadas, se redujo sustancialmente el daño de esta parte del equipo.

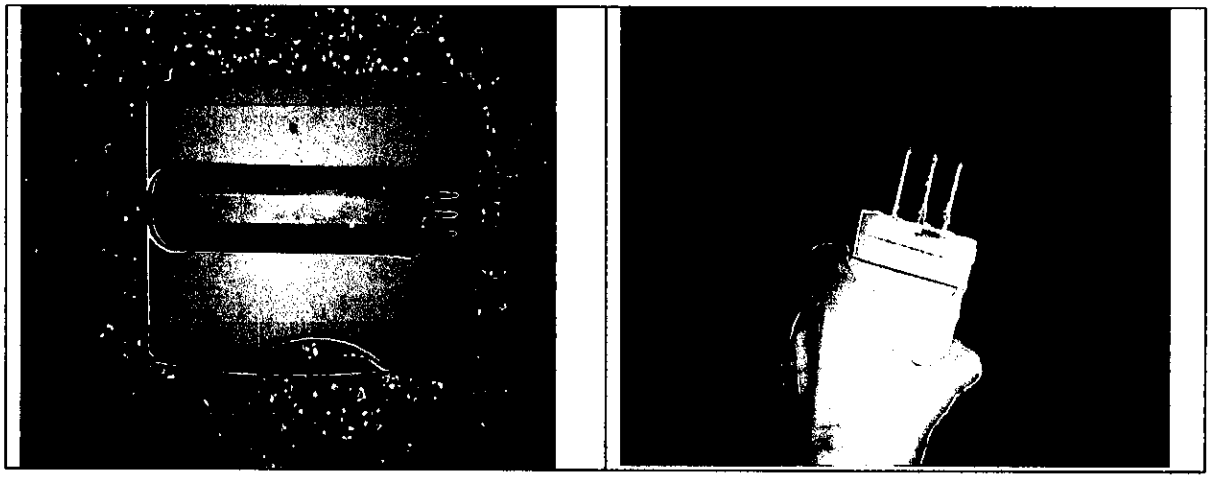


Figura 5. Pincho construido para evitar dañar el sensor del WET.

Uso de una malla de referencia

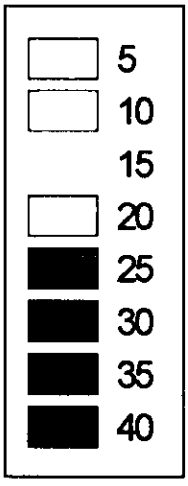
Para poder incrementar la velocidad de obtención de datos y posterior interpretación de los mismos, se recomienda la construcción de una malla de cuerdas que permita ser utilizada como referencia al momento de evaluar el perfil de suelo (**Figura 6**).

Figura 6. Malla de referencia y utilización en terreno.

Experiencia práctica

A continuación se presentan situaciones donde fue utilizado el equipo y permitió generar información didáctica y práctica, difícil de obtener en forma rápida por otros medios. En cada uno de los casos no se detallará ni discutirán los fundamentos del comportamiento que representa cada gráfica, solamente se persigue ejemplificar la utilización del equipo.

Para facilitar la compresión de los gráficos que se presentarán a continuación se detalla la carta de colores en conjunto con los contenidos de humedad. Para el caso específico de la conductividad eléctrica, se indican los valores en el mismo gráfico.



Valores entre 0 a 15 %, denota contenidos de humedad bajo capacidad de campo. Se requiere agua de riego.

Valores entre 20 y 30 %, denota contenidos de humedad a capacidad de campo. Suelo húmedo que no provoca problemas a las plantas.

Valores sobre 35%, suelo con exceso de agua. Puede provocar asfixia del sistema radical.

Evaluaciones del contenido de agua del suelo

Distribución del agua en el suelo, de acuerdo al sistema de riego instalado. Existe un sinnúmero de publicaciones que muestran el efecto del sistema de riego implementado en un huerto frutal sobre la distribución del agua en el perfil (Wieczorek *et al.*, 2004). En la **Figura** 7, en un suelo franco, se observa cuatro casos evaluados con el Wet Sensor en calicatas.

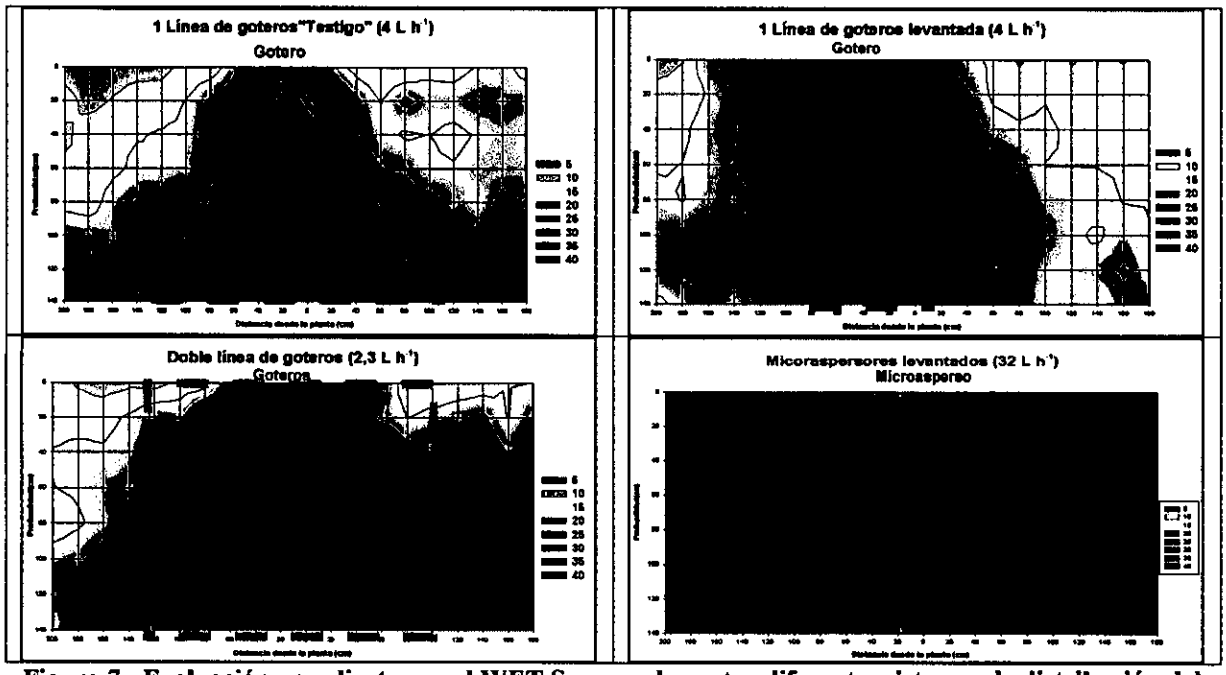


Figura 7. Evaluación en calicata con el WET Sensor , de cuatro diferentes sistemas de distribución del agua de riego.

Compactación de suelo y distribución del agua en el suelo. Quienes se dedican a controlar la humedad del suelo mediante calicatas, frecuentemente se encuentran con lo observado en la foto de la **Figura 8**. Su evaluación mediante el equipo evidencia claramente las dificultades que tiene el agua de riego para movilizarse en un suelo compactado, promoviendo su flujo en profundidad e impidiendo una mayor abertura lateral del bulbo de mojamiento.

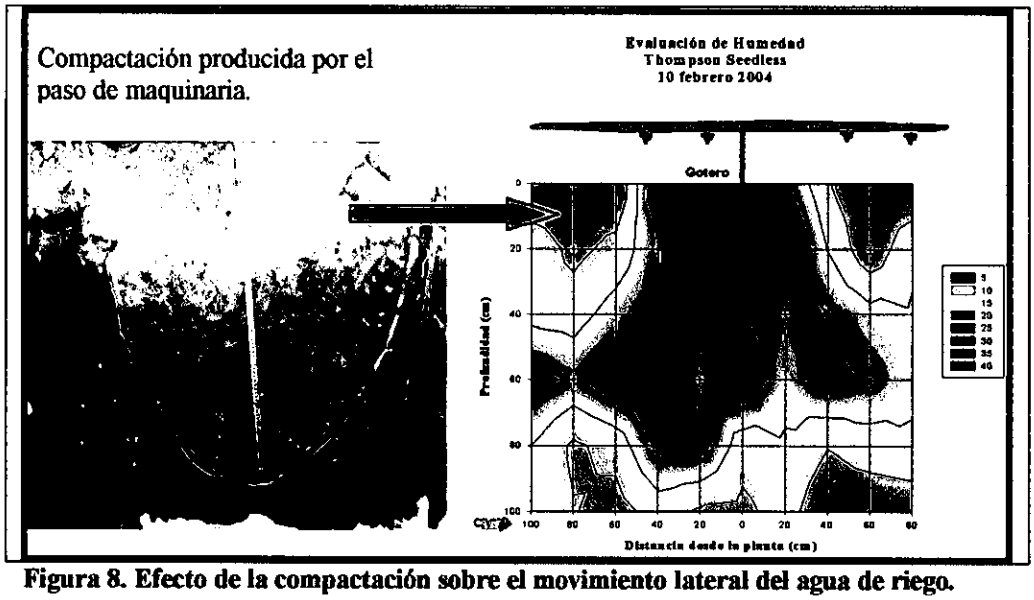


Figura 8. Efecto de la compactación sobre el movimiento lateral del agua de riego.

Cambios texturales y retención de agua en el suelo. En la **Figura 9 A**; está claramente expresado el comportamiento final de un suelo estratificado de texturas finas, frente a una frecuencia y tiempo de riego determinado. La presencia de texturas finas en profundidad con baja conductividad hidraúlica, permite una mayor retención de agua en esta parte del perfil, pero a su vez provoca graves problemas de saturación en superficie al implementar malas prácticas de riego. Uno de los procedimientos más típicos en este caso es emplear el ya mítico criterio "secar el suelo con agua". Finalmente, en la **Figura 9 B**, se observa el comportamiento del mismo perfil bajo condiciones de déficit hídrico.

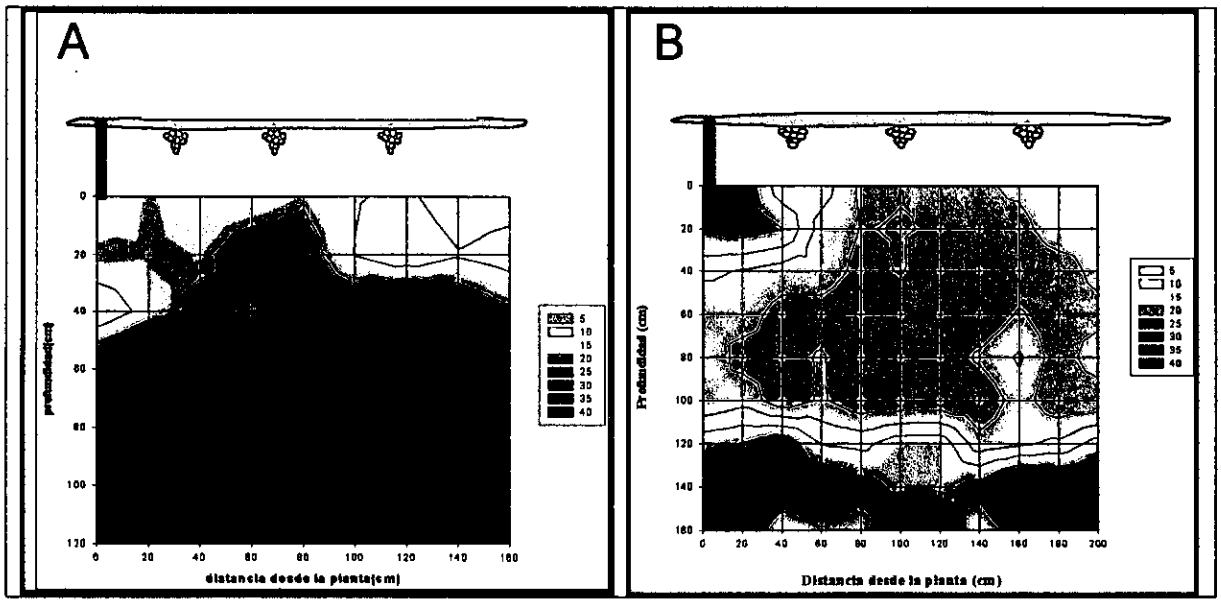


Figura 9. Evaluaciones del contenido de agua del suelo en suelos con dos clases texturales diferentes; franco arenoso en superficie y arcillosos en profundidad.

Determinación de condiciones de Capacidad de Campo. Evaluaciones realizadas en la Zona Central del país y luego de una profusa lluvia, permitió determinar la condición de capacidad de campo del suelo (Franco arcilloso), para posteriormente utilizarla como referencia en el control del agua de riego, durante la temporada (**Figura 10**).

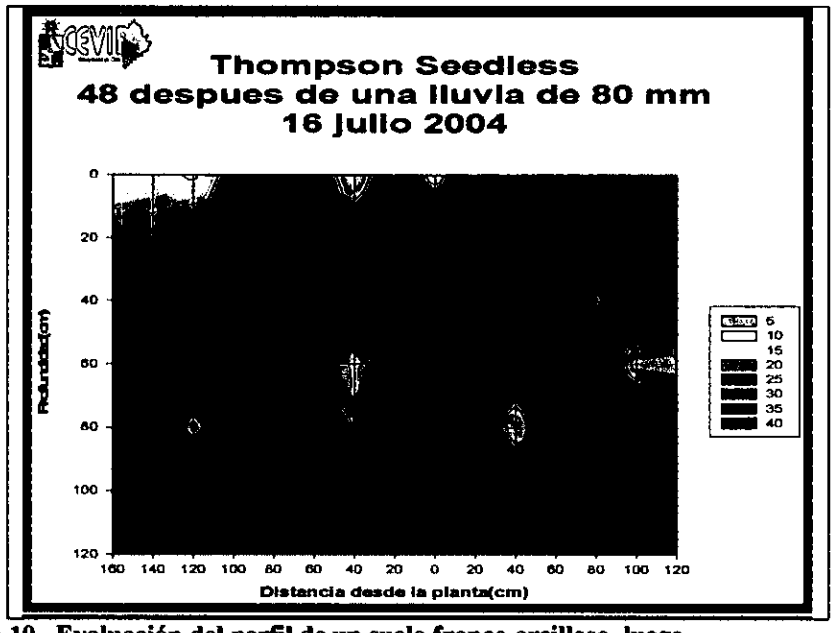


Figura 10. Evaluación del perfil de un suelo franco arcilloso, luego de una lluvia en la Zona Central del país.

Contenido de agua del suelo en condiciones de aplicaciones de guano en "tumbas" o en zanjas. Es común verificar en calicata, valores de contenido de agua en el suelo que se comportan diferente al patrón encontrado en el resto del perfil. Normalmente, estas situaciones se deben a aplicaciones previas de guano en las llamadas "tumbas" o mediante el uso de zanjas laterales a la hilera de plantación (**Figura 11**).

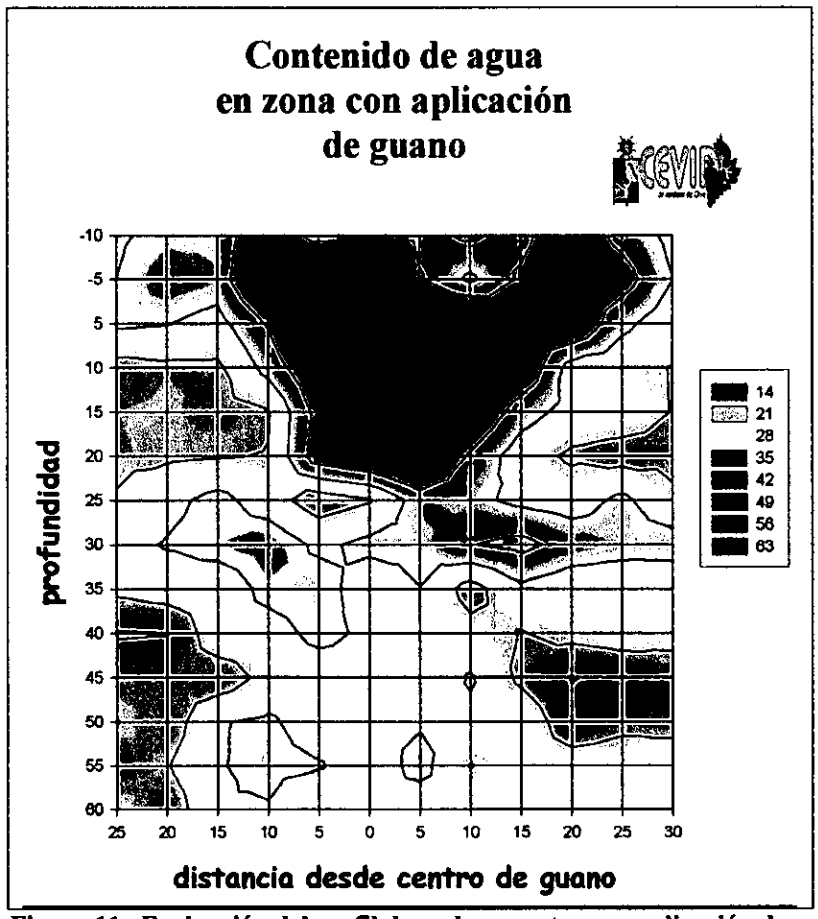


Figura 11. Evaluación del perfil de suelo en sector con aplicación de guano (zona de color azul). Longitudes expresadas en cm.

Evaluación del contenido de sales del suelo

Niveles de sales en el suelo en condiciones de aplicaciones de guano en "tumbas" o en zanjas. La **Figura 12**, muestra el efecto de las aplicaciones de guano en tumba o en zanjas, sobre los contenidos de sales en el sector tratado. En esta ocasión la fuente utilizada fue guano de vacuno.

Evaluación de tratamientos de lavado de sales del suelo. En la Zona Norte del país, principalmente en el Valle de Copiapó, es fundamental implementar el control del contenido de sales del suelo en la producción de uva de mesa y olivos. Durante el invierno existe la posibilidad de bajar los niveles de CE, a través de lavados especiales. Los efectos de esta labor pueden ser registrados con este instrumento, tal como se visualiza al comparar la gráfica de la **Figura 13 A,** antes del lavado y la **Figura 13 B**, posterior a esta labor.

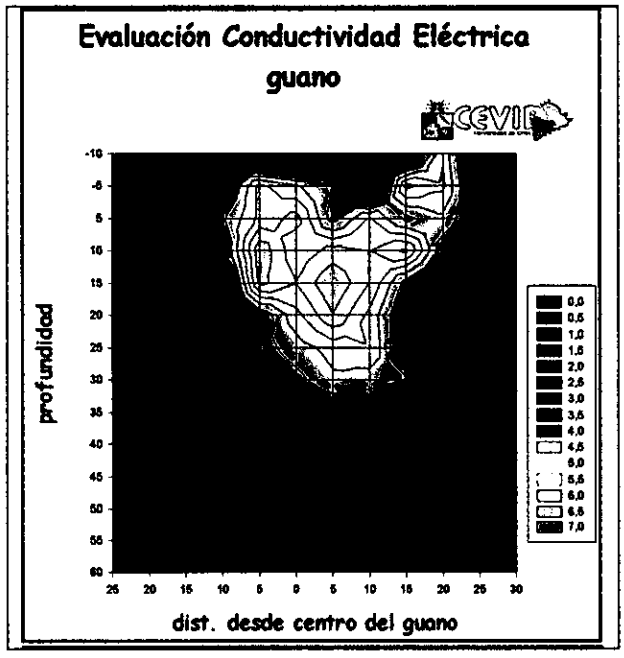


Figura 12. Evaluación del contenido de sales en un sector tratado con guano fresco de vacuno (zona colores claros). Longitudes están expresadas en cm.

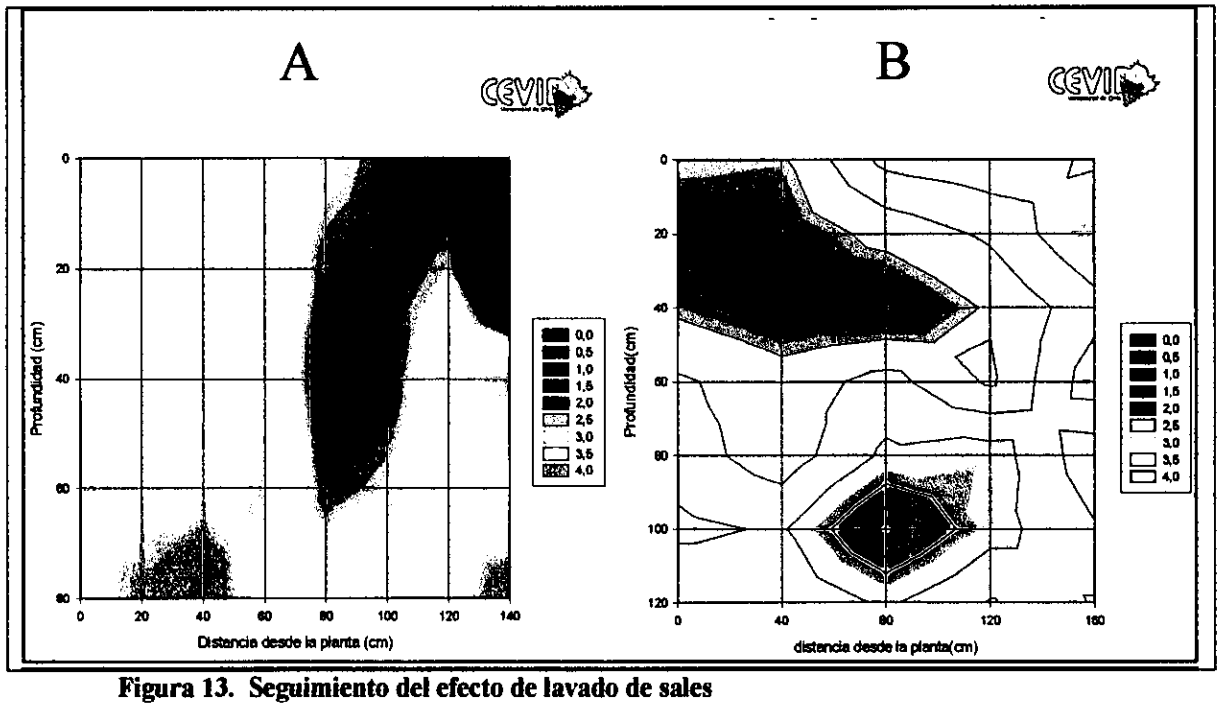


Figura 13. Seguimiento del efecto de lavado de sales

Comentarios finales

La validación del equipo WET Sensor y la generación de un protocolo para su utilización, gracias a los aportes de INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01; ha permitido realizar un nuevo aporte tecnológico para el control del riego y sales del suelo en el manejo de huertos frutales. Su utilización en la práctica por parte de los productores ya se ha iniciado, dado que muchos de ellos y de acuerdo a la experiencia planteada en este artículo, lo tienen incorporado en sus planes de trabajo.

Literatura consultada

CALLEJAS, R.; C. BENAVIDES y E. KANIA. 2002. Control y seguimiento de los niveles de sales en el suelo a través de lavado invernal, en patronales de la parte alta del valle de Copiapó, III Región. 53 er Congreso Agronómico de Chile. 3-6 de diciembre de 2002. Santiago, Chile.

CALLEJAS, R.; J. T. WIECZOREK y C. KUSCH. 2004. Wet Sensor: desarrollo de una metodología de evaluación en calicata, de la humedad y la conductividad eléctrica del suelo. 55 Congreso Agronómico de Chile. 19-22 de octubre de 2004. Valdivia, Chile.

WIECZOREK, J. T.; R. CALLEJAS y J. HABERLAND. 2004. Efecto de la distribución del agua de riego sobre el crecimiento y distribución de las raíces en la vid "Sultanina". 55 Congreso Agronómico de Chile. 19-22 de octubre de 2004. Valdivia, Chile.

Artículo de Extensión del Centro de Estudio de la Vid.
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Cecilia Peppi A.
Correctores: Bruno Razeto M., Erika Kania K., Cecilia Peppi A.
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas

CEVID
Universidad de Chile

REFLEXIONES EN TORNO AL USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO Y FERTILIZANTES EN PARRONALES: EL NITRÓGENO COMO UN ESTUDIO DE CASO EN UN SUELO DE TEXTURAS GRUESAS.

Carlos Benavides Z.
Ing. Agr. CEVID. U. de Chile

Rodrigo Callejas R.
Dr.sc.agr. Universidad de Chile.

Rodrigo Rojas D.
Lic. Cs. Agr. CEVID. U. de Chile

Erika Kania K.
Ing. Agr. CEVID. U. de Chile

Resumen

En la III Región una parte importante de la producción de uva de mesa de exportación se realiza en suelos aluviales pedregosos con abundante matriz arenosa. En este tipo de suelos, no basta pensar que el uso del riego por goteo y la fertirrigación garantizan la obtención de una alta eficiencia en el uso del agua y los nutrientes, como habitualmente se supone. Es bien común que fallas en el diseño agronómico del sistema de riego, motiven el empleo de prácticas de manejo inadecuadas como es pretender "abrir bulbos" mediante el uso del tiempo de riego. Por otra parte, también es común que se usen tasas de aplicación de N mayores a la capacidad de absorción del cultivo según estadios fenológicos y condición del parronal. Ambas situaciones, entre otras, son causa frecuente de pérdidas importantes de agua y de N- NO3 por lixiviación, afectándose los costos de producción (fertilización, bombeo), la economía de agua predial y del valle (tasas de riego exageradas) y los riesgos de daño ambiental (contaminación potencial de aguas subterráneas por nitratos).

Dada la relevancia del tema abordado, este artículo analiza dentro del marco del Proyecto FDI, III Región (04-CR-10 PAD-01), los factores incidentes y la magnitud que estimativamente pueden alcanzar las pérdidas de agua de riego y nitrógeno en un caso de estudio bajo condiciones de texturas gruesas, localidad de Hornitos, Valle de Copiapó.

Palabras claves: fertilización, uva de mesa, lavado de fertilizantes.

Introducción

Una importante proporción de la producción de uva de mesa en los valles de Copiapó y Huasco se realiza en suelos aluviales pedregosos con abundante arena como matriz **(Figura 1)**. Bajo estas condiciones, generalmente el tema del riego se ha enfocado de manera "estándar" mediante sistemas de riego presurizado constituidos por goteros de 4L/h, a 1m de distancia sobre la línea y con un lateral por hilera de plantación.

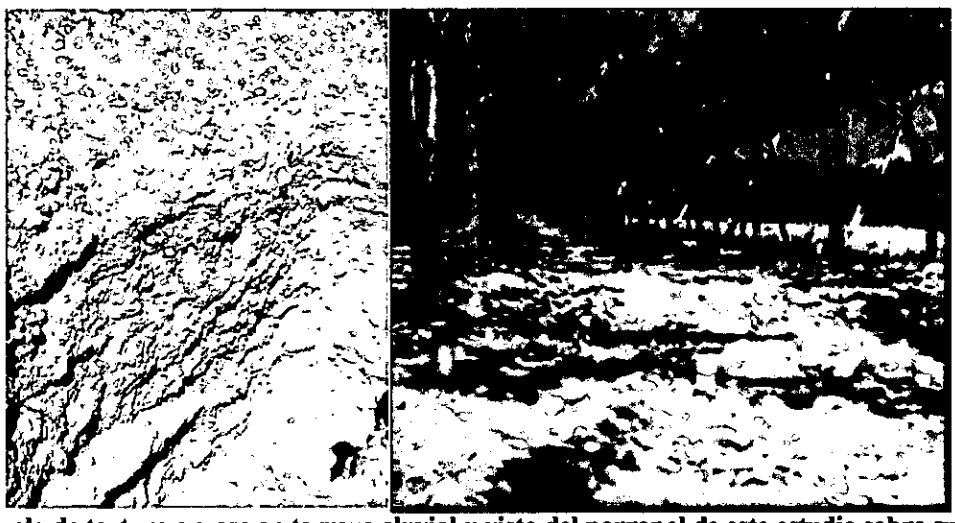


Figura 1. Suelo de textura gruesa en terraza aluvial y vista del parronal de este estudio sobre suelo pedregoso.

El riego por goteo en suelos de textura gruesa representa un claro avance tecnológico respecto al riego tradicional. Al estar basado en los principios de localización y alta frecuencia y permitir un elevado grado de control del gasto, es capaz de enfrentar con relativo éxito los principales problemas de manejo de agua que son comunes en suelos caracterizados por una bajísima capacidad de retención de agua, alta permeabilidad y una alta infiltrabilidad. Sin embargo, pese a la mejor tecnología disponible subyace el hecho que estos suelos poseen un alto potencial de lixiviación de nitratos, lo que hace necesario considerar un cuidadoso manejo de agua y del nitrógeno. Aparte de los aspectos señalados, en la realidad de la III Región, un segundo problema de tipo "estructural" complica las posibilidades de éxito de las medidas de manejo recomendables es estos casos y que dice relación con la solución de diseño generalmente adoptada para los sistemas de riego por goteo en la zona. Al respecto, la mayor parte de los parronales establecidos en suelos de textura gruesa se encuentran bajo un diseño "estándar", el cual en combinación con los marcos de plantación habituales, abre camino para que un grave defecto de estos suelos cobre importancia. Este está asociado a la exigua movilidad lateral del agua y que se manifiesta en la formación de bulbos de mojamiento estrechos y alargados en profundidad, lo que generalmente redunda en porcentajes de suelo mojado inferiores a lo productivamente recomendable.

Este problema técnico cuyo origen se debe a fallas en el diseño agronómico del sistema de riego, el cual originalmente debió contemplar un mayor número de emisores por planta, incide en el comportamiento productivo del parrón y comúnmente se ha tratado de resolver de manera impropia a través de riegos largos elevándose desproporcionadamente las tasas de riego utilizadas y provocando con ello, pérdidas importantes de agua y nitratos por percolación profunda. Por otra parte, agravando este panorama, es bien frecuente el uso de criterios de fertirrigación inadecuados consistentes en el empleo de altas tasas de aplicación que exceden la capacidad máxima diaria de absorción de N del cultivo y que utilizan una alta proporción del tiempo de riego en fertirrigación, con lo cual una parte importante del N aplicado queda expuesto a lixiviación, aún bajo condiciones de una relativamente alta parcialización de la dosis anual.

Dada la incidencia de estas pérdidas en los costos de producción y ambientales, dentro del marco del Proyecto FDI , III Región (04CR10PAD-01), se analizó para un suelo de textura gruesa, los factores incidentes y la magnitud que

estimativamente pueden alcanzar estas pérdidas, indicándose al final algunas sugerencias para encara los problemas planteados.

Características físicas del suelo del área de estudio.

Al igual que en muchas otras localidades en la III Región, el sitio corresponde a un suelo aluvial estratificado de topografía plana con microrelieve, desarrollado sobre terraza remanente de posición baja. Presenta perfiles delgados, pedregosos, de textura superficial moderadamente gruesa, que descansan sobre un sustrato aluvial compuesto por piedras y bolones que ocupan un 80% del volumen. La permeabilidad es alta y el drenaje excesivo. La descripción del suelo se presenta en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Descriptiva del suelo.

Profundidad (cm)	Propiedades físicas y morfológicas del perfil.
0 – 32 cm	Pardo oscuro (7,5 YR 4-3/2, h); franco arenosa fina; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; friable, ligeramente plástico y no adhesivo; raíces medias y gruesas abundantes, finas comunes. Clastos escasos (5-15%); fuerte reacción al HCl.
32 – 130 + cm	Sustrato aluvial de piedras y bolones (80% del volumen del suelo) con matriz de color vario; areno francosa; grano simple; no plástico y no adhesivo; suelto; raíces escasas a ausentes; moderada reacción al HCl.

Las variaciones edafológicas de mayor importancia observables en el área de distribución de este suelo se refieren al espesor, textura y pedregosidad del suelo superficial y a la textura de la matriz del sustrato. Al respecto, el espesor del suelo superficial puede variar entre 20 y 40 cm, alcanzando excepcionalmente 67 cm, con texturas que fluctúan entre franco arenosa muy fina a areno francosa media con gravilla, con un contenido de fragmentos gruesos que aumenta, de poniente a oriente en el área de estudio, desde 5%-10% hasta 90% del volumen. Por otra parte, el sustrato bastante similar en toda el área presenta pedregosidad abundante (80%) con texturas de la matriz que varían desde arenosa media hasta areno francosa.

La capacidad de almacenamiento de agua aprovechable para la zona de concentración de raíces (0-32 cm) del pedón típico (**Cuadro 1**) es de aproximadamente 23 mm, considerando en promedio un 10% de pedregosidad. Si se fija en 50% el umbral de riego, queda un margen de 12 mm para almacenar agua, lo que limita la frecuencia a 1-2 días a los valores de ETc máximos de la estación de crecimiento.

En el Valle de Copiapó y en general en la III Región, suelos con estas características físicas dedicados a producción de uva de mesa son muy comunes y para alcanzar rendimientos económicos requieren de un cuidadoso manejo nutricional y de riego.

Balance hídrico y pérdidas de agua.

En suelos de alta permeabilidad y baja retención de agua, la principal causa de baja eficiencia del sistema de riego por goteo es una posible pérdida de agua por percolación profunda. La percolación profunda es el flujo correspondiente al exceso de agua en el suelo, sobre el contenido a capacidad de campo, que drena internamente bajo la zona ocupada por raíces en el perfil, proceso que puede ser cuantificado a través de balances hídricos.

En el diseño "estándar" con goteros de 4 L/h y marcos de plantación comunes (3 x 3 m), la ocurrencia de pérdidas de agua por percolación profunda es muy dependiente del manejo de la frecuencia y del tiempo de riego.

El tiempo de riego es un factor clave en suelos de textura gruesa para reducir al mínimo las pérdidas por percolación. En el **Cuadro 2** se presenta, como ejemplo, estimaciones de los tiempos de riego a principios de enero de 2006, para el caso del parronal "Superior" estudiado. Los datos corresponden a un sistema de riego por goteo en base a **3 emisores/planta**, que se riega diariamente, utilizándose la metodología de cálculo convencional a partir de un registro de evaporación de bandeja, asumiendo una eficiencia de aplicación Ea= 90%. Los volúmenes aplicados alcanzan a 13 y 16 L/ emisor, para lo cual los tiempos de riego requeridos fluctúan entre 3-4 horas.

Cuadro 2. Registro de evapotranspiración, demanda bruta y tiempos de riego. 1-10 de enero de 2006.

Fecha	Eb	Eb	Kp	Eto	Kc	ETc	Dem.Bruta	TIEMPO DE RIEGO	vol aplic
ENERO	(Litros)	(mm/dia)		(mm/dia)		(mm/dia)	(mm)	(horas)	L/gotero
01/01/2005	9.3	8.2	0.75	6.2	0.8	4.9	5.5	**4.11**	16.4
02/01/2005	7.8	6.9	0.75	5.2	0.8	4.1	4.6	**3.45**	13.8
03/01/2005	7.3	6.5	0.75	4.8	0.8	3.9	4.3	**3.23**	12.9
04/01/2005	8.5	7.5	0.75	5.6	0.8	4.5	5.0	**3.76**	15.0
05/01/2005	8.1	7.2	0.75	5.4	0.8	4.3	4.8	**3.58**	14.3
06/01/2005	7.7	6.8	0.75	5.1	0.8	4.1	4.5	**3.40**	13.6
07/01/2005	9.3	8.2	0.75	6.2	0.8	4.9	5.5	**4.11**	16.4
08/01/2005	8.5	7.5	0.75	5.6	0.8	4.5	5.0	**3.76**	15.0
09/01/2005	8.9	7.9	0.75	5.9	0.8	4.7	5.2	**3.93**	15.7
10/01/2005	7.4	6.5	0.75	4.9	0.8	3.9	4.4	**3.27**	13.1

Nota: Bandeja de evaporación instalada a 80 metros del sitio experimental.

De acuerdo con diversos autores el tiempo de riego se estima convencionalmente determinando el volumen de agua por reponer para el período (demanda bruta x superficie asignada por planta), el cual se divide por el "gasto de reposición por planta" establecido por diseño (caudal del emisor x numero de emisores por planta). La fórmula convencional de cálculo, basada en el argumento anterior, es la siguiente (Sellés y Ferreyra, 2005):

TR (h) = (Demanda bruta x DEH x DSH) / q x N [ecuación 1]

Donde DEH (m) y DSH (m) son las distancias de plantación entre hileras y sobre hileras, respectivamente; q (L/h) es el gasto nominal del emisor y N, el número de emisores por planta.

El empleo de tiempos de riego racionales (**ecuación 1**), conduce a tasas de riego ajustadas con una relativamente escasa pérdida de agua, la cual puede ser cuantificada mediante un inventario de entradas y salidas. Al respecto, en el **Cuadro 3** se presenta un ***balance hídrico mensual simplificado*** correspondiente a la temporada 2005-2006.

Cuadro 3. Balance hídrico simplificado para la estimación de la percolación profunda, según el procedimiento convencional de estimación del tiempo de riego. Temporada 2005-2006.

	Dem neta	Dem Bruta	TIEMPO RIEGO	Lam aplic	Pp	Ea
meses	(mm)	(mm)	(horas)	(mm)	(mm)	%
enero	137	153	115	153	15	90.0
febrero	231	256	192	256	26	90.0
marzo	299	333	249	333	33	90.0
abril	0	0	0	0	0	
mayo	0	0	0	0	0	
junio	0	0	0	0	0	
julio	0	0	0	0	0	
agosto	21	23	17	23	2	90.0
septiembre	63	70	53	70	7	90.0
octubre	110	122	91	122	12	90.0
nov	248	275	206	275	28	90.0
diciembre	133	148	111	148	15	90.0
TOTAL	1242	1380	1035	1380	138	90.0

Dado que se consideró una eficiencia de aplicación (Ea) de 90% compatible con las eficiencias esperables en sistemas de riego por goteo (>85%), el balance señala la existencia de una pérdida por percolación profunda (Pp) que alcanza a un 10% de la lámina de reposición. La estimación de Pp realizada, supone que a partir del primer riego de temporada en ***agosto de 2005***, el perfil se encontraba con un contenido de agua a capacidad de campo. La tasa de percolación resultante en este caso totaliza 1.380 m3/ha temporada.

En situaciones en que el agua de riego es salina como en este caso (CEw = 1,23 dS/m), una de las funciones que tendrá esta percolación será el control del riesgo de salinización secundaria (o salinización por riego). A pesar que en el cálculo de la demanda neta no se consideró explícitamente un aporte extra de agua para controlar salinidad, los valores de Pp estimados resultan ser superiores al requerimiento de lixiviación (RL) para riego localizado en vid usando agua de la salinidad indicada (Ayers y Westcot, 1976) y en ese caso, la magnitud de Pp permite tal objetivo.

Área de infiltración.

Si bien el procedimiento convencional de cálculo **garantiza** la aplicación de la cantidad total de agua que es necesario reponer (demanda bruta), la eficiencia real del método de reposición en base a riego localizado, es altamente dependiente del ***"área de infiltración"*** disponible, la cual varía en función del número de emisores instalados (N). Así, en suelos de alta permeabilidad y baja capacidad de retención de agua cuando el parámetro N está subdimensionado, la reposición en la práctica se hará utilizando una superficie de infiltración total reducida. Según lo anterior, bajo cada gotero se generará una componente de flujo vertical de agua con una densidad de flujo (q/ área permeable por emisor) bastante alta.

En la **Figura 2** se muestra gráficamente la idea de "superficie de infiltración", la que correspondería aproximadamente al área circular de suelo que sustenta el "charco" (en color azul), cuyo radio medido desde el punto de goteo se puede expandir a medida que se desarrolla el riego, lo cual depende básicamente de la textura del suelo (Pizarro, 1987).

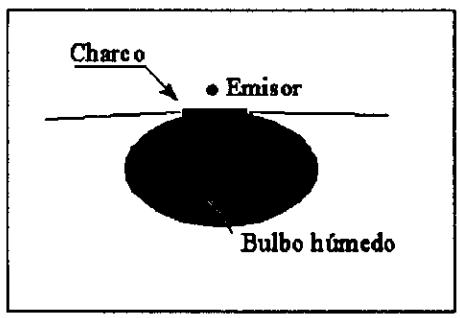


Figura 2. Componentes del bulbo en riego por goteo. Adaptado de Pizarro (1987).

En suelos de textura gruesa, la reducida superficie de infiltración por gotero favorece el movimiento descendente del agua (flujo saturado) en desmedro de su movimiento lateral (flujo no saturado), de modo que los bulbos resultan estrechos y con el tiempo se alargan en profundidad, provocando percolación profunda cuando su frente de avance en profundidad excede la zona de arraigamiento. En la **Figura 3** se ilustra este fenómeno mediante un resultado experimental obtenido por Bresler (1977), en un suelo arenoso uniforme regado con emisores de 4 L/h y 20 L/h, según cita de Pizarro (1987).

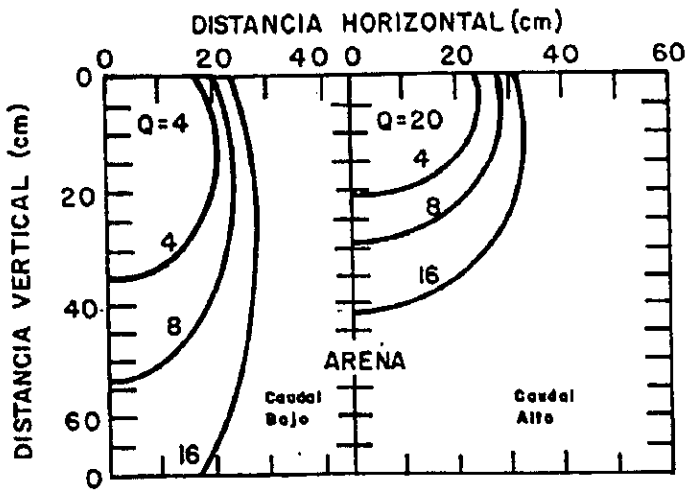


Figura 3. Forma y dimensiones del bulbo en el riego por goteo de un suelo arenoso uniforme, en función del gasto del emisor y tiempos de riego desde 4 a 16 horas, según Bressler (Modificado de Pizarro, 1987).

La **Figura 3** demuestra la falta de sustento físico de la práctica de "abrir el bulbo" mediante el uso de tiempos de riego prolongados en suelos de textura gruesa. Al respecto, en la figura se observa que el radio mojado por emisor se incrementa escasamente, al aumentarse el tiempo de riego de 4 a 16 horas; constatándose empíricamente que un riego de 4 horas con goteros de 4 L/h es suficiente para humectar 35 cm de profundidad. Si el arraigamiento efectivo se concentra en dicho espesor, todo avance del frente de mojamiento a mayor profundidad implicará pérdidas de agua por percolación profunda. Esto es similar al caso bajo estudio, en donde habrá percolación profunda toda vez que el frente de avance descienda por debajo de 32 cm, profundidad a la cual se presenta el cambio textural abrupto y una marcada disminución de la densidad radical (**Cuadro 1**).

En el **Cuadro 4** se presenta un balance hídrico mensual simplificado, en el cual se ha aumentado ***deliberadamente*** el tiempo de riego en casi 30% con relación a los indicados en los **cuadros 2 y 3**, con el propósito de crear un nuevo escenario de riego de menor Ea. Los cálculos consideran las mismas condiciones de demanda atmosférica y coeficientes usados en la temporada 2005-2006.

Cuadro 4. Balance hídrico simplificado para la estimación de la percolación profunda, para tiempos de riego superiores al óptimo. Temporada 2005-2006.

meses	Dem neta (mm)	Dem Bruta (mm)	TIEMPO RIEGO (horas)	Deficit (mm)	Lam aplic (mm)	Pp (mm)	Ea %
enero	137	196	147	196	196	59	70.0
febrero	231	329	247	329	329	99	70.0
marzo	299	428	321	428	428	128	70.0
abril	0	0	0	0	0	0	
mayo	0	0	0	0	0	0	
junio	0	0	0	0	0	0	
julio	0	0	0	0	0	0	
agosto	21	30	22	30	30	9	70.0
septiembre	63	90	68	90	90	27	70.0
octubre	110	157	118	157	157	47	70.0
nov	248	354	265	354	354	106	70.0
diciembre	133	191	143	191	191	57	70.0
TOTAL	1242	1775	1331	1775	1775	532	70.0

Según los resultados del **Cuadro 4**, la pérdida por percolación profunda estimada totaliza 5.320 m3/ha e implica un incremento de 286% respecto a lo señalado en el **Cuadro 3**, determinando una Ea =70%. Perdidas de esta magnitud y superiores son perfectamente esperables para los tiempos de riego frecuentemente utilizados en la práctica, los cuales llevan al uso de tasas de riego altísimas como la señalada en el Cuadro 4, que totaliza casi 18.000 m3/ha.

Porcentaje de suelo mojado (PSM) y efecto localización.

Es interesante destacar que los tiempos de riego utilizados en los **cuadros 2, 3 y 4, alternativamente** se pueden obtener dividiendo la demanda bruta por una ***"tasa de reposición"*** (físicamente una densidad de flujo) calculada en base a q y un área de infiltración ficticiamente asignada a cada gotero, que es igual al producto DEH x la distancia entre goteros sobre el lateral.

Para el sitio de estudio, este método de cálculo determina una "tasa de reposición" de **1,333 mm/h m²**, la cual supone un "**área de infiltración por gotero**" de **3 m²**, difícil de admitir como real en suelos arenosos con piedras. Si bien este procedimiento entrega resultados idénticos a los de la ecuación 1, implícitamente contiene una subestimación de la verdadera tasa de reposición, debido al uso de un valor sobreestimado del área de infiltración del agua, la cual se ilustró gráficamente en la **Figura 2**.

Para una estimación del área de infiltración "verdadera", en riego por goteo, se puede emplear como aproximación una de las metódicas indicadas por Pizarro (1987) para la determinación del suelo mojado por un gotero. Esta recurre al uso de tablas que entregan el diámetro de suelo mojado por un emisor de 4 L/h. Los factores tabulados que influyen en este valor son la textura, la profundidad de arraigamiento y la heterogeneidad del perfil. Luego, utilizando datos del suelo estudiado, el diámetro mojado tabulado más próximo es 0,8m (un valor sensiblemente mayor al indicado en la **Figura 3** con goteros de 4 L/h y 4 horas de riego); y por lo tanto, el área circular mojada por emisor sería como máximo de **0,5**

m^2. Esto permite concluir que la tasa de reposición "física" que se utiliza en el área efectivamente regada (1,5 m2/planta, para N=3) **es en realidad 6 veces mayor** a la considerada en el modelo convencional. Claramente bajo esta realidad se está sobre regando una reducida superficie por planta debido a una excesiva localización del riego.

Según Sellés y Ferreyra (2005) esta forma más o menos ***"puntual"*** de la entrega de agua al suelo mediante goteo exacerba las pérdidas, especialmente cuando el PSM es pequeño, problema que ocurre frecuentemente con el diseño "estándar" en suelos de textura gruesa debido, como se indicó, al escaso movimiento lateral del agua (bulbos escasamente abiertos) y mas aún cuando se utilizan largos tiempos de riego.

Un bajo PSM es un defecto de diseño que se soluciona incrementando N. Sin embargo, un N mayor introduce cambios en el comportamiento hidráulico de un sistema ya en operación y por lo tanto, debe preverse durante el diseño con antelación al desarrollo del proyecto.

Como quedó establecido más arriba, un reducido valor del área de infiltración (estimada como PSM) aparte de favorecer la saturación del suelo (un problema menor en suelos arenosos) debido a la concentración de la lámina de reposición, normalmente puede ocasionar grandes pérdidas de agua en profundidad en suelos de textura gruesa. Una causa de pérdida que puede ser preocupante para la economía del agua de riego en los valles de la III Región, sobretodo cuando se instaura como tendencia "abrir el bulbo" mediante riegos largos.

Una estimación del PSM para el caso estudiado con N=3, considerando un 70% de cobertura del parrón (ver **Figura 1**) y un área mojada de 1,5 m^2 por planta, indica que el PSM es de alrededor de 23,8%, valor que está por debajo del mínimo recomendable de 30-40% en plantas leñosas. Por otra parte, si el área de riego se ajusta al PSM mínimo recomendado de 30%, su valor sería de 2,7 m^2/ planta, determinando en este caso un N= 5,4. Luego, el número de goteros requerido sería de 6 emisores por planta, lo cual se habría conseguido con dos laterales por hilera de plantación. Una solución que fue estudiada por Callejas *et al* (2005, 2006) en Flame Seedless en un suelo arenoso con alto porcentaje de pedregosidad del Valle del Huasco (III Región), demostrando claras ventajas sobre el diseño "estándar".

Sin embargo, con N=6, si bien los tiempos de riego se reducen a la mitad de acuerdo con el método convencional de calculo de TR (**ecuación 1**), aún habría condiciones para una abundante percolación profunda como respuesta a una todavía excesiva localización en esta clase de suelos.

Se puede concluir en consecuencia que el diseño ***estándar*** (goteros de 4L/h, a 1m de distancia sobre la línea y con un lateral por hilera de plantación), comúnmente utilizado en los valles de Copiapó y Huasco, es una solución técnica muy deficiente en suelos de textura gruesa, ya que normalmente a los marcos de plantación comunes, se obtiene una baja dotación de emisores por planta, propiciando de este modo los problemas señalados.

Lixiviación de nitratos.

Del **Cuadro 4** se desprende que cuando la Ea iguala 70%, la tasa de percolación profunda puede representar un 30% del volumen de agua aplicada. Esta relación se denomina ***"fracción de lavado"*** y corresponde al parámetro utilizado para dimensionar los volúmenes de agua de lavado en la recuperación de suelos salinos y en el control de la salinización por riego. En teoría, para la ***"columna de suelo"*** representada por los 1.667 m^2/ha que efectivamente recibe agua de riego en un parronal como este, una fracción de lavado como la señalada asegura una intensa lixiviación de solutos en la zona de flujo.

Entre los solutos que causan un peligroso daño ambiental (contaminación de aguas subterráneas) y actualmente fuertes aumentos de los costos de fertilización por pérdida de nutrientes, se encuentra el nitrógeno nítrico ($N\text{-}NO_3$). El $N\text{-}NO_3$ es muy soluble en agua y no es retenido por el sistema coloidal del suelo (no se fija). Consecuentemente, es altamente móvil en el suelo y por consiguiente está altamente expuesto a lixiviación, proceso que constituye el principal mecanismo de pérdida de nitrógeno en suelos de riego bajo condiciones como las analizadas en este artículo.

En la **Figura 4** se indican los diferentes procesos que determinan la concentración de $N\text{-}NO_3$ en la solución suelo. Se han marcado con una cruz aquellos que generalmente tienen poca significación por razones climáticas, de manejo o edáficas en los suelos arenosos bien drenados de la III Región. En celeste se indican los procesos de mineralización-inmovilización, con importancia creciente en función de los años bajo parrón o sometidos a prácticas de fertilización orgánica (guanos, compost). De éstos, el único proceso edáfico que es capaz de conservar nitrógeno nítrico es la

inmovilización microbiológica, al transformarlo en biomasa activa (microorganismos), el cual posteriormente es liberado por mineralización y nitrificación. En amarillo se señalan, para suelos cultivados, la principal fuente de nitratos (los fertilizantes químicos) y el principal sumidero (la planta).

La lixiviación (en color verde) representa, como ya se indicó, una importante vía de pérdida de N-fertilizante cuya magnitud está influenciada por diversos factores tales como las prácticas de fertilización nitrogenada (dosis, oportunidad de aplicación, tipos de fertilizantes y métodos de fertilización), ciclos de absorción de las plantas, características físicas de los suelos (permeabilidad) y manejo del riego (Ea). Varios de estos factores son considerados en la definición de índices del riesgo de lixiviación de nitratos con fines de manejo (Sharkoff *et al*, 2006). Luego, si la matriz es altamente permeable, lo cual esta asociado a texturas gruesas a moderadamente gruesas (arenosa, areno francosa, franco arenosa), se espera como consecuencia una alta tasa de percolación cuando la Ea es baja, lo cual a su vez determina que si se usan dosis de N excesivas y escasamente parcializadas, el riesgo de lixiviación de N-NO^3 sea alto.

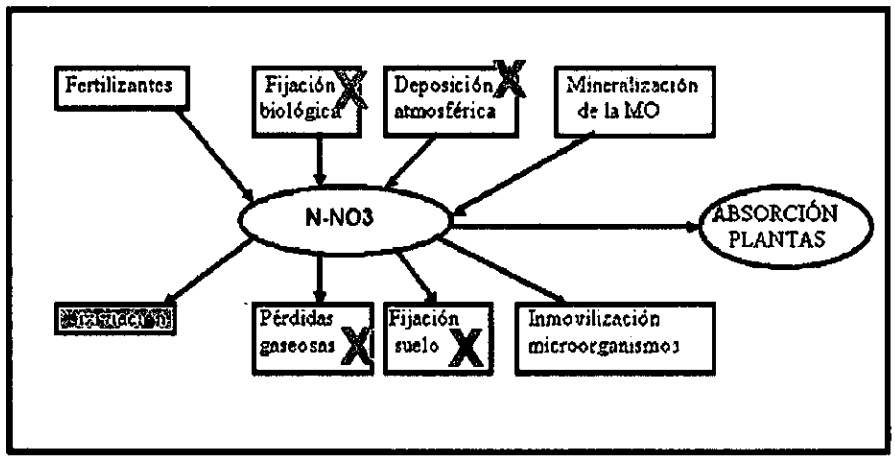


Figura 4. Procesos que inciden en la cantidad de N-NO3 lixiviable en un suelo de textura gruesa en la III Región.

Existe una elevada interdependencia entre la magnitud de la lixiviación de nitratos, las dosis de fertilización nitrogenada y las tasas de percolación en suelos permeables. La **Figura 5** (Pratt, 1984) resume las principales conclusiones de trabajos de investigación realizados por Nielsen *et al*, en 1979, en suelos franco arenosos de California.

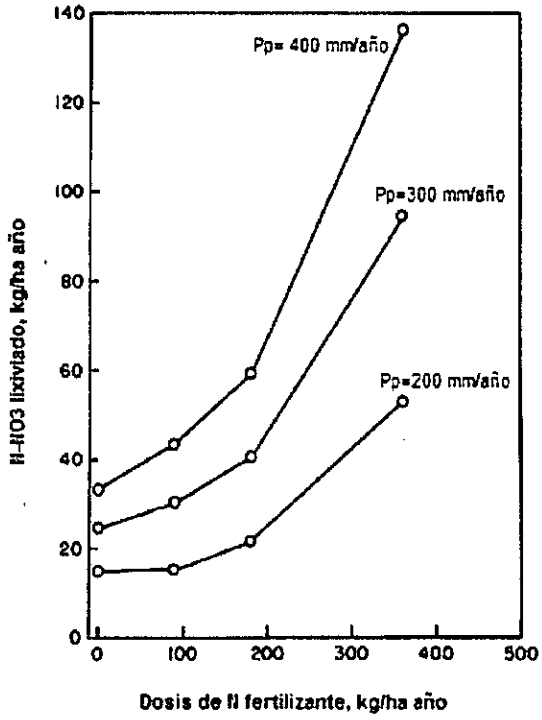


Figura 5. Perdidas por lixiviación de N-NO3 según tasas de percolación y dosis de N. Según Pratt (1984).

La **Figura 5** indica que a mayor dosis anual de nitrógeno mayor es la cantidad de N lixiviado para cualquiera de las tasas de percolación dentro del rango estudiado de 200 a 400 mm/año y que las pérdidas de N por lixiviación aumentan para una dosis dada de N al aumentar la percolación anual, siendo éste último efecto mayor tanto más alta sea la percolación profunda.

Aún cuando debe tenerse presente que en el caso de la **Figura 5**, el agua de riego que promueve la percolación no contiene en forma apreciable el soluto que se lixivia (NO^3), el estudio señala que a los valores de Pp considerados (sobre 400 mm/año) y frente a dosis como las usadas en producción de uva de mesa (valores máximos de 160-170 kg N/ha), las pérdidas de N-NO^3 pueden alcanzar a 50-60 kg /ha año. En sistemas de fertirrigación asociados a sistemas de riego de baja eficiencia, las pérdidas deben ser superiores debido a que en la percolación profunda fluye solución nutriente.

Fertilización nitrogenada en el sitio de estudio.

Una fuente importante de nitrógeno nítrico en el suelo es la fertilización. En el estudio esta práctica se realizó mediante fertirrigación y se detalla en el **Cuadro 5**. Se presenta una dosificación variable del N anual en función de las etapas fenológicas.

Cuadro 5. Dosificación de la fertilización del sitio en estudio.

Estado Fenológico	Kilos de nutrientes por hectárea									
	N	P_2O_5	K_2O	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
TOTAL BROTACIÓN A COSECHA	164	27	270	62	34	62	0	9	0	0
TOTAL TEMPORADA	219	51	390	78	43	65	0	18	0	0

Existen dos factores que interactúan potenciando pérdidas por lixiviación en un sistema de fertirrigación. Uno de ellos es el uso de dosificaciones superiores a la capacidad de absorción del cultivo, lo cual determina que parte del nutriente aplicado no sea absorbido y quede expuesto a lixiviación. En el programa utilizado, las aplicaciones de N se realizaron en función de cantidades de N diferenciadas por etapas fenológicas, aplicándose dosis diarias que no excedieron 6-7 kg/ha en los periodos de mayor intensidad de fertilización, con concentraciones en la solución de fertirrigación que optimizan la absorción por las plantas y que se sitúan en el rango de 100-200 mg/L, considerado en general como óptimo (Domínguez, 1996). A pesar de las precauciones anteriores, la dosis total anual es alta aún descontando las aplicaciones de post cosecha y se justifica en este caso como medio de incrementar vigor. Se podría concluir que el manejo del N en el caso estudiado no constituyó un factor decisivo en el proceso de lixiviación, pero contribuyó en cierta medida (ver **Cuadro 6**).

El otro factor dice relación con el momento de inicio-termino de la fertirrigación o proporción del tiempo de riego que se destina para realizar la fertirrigación. En general, las decisiones en este aspecto deben buscar minimizar la oportunidad de lavado del nutriente aplicado. En el caso estudiado, la aplicación de N por fertirrigación se realizó durante casi todo el tiempo de riego (90%), exceptuando los últimos 15 minutos (0,25 h) reservados para el vaciado y lavado del sistema de riego. Esta opción, similar a una hidroponía abierta, claramente potencia pérdidas de N por lavado.

De acuerdo con el esquema de fertirrigación (**Cuadro 5**), se aprecian tres momentos importantes de inyección de N, siendo el principal el correspondiente a 2 semanas postcuaja-pinta, en el cual se colocó el 62% del total aplicado entre brotación y cosecha, periodo en que se deberían esperar mayores concentraciones de nitratos en la solución suelo. La calendarización mensual, con modificaciones en la temporada 2005-2006 se presenta en el **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Dosificación mensual, temporada 2005-2006.

meses	N (kg/ha)
ENERO	5.11
FEBRERO	27.37
MARZO	29.26
ABRIL	0.00
MAYO	0.00
JUNIO	0.00
JULIO	0.00
AGOSTO	17.19
SEPTIEMBRE	35.96
OCTUBRE	19.40
NOVIEMBRE	110.50
DICIEMBRE	7.90
TOTAL	252.70

Estimación de las pérdidas de nitratos por lixiviación.

Una cuantificación de las pérdidas de N por lixiviación, una vez establecida la magnitud de la percolación profunda (**Cuadro 4**), requiere de mediciones de la concentración de nitratos en las aguas que drenan internamente en el perfil, particularmente bajo la zona de arraigamiento.

Los suelos poseen contenidos de nitratos en la solución suelo en cantidades variables en el tiempo que dependen de la compleja interrelación que se establece entre flujos de entrada y salida de N de la solución suelo (**Figura 4**), en donde la intensidad de los procesos cambia dentro de la estación de crecimiento en respuesta a aspectos de manejo (fertilización), ciclos de actividad de las plantas (absorción de N) y edafoclimáticos (temperatura, aireación). Esta dinámica varía, además, con la profundidad de suelo considerado, determinando que en un perfil las concentraciones de nitratos presenten adicionalmente variaciones verticales importantes, lo cual hace muy difícil el monitoreo de estos valores en condiciones de campo, especialmente cuando los suelos presentan un alto contenido de piedras en todo su espesor, lo que impide su estudio mediante sondas de extracción.

Un procedimiento utilizado tentativamente durante el desarrollo del proyecto con la finalidad de explorar valores de la concentración de nitratos en la zona de percolación y en base a éstos realizar una estimación muy aproximada de las perdidas de N por lixiviación, consistió en un muestreo sistemático de la matriz de suelo en el perfil mediante calicatas.

Se realizaron dos muestreos. Uno durante el periodo invernal sin riego y posteriormente, un segundo muestreo durante el periodo de fertirrigación en primavera. Se utilizó una matriz simétrica de muestreo centrada en la planta y con una cobertura que abarcó el suelo superficial y parte del sustrato pedregoso. La profundidad de muestreo alcanzó a 1,4 m con el propósito de encontrar valores de nitratos en la zona de percolación profunda.

En la **Figura 6** se presentan gráficamente los perfiles de nitratos obtenidos en ambos muestreos. En las dos épocas de evaluación se aprecia una alta concentración de nitratos en el horizonte superficial, destacándose los altos valores invernales (83 mg/kg) originados por flujos de solución suelo ascendentes en el perfil, seguidos por evaporación de agua en la superficie del suelo. En contraste, durante el periodo de fertirrigación, la concentración superficial máxima de nitratos es aproximadamente la mitad de la observada en el periodo sin riego, variando en el suelo superficial entre 30 y 47 mg/kg, lo cual señala la existencia de una dinámica distinta.

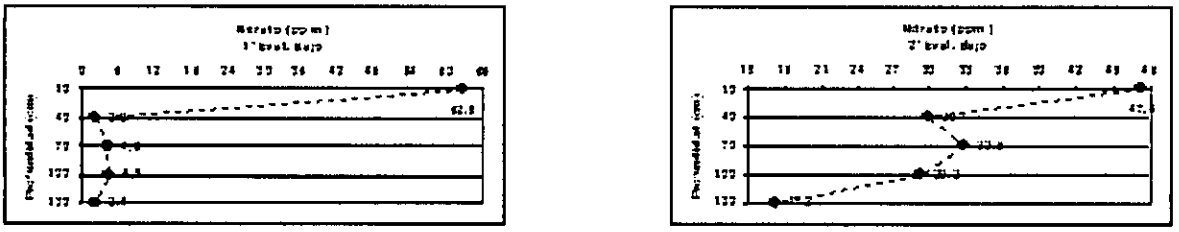


Figura 6. Perfiles de concentración de nitratos en el suelo: izquierda, periodo sin riego; derecha, periodo de fertirrigación.

Las concentraciones por debajo de 40cm de profundidad en el suelo se relacionan con la zona en que se verifica el proceso de percolación. Sin embargo, en el caso de la evaluación invernal época en que no ocurre percolación, los bajos valores observados (2,2 a 4,5 mg/kg) tienen relación con el proceso de acumulación superficial anteriormente indicado, en donde el sustrato actuó como fuente. En cambio, los niveles de nitratos observados en la segunda evaluación a 40-100 cm de profundidad son casi 10 veces mayores a los invernales, variando entre 29,2 y 32,8 mg/kg, señalando la influencia de las inyecciones de nitrato y por lo tanto, estos se pueden interpretar como un resultado del transporte en profundidad de una solución similar a la originalmente aplicada en la fertirrigación, que en este caso corresponde por definición a percolación ya que se verifica en la parte del perfil que está por debajo de la zona de concentración radical (0-40 cm).

El método sistemático de muestreo empleado permite observar la distribución espacial del contenido de nitratos en el espesor del perfil evaluado. La **Figura 7** contiene imágenes de dicha distribución para ambas fechas de muestreo. Los resultados confirman las apreciaciones ya realizadas en la **Figura 6**.

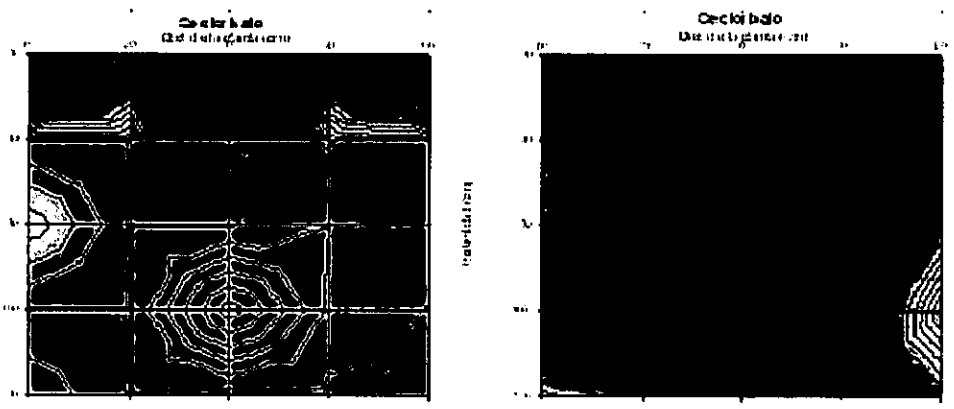


Figura 7. Distribución espacial de nitratos en perfil: izquierda, periodo sin riego; derecha, periodo de fertirrigación.

En la **Figura 7** (derecha) la región de color azul denota una relativamente alta concentración de nitratos. Su forma y dimensiones estarían indicando que ésta refleja la penetración en el suelo, durante el periodo de fertirrigación, de una solución rica en nitrato ya que el ancho promedio de la región de intenso color azul coincide aproximadamente con la estimación del diámetro utilizado para el cálculo de la zona mojada. Además, ésta se extiende por debajo de 140 cm de profundidad, indicando claramente que hay transporte de nitrato en conexión con un abundante flujo de percolación de la solución nutriente modificada.

Estos resultados sugieren como probable que el riego se haya verificado en el sitio de estudio de acuerdo con el balance hídrico presentado en el **Cuadro 4**.
De acuerdo con lo anterior, el perfil observado en el periodo de fertigación (**Figura 6**, derecha) resulta ***principalmente*** de un balance diario entre los aportes de la solución de fertirrigación, salidas por absorción del cultivo y redistribución por

transporte en profundidad. Luego, suponiendo que los perfiles de nitratos durante el periodo de fertirrigación son de forma similar a los mostrados en la **Figura 6** (derecha) y calculando un promedio de los contenidos observados entre 40 y 100 cm de profundidad, se puede obtener un valor estimativo del contenido nitrato existente en la zona de flujo de percolación para la época del muestreo (noviembre), valor que debería expresarse en mg/L para caracterizar la concentración del flujo en una primera aproximación. Al respecto, en noviembre el promedio de concentración de nitrato de la matriz es 30,7 mg/kg, cantidad que equivale aproximadamente a una concentración de 30,1 mg/L de $N\text{-}NO^3$, en condiciones de suelo saturado.

Dado que las dosis de fertilización son variables a través de la temporada (**Cuadro 6**) es esperable que los contenidos de $N\text{-}NO^3$ en el suelo varíen proporcionalmente en función del input mensual de N. Luego, si se considera el promedio de las concentraciones de nitrato medidas en el sustrato en noviembre, como representativo del periodo y se relaciona con la dosis de fertilización aplicada en dicho mes (**Cuadro 6**), se puede estimar las concentraciones de otros meses, a partir de la cantidad mensual de N aplicado.

Cuadro 7. Estimación de la pérdida de $N\text{-}NO^3$ por lixiviación, en base al balance hídrico del Cuadro 4. Temporada 2005-2006

meses	vol riego/ parra	vol riego/ parra	vol Pp/parra	N-NO3-	LIX N-NO3	
	L/dia	L/mes	L/mes	mg/L	g/parra mes	kg/ha
enero	57.0	1767.6	1237	1.4	1.7	1.9
febrero	105.9	2964.4	2075	7.5	15.6	17.3
marzo	192.4	3848.7	2694	8.0	21.6	23.9
abril	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
mayo	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
junio	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
julio	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
agosto	8.6	267.8	187	4.7	0.9	1.0
septiembre	27.1	813.9	570	9.8	5.6	6.2
octubre	45.5	1410.8	988	5.3	5.2	5.8
nov	106.2	3185.2	2230	30.1	67.1	74.6
diciembre	55.3	1715.1	1201	2.2	2.6	2.9
TOTAL						134

Finalmente, el **Cuadro 7** presenta una estimación de la magnitud de la lixiviación de $N\text{-}NO^3$ para condiciones similares a las descritas para el riego en Cantera según el balance hídrico presentado en el **Cuadro 4** (Ea=70%) y en concordancia con el programa de fertirrigación realizado en la temporada 2005-2006.

Balance final de nitrógeno

Según el resultado obtenido (**Cuadro 7**) la cantidad anual de nitrógeno nítrico perdido por lixiviación totalizaría una cantidad del orden de 134 kg/ha, observándose que un 30% de la pérdida ocurre durante la post cosecha activa, periodo que coincidió con un fuerte incremento de los riegos.

De los 253 kg/ha aplicados en la temporada 2005-2006 se estima que 38 kg/ha fueron inmovilizados (15%) y descontando la lixiviación, se desprende que 81 kg/ha fueron ***aparentemente*** utilizados en crecimiento vegetativo, producción de uva (1366 cajas/ha) y construcción de reservas por el parronal. De acuerdo con estos valores, se calcula una ***eficiencia de fertilización nitrogenada de 32%*** para la unidad de producción. Este valor es muy inferior a lo esperable en fertirrigación y estaría motivado **básicamente** por la ineficiencia del sistema de riego, que determinó perdidas de N por lixiviación que habrían alcanzado a un 53% del N aplicado.

Conclusiones

El análisis realizado pone en evidencia problemas que parten con anterioridad al establecimiento del parronal. Es necesario enfatizar la necesidad de considerar el comportamiento en el suelo del agua, de las raíces y de los nutrientes en cada caso particular, como antecedentes importantes durante la fase de diseño de los sistemas de riego y que servirán para determinar las características de su estructura general, la de sus componentes y las normas de operación necesarias para un funcionamiento óptimo.

Literatura consultada

AYERS, R. Y WESTCOT, D. 1976. Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper 29. FAO. 97p.

CALLEJAS, R., WIECZOREK, J. Y KUSCH, C. 2005. Evaluación del efecto de diferentes sistemas de riego sobre el desarrollo vegetativo de la vid "Flame Seedless". 56° Congreso Agronómico de Chile. 11-14 Octubre 2005. Chillán, Chile.

CALLEJAS, R., ARAYA, P., WIECZOREK, J., BENAVIDES, C. Y KUSCH, C. 2006. Efecto de diferentes diseños de riego sobre el crecimiento de plantas adultas de vid "Flame Seedless", a dos años del inicio del estudio. 57° Congreso Agronómico de Chile. 17-20 Octubre 2006. Santiago, Chile.

DOMÍNGUEZ, A. 1996. Fertirrigción. 2ª edición revisada. Ediciones Mundi-Prensa. 233p.

PIZARRO, P. 1987. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). Ediciones Mundi-Prensa. 461p.

PRATT, P. 1984. Nitrogen use and nitrate leaching in irrigated agriculture. Cap. 21. En: Hauck,R.(ed). Nitrogen in crop production. American Society of Agronomy. 804p.

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.

SHARKOFF, J., WASKOM, R. Y BAUDER, T. 2006. Colorado nitrogen leaching index risk assessment (version 2). USDA-State of Colorado- NRCS. Agronomy Technical Note N° 97 (revised). 5p.

Artículo de Extensión del Centro de Estudio de la Vid.
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Director: Dr. sc. agr. Rodrigo Callejas R.
Subdirector: Ph.D. Cecilia Peppi A.
Correctores: Erika Kania K. y Cecilia Peppi A.
Santa Rosa 11315; Casilla 1004 Stgo. F: 02-9785727

Cuadro 11. Presentaciones en Seminarios

Título del documento	Nombre del archivo digital
SEMINARIO PROGRAMA DE DESARROLLO DE PROVEEDORES ACONEX	PRESENTACIÓN PDP Aconex 2008
REFLEXIONES SOBRE LA NUTRICION DE PARONALES DE UVA DE MESA, III REGIÓN	PRESENTACIÓN Reflexiones sobre la Fertilización Parronales
FERTTILIZACIÓN Y MANEJO DEL SUELO DE ESPECIES FRUTÍCOLAS Y VID	PRESENTACIÓN Adamo Rombolá Copiapó 2007

ACONEX
EXPORTADORA ACONCAGUA LTDA

Seminario PDP ACONEX COPIAPÓ 2008

Programa:

9:00 Hrs.	*Inscripción Participantes.*
09:30 Hrs	*Bienvenida: Joseba Zugadi C. Zonal Aconex Copiapó.* *Palabras de Don Juan Carlos Torres, Director Regional CORFO.*
10:00 – 11: 15 Hrs.	*Dr. Rodrigo Callejas: Riegos, Fertilización Foliar y al suelo, interpretación de análisis.*
11:15 – 11:30 Hrs.	*Café Break*
11:30 – 13:00 Hrs.	*Dr. Claudio Pastenes: Fotosíntesis, ensayos de cubrimiento de parrones.*
13:00 – 14:15 Hrs.	*Almuerzo*
14:15 – 16:00 Hrs	*Dr. Juan Carlos Magunacelaya. Manejo de Nematodos en el Valle de Copiapó.*
16:00 – 16:15 Hrs.	*Café Break*
16:15 – 17:30 Hrs.	*Prof. Roberto González: Principales plagas que afectan a la Uva de Mesa, Manejo de Residuos de Productos Químicos en los principales mercados de Exportación.*
17:30 Hrs.	*Cierre Seminario.*

Este Seminario cuenta con el auspicio de:

Bayer CropScience anasac M&V MARTINEZ & VALDIVIESO GMT

Copiapó, mayo de 2008

SEMINARIO PROGRAMA DE DESARROLLO DE PROVEEDORES ACONEX

COPIAPÓ – JULIO 2008
CORFO / ACONEX

Información
1) Trabajo con los productores del PDP
2) Proyecto INNOVA - Fertirrigación

uchile

Rodrigo Callejas R.
Ing. Agr. Dr. sc. agr.
E-mail:rcalleja@uchile.cl
Fono: 02-9785727
Cel: 092228552

A ▹ **PRIMERA PRIORIDAD**

Incremento del potencial productivo

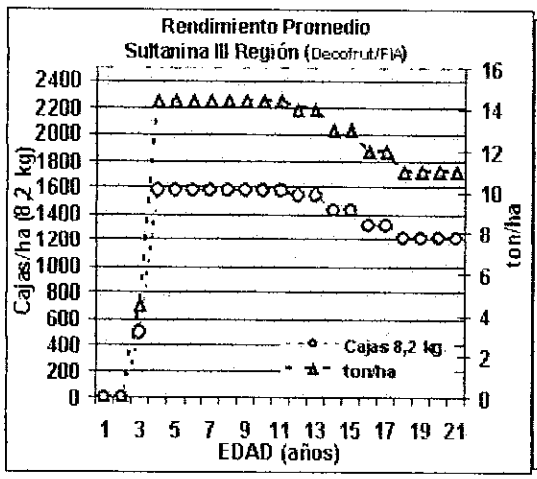
1800 2000 2500 3000

B ▹ **SEGUNDA PRIORIDAD**

Excelente calidad y condición de la fruta

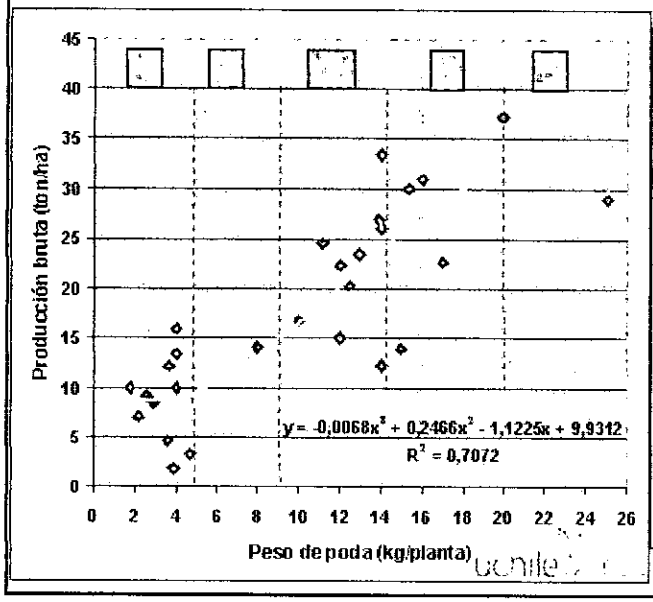
uchile

DIAGNÓSTICO
BAJO POTENCIAL PRODUCTIVO DE LOS PARRONALES



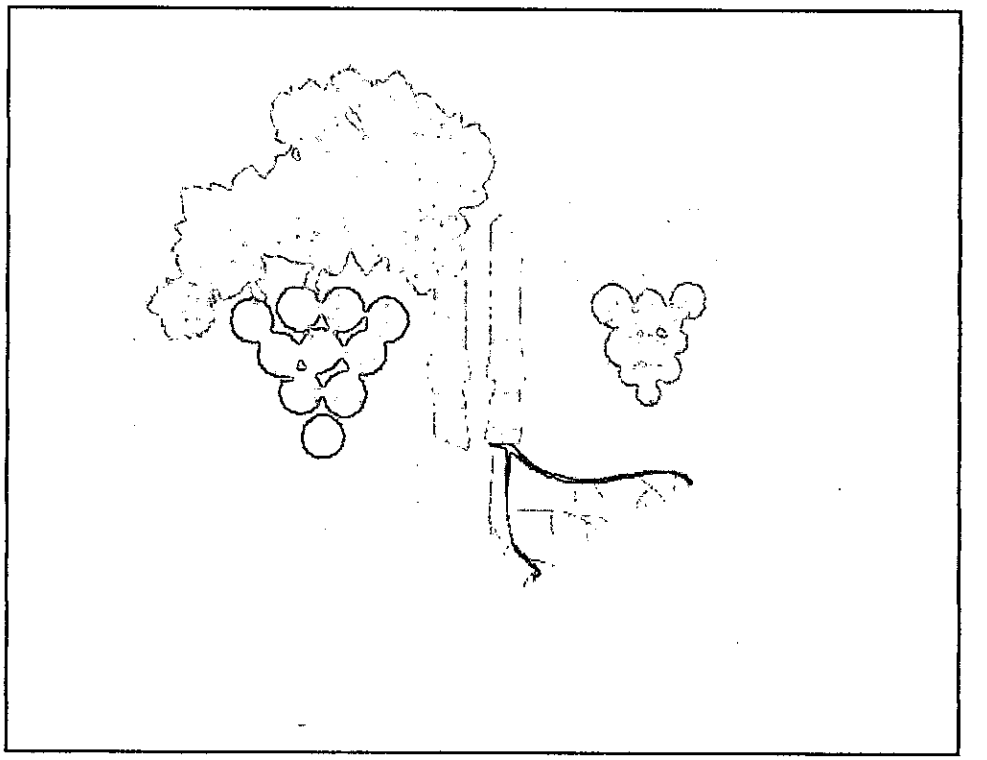
El actual escenario para la industria productora de Uva de Mesa, debe ser enfrentado con una reingeniería del sistema productivo, en forma innovadora, estructurada, eficiente, con metas claras y con proyecciones de *gran impacto en los márgenes netos.*

DIAGNÓSTICO
BAJO POTENCIAL PRODUCTIVO



Proyecto Fertirrigación INNOVA CORFO – Universidad de Chile

Parrones considerados vigorosos en la III Región, solamente alcanzan la categoría de vigor medio al ser comparado con la Zona Central.



PRIORIDADES

1) Suelo suelto, poroso, buen nivel de materia orgánica, alta actividad biológica (NO COMPACTADO).
   - *Proyecto Suelo Vivo (Corfo Innova).*

2) Excelente condición del sistema de riego y adecuados criterios de riego (tecnología).
   - *UCHILECREA - servicio*

3) Raíces con alta tasa de crecimiento (raicillas nuevas); buenas condiciones.
   - *FIA-RAÍCES*

4) Excelente condición del follaje (cantidad y calidad de hojas).
   - *Criterios de poda, sanidad, control de sales del suelo.*

5) Criterios de fertilización al suelo y foliar.
   - *Proyecto Fertirrigación (Corfo Innova)*

6) Otros manejos que afectan la calidad de la fruta (poda, ajuste de carga, sanidad, etc.)

Análisis Foliar y Control Nutricional

•LECTURA
•EL PALO NEGRO Y RAQUIS DÉBILES: APLICACIONES TEMPRANAS
•DE FERTILIZANTES FOLIARES BAJO UNA VISIÓN INTEGRADA
•DEL PROBLEMA.

•CONSIDERACIONES EN LA DETERMINACIÓN DE UN PROGRAMA DE
•NUTRICIÓN, EN PARRONES DEBILITADOS DE UVA DE MESA

•FERTILIZACIÓN FOLIAR: ¿CUÁNDO SE JUSTIFICA O DEBEMOS
•PREVER EL USO DE FERTILIZANTES FOLIARES?

•INCREMENTO DEL COLOR DE CUBRIMIENTO EN VARIEDADES ROJAS

DRIS 2006

		N	P	K	Ca	Mg		
ALDO	BROTE 50	24	-3		-4	51	S [I] =	150
	FLOR	13	-14	-27	-9	37	S [I] =	99
CARLOS BORDOLI		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	24	-3		-4	51	S [I] =	150
	FLOR	-7	-1	-21	4	25	S [I] =	57
CASA ROSADA		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50							
	FLOR	20	-3		-10	38	S [I] =	114
	BROTE 50	31			13	67	S [I] =	220
	FLOR	20	-3		-10	38	S [I] =	114
David Díaz		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	-24			17	286	S [I] =	607
	FLOR	-7	-1		6	75	S [I] =	161
El Fuerte		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	32	-18		14	78	S [I] =	243
	FLOR	23	10		-14	23	S [I] =	111
Goyo Díaz		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	7	-14		31	93	S [I] =	260
	FLOR	19	3		4	26	S [I] =	103
José Pérez		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	22	10		1	67	S [I] =	199
	FLOR	-10	-1	-10	-8	30	S [I] =	59
Lina Arrieta		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	-5			12	61	S [I] =	146
	FLOR	4	-13	-2	-9	20	S [I] =	46

DRIS 2006

		N	P	K	Ca	Mg		
Los Maitenes		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	-20			12	97	S [I] =	218
	FLOR	14	14		-18	22	S [I] =	101
Los Maitenes		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	-20			12	97	S [I] =	218
	FLOR	-17	6		-1	42	S [I] =	98
Luis Revello		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	29	20		33	183	S [I] =	527
	FLOR	27	17		4	22	S [I] =	139
Nicasio Torres		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	7	-14		31	93	S [I] =	260
	FLOR	-1	3		4	30	S [I] =	74
Quebrada Seca		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	7	-17		-8	63	S [I] =	140
	FLOR	7	6	1	-15	1	S [I] =	29
Quinta Morales		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	10			33	105	S [I] =	307
	FLOR	10	-15	-24	-1	29	S [I] =	78
Sacramento		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	21			14	100	S [I] =	270
	FLOR	-4	10	-11	-13	17	S [I] =	54
Sacramento		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	2		-8	-1	64	S [I] =	131
	FLOR	2	-2	-3	-17	20	S [I] =	43
Vasangel		N	P	K	Ca	Mg		
	BROTE 50	10			38	105	S [I] =	307
	FLOR	2			-5	60	S [I] =	124

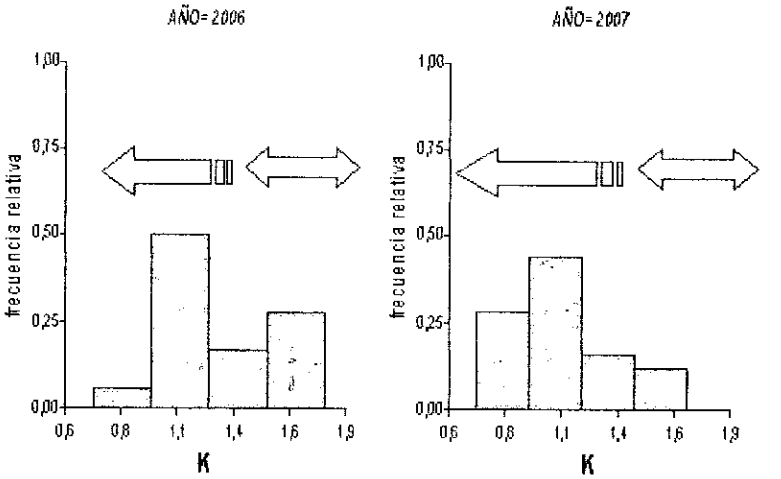
DRIS 2007

PRODUCTOR	NT	K	P	Ca	Mg	ÍNDICE DRIS	nº
Vassangel Flame	n	b	n	b	a	98	1
Aldo Gigino Flame P9	n	b	n	n	a	195	3
Carlos Bordoli C6	b	b	n	b	a	69	6
Nahue Flame	n	b	b	b	n	120	7
Cristián Huticaman Flame	n	b	a	n lm	a	168	8
Marcelo Grossi Sultanina	n	b	b	n	a	100	9
Los Maitenes C2 RG	n	b	b	n	a	88	10
Casa Rosada C2 Luis Reyes	n	b	n	n	a	137	11
P Tabío Perlette	n	b	b	n	a	184	12
Los Maitenes C16 Queen Rose	n	b	n	b	n	88	14
José Araya Sultanina	b	b	b	b	n	103	17
El Sío Sultanina	n	b	b	b	n	100	18
La Vasconia Flame	n	b	n	b	a	165	19
Sacramento Flame	n	b	b	n lm	a	211	21
El Fuerte Sultanina	n	b	n	n lm	a	83	22
Ida Duprat Sultanina	n	b	n	n lm	a	192	23
San Francisco Sultanina	n	b	n	b	a	127	26
San Fernando Sultanina	n	n	b	b	a	91	2
Los Troncos Flame	n	n	a	b	a	67	4
Antonio Squeo Sultanina Quebrada	n	n	n	b	a	68	5
Quebrada Seca C2 Sultanina	n	n	n	b	n	80	13
Sacramento Sultanina Buena	n	n	n	b	a	86	15
Sacramento Sultanina Mala	n	n	n	b	a	75	16
David Díaz Flame	a	n	n	b	a	173	20
Quinta Morales el pozo	n	n	b	b	a	97	24
Hornitos Flame	n	n	b	b	a	130	25
% con déficit		64	40	60			

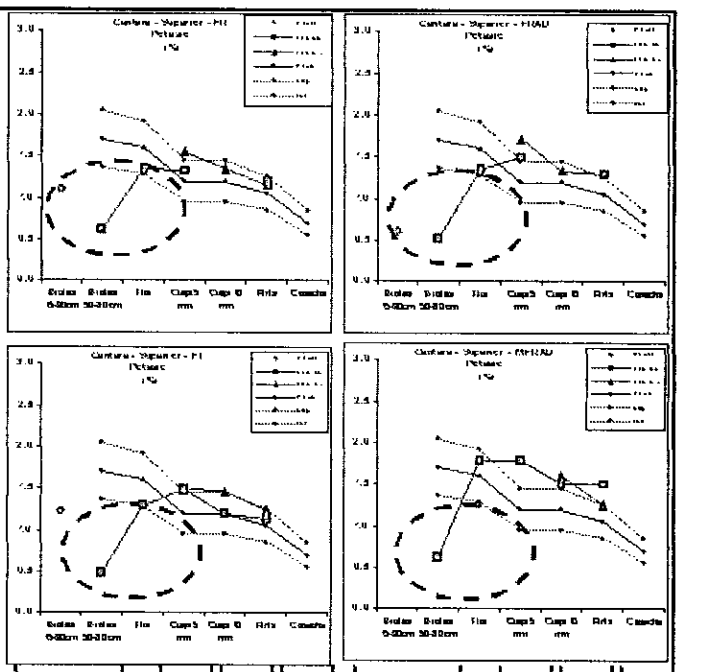
K

Cuadro 1. Resultados estadística descriptiva, para Potasio, en diferentes años y momentos de muestreo.

AÑO	Muestreo	Variable	n	Media	E.E.	Mín	Máx
2005	Pecíolos Flor	K	9	1,17	0,07	0,80	1,50
2006	Lámina preflor	K	21	0,88	0,09	0,10	2,30
2006	Lámina Flor	K	18	1,28	0,07	0,70	1,80
2007	Lámina Flor	K	25	1,12	0,05	0,70	1,70

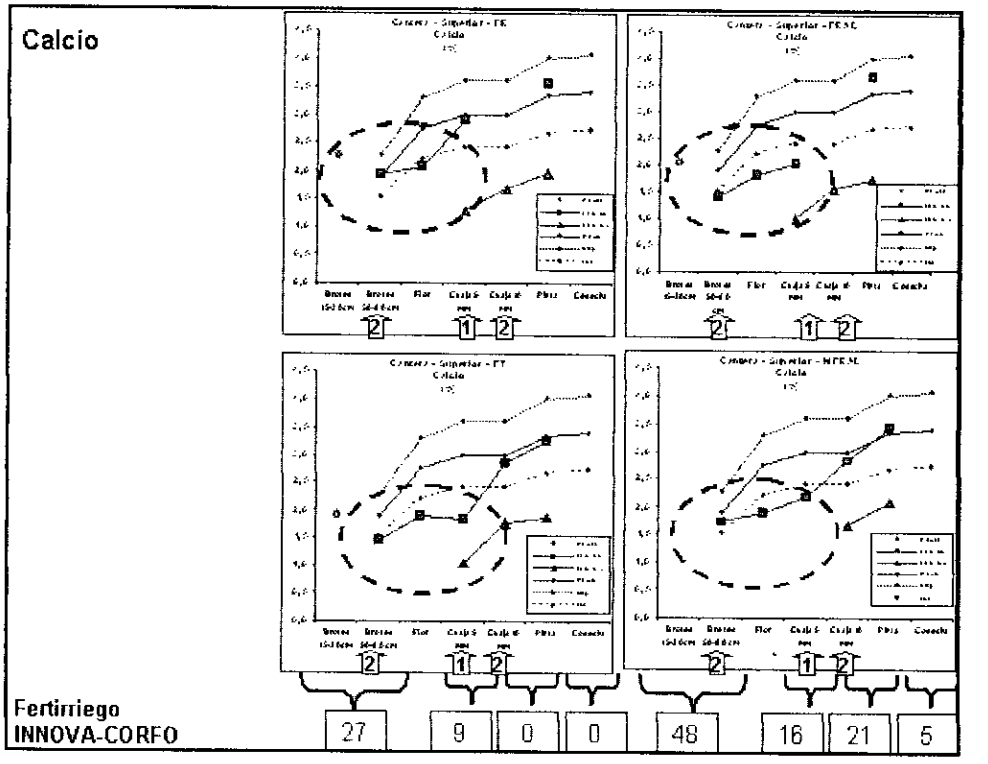


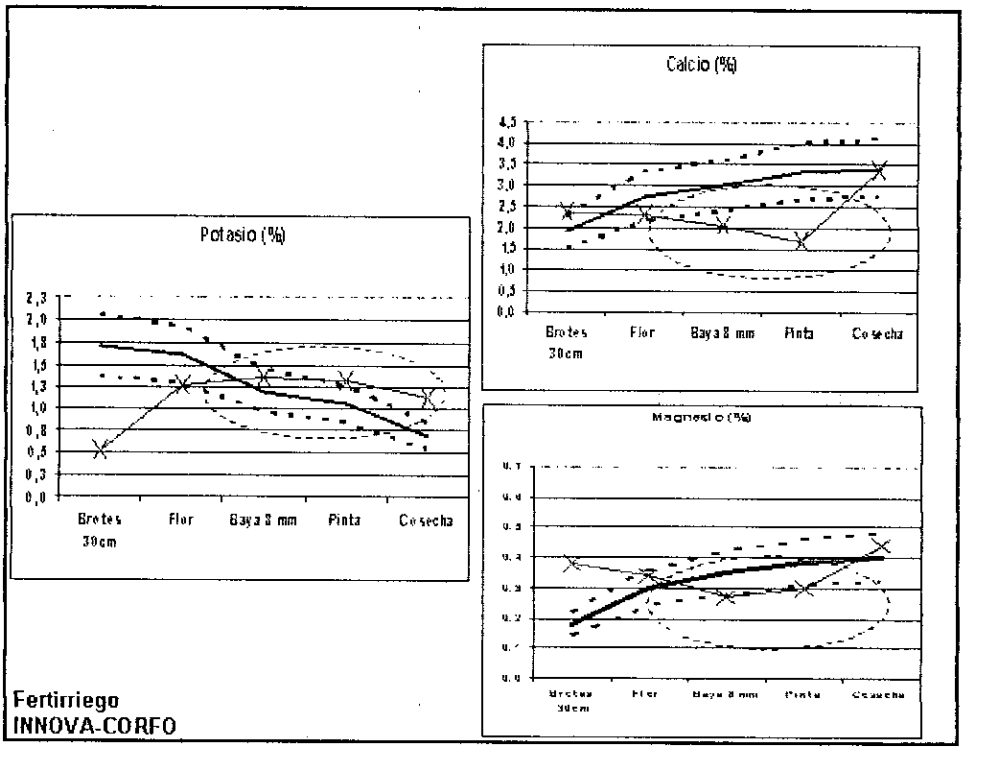
Potasio



Fertirriego
INNOVA-CORFO

29 | 37 | 83 | 45 | 57 | 23 | 115 | 30

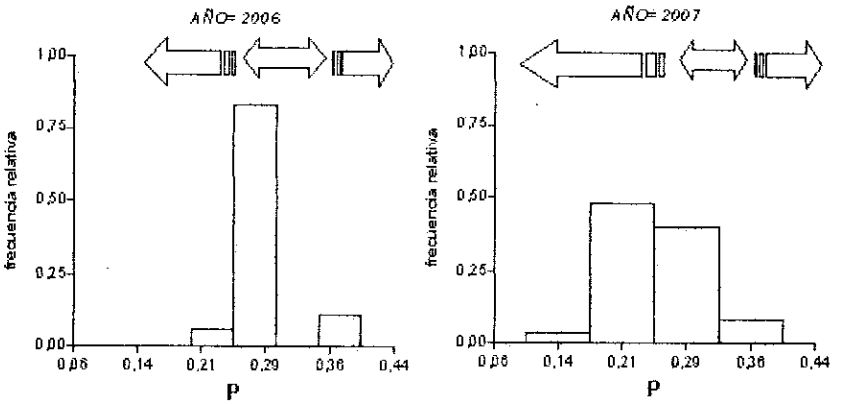

Calcio
Fertirriego
INNOVA-CORFO
27
9
0
0
48
16
21
5

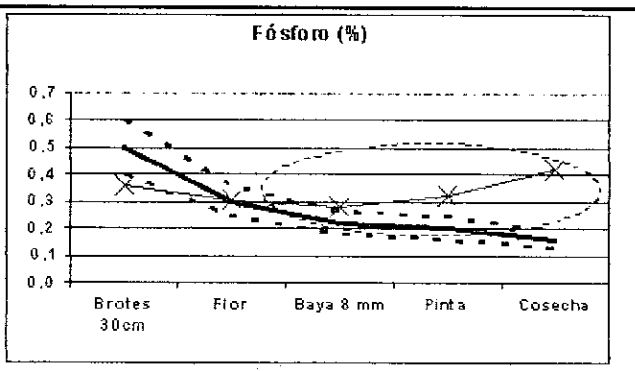

Calcio (%)
Potasio (%)
Magnesio (%)
Brotes 30cm
Flor
Baya 8 mm
Pinta
Cosecha
Fertirriego
INNOVA-CORFO

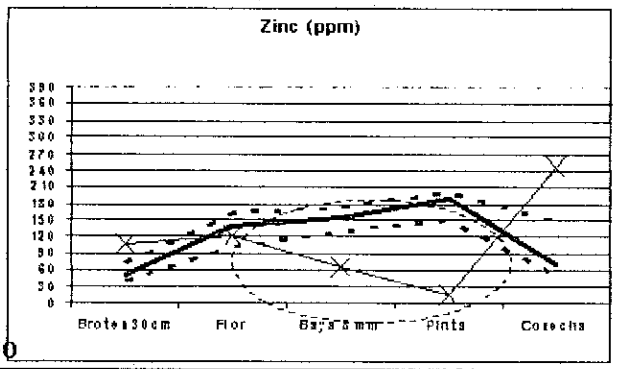
P

Cuadro 2. Resultados estadística descriptiva, para Fósforo, en diferentes años y momentos de muestreo.

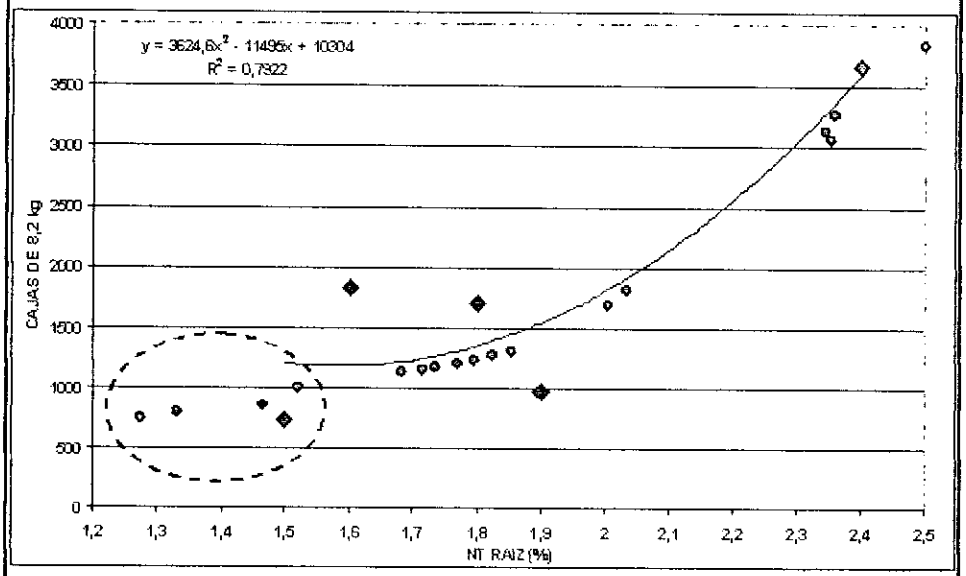
AÑO	Muestreo	Variable	n	Media	E.E.	Mín	Máx
2005	Pecíolos Flor	P	9	0,37	0,03	0,20	0,50
2006	Lámina prefloración	P	21	0,41	0,02	0,30	0,60
2006	Lámina Flor	P	18	0,31	0,01	0,20	0,40
2007	Lámina Flor	P	25	0,25	0,01	0,10	0,40



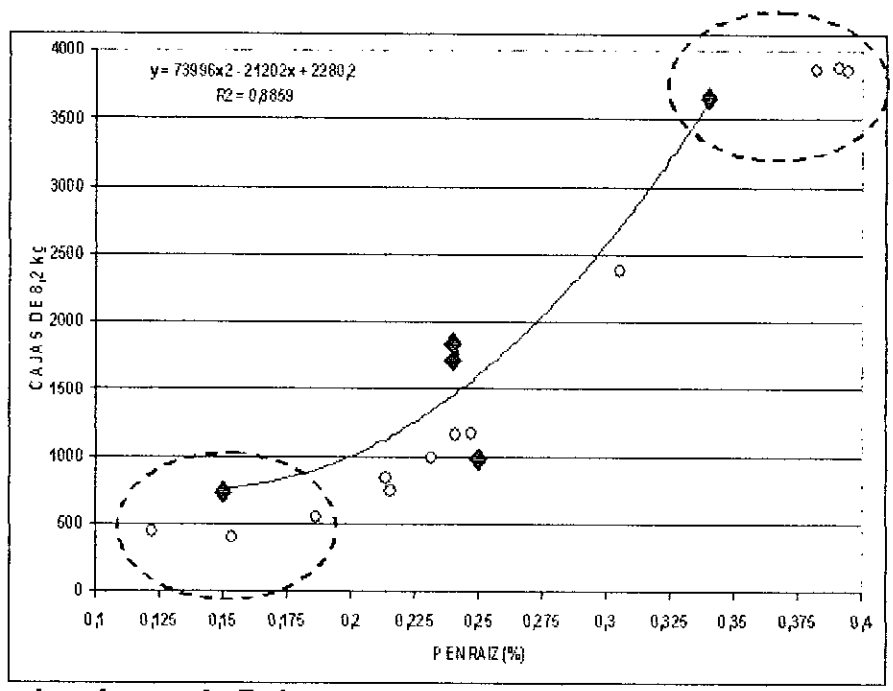




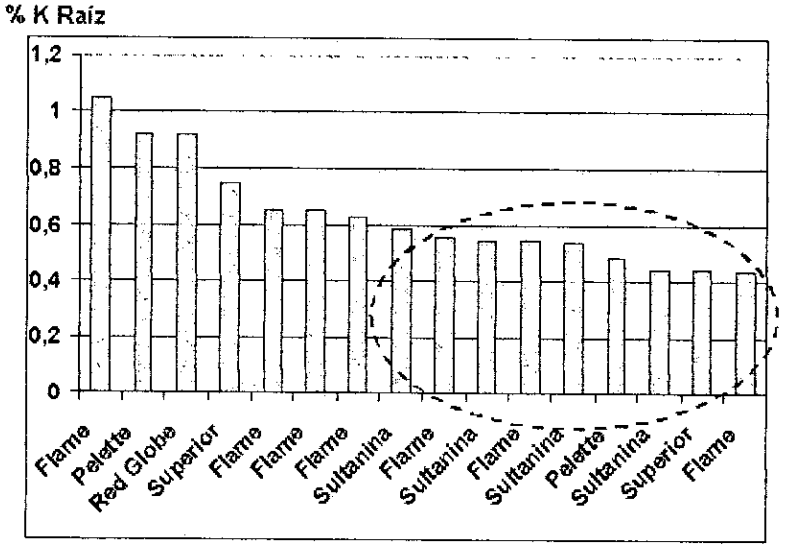
Fertirriego
INNOVA-CORFO



Evaluaciones de Raíces

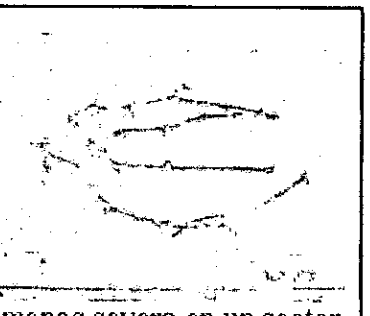


Evaluaciones de Raíces



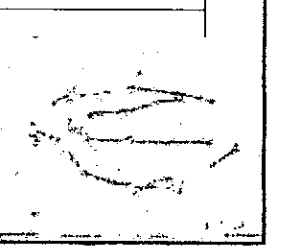
Evaluaciones de Raíces

Fundo: Quebrada Seca
Sr: Pedro Cruz



1) Este mismo daño lo observé en forma menos severa en un sector de mi parrón de Sultanina (0,6 ha), que en medio de un cuartel que tiene suelo franco con mucha piedra (típico de relleno de quebrada), hay un ojo de suelo pesado, arcilloso. Como este sector se riega de acuerdo al sector más grande conformado por un suelo liviano, este ojo siempre tiene fruta débil, algo de palo negro, le cuesta que la fruta madure, hay bastante follaje y se le deja más carga que el resto del parrón.
2) De acuerdo a lo conversado con los podadores, el vigor no es malo, pero siempre las puntas se colapsan de la misma forma que el parrón tuyo, pero de la yema 7 en adelante (no tan en la base).

MUESTRAS DE BROTES CON SÍNTOMA DE COLAPSO DE ÁPICE					
		CARGADOR	CARGADOR		CARGADORES
		BASE DEL	PARTE DISTAL	(B/S)	(Ruiz, 2000)
		SANO	ENFERMOS	%	
N	%	1,16	1,06	91	0,86
P	%	0,17	0,17	100	0,12
K	%	0,49	0,55	112	0,52
Ca	%	0,54	0,92	170	0,46
Mg	%	0,11	0,2	182	0,09
Na	ppm	0,04	0,13	325	
Zn	ppm	31	57	184	
Mn	ppm	30	57	190	
Fe	ppm	22	45	205	
B	ppm	11	17	155	
S	%	0,04	0,04	100	
Cl	%	0,09	0,26	289	
Cu	ppm	8	8	100	



	[illegible]
N	50 a 300
P	0 a 50
K	70 a 300
Ca	0 a 30
Mg	0 a 30
Zn	0
Mn	0
B	0
Fe	0
S	solo como elemento acompañante
Cu	0
Mo	0

Hay que considerar que el término "normalmente utilizadas" <u>no es sinónimo</u> de óptimo o eficiente.

Solo con deficiencias

Aproximación a la dosis de referencia

Estimar vía balance, ver análisis foliares y suelo, asociar a fertilización pasada, apoyarse en investigaciones serias de extracciones anuales llevadas a cabo en condiciones similares a las nuestras.

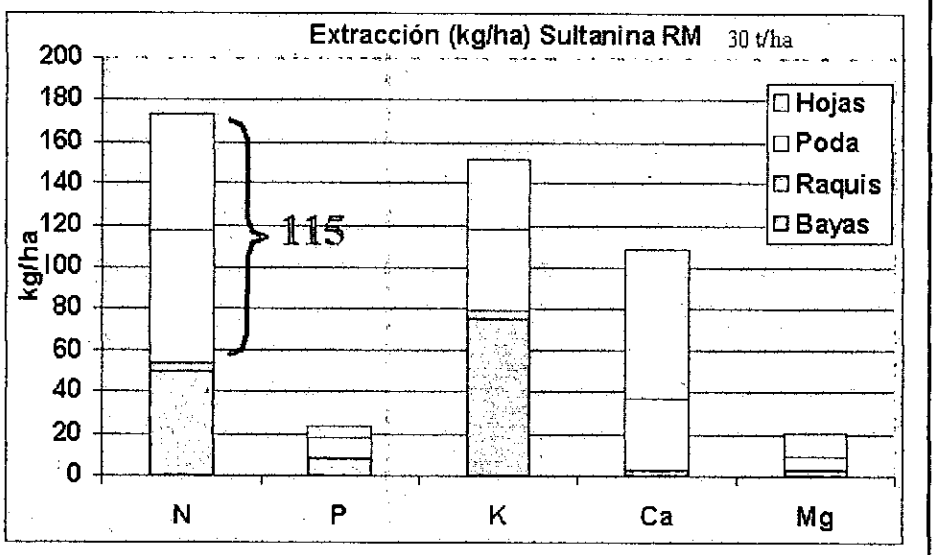


Tabla 2

Exportación de Nutrientes con el Fruto

Exportación de Nutrientes	kg/t
Nitrógeno	1.3 - 1.6
Fósforo	0.3 - 0.4
Potasio	2.3 - 3.1
Calcio	0.2 - 0.35
Magnesio	0.1 - 0.15

FUE: CASPARI - 1996

Plantmaster de Uva de Mesa, 2005. Yara

RECOMENDACIONES
INCREMENTO DEL POTENCIAL PRODUCTIVO

1) Revisar dosis de K. Considerar a lo menos 200 kg/ha en temporada y otros 100 kg/ha en postcosecha (Producciones, suelo, etc.)

2) Revisar dosis de P. Considerar unos 35 kg/ha en temporada y otros 20 en postcosecha.

3) Entre cuaja y pinta, dejar riegos sin aplicación de K y aprovechar de inyectar Ca y Mg (6 veces).

4) Control del estatus nutricional, en lo posible en 6 oportunidades durante la temporada (por lo menos 1 cuartel)

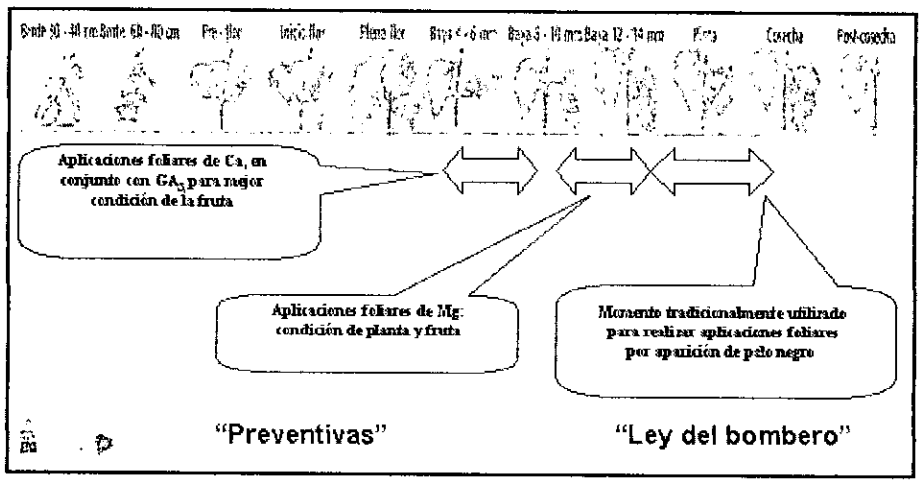
uchile

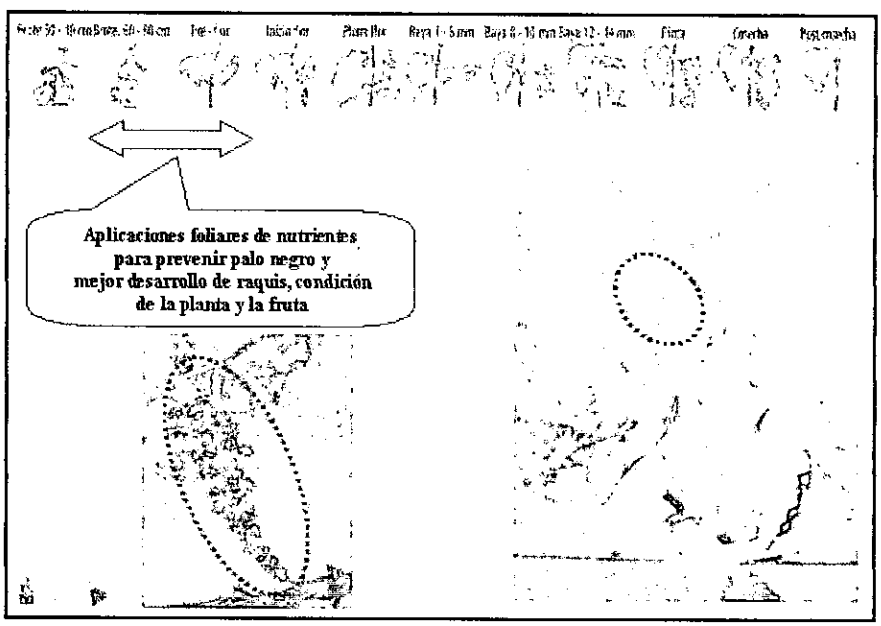
CALIDAD DE LA FRUTA

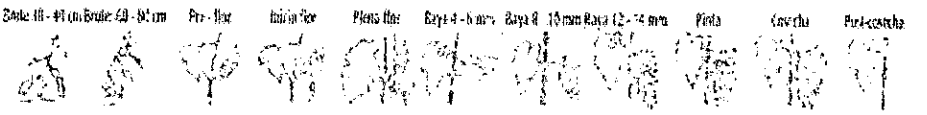
- APLICACIONES TEMPRANAS DE NUTRIENTES FOLIARES-

Ningún **PROGRAMA DE FOLIARES** puede solucionar problemas de desequilibrios mayores que tiene un parronal: contenido humedad del suelo, nutrientes (incluido CHO), aireación del suelo, falta de raíces, etc.

¿Qué hacíamos con los foliares dirigidos a calidad de fruta?

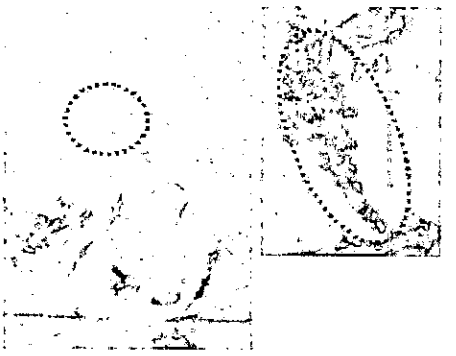






Racimo expuesto-Elongación

Ca+Mg
(2-3)



Pero de acuerdo a diagnóstico, Zn, Fe y B

Firmeza
Partiduras
Palo Negro
Bayas Blandas

ESTUDIOS DE CASO: HUASCO – SUPERIOR (6 ha)
Estudiante de Magister

11-8-04	Brotes 15-25 cm	Nutrición	ZINC
15-8-04	Brotes 25 a 45 cm	Nutrición	HIERRO
20-8-04	Brotes 50 a 60 cm	Nutrición	ZINC
	Racimos 8 cm	Nutrición	MAGNESIO
	Hombros abriendo	Nutrición	CALCIO BORO
25-8-04	Brotes de 70 a 90 cm	Nutrición	MAGNESIO
	Racimos 12 cm	Nutrición	CALCIO
	Hombros abiertos		BORO

Fertirriego
INNOVA-CORFO

Categoría Superior Seedless	Rango firmeza (g • cm^{-2})	Rango firmeza (N)
Racimo firme	> 250	> 3
Racimo medianamente firme	221-250	2,4-3
Racimo blando	≤ 220	< 2,4

FRUTA HUASCO	295,97	3,77

Muestra Raquis	N total %	Calcio%	Magnesio%	Potasio	Boro mg/K	Molibden omg/K	Zinc mg/K
Promedio	1,388	0,738	0,034	3,456	24,8	< 5	19

Resultados:

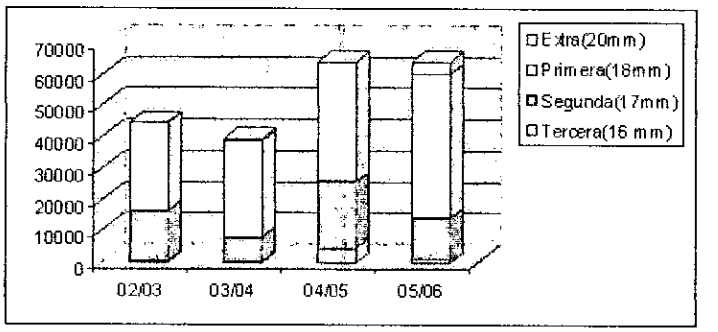
Producción promedio de 4 años: 2.900 cajas/ha
Calibres: Principalmente extra y primera
Otros: sin desgrane y fruta firme.

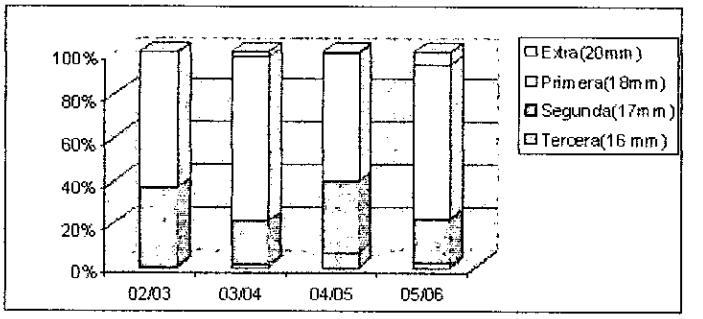
Fertirriego
INNOVA-CORFO

ESTUDIOS DE CASO: SAN FELIPE-FLAME (20 ha) desde 2004
Adicionalmente ensayos de absorción de boro del suelo

1) **Brotes 15 a 20 cm: Zinc y aminoácidos**
2) **Brotes 50 a 60 cm: Calcio, Magnesio, Aminoácidos, Boro**
3) **Brotes 70 a 90 cm: Calcio, Magnesio, Aminoácidos, Boro**
4) **Racimitos expuesto: Boro**

*** En sectores con menor crecimiento:*
Citogrower, 150 a 200 cc/100 L; Ck, aa, P, K.
*** En sectores con antecedentes de palo negro:*
Hacer diagnóstico, reforzar con Mg+Ca.





"<u>Lo importante es la estrategia y no el producto</u>", lo que implica un diagnóstico y análisis detallado de las condiciones en que se desarrolla una unidad productiva.

RECOMENDACIONES

CALIDAD DE LA FRUTA

1. Aplicaciones tempranas de productos foliares, de manera de satisfacer gradualmente las necesidades de las bayas y raquis, en la medida que se van desarrollando (firmeza, desgrane, partiduras, palo negro y bayas blandas).

2. Hacer diagnóstico y considerar Zn, Fe, Ca, Mg, B (si se requiere) y K.

*** Racimos sueltos, evitar el exceso de reguladores de crecimiento.

Riego y Manejos de las Sales del suelo

uchile

•LECTURA

•CONSIDERACIONES EN LA DETERMINACIÓN DE UN PROGRAMA DE
•NUTRICIÓN, EN PARRONES DEBILITADOS DE UVA DE MESA

•LA PÉRDIDA DE LA FERTILIDAD FÍSICA DEL SUELO EN PARRONES DE
•UVA DE MESA.

•WET SENSOR: EXPERIENCIA PRÁCTICA EN EL CONTROL DE HUMEDAD
•Y CONTENIDO DE SALES DEL SUELO, EN HUERTOS FRUTALES

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Producción Agrícola

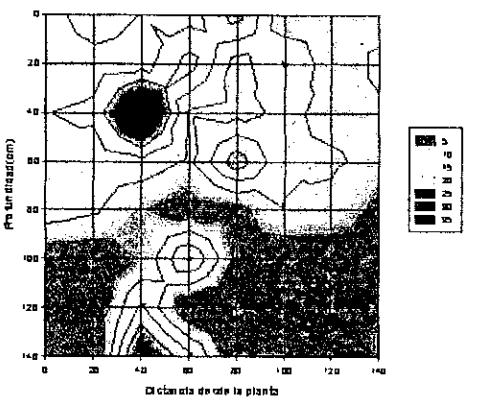
WET Sensor

Desarrollo de una metodología objetiva de la evaluación en calicata, de la humedad y la conductividad eléctrica del suelo.

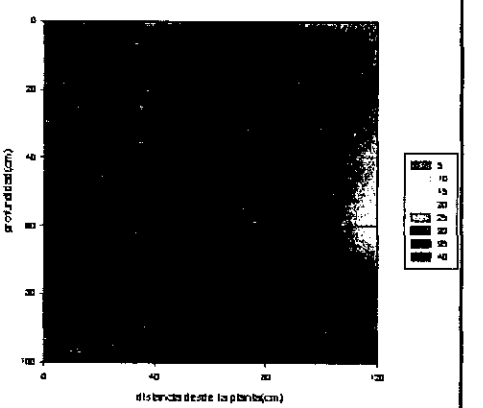
Fertirriego
INNOVA-CORFO

INVIERNO

Evaluación Humedad
04 JULIO

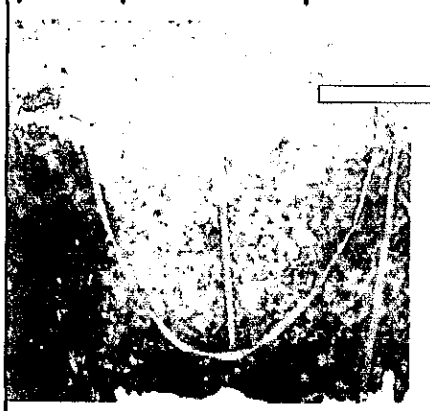


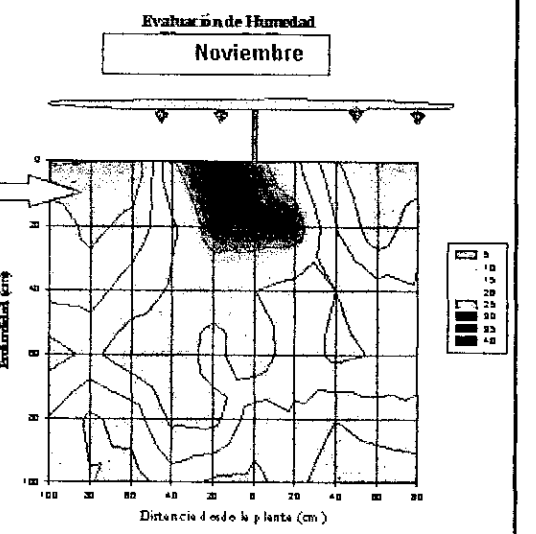
Evaluación Humedad
09 JULIO



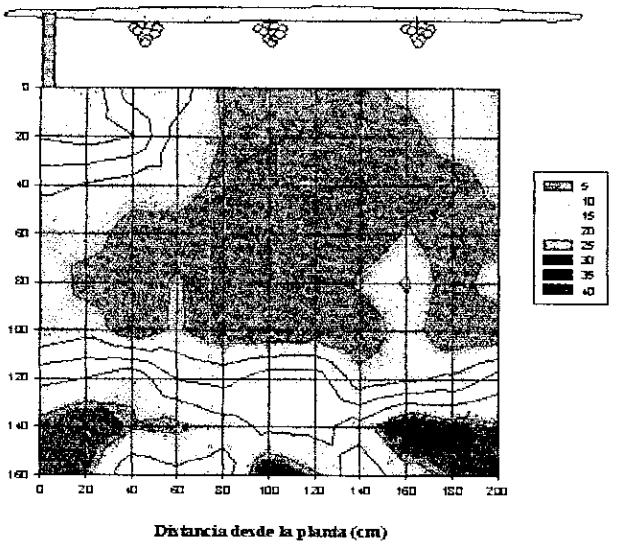
TEMPORADA DE CRECIMIENTO

Compactación producida por el paso de maquinaria

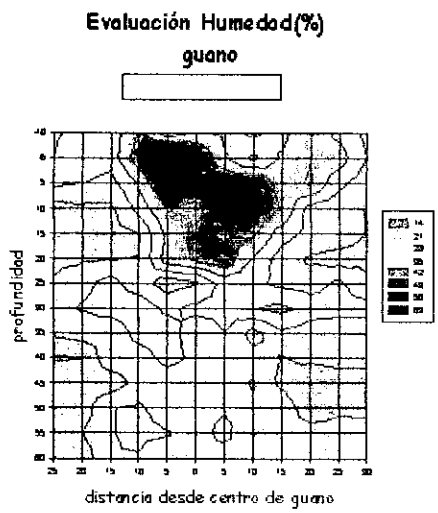


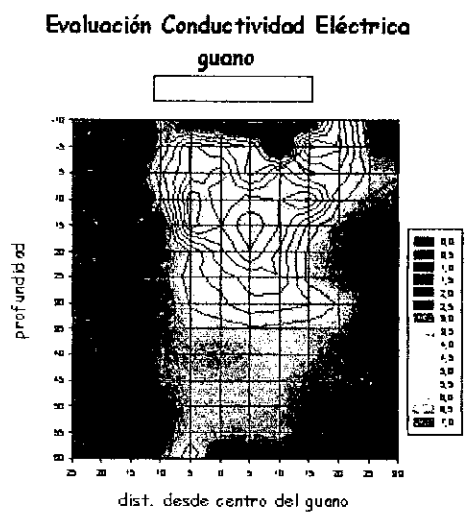


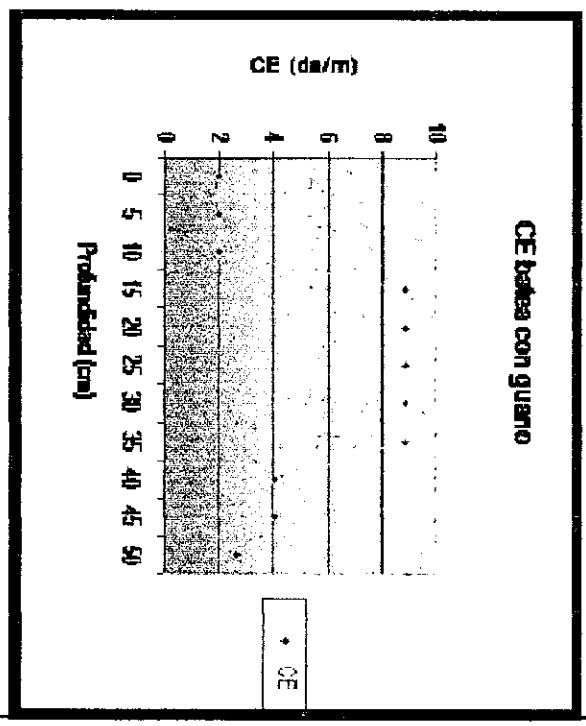
FEBRERO



Aplicación de 40 m³ de guano

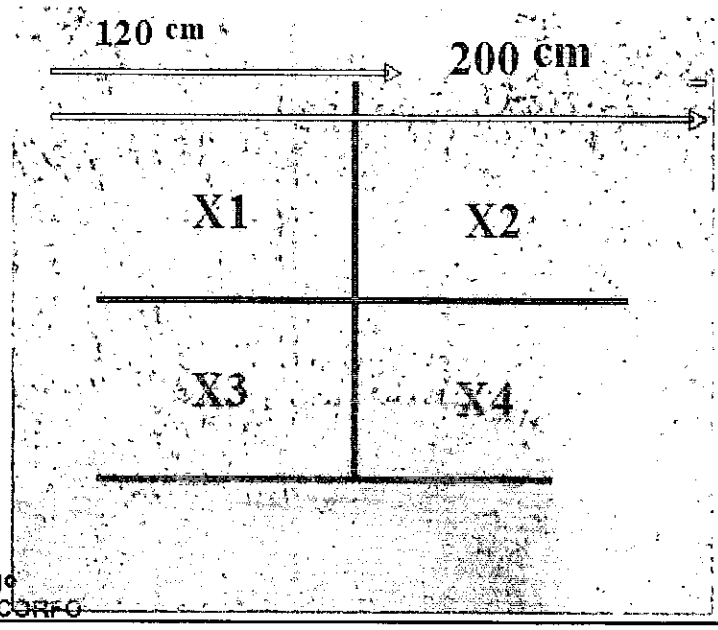






Guano tapado

Seguimiento de la Conductividad Eléctrica



Fertirriego
INNOVA-CORFO

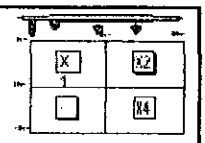
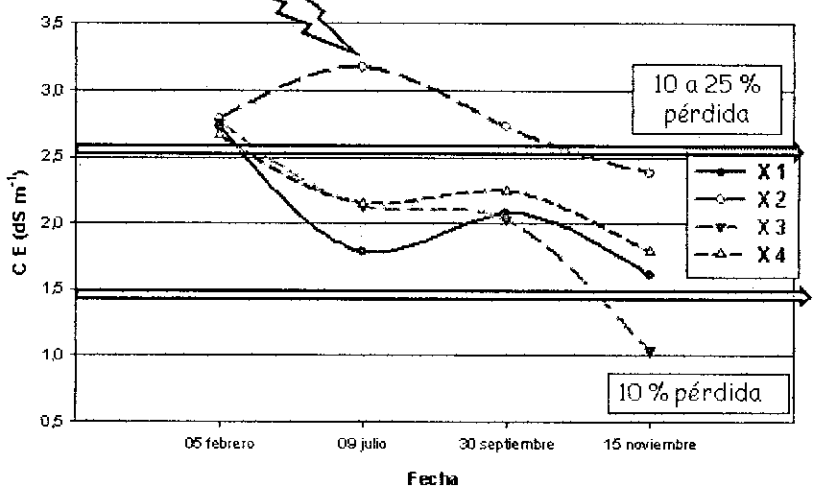


Gráfico Evolución Conductividad Eléctrica



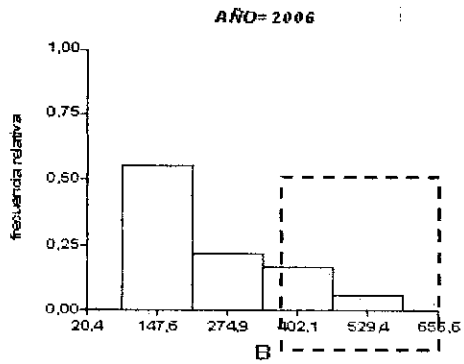
Fertirriego
INNOVA-CORFO

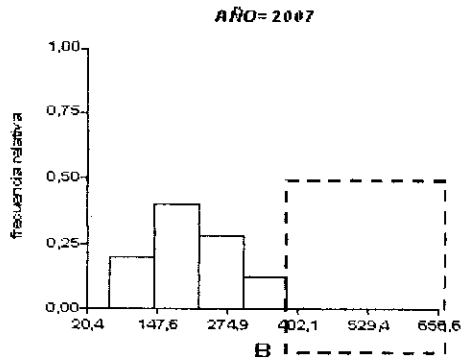
B

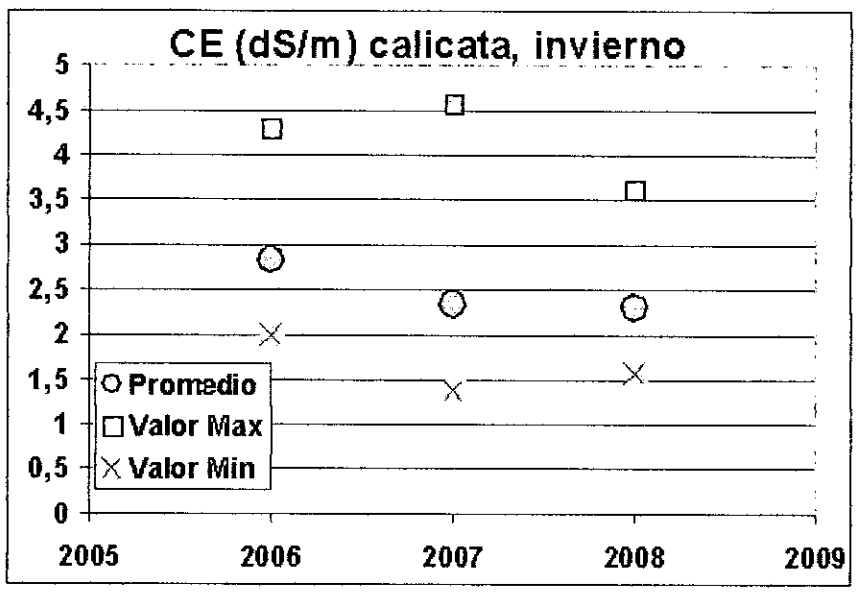
Cuadro 3. Resultados estadística descriptiva, para Boro, en diferentes años y momentos de muestreo.

AÑO	Muestreo	Variable	n	Media	E.E.	Mín	Máx
2005	Lámina Flor	B	9	204,89	18,22	100,00	275,00
2006	Lámina prefloración	B	0	sd*	sd	sd	sd
2006	Lámina Flor	B	18	**245,89**	31,34	**84,00**	**593,00**
2007	Lámina Flor	B	25	**212,92**	14,61	**62,00**	**383,00**

*sd: sin datos







RECOMENDACIONES

1. Controlar los niveles de sales, principalmente en postcosecha/invierno (fracción de lavado), para partir con valores máximos de 2 dS/m.

2. Verificar condición de los sistemas de riego (eficiencia..... servicio de UCHILECREA).

3. Suelos de texturas gruesas, mezclar riegos cortos con riegos medios (aumentar frecuencia y bajar el tiempo de riego).

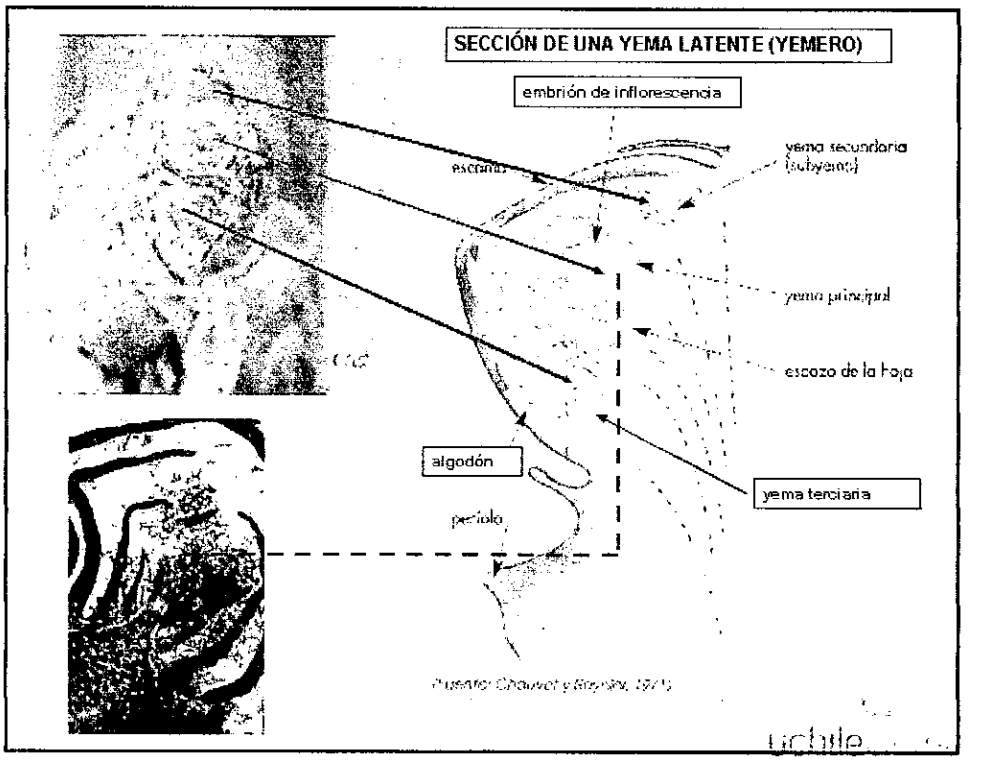
4. Suelos de texturas medias y finas, mantener riegos largos, pero disminuyendo la frecuencia (evitar excesos de agua en el suelo).

uchile

CRITERIO DE PODA Y CONFORMACIÓN DE LOS RACIMOS

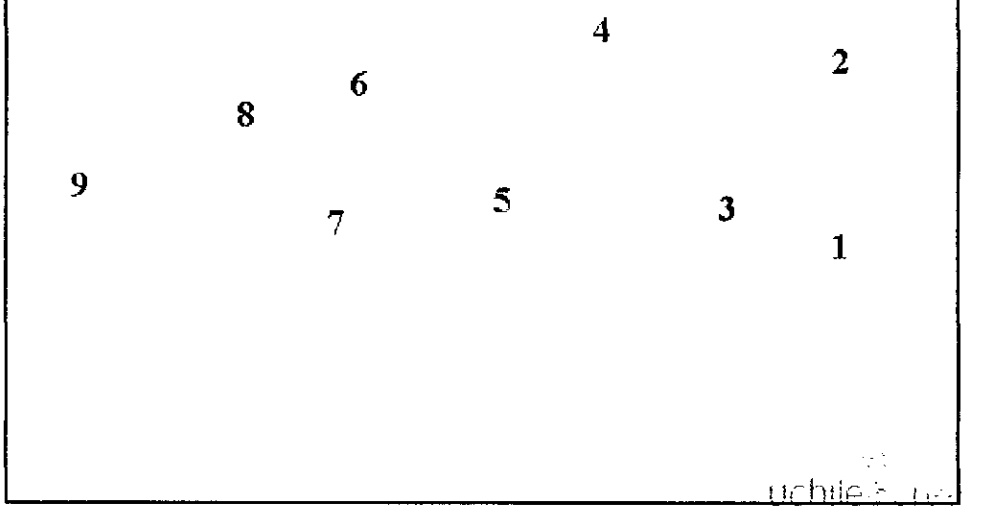
Proyecto Fertirriego

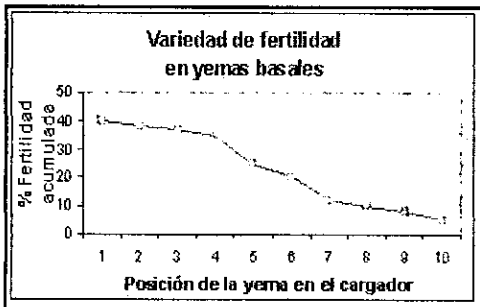
Corfo Innova



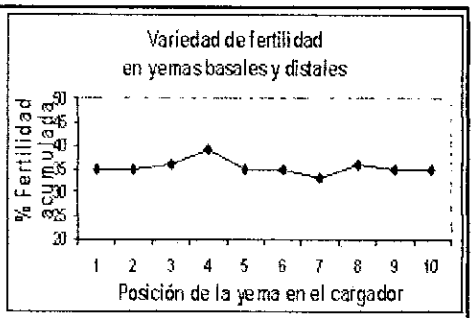
FERTILIDAD DE LAS YEMAS (YEMERO) DE ACUERDO A SU POSICIÓN EN EL SARMIENTO (CARGADOR)

Define el largo de poda de acuerdo a la variedad

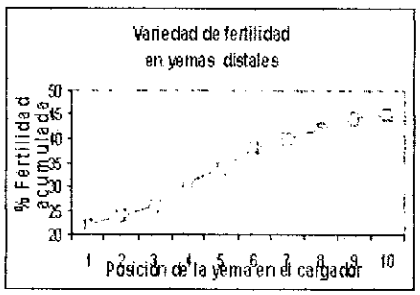




Perlette, Flame Seedless, Ruby Seedless, Red Globe, Ribier



Red Seedless, Crimson Seedless, Black Seedless

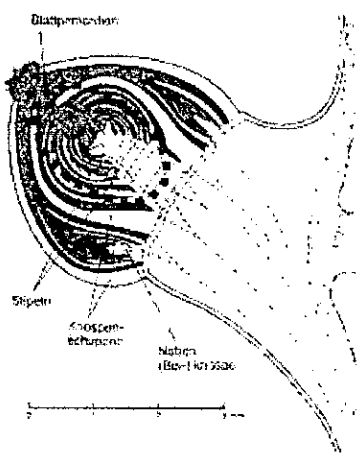


Thompson Seedless, Superior Seedless

SEGÚN LA YEMA, EXISTE UNA DESIGUALDAD EN LA FERTILIDAD Y FORMA DEL RACIMO

YEMA PRIMARIA: es la más fértil pudiendo, como regla general, poseer hasta 2 racimos.

Mayor probabilidad de obtener racimos cónicos o alados.
El de la base mejor que el siguiente

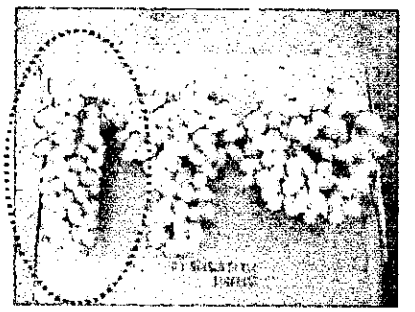


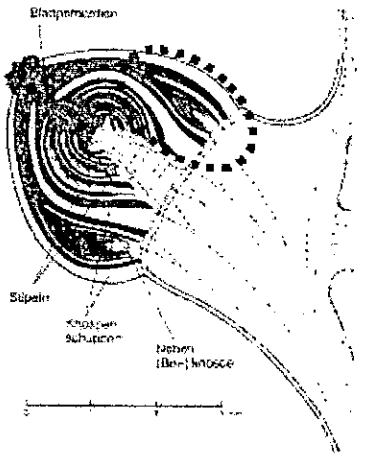
RCR

SEGÚN LA YEMA, EXISTE UNA DESIGUALDAD EN LA FERTILIDAD Y FORMA DEL RACIMO

YEMA SECUNDARIA: es de menor fertilidad pudiendo, como regla general, poseer hasta 1 racimos.

Mayor probabilidad de obtener racimos atubados.

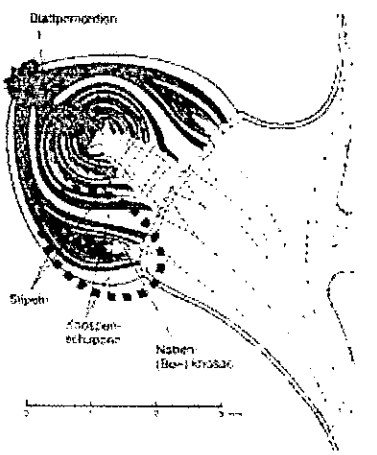




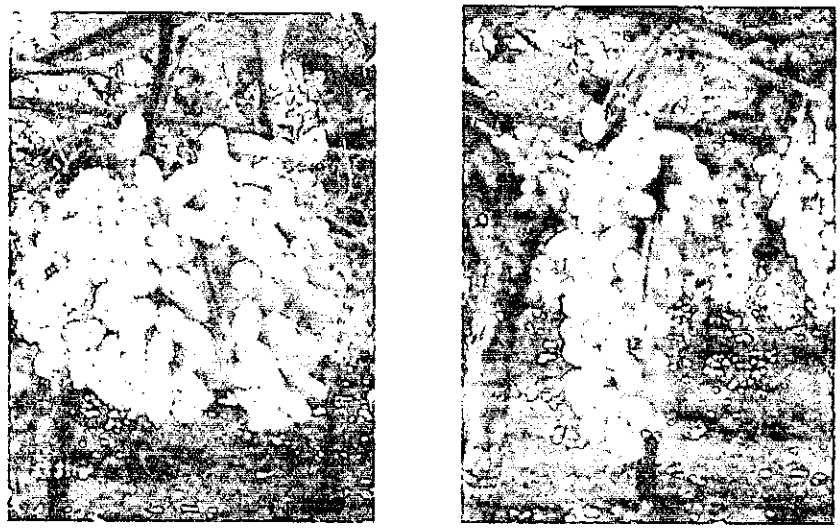
RCR

SEGÚN LA YEMA, EXISTE UNA DESIGUALDAD EN LA FERTILIDAD Y FORMA DEL RACIMO

YEMA TERCIARIA: como regla general, no posee racimos.



RCR



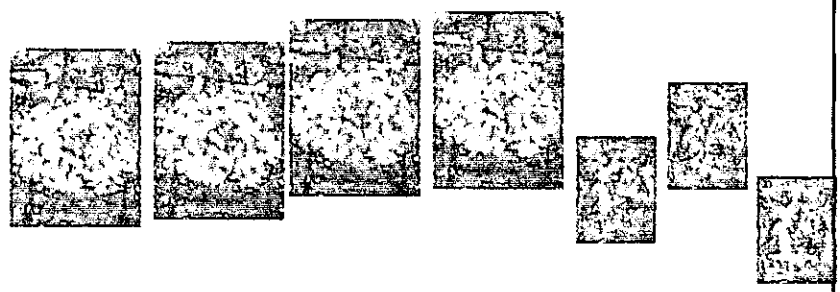
900 g

550 g

Esférico (Alado)

Cilíndrico (Atubado)

A pesar que una variedad puede tener fertilidad en yemas basales, el tipo de racimos que se generan determinar la necesidad de podar con pitón y cargador (cargador corto de 5-6 yemas).



9 8 7 6 5 4 3 2 1

Relación entre la fertilidad de las yemas, forma del racimo y condiciones de crecimiento y desarrollo de los órganos.

Órganos vegetativos elaboradores y transformadores de nutrientes

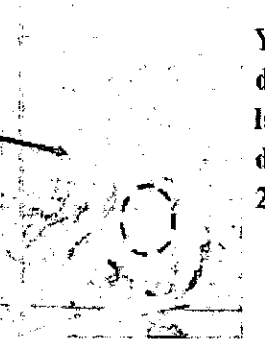
Inicio de la brotación Reservas

9 8 7 6 5 4 3 2 1

Las yemas superiores o distales, se desarrollan con la paralización paulatina de las funciones de la nutrición

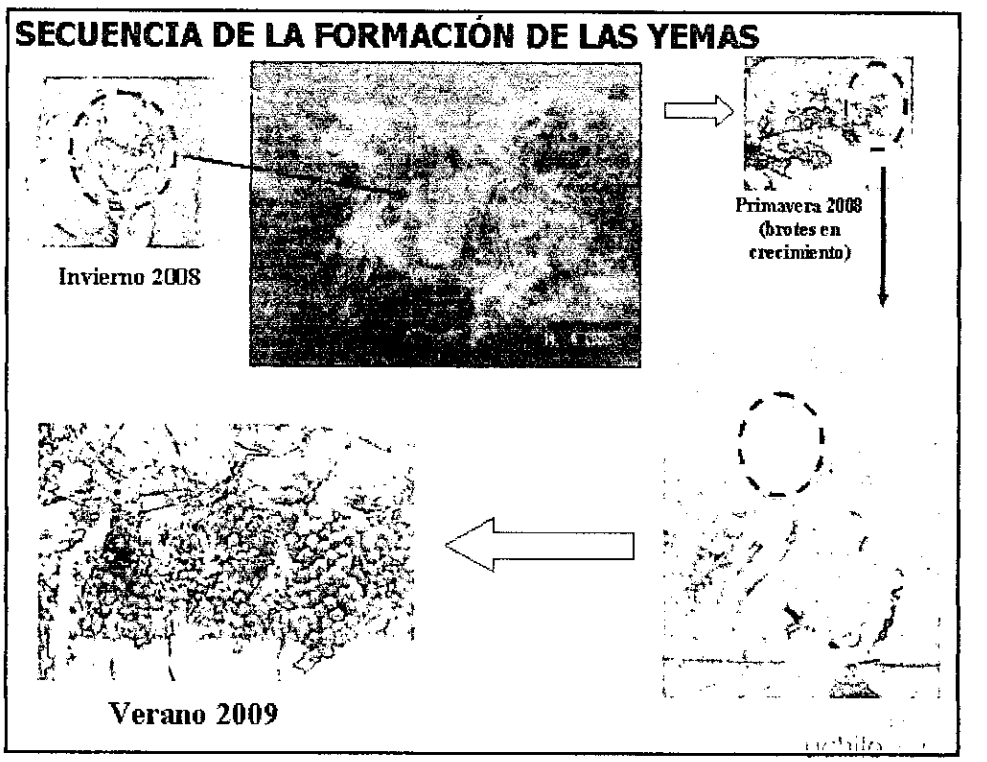
SECUENCIA DE LA FORMACIÓN DE LAS YEMAS

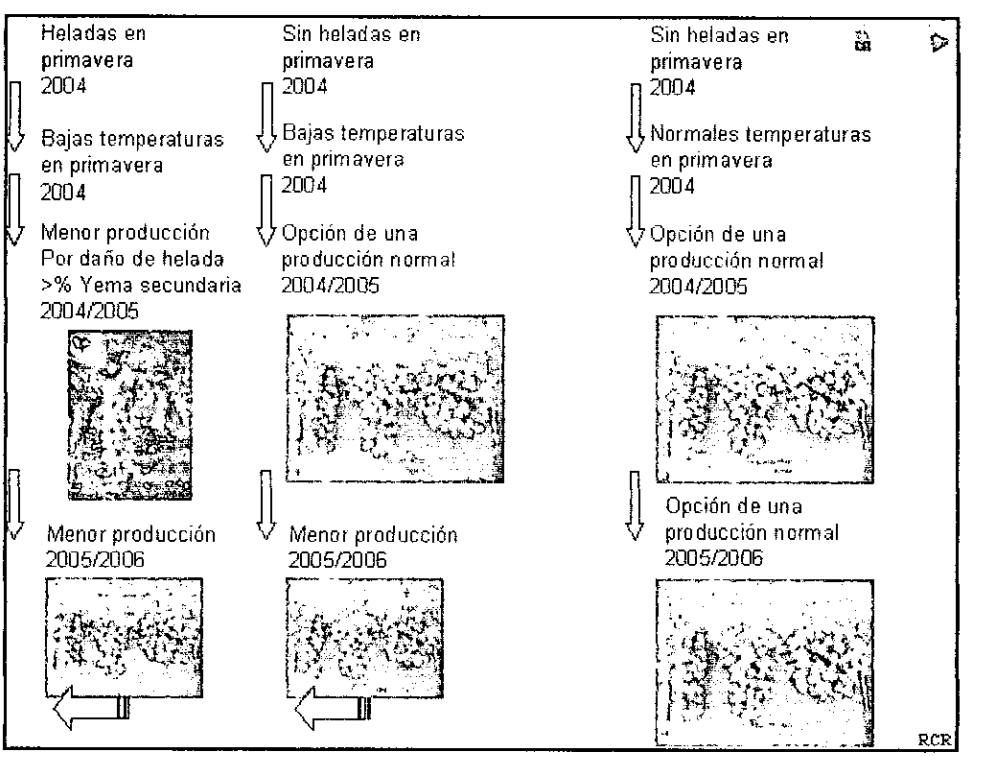
Primavera 2007 (brotes en crecimiento)



Yema/Yemero desarrollándose en la axila de la hoja durante primavera 2007 y verano 2008

Otoño 2008 (brote lignificado o sarmiento)


SECUENCIA DE LA FORMACIÓN DE LAS YEMAS
Invierno 2008
Primavera 2008 (brotes en crecimiento)
Verano 2009


Heladas en primavera 2004
Bajas temperaturas en primavera 2004
Menor producción Por daño de helada >% Yema secundaria 2004/2005
Menor producción 2005/2006
Sin heladas en primavera 2004
Bajas temperaturas en primavera 2004
Opción de una producción normal 2004/2005
Menor producción 2005/2006
Sin heladas en primavera 2004
Normales temperaturas en primavera 2004
Opción de una producción normal 2004/2005
Opción de una producción normal 2005/2006
RCR

Fertirriego
INNOVA-CORFO

RECOMENDACIONES

A

▹ PRIMERA PRIORIDAD

Incremento del potencial productivo

1800 2000 2500 3000

1) Podas de a lo menos 5 a 6 yemas (8 a 10 en Sultanina), realizando el manejo en verde adecuado para mantener equilibrio de la planta.

2) Registros de temperatura, historial de rendimiento y seguimiento de la forma y peso de los racimos, de manera de poder actuar frente a primaveras frías, inestables, etc.

3) La poda apitonada para ahorrarse la amarra, no es un buen negocio. Induce racimos de menos tamaño y peso de bayas.

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Producción Agrícola
Centro de Estudio de la Vid

Rodrigo Callejas R.

Reflexiones sobre la nutrición de parronales de uva de mesa – III Región

Charla técnica basada en la experiencia de los proyectos de Fertirrigación-INNOVA

A

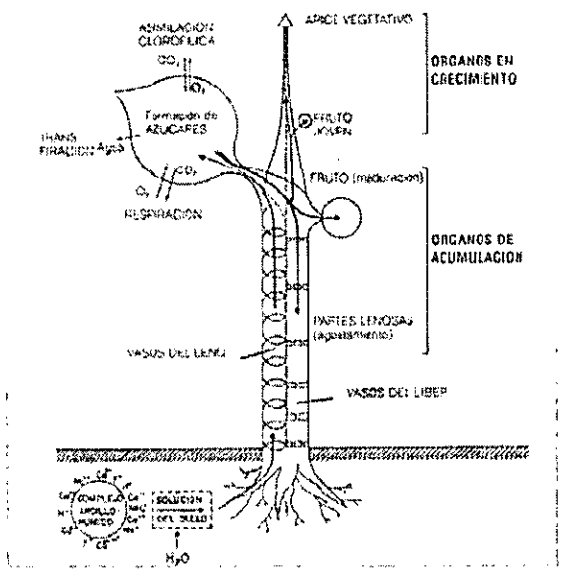
INTRODUCCIÓN

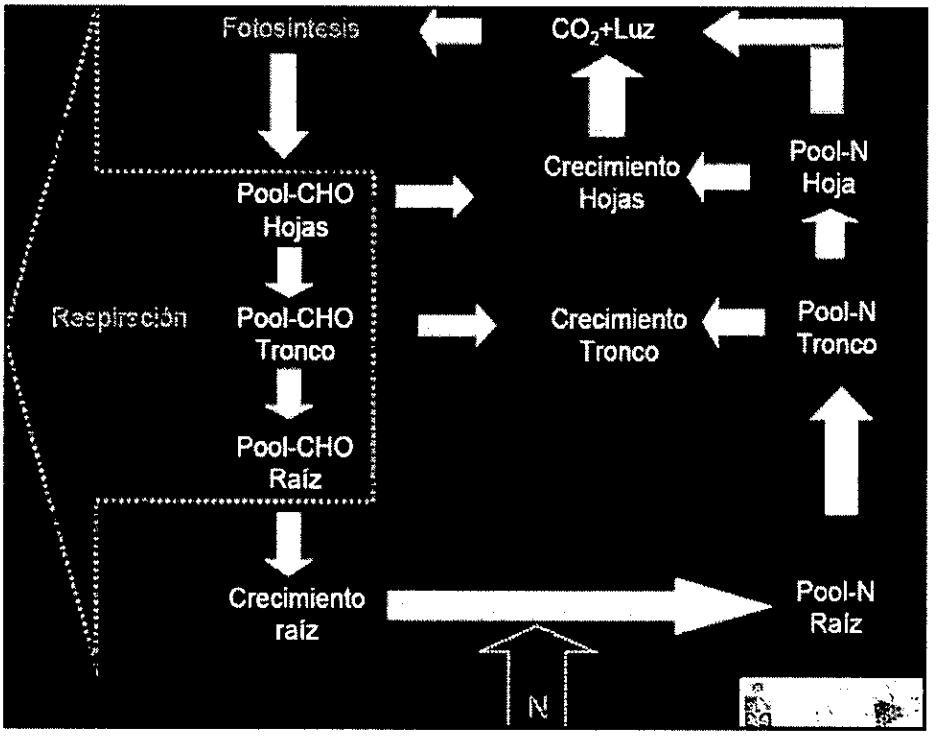
Balance Funcional: equilibrio Canopia-Raíz

Hay una dependencia entre estas dos estructuras, existiendo un equilibrio fisiológico entre ambas partes

manejo

Alteramos u optimizamos la relación

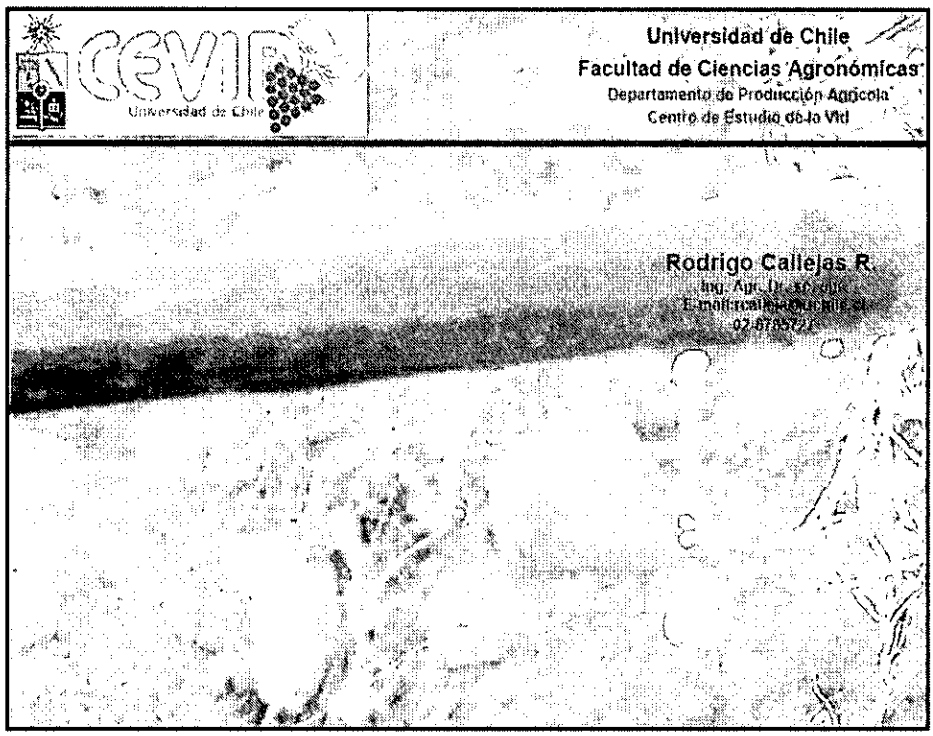




Balance funcional

Bajo deficiencias de agua y nutrientes, ([illegible]) se afecta principalmente el crecimiento del brote

[illegible]



B

El concepto de "dosis de referencia"

$$\mathbf{Drf\ (kg\ n/ha) = \frac{Dn\ (kg/ha) - Sn\ (kg/ha)}{EFn}}$$

Drf: Dosis de referencia de fertilización

Dn: Demanda de nutriente del parronal

Sn: Suministro de nutriente

EFn: eficiencia de la fertilización

n = nutriente

Normalmente y en la mayoría de los parronales en producción se produce un déficit (Dn>Sn); por lo que se requiere de la fertilización. Sin embargo, parte de este fertilizante no es tomado por la planta, por lo que es necesario ajustar la dosis según la eficiencia de la aplicación

Lo primero es definir si existe ese déficit

Eficiencia de recuperación de la fertilización de n (EFn)

$$Drf\ (kg\ n/ha) = \frac{Dn\ (kg/ha) - Sn\ (kg/ha)}{EFn}$$

Se ha estimado que la eficiencia podria variar entre un 40 a 70 % dependiendo de las condiciones en que se realizó la fertilización.
Es importante considerar todas aquellas acciones que permitan aumentar la eficiencia de recuperación de la fertilización:

- La dosis del nutriente debe ajustarse a la demanda real por la planta
- Incorporación de los fertilizantes amoniacales para evitar pérdidas por volatilización de amoniaco.
- Parcializar dosis, especialmente en suelos delgados, pedregosos y/o arenosos con riesgo de lixiviación.
- Considerar el sistema de riego empleado
- Promover la exploración de raíces.
- Mantener raíces sanas.
- Considerar crecimiento anual de raíces.
- Evitar aquellos factores que inhiben o restrinjan la actividad radical (el déficit y exceso de agua; compactación).
- Evitar antagonismo entre los elementos aplicados.

Ejemplo

$$Drf\ (kg\ n/ha) = \frac{Dn\ (kg/ha) - Sn\ (kg/ha)}{EFn}$$

CÁLCULO DE LA Dn PARA EL Nitrógeno

Producción de fruta estimada (kg/ha)	35.000
Dn N estimada (kg N/ha)	[redacted]

CÁLCULO DEL Sn PARA EL Nitrógeno

Fertilización año anterior(FN) (kg/ha)	140
Inmobilización (15% FN) (kg/ha)	17
Guano (kg/ha); 3 ton/ha	38
N-N03 en el agua	0
Material de Poda	24
Hojas	5
Raices	7
Total Sn estimado (kg N/ha)	90

CALCULO DE LA DOSIS DE REFERENCIA (kg/ha)

kgN/ha a suplir con fertilización	38

Ejemplo

$$Drf\ (kg\ n/ha) = \frac{Dn\ (kg/ha) - Sn\ (kg/ha)}{EFn}$$

CALCULO DE LA DOSIS DE REFERENCIA (kg/ha)

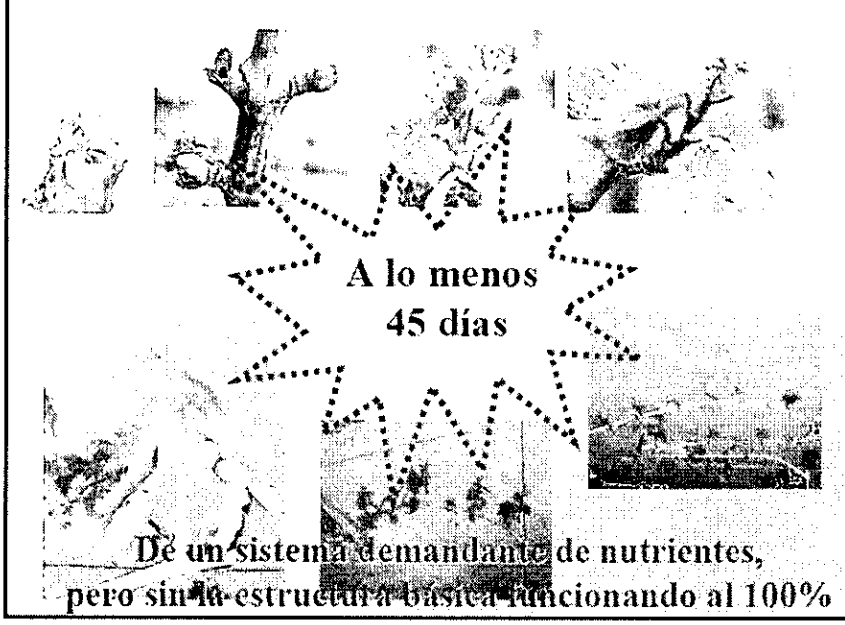
kg N/ha a suplir con fertilización | 38

Rendimiento total Fruta (kg/ha)	Eficiencia Fertilización N (%)				
	30	40	50	60	70
	Dosis de N (kg/ha)				
35.000	125	94	75	63	54

Determinacion de la distribución anual de la dosis

C

¿Es necesario preocuparse de las reservas Invernales de la planta?



De un sistema demandante de nutrientes, pero sin la estructura básica funcionando al 100%

RESERVAS

- HIDRATOS DE CARBONO
- RESERVAS NITROGENADAS
- MINERALES
- HORMONAS

LUGARES DE PRODUCCIÓN	LUGARES DE UTILIZACIÓN	LUGARES DE RESERVAS

El periodo comprendido entre las primeras semanas hasta 2 meses posterior a inicio de brotación depende de las reservas

Uno de los primeros eventos que tendrían un impacto sobre la productividad es el establecimiento de la canopia y el área foliar.

Esto se ve limitado principalmente por la disponibilidad de nutrientes, especialmente el Nitrógeno (Dale y Mitthorpe, 1983).

En árboles mayores esto depende de las reservas de hidratos de carbono y los nutrientes.

RCR

Brotación a Floración

- por 3 semanas depende de las reservas
- hojas exportan cuando alcanzan el 50% de su tamaño final

Transporte: acrotónico hacia el ápice (hojita y ápice activo)
Cuando existen 3-4 hojas exportadoras, la más vieja y basal exporta hacia el sarmiento
Posteriormente, el transporte comienza a ser bidireccional que se incrementa con el pasar del tiempo.

Brote Autosuficiente: 10 hojas. El ápice necesita de las primeras 3 hojas exportadoras

Fructificación hasta inicio de la maduración

10 hojas terminales:- 3 exportadoras acrotónicamente
- resto (hojas más basales): basipétamente

a los sarmientos y racimos (hasta una proporción superior al 71% cuando las bayas tienen 10 mm).

Hojas basales: alimentan fundamentalmente al racimo

Inicio de la maduración a cosecha

Los CHO se dirigen ppmente a los racimos, los que además, atraen también de otras reservas como sarmiento y tronco (proporción del 40%).

Poco movimiento al ápice y tronco.

Cercano a madurez, el mayor aporte proviene de las hojas centroterminales más nuevas.

Resumen

-El tronco sirve de amortiguador o regulador de la nutrición del brote y del racimo, después de envero y durante la maduración, siempre que existan las reservas o se acumulen antes.

Poscosecha

Sin crecimiento de brotes, los CHO se dirigen hacia sarmiento, tronco y raíces.

Si existen altas temperaturas, se mantiene la actividad del ápice, por lo que es fuente de atracción.

USO DEL CARBONO

Hasta floración: 98% materia seca estructural, lo que disminuye hasta inicio de maduración.

Pinta a Cosecha: 83% materia seca no estructural

En general: 1/3 respiración
1/3 vegetación y reserva
1/3 fructificación

-Entre 30 al 50 % del N presente en la hoja al final del verano, es translocado a reservas.

- En viña, del total del N utilizado en la vid para el nuevo crecimiento de primavera, el 30% proviene de reserva. Este monto se reduce en un 76% al estado de brote con 5 hojas y otro 20 % hacia plena flor.

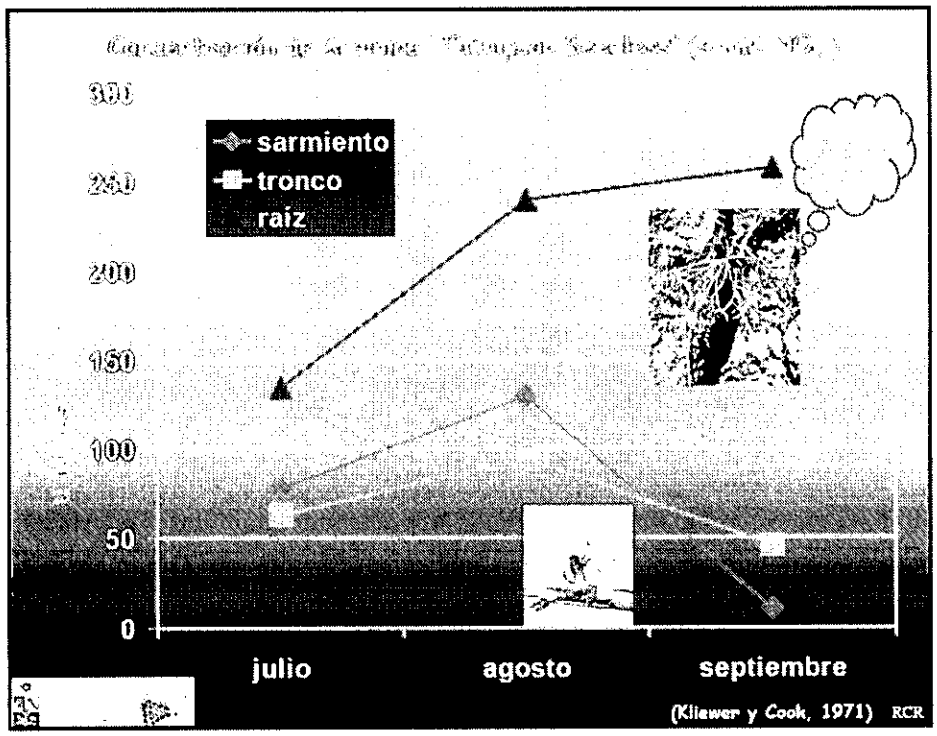
¿Qué pasa con el incremento de la tasa de crecimiento diaria o el volumen total de la materia seca que se requiere?

Alteración de las reservas:

- Programa anual al suelo
  - Tardía (sin crecimiento)= almacenamiento en raíz ppmente
  - Verano con crecimiento= utilizado y almacenado en parte aérea (brotes y ramillas) y raíces.

-Urea foliar en postcosecha (aumenta)

- Podas drásticas (reducción, principalmente en vid)



En **Vid**, alrededor de un 50% de las reservas invernales sostienen el crecimiento primaveral (Groot Obbink *et al*, 1973; Conradie, 1981, Conradie y Saayman, 1989). En Kiwi este valor sube a 70%.

En primavera es factible determinar deficiencias en los tejidos de la vid, generado principalmente por una alta tasa de crecimiento de la canopia, en combinación con bajas reservas invernales, inadecuado suministro de fertilizantes potásicos y mala absorción del elemento por la planta.

Algunos autores manifiestan que la **Vid** presenta una gran demanda de este elemento, hasta la floración (Badour, 1963; Lafon *et al.* 1965; Rodriguez *et al.*, 1974)

Duraznos

Durante los dos primeros meses desde la brotación, disminuye el P estructural o de reserva, a favor de un nuevo crecimiento (16 g/árbol). Un 57% proviene de las raíces.

La demanda posterior hasta cosecha, también sería subsidiada en menor proporción por la raíz.

Vid

El 50% del P requerido por la copa es obtenido hasta floración (Badour, 1963). Lo que denota una importante demanda de la planta de este elemento, jugando un rol muy importante el aporte de las reservas.

D

Los 2 grandes problemas prácticos "Determinación de la dosis de referencia y la Distribución de la Drf durante la temporada"

Dosis de referencias normalmente utilizadas en parronales

	unidades/ha
N	50 a 300
P	0 a 50
K	70 a 300
Ca	0 a 30
Mg	0 a 30
Zn	0
Mn	0
B	0
Fe	0
S	
Cu	0
Mo	0

Solo con deficiencias solo como elemento acompañante

Hay que considerar que el término "normalmente utilizadas" no es sinónimo de óptimo o eficiente.

Aproximación a la dosis de referencia

Estimar vía balance, ver análisis foliares y suelo, asociar a fertilización pasada, apoyarse en investigaciones serias de extracciones anuales llevadas a cabo en condiciones similares a las muestras.

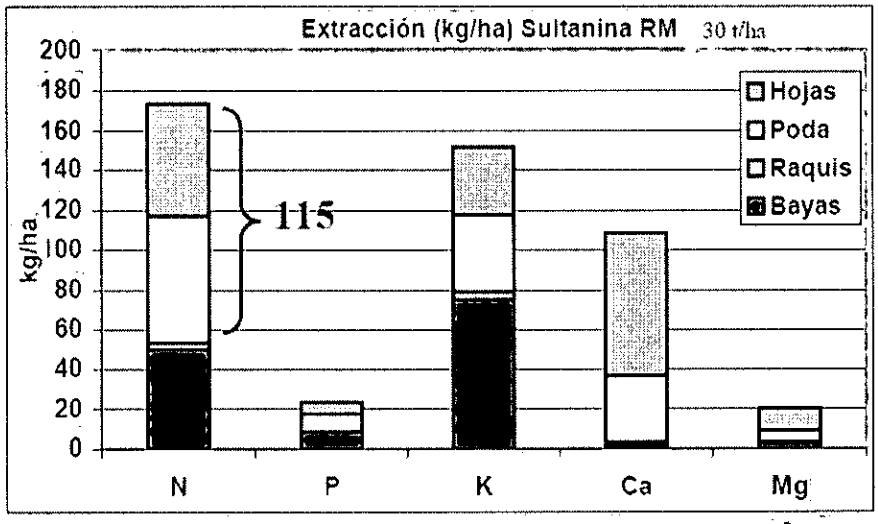


Figura 5

Absorción de Nutriente Acumulada

Uva de mesa, Sudáfrica

Cosecha 35 t/ha

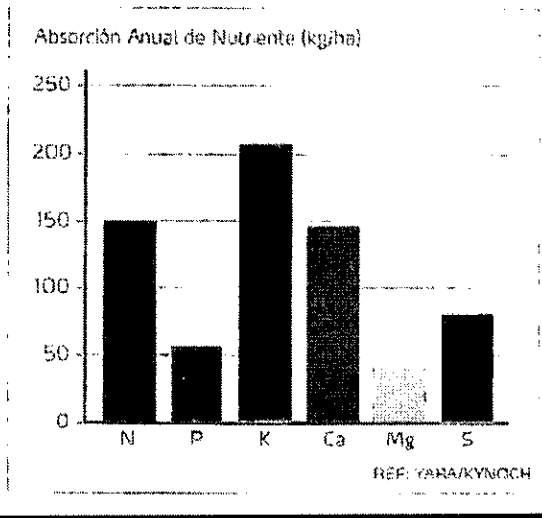


Tabla 2

Exportación de Nutrientes con el Fruto

Exportación de Nutrientes	kg/t
Nitrógeno	1.3 - 1.6
Fosforo	0.3 - 0.4
Potasio	2.3 - 3.1
Calcio	0.2 - 0.35
Magnesio	0.1 - 0.15

REF: CASPARI - 1996

Plantmaster de Uva de Mesa, 2005, Yara

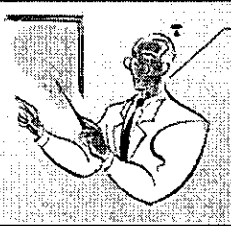
Aproximación a la Eficiencia de Fertilización

$$Drf\ (kg\ n/ha) = \frac{Dn\ (kg/ha) - Sn\ (kg/ha)}{EFn}$$

CALCULO DE LA DOSIS DE REFERENCIA (kg/ha)

kgN//ha a suplir con fertilización 38

Rendimiento total Fruta (kg/ha)	Eficiencia Fertilización N (%)				
	30	40	50	60	70
35.000	Dosis de N (kg/ha)				
	125	94	75	63	54



Estudios
Experiencia
Criterio

Aproximación a la distribución de la dosis de referencia, a través del año.

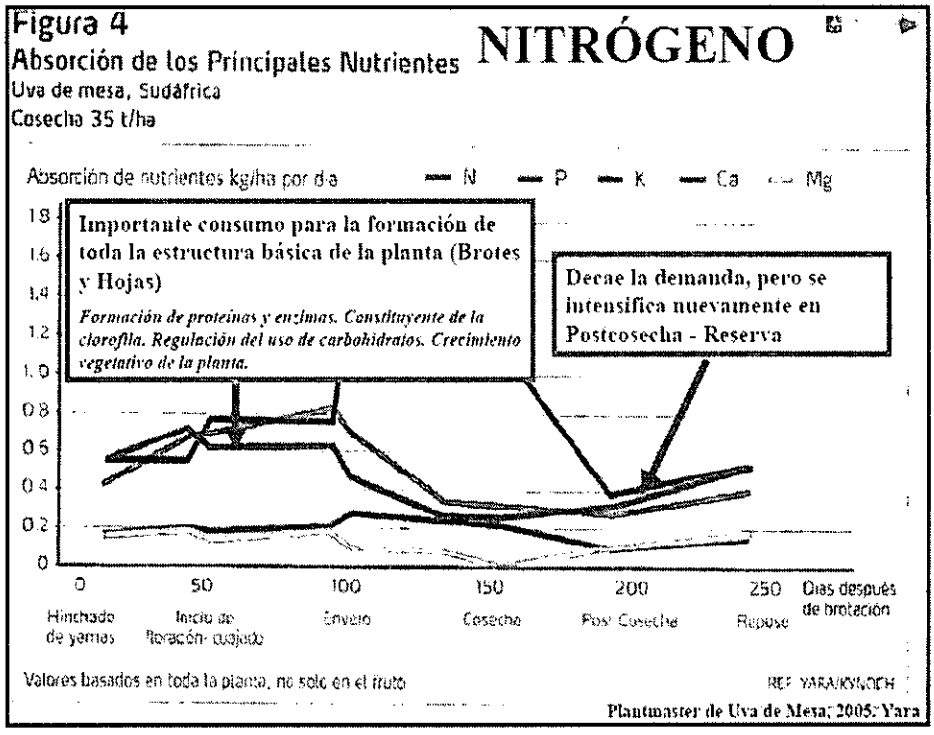


Figura 4
Absorción de los Principales Nutrientes
Uva de mesa, Sudáfrica
Cosecha 35 t/ha
NITRÓGENO
Absorción de nutrientes kg/ha por día
N
P
K
Ca
Mg
Importante consumo para la formación de toda la estructura básica de la planta (Brotes y Hojas)
Formación de proteínas y enzimas. Constituyente de la clorofila. Regulación del uso de carbohidratos. Crecimiento vegetativo de la planta.
Decae la demanda, pero se intensifica nuevamente en Postcosecha - Reserva
0
50
100
150
200
250
Días después de brotación
Hinchado de yemas
Inicio de floración- cuajado
Envero
Cosecha
Post Cosecha
Reposo
Valores basados en toda la planta, no solo en el fruto
Plantmaster de Uva de Mesa, 2005. Yara

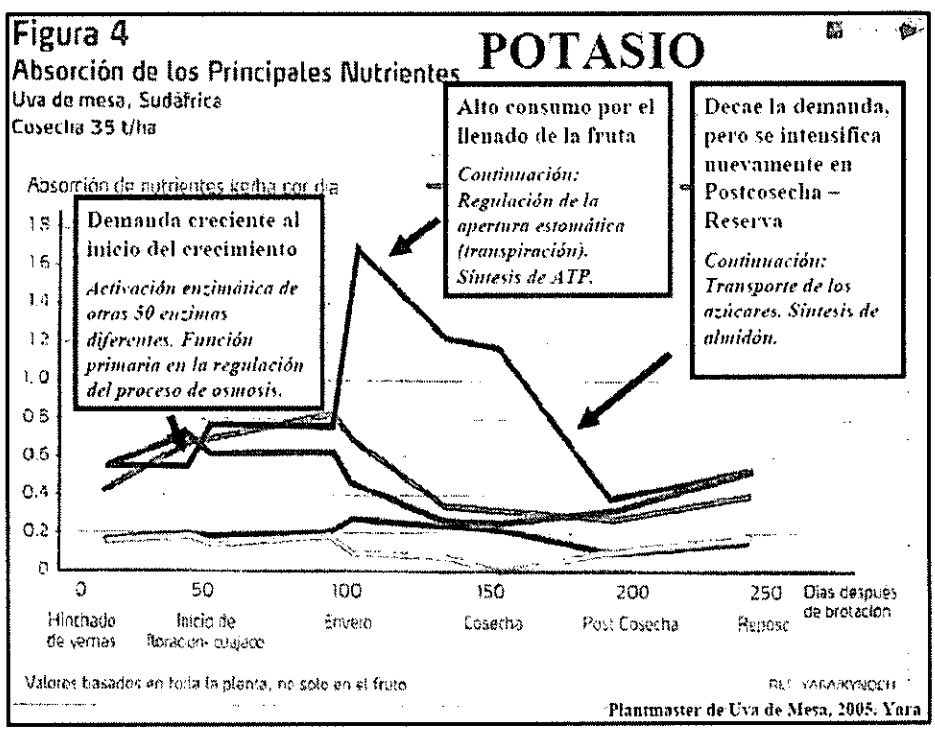


Figura 4
Absorción de los Principales Nutrientes
Uva de mesa, Sudáfrica
Cosecha 35 t/ha
POTASIO
Absorción de nutrientes kg/ha por día
Demanda creciente al inicio del crecimiento
Activación enzimática de otras 50 enzimas diferentes. Función primaria en la regulación del proceso de osmosis.
Alto consumo por el llenado de la fruta
Continuación: Regulación de la apertura estomática (transpiración). Síntesis de ATP.
Decae la demanda, pero se intensifica nuevamente en Postcosecha – Reserva
Continuación: Transporte de los azúcares. Síntesis de almidón.
0
50
100
150
200
250
Días después de brotación
Hinchado de yemas
Inicio de floración- cuajado
Envero
Cosecha
Post Cosecha
Reposo
Valores basados en toda la planta, no solo en el fruto
Plantmaster de Uva de Mesa, 2005. Yara

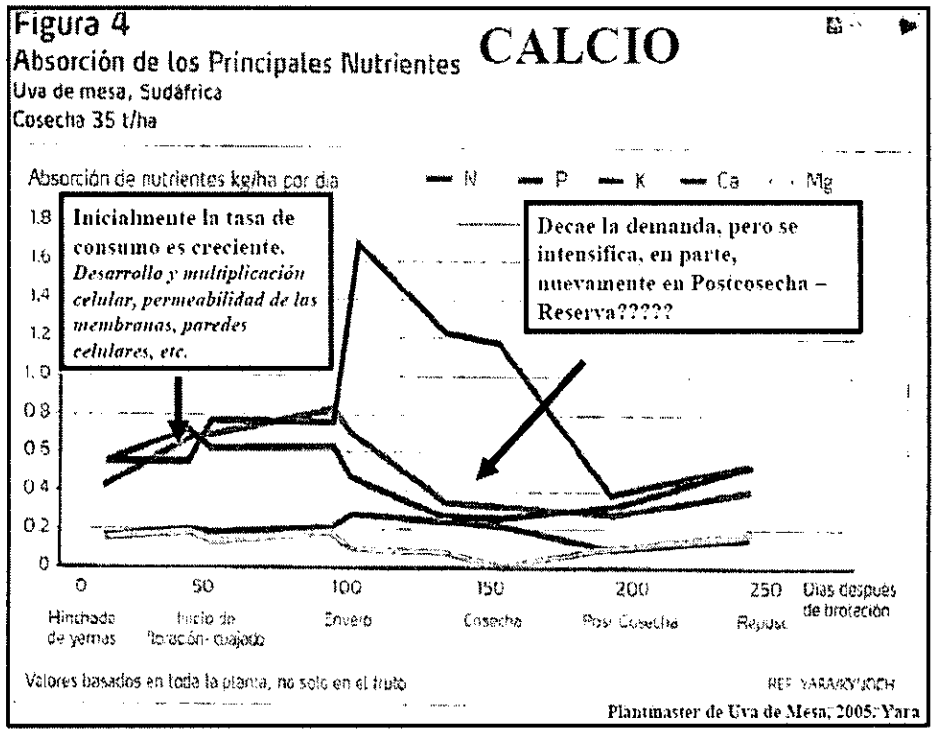


Figura 4
Absorción de los Principales Nutrientes
CALCIO
Uva de mesa, Sudáfrica
Cosecha 35 t/ha
Absorción de nutrientes kg/ha por día
N
P
K
Ca
Mg
Inicialmente la tasa de consumo es creciente. Desarrollo y multiplicación celular, permeabilidad de las membranas, paredes celulares, etc.
Decae la demanda, pero se intensifica, en parte, nuevamente en Postcosecha – Reserva?????
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
50
100
150
200
250
Días después de brotación
Hinchado de yemas
Inicio de floración- cuajado
Envero
Cosecha
Post Cosecha
Reposo
Valores basados en toda la planta, no solo en el fruto
REF. YARA/KYNOCH
Plantmaster de Uva de Mesa, 2005: Yara

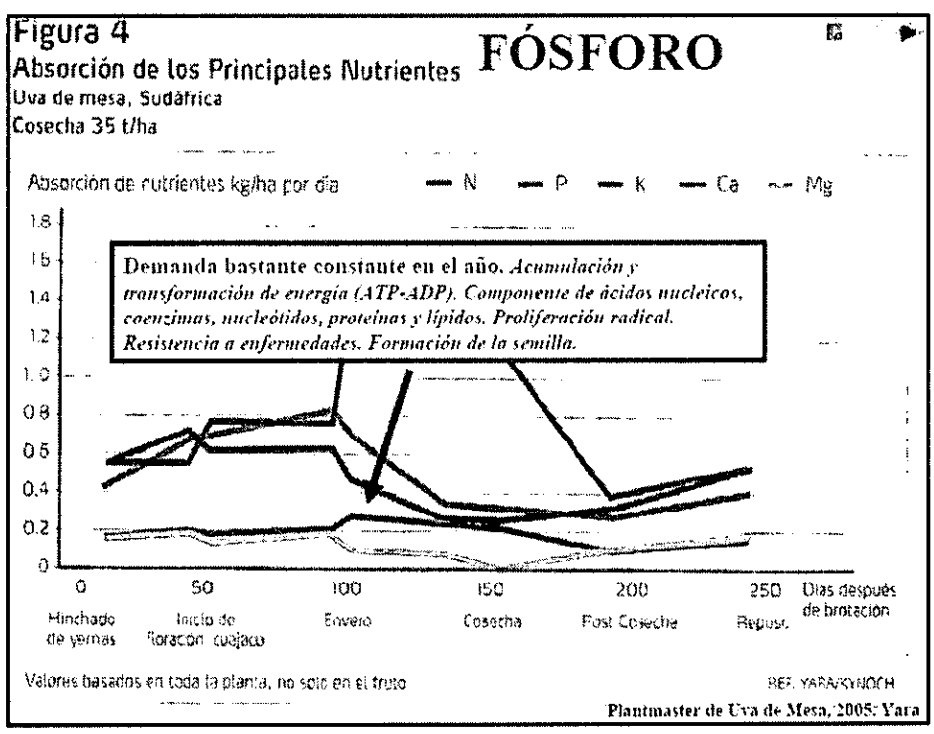
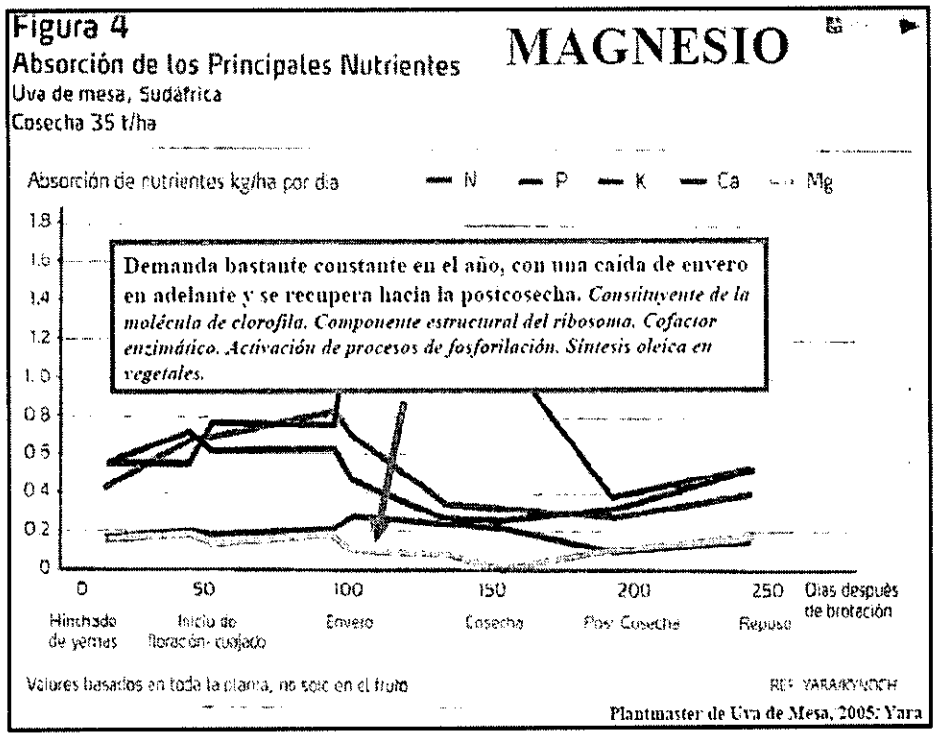


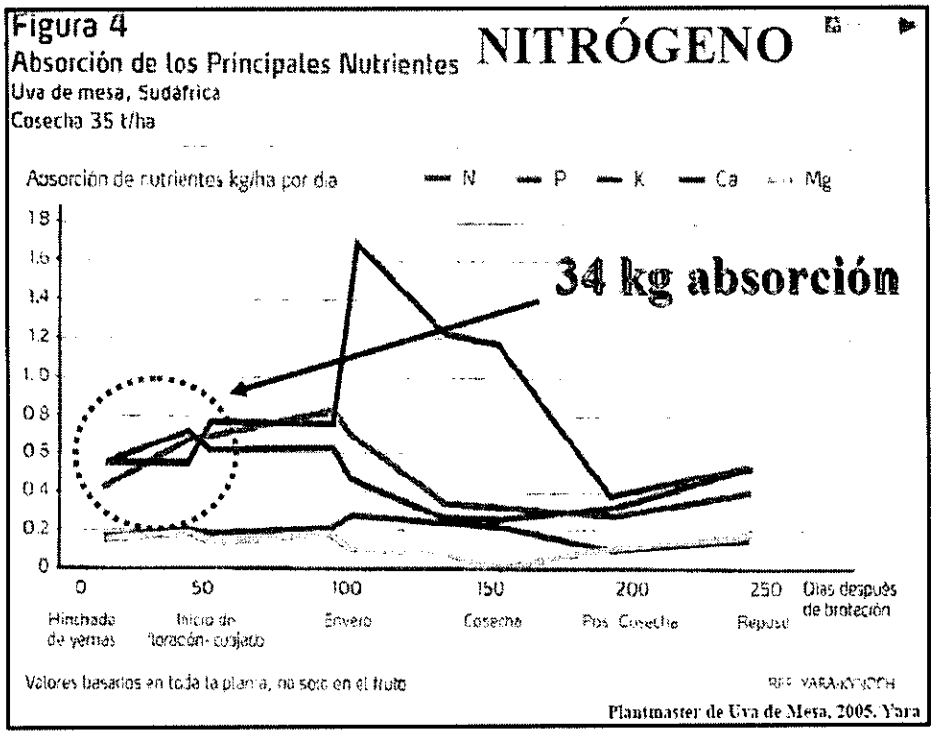
Figura 4
Absorción de los Principales Nutrientes
FÓSFORO
Uva de mesa, Sudáfrica
Cosecha 35 t/ha
Absorción de nutrientes kg/ha por día
N
P
K
Ca
Mg
Demanda bastante constante en el año. Acumulación y transformación de energía (ATP-ADP). Componente de ácidos nucleicos, coenzimas, nucleótidos, proteínas y lípidos. Proliferación radical. Resistencia a enfermedades. Formación de la semilla.
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
50
100
150
200
250
Días después de brotación
Hinchado de yemas
Inicio de floración- cuajado
Envero
Cosecha
Post Cosecha
Reposo
Valores basados en toda la planta, no solo en el fruto
REF. YARA/KYNOCH
Plantmaster de Uva de Mesa, 2005: Yara



Reflexión frente a la primera etapa de crecimiento, suelos pobres, texturas gruesas parrones débiles.

EL MOTOR DEL SISTEMA

.... uno de los primeros eventos que tendrían un impacto sobre la productividad es el establecimiento de la cancha y el área radicular....



34 kg/ha, extracción de N para los primeros 50 días

30% del N para esa etapa proviene de reservas, en parrones equilibrados (con reserva).

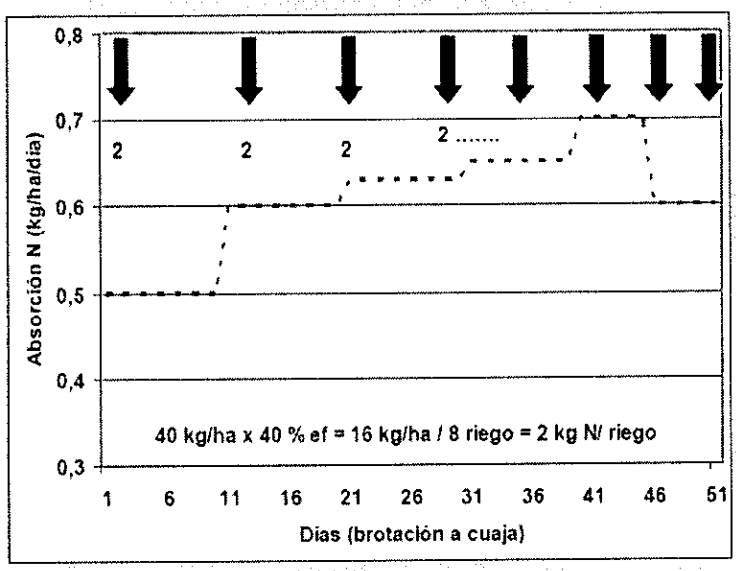
27,9 kg/ha (34-6,12 reserva; 60% del 30%)

40 kg/ha, Drf según programa

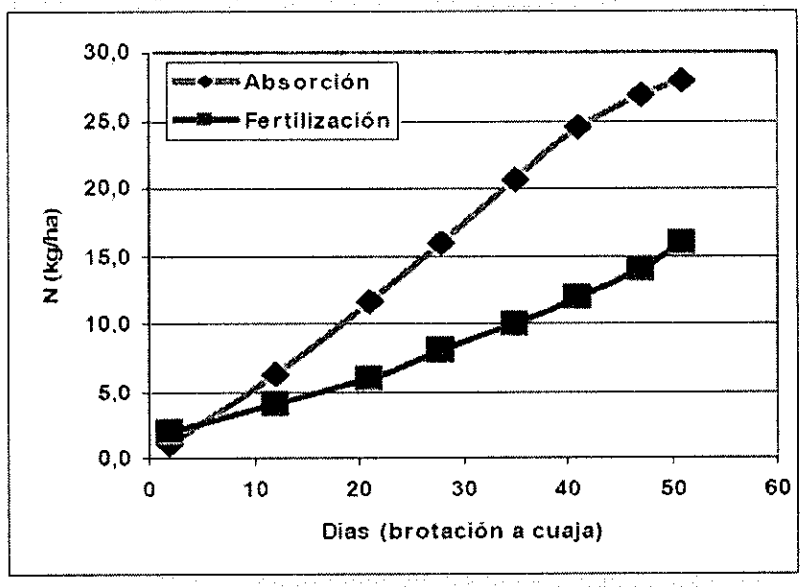
40% de eficiencia del

- **calidad de las raíces**
- **actividad de las raíces**
- **actividad de las hojas - transpiración**
- **actividad de las hojas – metabolismo**
- **eficiencia del sistema de riego**
- **Fuente (fertilizante)**
- **etc.....**

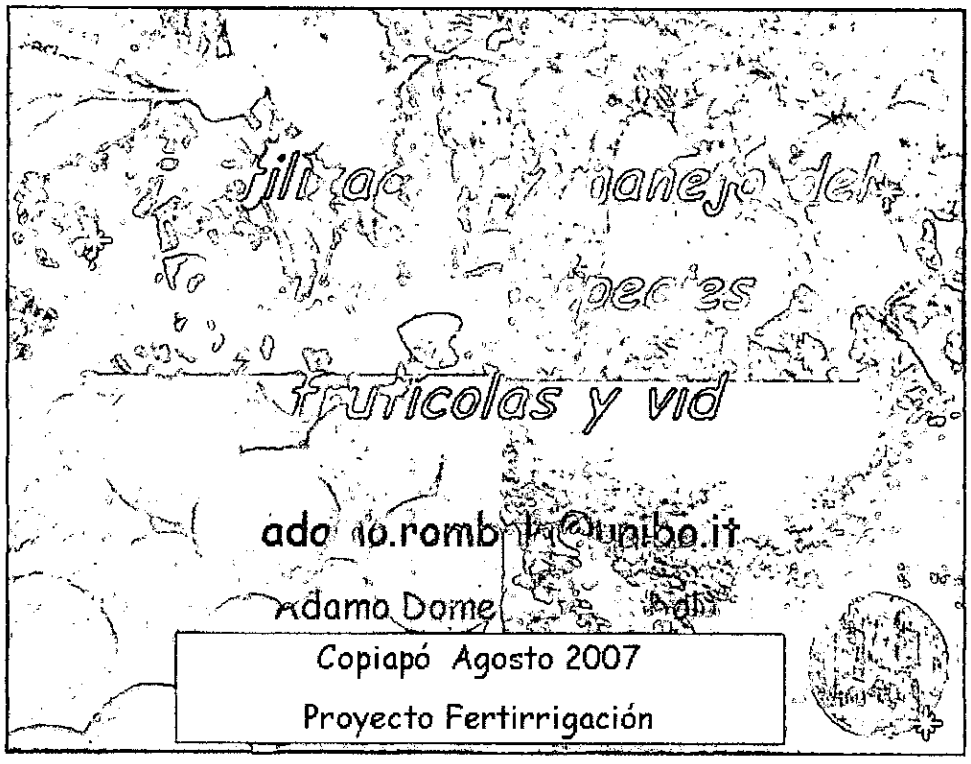
16 kg/ha

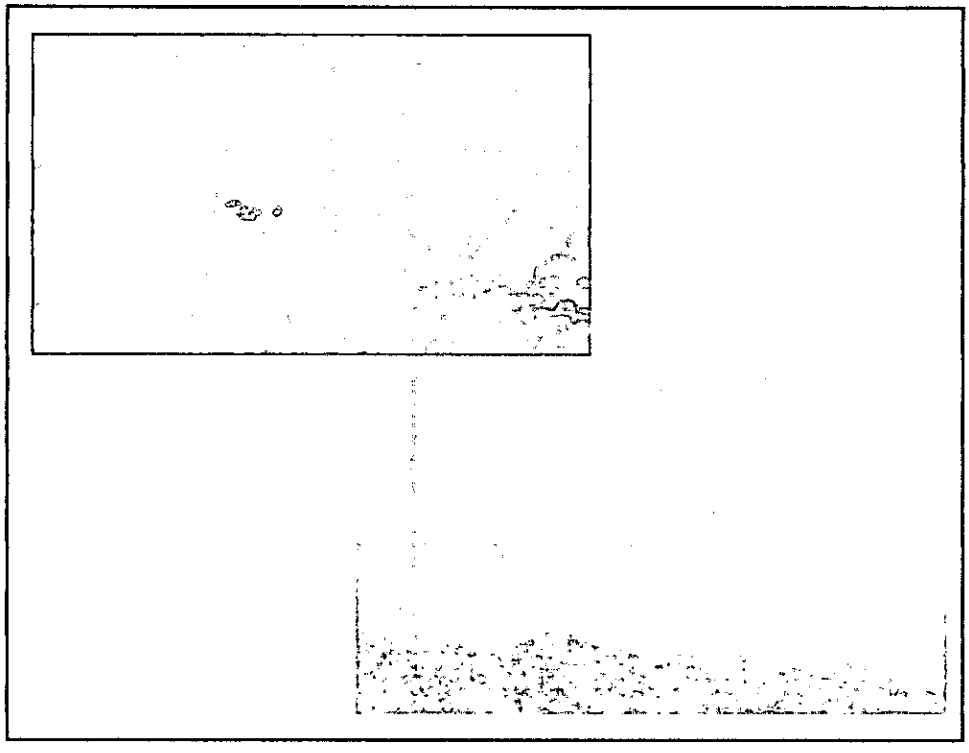


La planta requiere una absorción diaria y nosotros la alimentamos 1 vez a la semana, aprox.

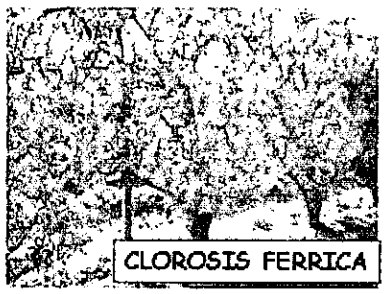


¿Estamos sub-estimando nuestros programas en esta etapa?


fruticolas y vid
Copiapó Agosto 2007
Proyecto Fertirrigación



PRINCIPALES PROBLEMAS NUTRICIONALES EN EL AREA MEDITERRANEA

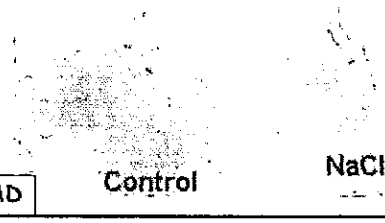


CLOROSIS FERRICA

ESCASA MATERIA ORGANICA

cv. *Abate Fétel* no injertada

SALINIDAD



Control NaCl

PAPEL DE LA FERTILIZACIÓN

- Productividad
- Equilibrio vegeto-productivo
- Calidad y conservabilidad frutos
- Sensibilidad a patógenos y estrés abióticos
- Prioridad medioambiental

PÉRDIDAS DE NITRÓGENO POR LIXIVIACIÓN

Fertilización kg/ha	Pérdidas kg/ha	Textura del suelo	Autor
50-150	4-47	Franco	*Sánchez et al., 2003*
71,6	33,1	Franco-limoso	*Haynes e Goh, 1980*
324	500	Limo-arenoso	*Stevenson e Neilsen, 1990*
100-300	9-62	Franco-arenoso	*Dasberg et al., 1984*
60-520	20-166	Arenoso	*Lidón, 1994*
Pérdida del 33 % del N suministrado en suelos arenosos			*Ramos et al., 2002*
48,5	6,11	Franco-limo-arcilloso	*Ventura et al., 2005*

Cantidad (kg/ha) de nutrientes absorbida en un año por un huerto de manzano en plena producción - cv. *Mondial Gala* (producción ~40 t/ha)

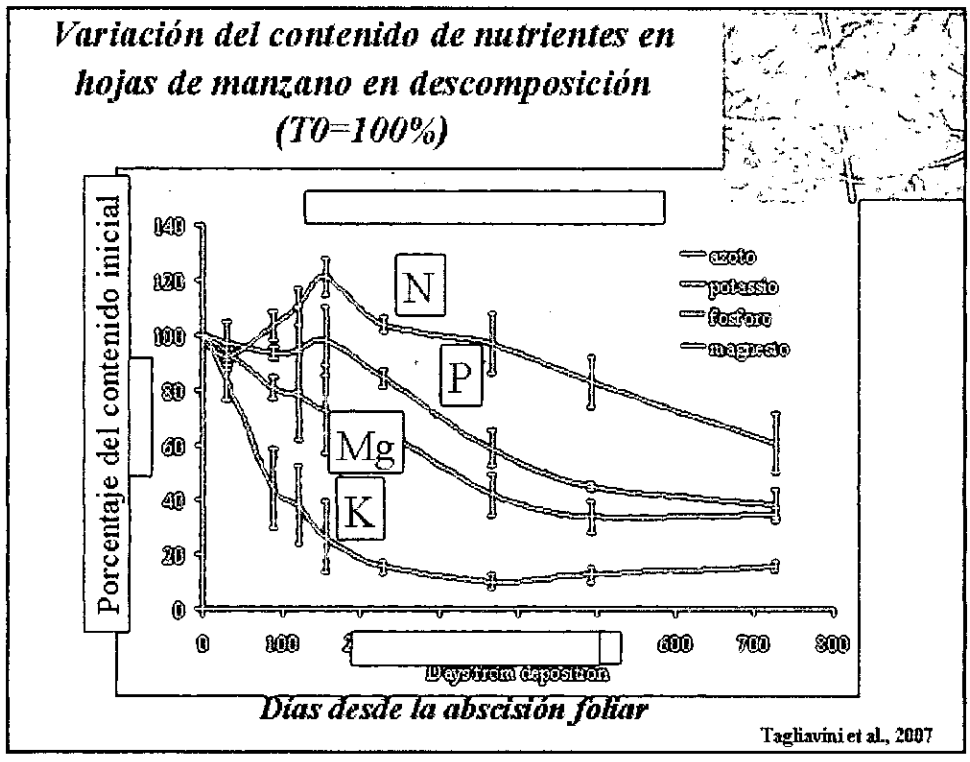
	N	*P*	*K*	*Mg*	*Ca*
Esqueleto	*6*	*1*	*4*	*1*	*8*
Hojas	*16*	*2*	*27*	*8*	*46*
Madera de poda	*17*	*3*	*11*	*3*	*19*
Frutos	*22*	*5*	*42*	*7*	*3*
Total	*61*	*11*	*84*	*19*	*76*

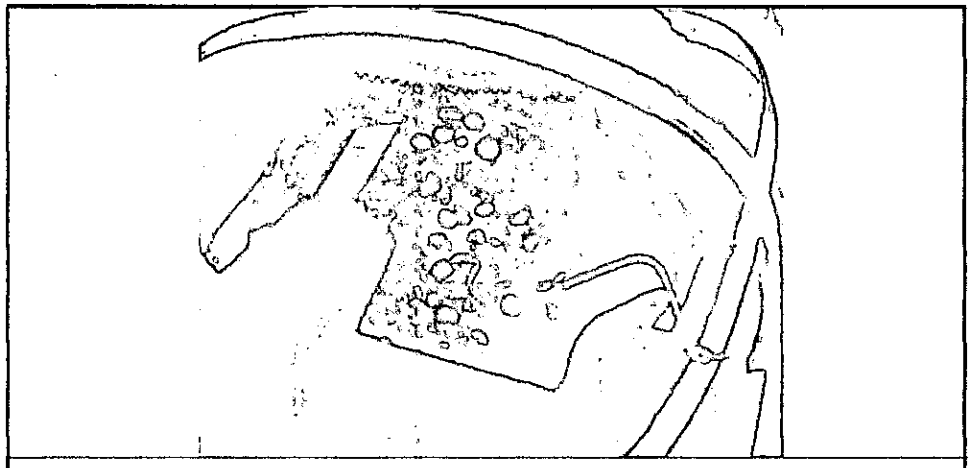
Menarbin y Tagliavini, en prensa

En árboles adultos, las cantidades de nutrientes utilizadas para el desarrollo de los órganos perennes son relativamente pequeñas

Madera de poda y hojas son recicladas en el huerto

Las extracciones son causadas principalmente por los frutos

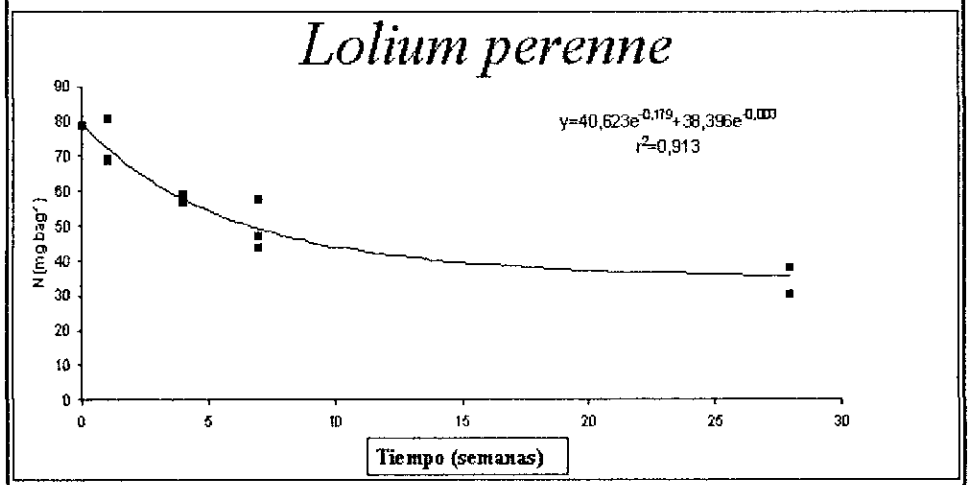




Porcentaje (sobre el total) de nutrientes procedentes de la decomposición de la madera de poda en un año:

19 % N
17 % P
78 % K
19 % Mg
4 % Ca

Tagliavini et al., 2007

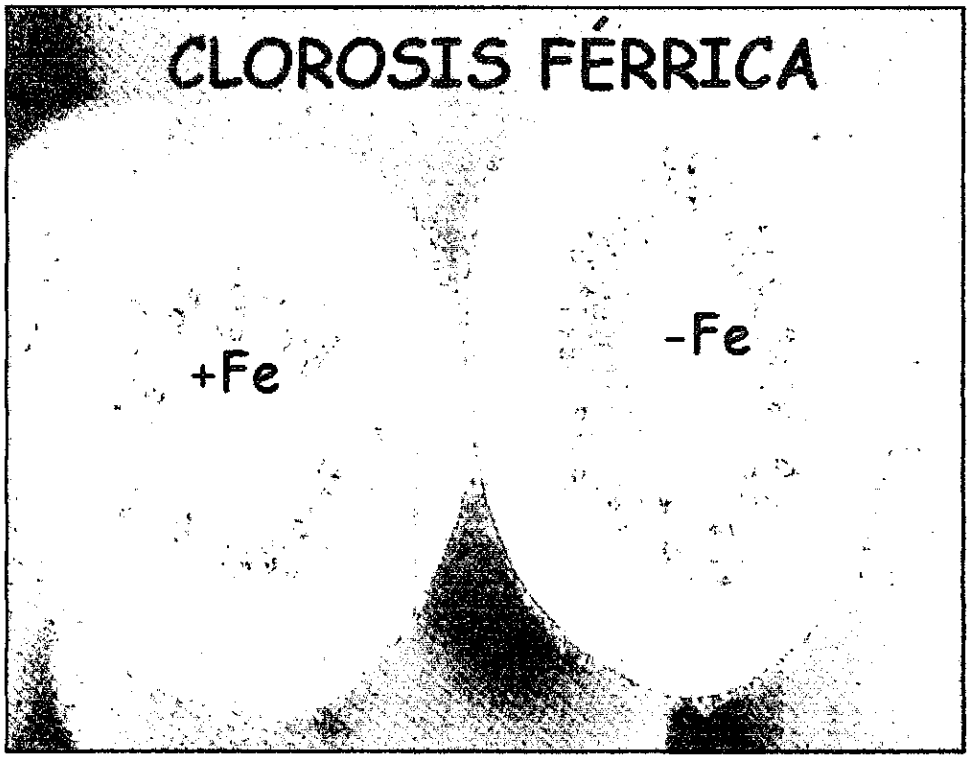


Dinámica de la cesión de nitrógeno desde cubierta vegetal cortada de Lolium perenne

Tagliavini et al., 2007

Impacto económico de la clorosis férrica

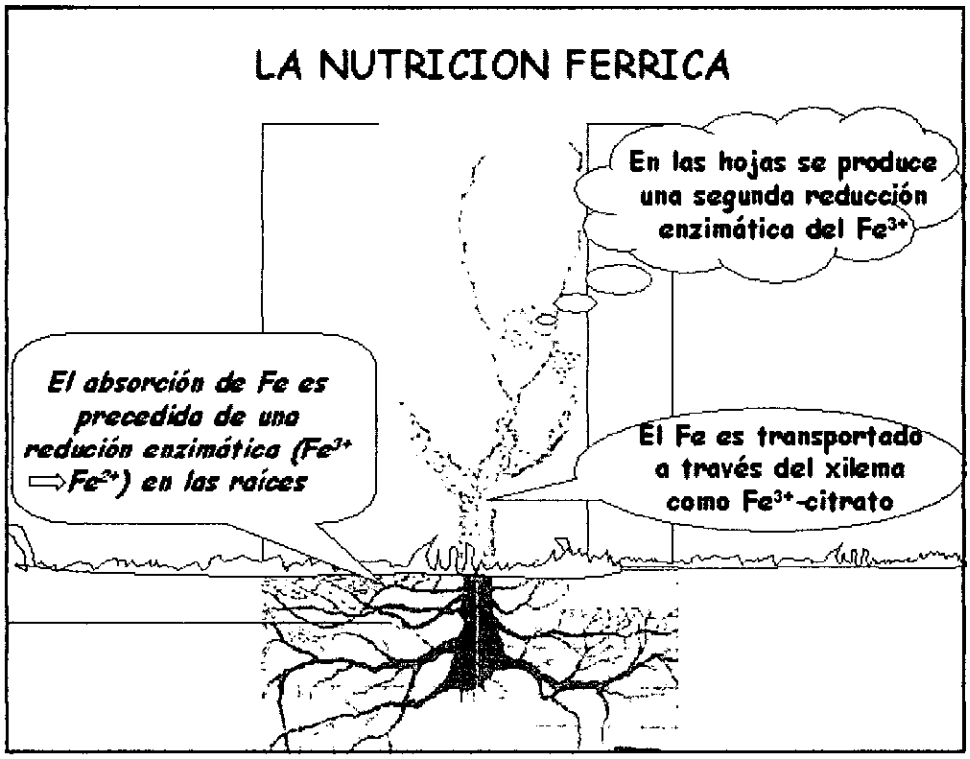
- La clorosis férrica representa el principal desorden nutricional en árboles frutales cultivados en suelos alcalinos calcáreos.
- En áreas mediterráneas el coste de controlar la clorosis férrica puede alcanzar 400-500 € ha⁻¹ año⁻¹, en total se gastan 80-100 millones €/año.
- La clorosis reduce la vida productiva del huerto y disminuye el tamaño, el rendimiento y calidad de la cosecha.

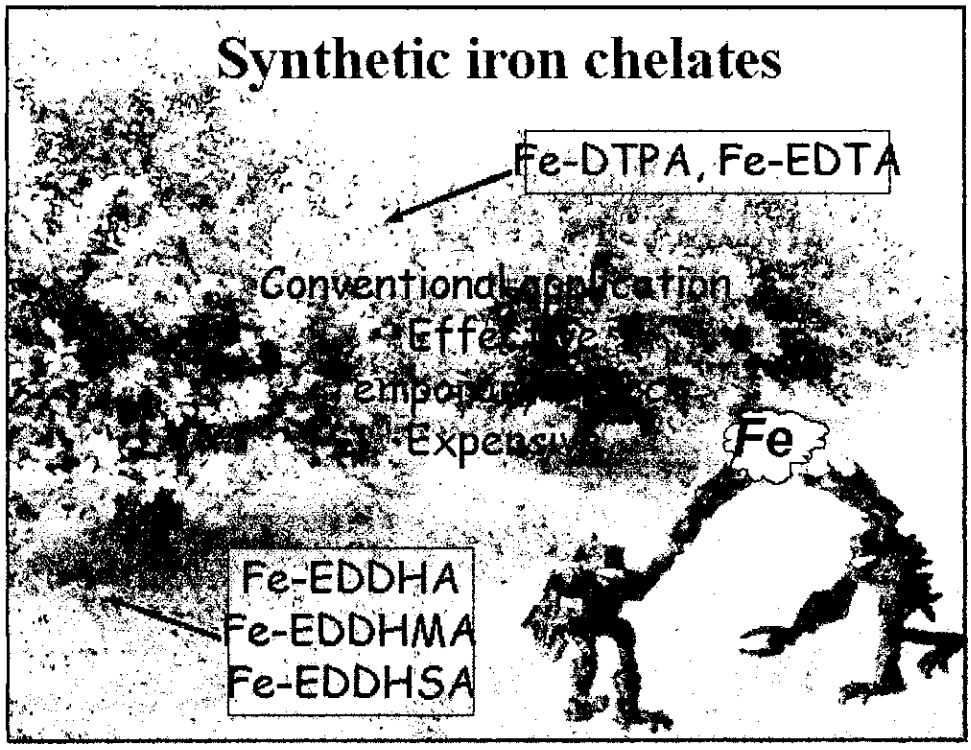


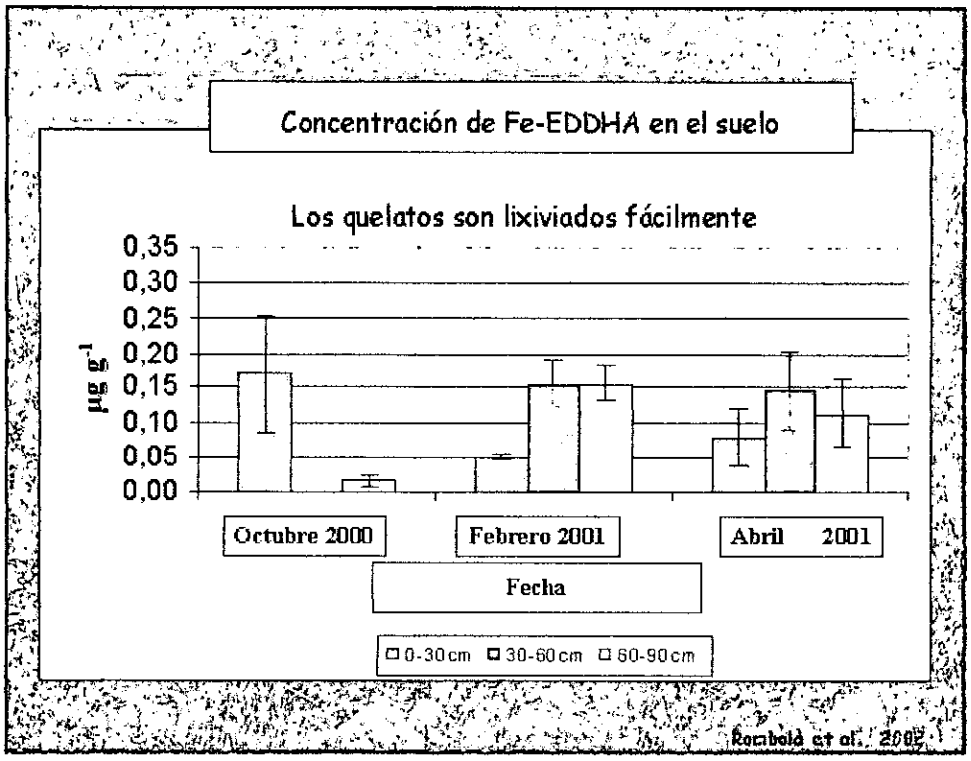
Effetto del calcare attivo sulla fotosintesi e la traspirazione di foglie di vite (cv. Aurora / SO4)

	Calcare attivo 3 %	*Calcare attivo 17 %*
Fotosintesi ($\mu mol\ m^{-2} s^{-1}$)	**4.19 a**	**3.43 b**
Traspirazione ($mmol\ m^{-2} s^{-1}$)	**1.48 a**	**1.74b**

Bavaresco and Poni, 2003


LA NUTRICION FERRICA
En las hojas se produce una segunda reducción enzimática del Fe^{3+}
El absorción de Fe es precedida de una redución enzimática (Fe^{3+} ⇨ Fe^{2+}) en las raíces
El Fe es transportado a través del xilema como Fe^{3+}-citrato

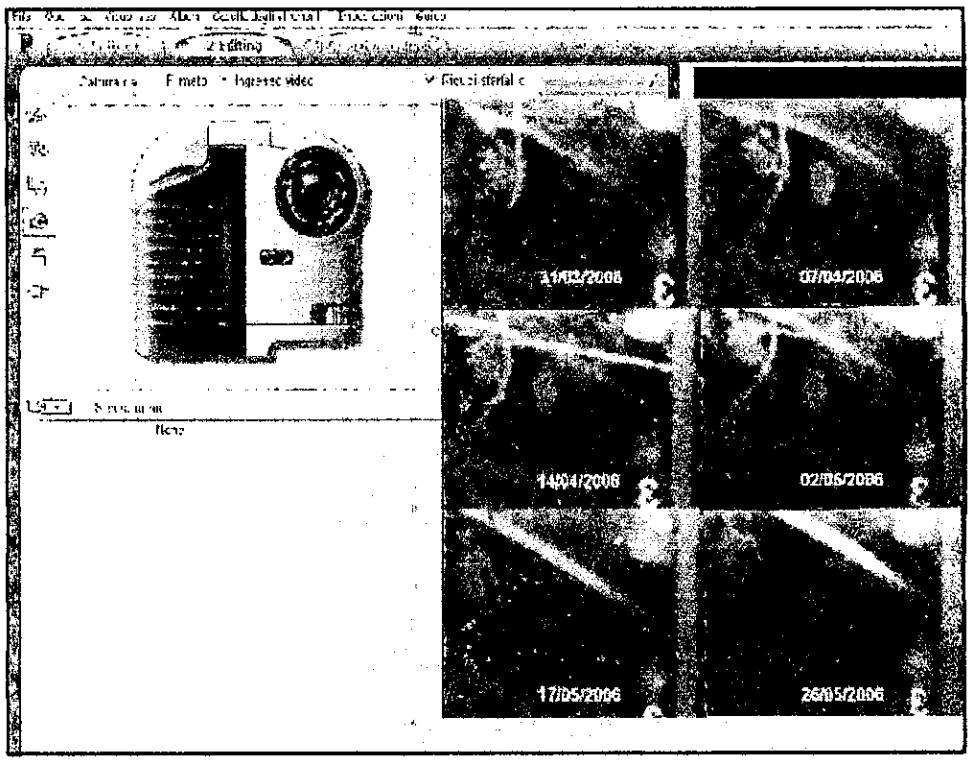

Synthetic iron chelates
Fe-DTPA, Fe-EDTA
Conventional application
Effective
Expensive
Fe
Fe-EDDHA
Fe-EDDHMA
Fe-EDDHSA



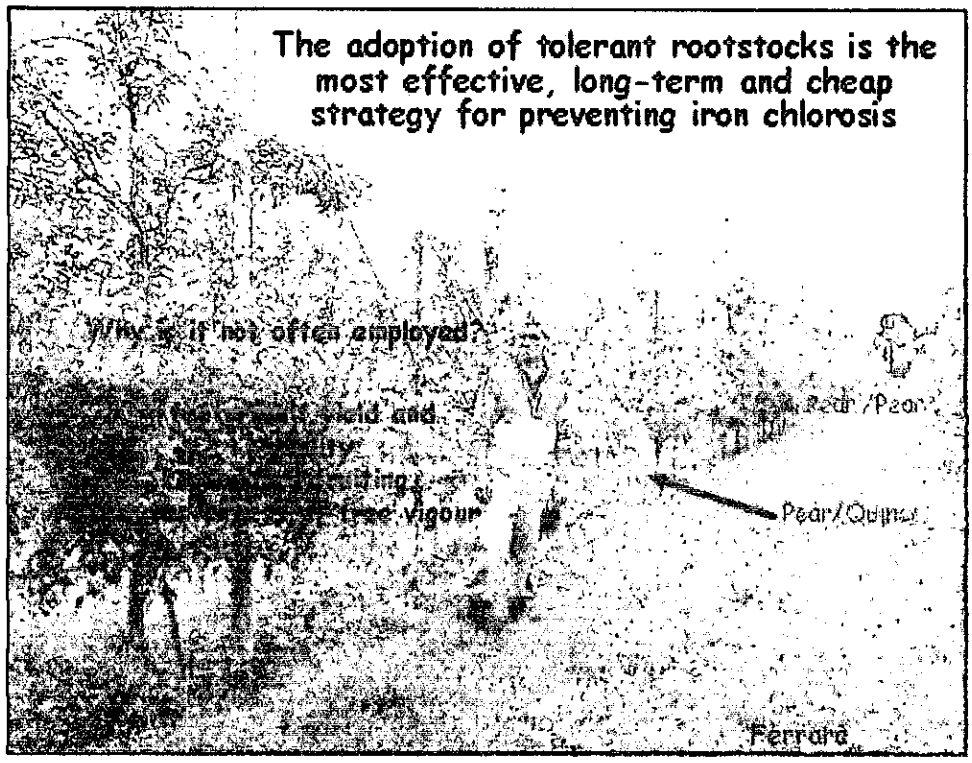
ÉPOCA DE APLICACIÓN DE LOS QUELATOS

ÉPOCA	Fe brote (mg g^{-1} ss)	Clorofila (mg cm^{-2})
No tratado	50c	27c
Fin Verano (dosis baja)	64a	32a
Fin Verano (dosis alta)	66a	30ab
Invierno tardío	56b	29bc
Significación	**	**

Rombolà e Tagliavini, 2001


31/03/2006
07/04/2006
14/04/2006
02/05/2006
17/05/2006
26/05/2006

Faenza, Ravenna,
Italia, Abril 2007



Resistenza dei portinnesti al calcare attivo

Portinnesti	calcare attivo (%)
V. riparia Glorie de Montpellier	6
V. rupestris du Lot	14
V. riparia x V. rupestris 101.14	9
V. riparia x V. rupestris 3309 C.	11
V. berlandieri x V. riparia S.O.4	17
V. berlandieri x V. rupestris 57 R 110 R 1103 P 1447 P	17
Vitis berlandieri x Vitis riparia K 5 BB 420 A 34 E.M.	20
Vitis berlandieri x Vitis rupestris 140 RU	20
Vitis berlandieri x Vitis riparia 161-49 C	25
Vitis vinifera x Vitis berlandieri 41 B	40

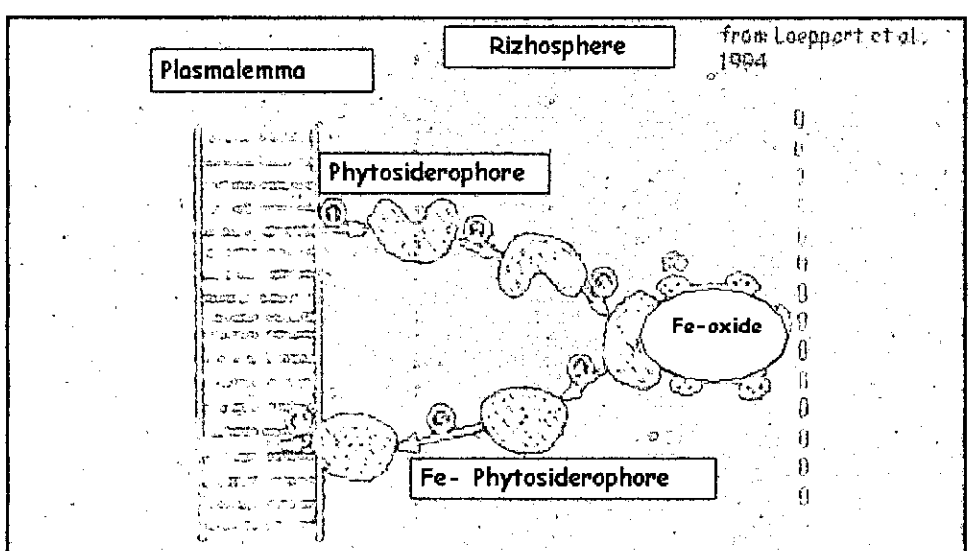
da Galet, 1991

Assorbimento del ferro a livello radicale

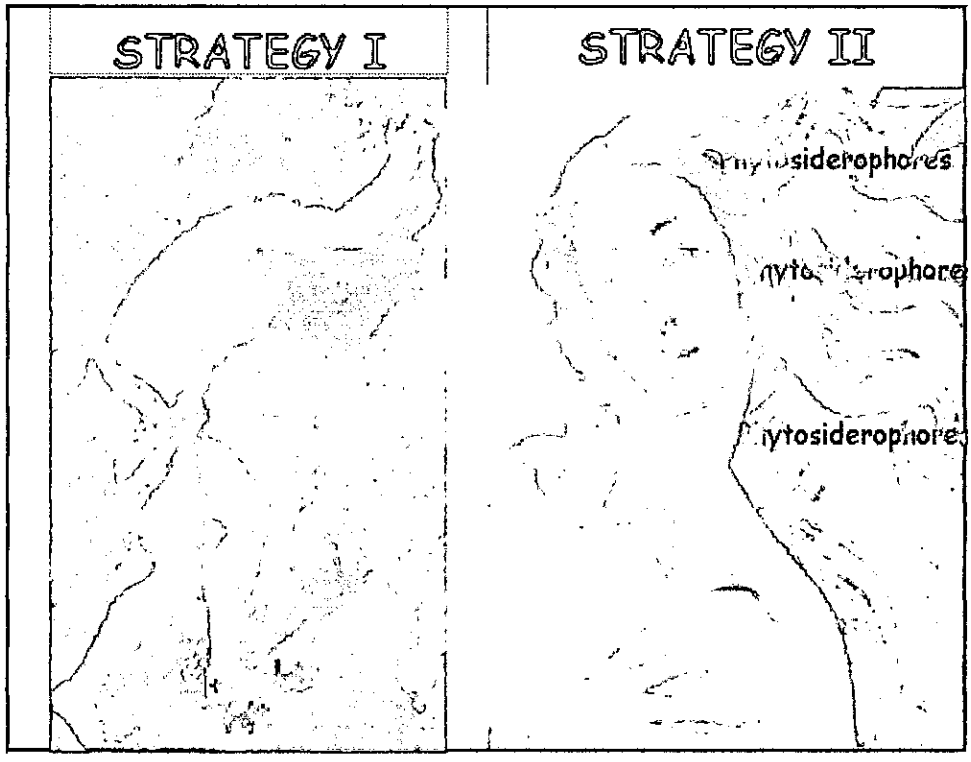
Dal punto di vista dell'assorbimento radicale e delle strategie messe in atto per reagire alla scarsa disponibilità dell'elemento nel suolo le piante sono suddivise in due gruppi

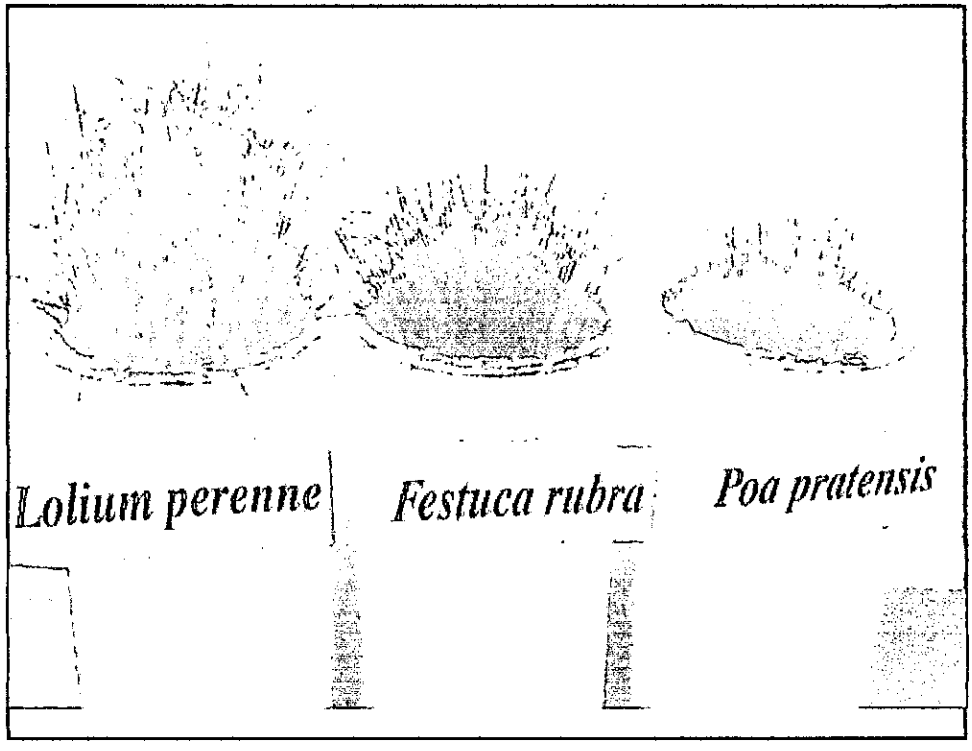
❖STRATEGIA I tipica nelle dicotiledoni e monocotiledoni non graminacee: l'assorbimento del ferro è preceduto da una riduzione (enzimatica) da Fe^{3+} a Fe^{2+}

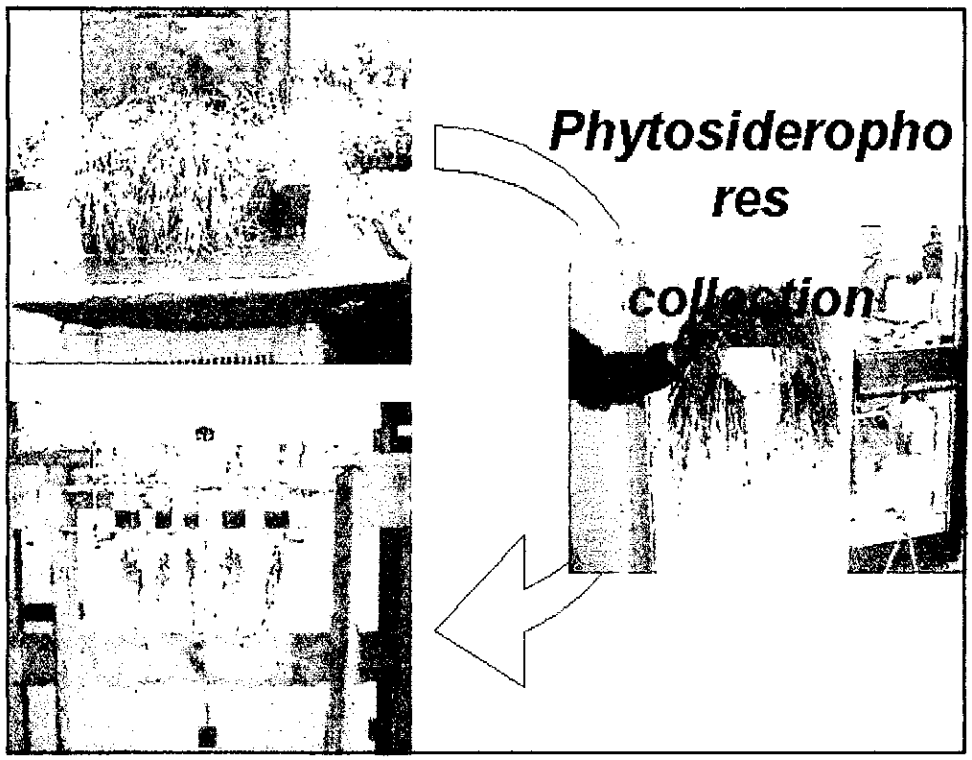
❖STRATEGIA II tipica delle graminacee: basata sulla secrezione di fitosiderofori in grado di chelare il ferro e sull'assorbimento del complesso Fe^{3+}-fitosideroforo



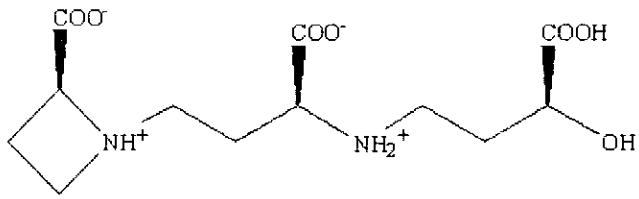
STRATEGY II


STRATEGY I
STRATEGY II
siderophores
ytosiderophore


Lolium perenne
Festuca rubra
Poa pratensis



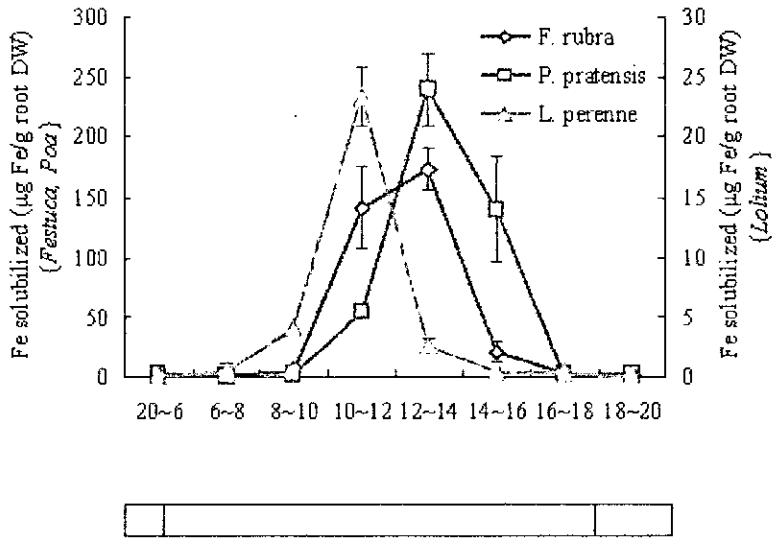
Festuca rubra releases only DMA



2'-Deoxymugineic acid

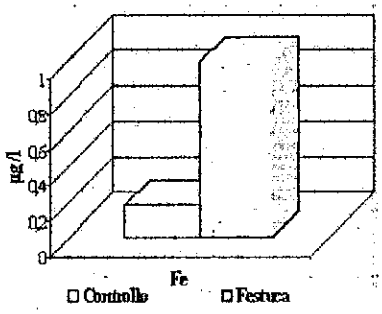
Ma et al., 2003

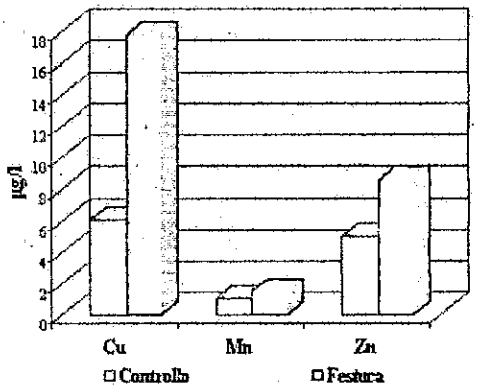
DIFFERENT PATTERN OF MAs SECRETION



Ueno et al., 2007

Concentración di Fe, Cu, Mn e Zn en la solución del suelo

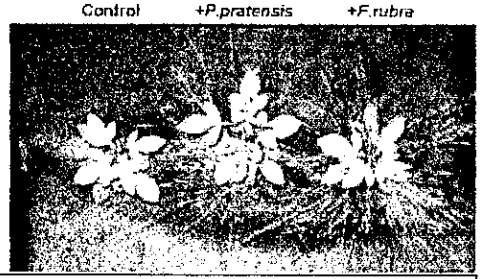


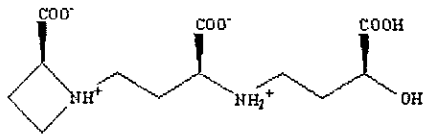


Rombolà et al., 2007

citrumelo "Swingle"

Control +P.pratensis +F.rubra

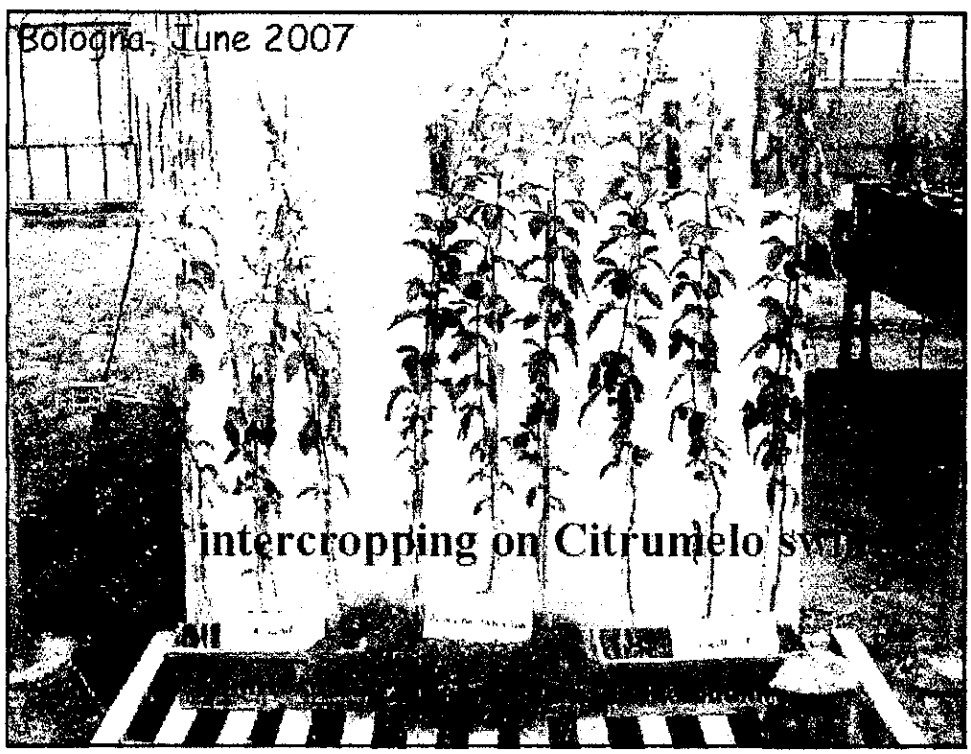




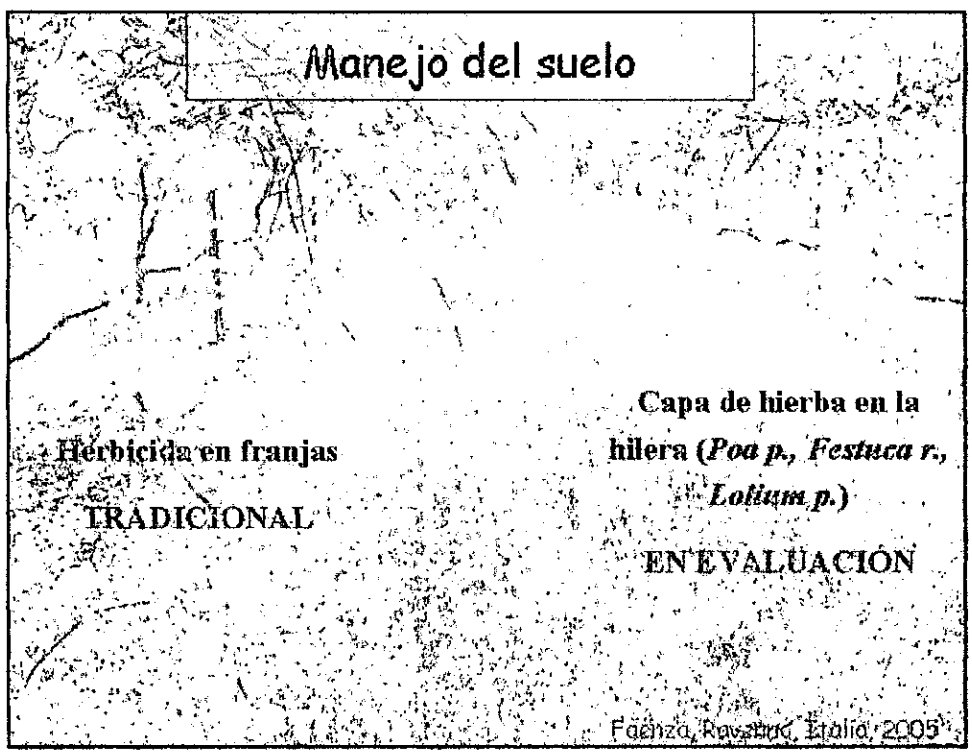
2'-Deoxymugineic acid (DMA)

Condiciones de crecimiento del citrumelo "Swingle"	SPAD	Hojas Fe ($\mu g \cdot g^{-1} DW$)	Fe en el lixiviado ($\mu g \cdot L^{-1}$)
Solo	23.5±8.1	56.8±8.4	4.7±0.4
+Poa pratensis	50.2±4.8	119.3±2.7	8.0±2.2
+Festuca rubra	41.3±3.8	87.3±2.1	7.8±1.4

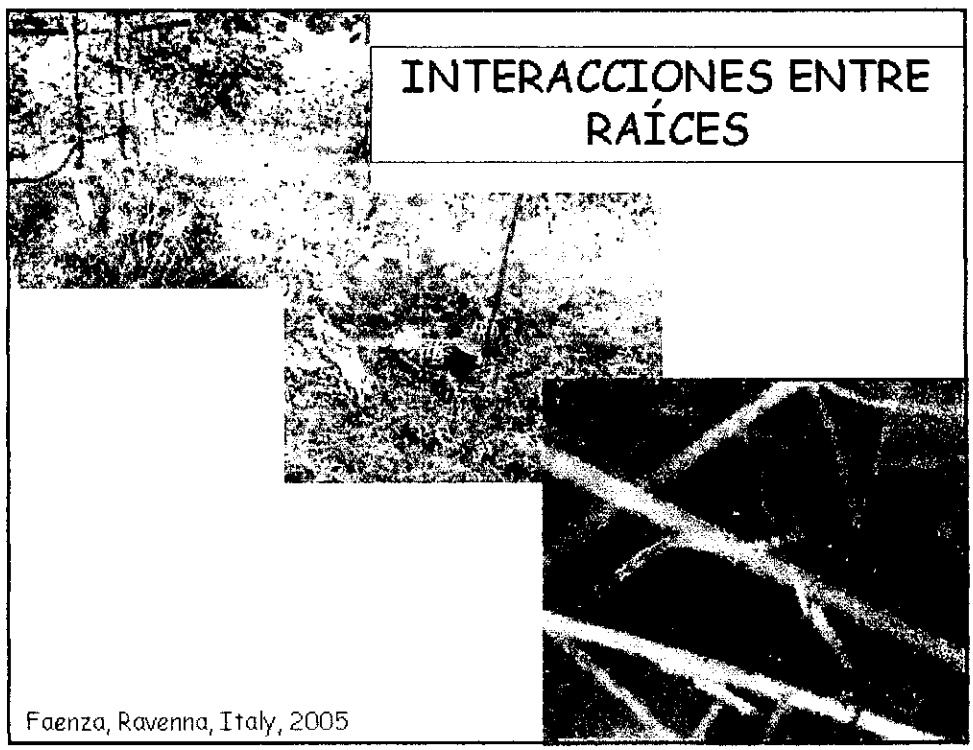
Cesco et al., 2006

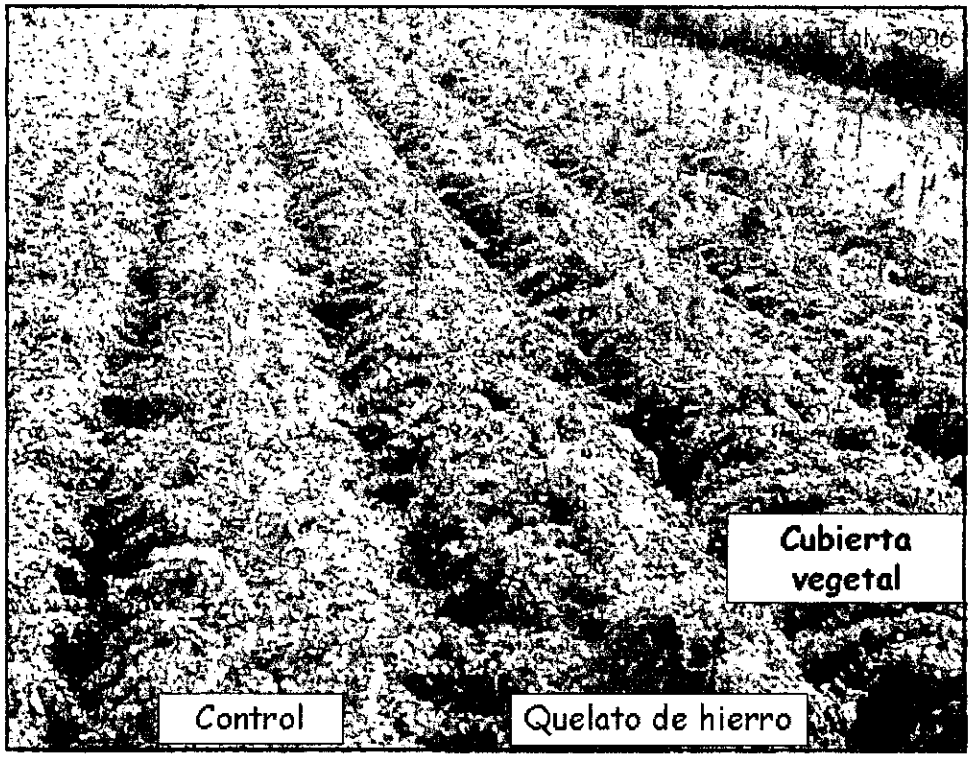


TRATTAMENTO	Dose	Epoca
Controllo	-	-
Chelato di ferro al suolo	8 g pianta^{-1} anno^{-1} 8 g pianta^{-1} anno^{-1} 15 g pianta^{-1} anno^{-1}	Maggio 2004 Maggio 2005 Luglio 2006
Inerbimento totale ***(Lolium perenne, Festuca rubra commutata, Poa pratensis)***	**10 g m^2**	**Marzo 2004**
Compost + solfato ferroso	7 kg compost pianta^{-1} + 0,5 kg $FeSO_4$ pianta^{-1}	Aprile 2004 Aprile 2006
Pasta di neem	1,2 kg pianta^{-1} 2 kg pianta^{-1}	Aprile 2004 Aprile 2006
Vivianite	10 l pianta^{-1} 10 l pianta^{-1}	Aprile 2004 Aprile 2006



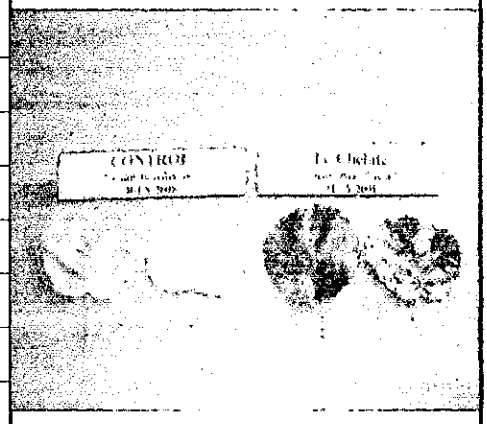
Acción propuesta de MAs en la nutrición de cultivos intercalados
Fe
Fe³⁺-fitosideróforo
Fe³⁺-fitosideróforo
Fitosideróforo
Fe³⁺-fitosideróforo
Fe³⁺-phytosiderophore
Fe(OH)₃
3
1
2


INTERACCIONES ENTRE RAÍCES
Faenza, Ravenna, Italy, 2005



Contenuto di clorofilla fogliare *(2006)*

Trattamento	Clorofilla fogliare (Unità Spad)
Controllo	27,4 c
Fe-chelato	47,5 a
Vivianite	45,1 b
Inerbimento	44,6 b
Compost	44,4 b
Pasta di Neem	49,2 a
Significatività	***

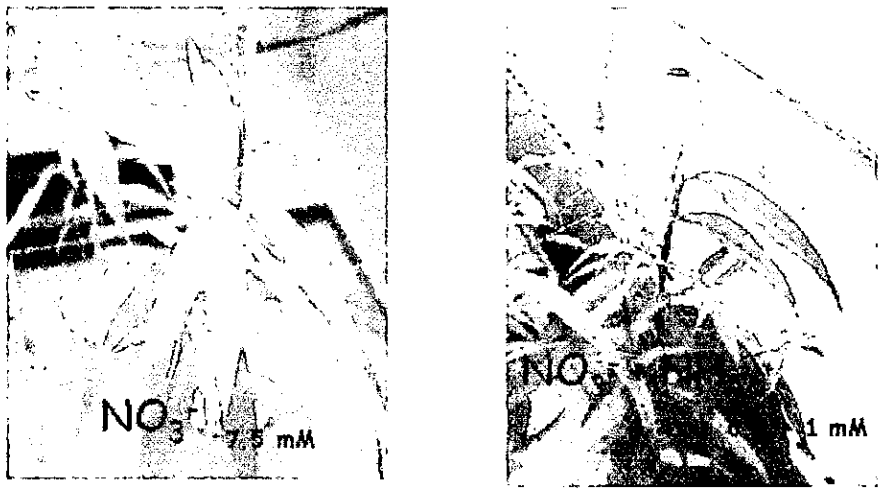


Rombolà et al., non publicados

Pasta di neem:

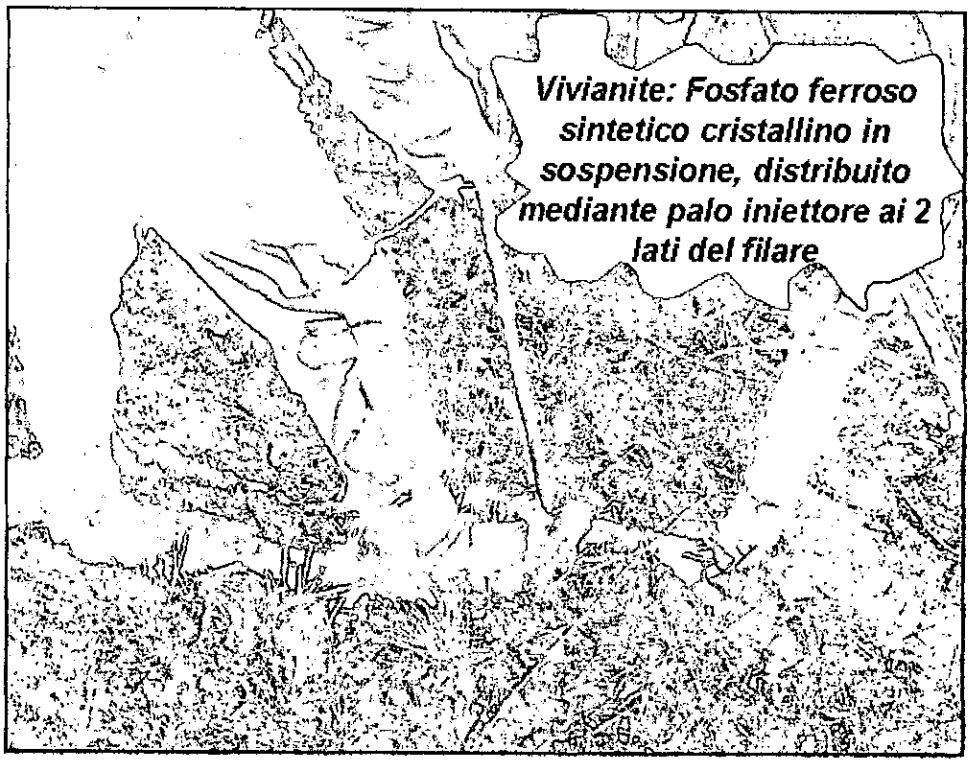
"Biofertilizzante ottenuto dagli scarti di lavorazione del processo di estrazione dell'olio di neem, con riconosciute proprietà di inibitore della nitrificazione"

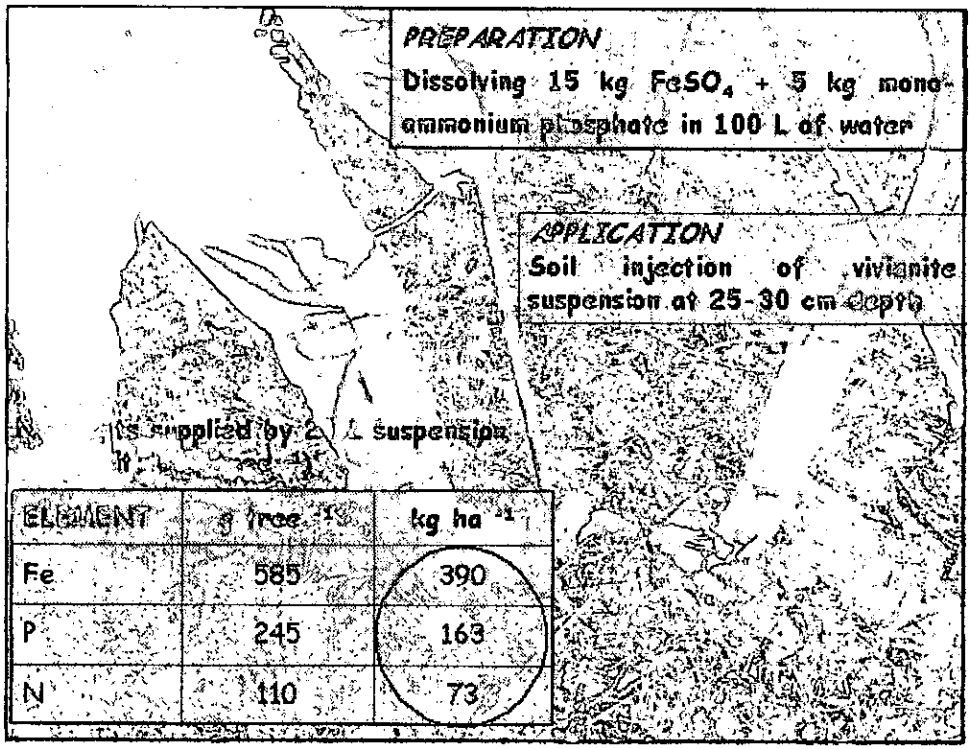
Clorosis férrica inducida por Nitratos



Racionalización de la nutrición de nitrógeno
Posible uso de inhibidores de la nitrificación

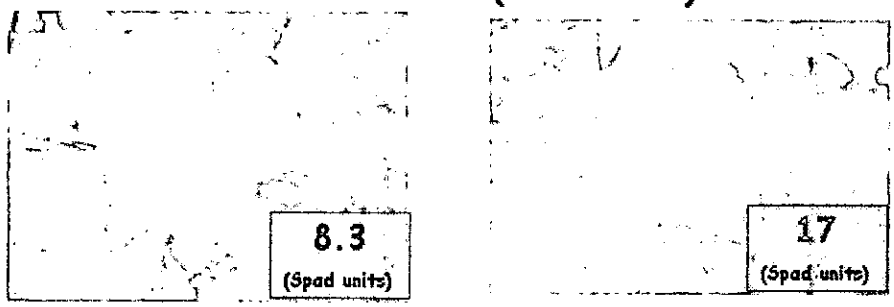
Kosegarten et al., 2004





ELEMENT	g tree $^{-1}$	kg ha $^{-1}$
Fe	585	390
P	245	163
N	110	73

Complexes beetwen Fe and humic substances (Fe-WEHS)



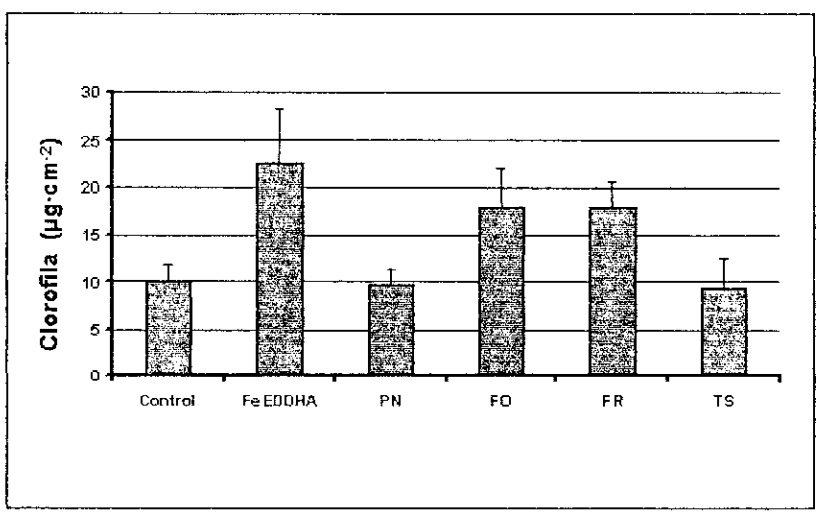
July 9 July 16

Rhizosphere acidification

Treatments	pH
+ Fe	5.5 ± 0.1 a
- Fe	5.2 ± 0.5 a
Fe-WEHS	3.9 ± 0.1 b
Fe-EDDHA	5.5 ± 0.1 a
Significance	*

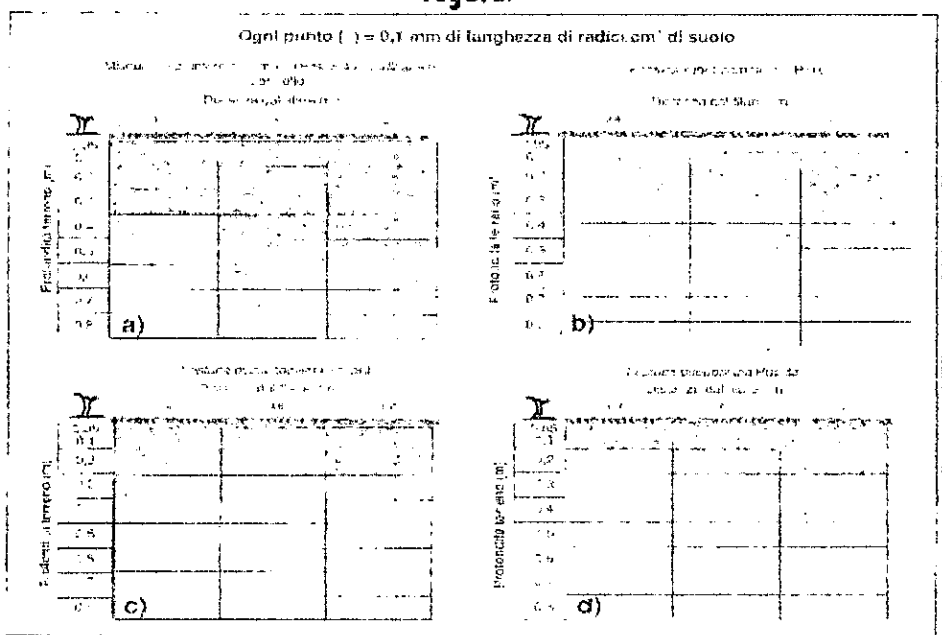
Baldi et al., 2004

Concentración de clorofila en hojas de cítricos ($\mu g \cdot cm^{-2}$)

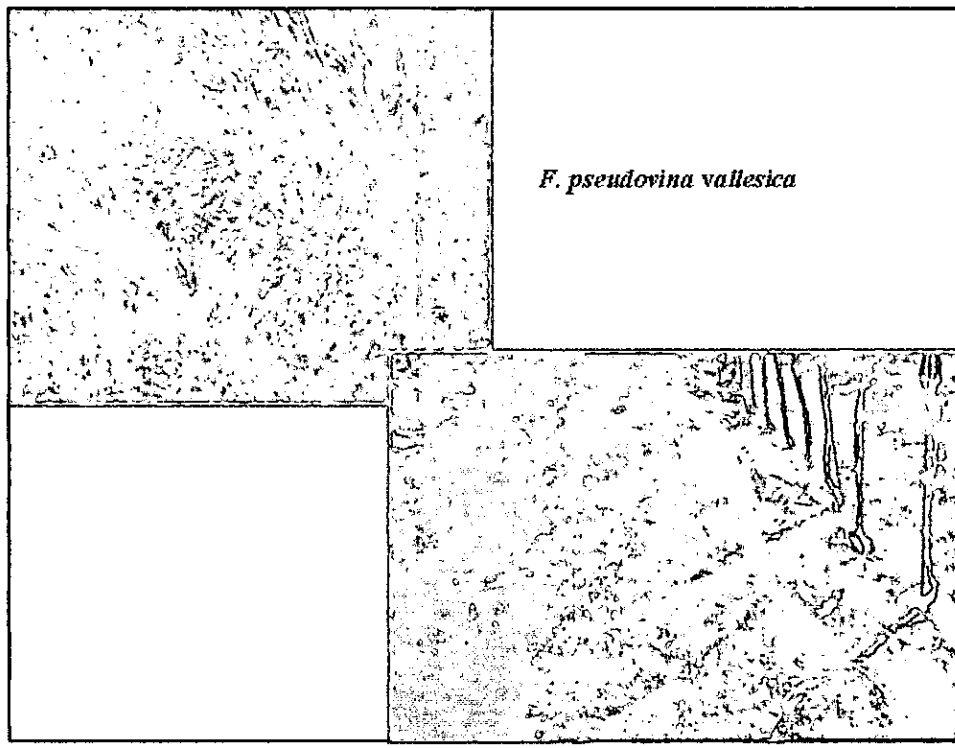


Ammari y Rombolà, 2007

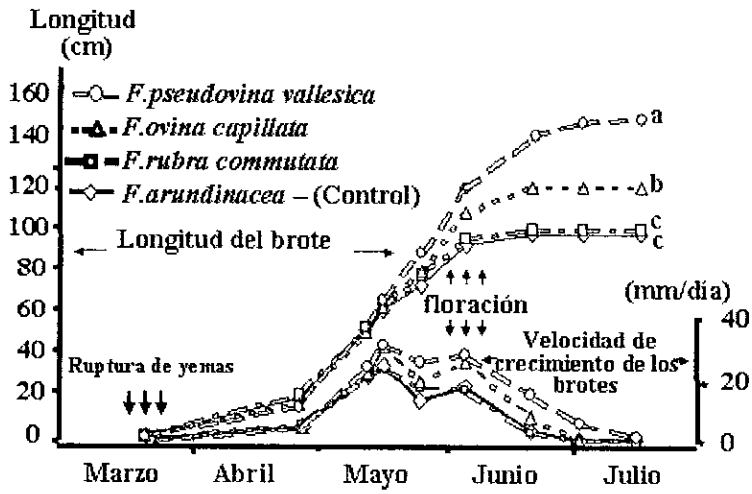
Densidad radicular de especies gramíneas utilizadas como cubierta vegetal



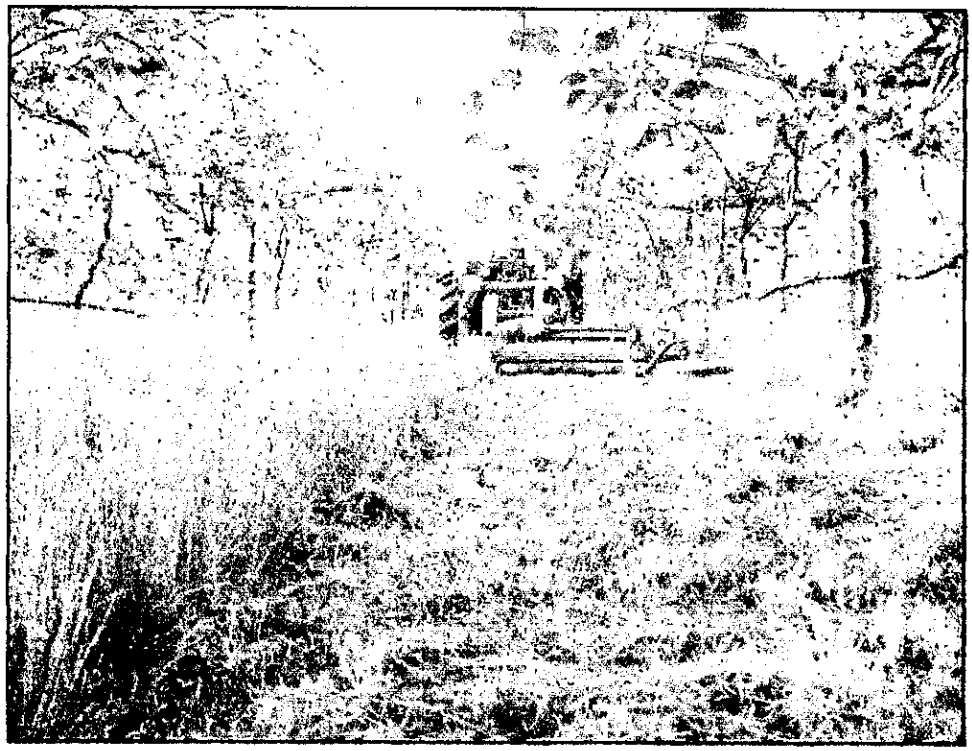
Intrieri et al., 2005



Desarrollo y velocidad de crecimiento de los brotes (Chardonnay)



Intrieri et al., 2005



Impact of cutting leaves on phytosiderofore release of Abilene (resistant) and 2157 (susceptible) wheat cultivars

Days of low Fe treatment (0.20mg Fe·L⁻¹)	Phytosiderophore release (mg Fe^{+3}·L^{-1})					
	Abilene			2157		
	Control	Cut	Significance	Control	Cut	Significance
1st cutting						
11	6.9	3.9	NS	5.3	2.9	**
12	5.4	0.3	**	5.2	0.5	**
15	4.1	3.5	NS	3.8	2.2	*
2nd cutting						
18	5.8	4.8	NS	6.9	2.9	**
19	6.2	3.8	*	6.0	1.0	**
22	5.4	5.5	NS	4.5	1.6	**

Jolley et al. 2000

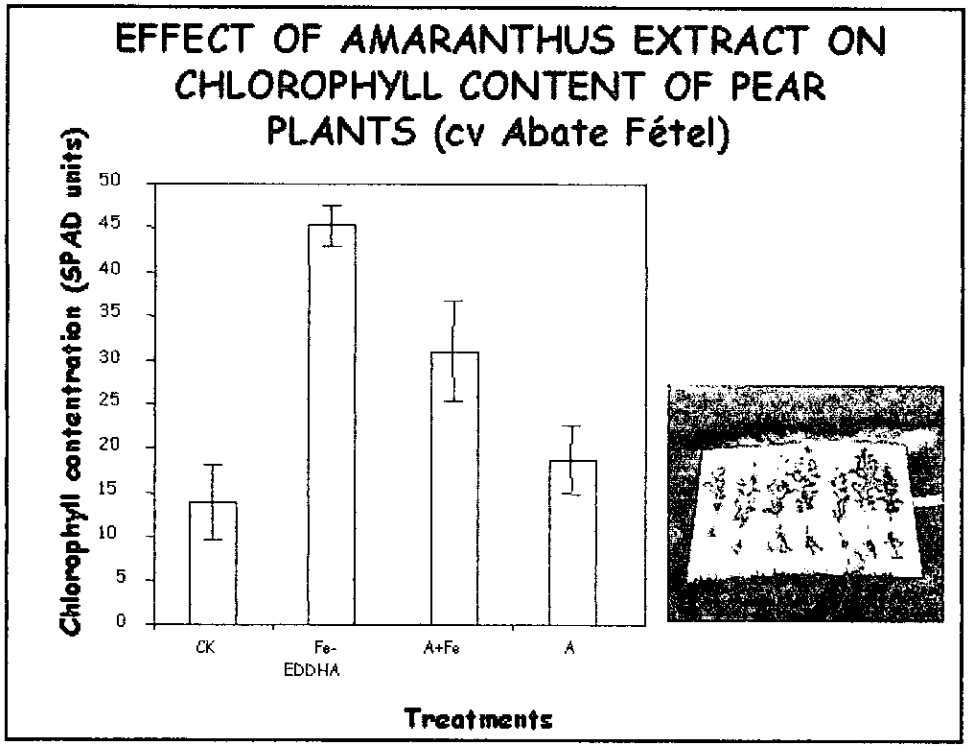
*Efecto de la cubierta vegetal en la concentración foliar de macroelementos en hojas de kiwi **

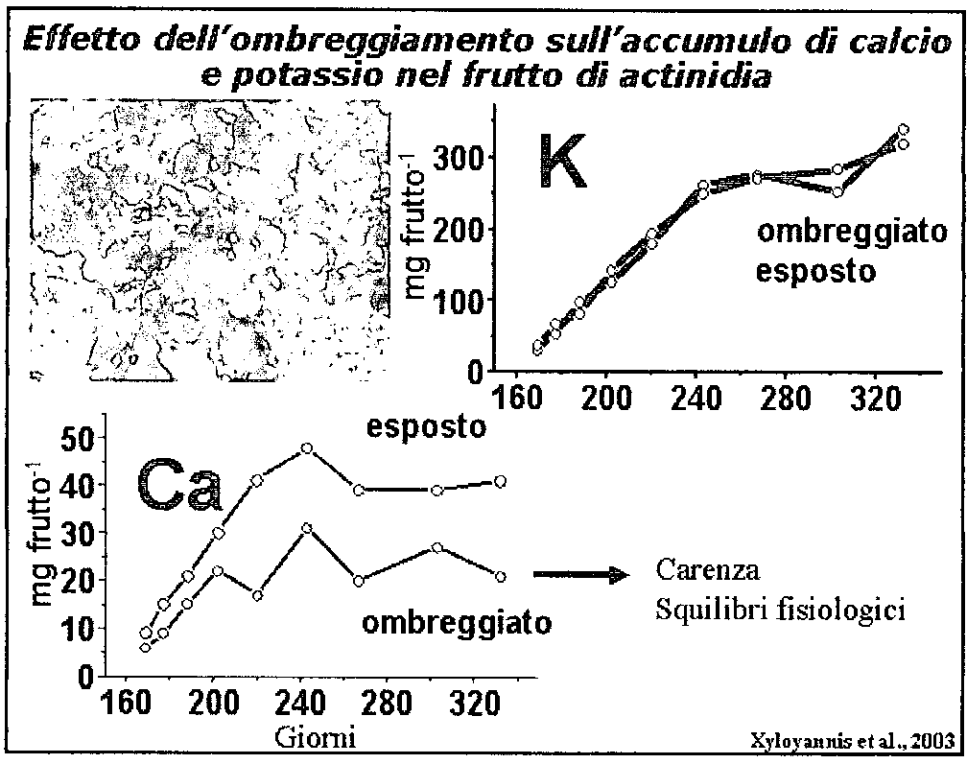
	N	P	K	Ca	Mg
	% m.s.				
Control	2.10	0.14	1.69 a	1.79	0.39
Cubierta vegetal	2.12	0.13	1.39 b	1.74	0.46
Significación	ns	ns	*	ns	ns

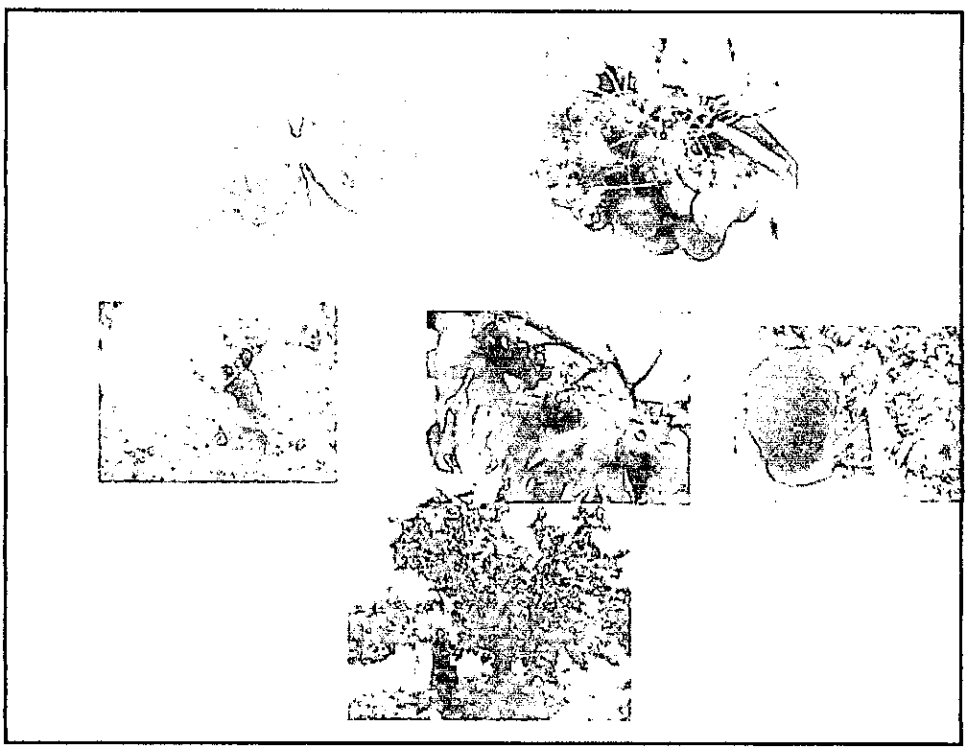
* Muestreo después de 4 meses de la siembra

- O lupino branco (*Lupinus albus* L.) é capaz de solubilizar o fósforo mediante a secreção na rizosfera de ácidos orgânicos.

- O cece (*Cicer arietinum* L.) assegura a mobilização do P sob forma orgânica, através da secreção de elevadas quantidades de fitases e fosfatases ácidas.




Effetto dell'ombreggiamento sull'accumulo di calcio e potassio nel frutto di actinidia
K
mg frutto-1
300
200
100
0
160
200
240
280
320
ombreggiato
esposto
Ca
mg frutto-1
50
40
30
20
10
0
160
200
240
280
320
Giorni
esposto
ombreggiato
Carenza
Squilibri fisiologici
Xyloyannis et al., 2003



SILICIO

Silicificación células epidermis foliares

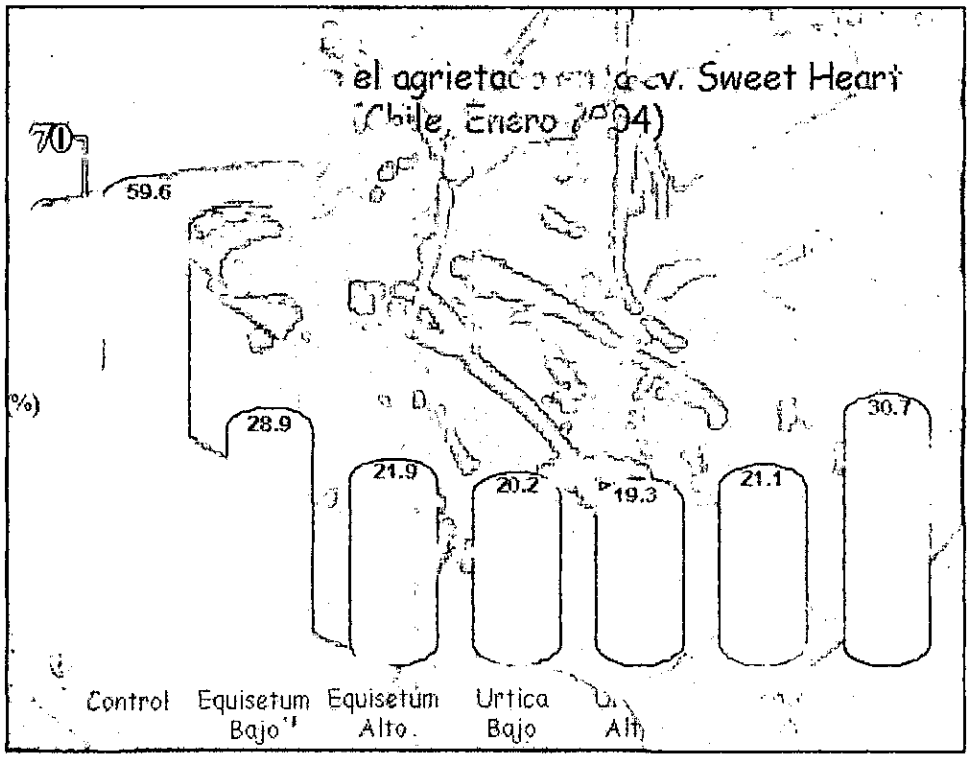
- Elemento benéfico
- Fortalece e incrementa la elasticidad de la pared celular
- Reduce la susceptibilidad a enfermedades (ej. insectos, hongos)
- Prevención de stress abiótico (sequía y salinidad)

- Esencial para especies silicófilas (*Equisetum arvense*) y algunas gramíneas (ej. arroz)

Efectos sobre la rachadura (%) en la cv. New Star (Italia, Junio 2007)

Tratamento	Incidência	Rachad Apical	Rachad Pedunc.	Rach Dorsal	Rachad Multipla
Controle	58,3 a	1,1	94,4	4,5	5,6
Cloreto de cálcio	63,8 a	0,7	99,2	0,1	0,7
Silicato de sódio	41,3 b	0,6	99,3	0,1	0,6
Significância	***	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*

Rombolà et al., 2007

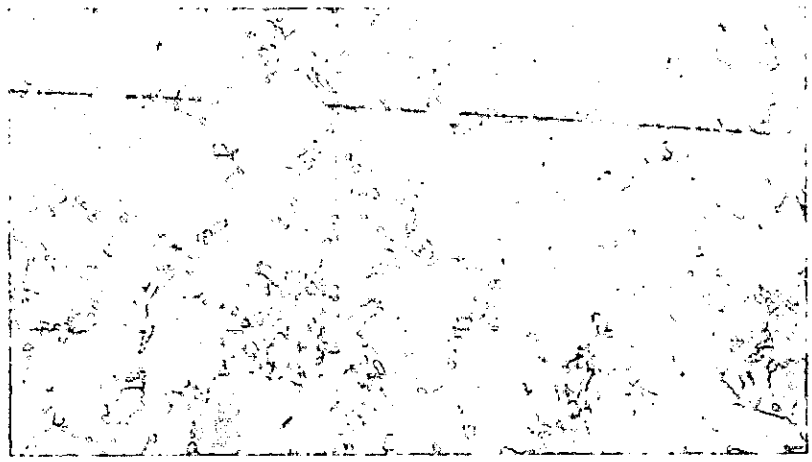


COMPOSICIÓN MINERAL HOJAS ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosus* cv. Bluecrop)

Table 1. Mineral composition of young and old leaves of blueberries grown in peat moss media. (average of four replicates)

leaf	N	P	K	Ca	Mg	Si	Al	Fe	Mn	Cu	Zn
	mg g^{-1}						µg g^{-1}				
Young	10.8 a	0.6 b	7.1 a	7.0 b	0.4 a	34.0 b	80.0 b	84.6 b	154.9 b	4.1 a	78.9 a
Old	11.2 a	1.0 a	6.8 a	8.8 a	0.6 a	0.0 a	158.6 a	116.2 a	604.6 a	2.8 a	74.8 a
$LSD_{0.05}$	0.57	0.16	1.6	1.0	0.18	7.2	30.0	9.6	98.0	1.8	16.1

Salsuda, 2004



Fertilización foliar con urea en otoño

Aporte foliar más eficaz respecto a la aplicación de urea al suelo

Bajo peligro de fitotoxicidad en hojas senescentes

El aporte foliar de UREA (3%), 2 aplicaciones, un mes antes de la abscisión foliar (Vitis labrusca, cv Concord), aumentó:

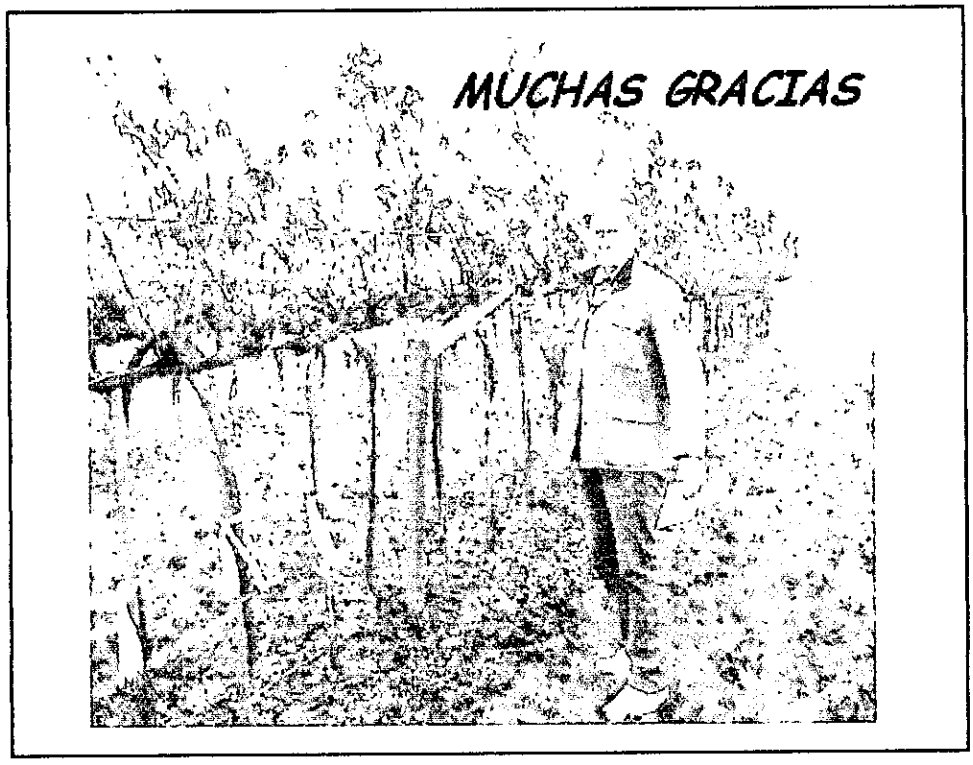
1. El nivel de reserva de nitrógeno
2. La actividad fotosintética del siguiente año
3. La productividad (número y peso de las bayas)

Cheng y Xia, 2004

Efecto del aporte de N en post-cosecha sobre la concentración de N (% m.s.) en órganos perennes de árboles de melocotón (cv. *Elegant lady* / PS B2)

TRATAMIENTOS	1994			1995		
	ramas	*raíces*	*yemas*	*ramas*	*raíces*	*yemas*
Control	***1.08 a***	***1.40 b***	***2.14 a***	***1.03 b***	***0.98 b***	***1.89 a***
Nitrato amónico	*1.22 a*	*1.56 ab*	*2.30 a*	*1.17 ab*	*1.14 ab*	*2.03 a*
Urea Foliar (3%)	1.09 a	1.54 ab	2.18 a	1.12 ab	1.08 ab	1.91 a
Fertilizante N a lenta cesión 1	1.17 a	1.70 a	2.17 a	1.26 a	1.21 a	1.98 a
Fertilizante N a lenta cesión 2	1.21 a	1.63 a	2.21 a	1.24 a	1.27 a	2.05 a

Rombolà et al., 1995


MUCHAS GRACIAS

PRODUCTO Y/O RESULTADO

1. Protocolo de control del estatus nutricional de las plantas

Se generaron herramientas que podrán ser utilizadas de acuerdo a un protocolo y que permitirán mayor efectividad en la evaluación del estatus nutricional de las plantas. Se espera tener una mayor correlación entre el potencial productivo de los parrones y los niveles de nutrientes evaluados para cada caso. Los Informes generados se presentan en el **Cuadro 12**.

Cuadro 12. Informes generados

Título del documento	Nombre del archivo digital
PROTOCOLO PARA EL CONTROL DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LA VID	INFORME Protocolo Control Estado nutricional
COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES NUTRICIOALES EN "SUPERIOR" CON Y SIN TRATAMIENTOS FOLIARES	INFORME Sin Foliares
ENSAYO ESPECÍFICO: LARGO DE PODA Y MAYOR POTENCIAL PRODUCTIVO.	INFORME Largo de poda y potencial productivo

PROTOCOLO PARA EL CONTROL DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LA VID

Rodrigo Callejas R. y Erika Kania K.

Resumen

El análisis tradicional y el secuencial son metodologías de toma de muestras foliares y consiste en un muestreo periódico desde la brotación hasta la cosecha de la fruta. Esta metodología se emplea para establecer la dinámica de la absorción, esto es, cuales son las concentraciones de nutrientes que se observan en distintas fases del desarrollo de la planta y las demandas particulares de cada nutriente (cantidades de nutrientes presentes en la parte área) en los diferentes estados fenológicos de las plantas o a lo menos en dos de ellas (flor y pinta). Dada la necesidad de controlar el exceso de nutrientes que se descargan en el suelo y por lo tanto en las napas freáticas, así como disminuir la cantidad de fertilizantes debido al elevado de su costo, se planteó la necesidad de ir mejorando la metodología de evaluación y control del estatus nutricional de las vides, en parrones de uva de mesa en la III Región.

Materiales y métodos

En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01 y basado en la experiencia del equipo de trabajo se procedió a elaborar el siguiente protocolo de toma de muestras foliares, así como de otros tejidos vegetales, con el objetivo de determinar la dinámica nutricional de las plantas:

Metodología

1) Determinar los mejores sectores del predio (cuarteles), que tengan un alto potencial productivo y calidad. Estos sectores serán los mayormente demandados, para un mismo programa nutricional.

En estos sectores se seleccionará un grupo de 40 plantas al azar, que se denominarán "Plantas Testigo" o "Testigo Campo".

a) Marcar plantas indicadoras
-- Sanas.
-- Representativas del sector.
-- Que presenten un número óptimo de racimos.

--

b) Realizar una caracterización de las plantas, repitiendo la acción todos los años. Esta información ayudará a una mejor interpretación de los datos entregados posteriormente por el laboratorio.
-- Peso de poda.
-- Número de racimos a la cosecha (o peso por planta).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

-- Otras evaluaciones complementarias aconsejables (fertilidad de yema, fertilidad efectiva, calidad de la brotación (% y homogeneidad), quiebre de calibre, descripción general del color de las hojas, presencia de toxicidades, desórdenes fisiológicos, etc.).

Nota 1: Si las plantas son elegidas en invierno, es importante re-evaluar las escogidas en plena flor de manera de eliminar aquellas que tengan algún problema.

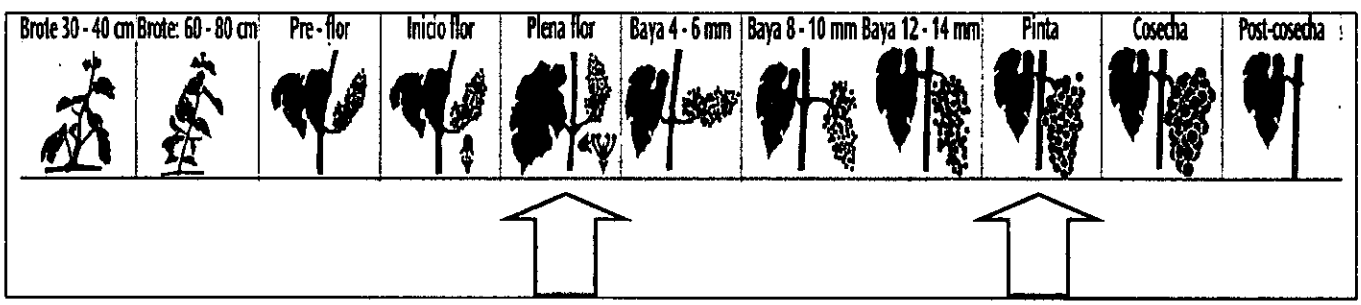
Nota 2. Se aconseja realizar esta evaluación detallada en menor número de puntos, por el factor costo, que muchos análisis al azar en diversas partes del campo, lugares o cuarteles que cambian de año en año. En resumen, es mejor ser sistemático en pocos lugares que elegir el volumen de muestras pero sin ningún orden.

2) Momentos para la toma de muestra

Existen dos posibilidades de toma de muestra, de acuerdo al presupuesto del campo. Si es importante considerar que "lo peor es no hacer nada", dado que no se tendrá la mínima información que permita la toma de decisiones futura.

A) En dos oportunidades: De acuerdo al método tradicional, evaluación de la lámina frente al racimo en "Plena Flor" y posteriormente en "Pinta".

Es importante tener en cuenta que estas evaluaciones son requeridas bajo los criterios de fertilización basados 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). Por lo tanto y con el objetivo de sacar conclusiones de la respuesta de las plantas a un plan de manejo nutricional, las evaluaciones deben realizarse todos los años en forma rigurosa e interpretar los resultados a la luz de los rendimientos logrados.



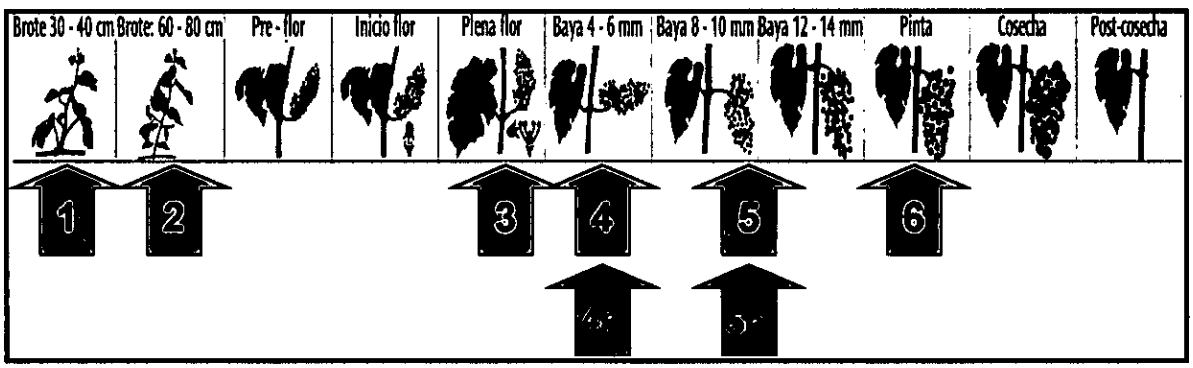
Nota: Ocupar lámina de cargador con fruta. En la mayoría de los casos y por efecto del trabajo de deshoje se elimina la lámina frente al racimo, por lo que se recomienda trabajar con la que se encuentra inmediatamente por sobre el racimo.

B) Seguimiento secuencial del estatus nutricional.

Este segundo camino requiere de evaluaciones periódicas durante la temporada de crecimiento, requeridas bajo los criterios de fertilización basados 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. Con la información obtenida y partiendo de un programa nutricional base, la interpretación de los datos permitiría ir re-estructurando los programas de fertilización de manera de optimizar el criterio

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

empleados. Por lo tanto, se parte de un criterio determinista y opta a un criterio dinámico colocando atención a la información emanada del laboratorio.



Nota: Ocupar lámina de cargador con fruta. En la mayoría de los casos y por efecto del trabajo de deshoje se elimina la lámina frente al racimo, por lo que se recomienda trabajar con la que se encuentra inmediatamente por sobre el racimo.

Las **evaluaciones 1 y 2**, permiten regular el programa nutricional entre inicio de brotación y cuaja. Adicionalmente, es un buen momento para definir la calidad del programa de postcosecha pasado y las reservas que almacenó la planta.

La **evaluación 3**, puede ser contrastada con normas publicadas y de uso común en esta especie, comprobando los cambios realizados en la etapa anterior.

La **evaluación 4**, verifica comportamiento de los nutrientes una ves iniciada la cuaja de la fruta y principalmente por ser un período en que se realizan importante cambios en el tipo de elemento que se esta fertilizando, por ejemplo, Potasio. La comprobación del proceso de absorción de nutrientes se puede verificar con la **evaluación 4n (Lámina joven, madura. Se considera la n° 5 desde el ápice hacia la base).** Las hojas nuevas dependen en gran medida del programa de fertilización, más que de las reservas, por lo cual se pueden identificar, principalmente, mal funcionamiento de la raíz y antagonismos entre iones, ya sea por exceso natural en el agua de riego o el suelo (Ej: Na v/s otros cationes, Mn v/s Fe, Cu v/s Fe), así como por la fertilización realizada (Ej: K v/s Ca o Mg; P v/s Zn; Amonio v/s otros cationes).

La **evaluación 5**, permite ratificar la información de la evaluación 4, controlar el programa rectificado y comportamiento de las plantas en un período crítico para ellas y la fruta. Adicionalmente, proyectar el último período de fertilización, definido entre poco antes de pinta y cosecha. La **evaluación 5n**, cumple el mismo rol que la evaluación 4n, verificando si los cambios que fueron necesarios realizar anteriormente, están cumpliendo el objetivo.

La **evaluación 6**, permite contrastar los valores con normas publicadas y de uso común en esta especie, información que servirá de cierre del período de fertilización en precosecha y definirá necesidades nutricionales para el período de postcosecha activa.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Evaluaciones complementarias. Con el objetivo de profundizar el comportamiento de las plantas a los programas nutricionales, es factible realizar algunos muestreos adicionales tales como:

1. Brotes 10 – 15 cm. Muestrear brotes completos de aproximadamente 10-15 cm de longitud, previo a la primera aplicación foliar de la temporada. En el caso que ya se haya realizado algún tratamiento, registrar los nutrientes que el producto comercial contenía.
2. Raquis y bayas.

3) Nutrientes a solicitar en el análisis

En una primera etapa, se aconseja solicitar el análisis foliar completo considerado como estándar en cualquier laboratorio de análisis foliares.

Una vez conocido el comportamiento general de la unidad productiva y adquirida la experiencia del uso de la información, es factible solicitar solamente aquellos elementos que son factibles de ser rectificados vía fertilización (Ej: N, P, K, Ca y Mg). Si se requiere, por condiciones particulares del suelo y agua de riego, mantener algunos microelementos tales como B y Zn.

Con el objetivo de bajar los costos y de acuerdo a la experiencia adquirida en el tiempo, será factible solicitar solamente N, P y K en el análisis.

De todas maneras, se aconseja en un sitio de muestra seguir solicitando el análisis estándar a modo de control.

Respecto al tamaño de la muestra, se presenta en el siguiente cuadro:

Tamaño de toma de muestra por tejido.

Órgano a muestrear	Cantidad mínima de muestreo por sector
Brotes 10-15 cm	30
Lámina jóvenes	60
Lámina maduras	40
Racimos en flor	30
Racimos cuaja a cosecha	15

4) Consideraciones generales en la interpretación

A) Contaminación de la muestra: Dado el alto número de fertilizaciones foliares que se realizan en los parronales, es importante estar atento a la probable contaminación de la muestra producto de los restos no solubles que quedan adheridos a las hojas. Este material no absorbido por las hojas, elevan artificialmente el análisis de nutrientes y generan malas interpretaciones de los resultados. La cantidad de contaminantes depende de cada producto foliar empleado a nivel de campo, pudiéndose mencionar

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

como caso típico el Zn, donde los análisis pueden arrojar niveles de hasta 600 ppm, siendo el límite superior máximo tolerable por la planta de 200 ppm.

Existen laboratorios en Chile que para aminorar esta alteración artificial de los análisis, realizan adicionalmente un lavado de hojas con un ácido débil. Es importante consultar de esta modalidad para obtener información más fidedigna.

B) Apoyo de un profesional calificado. Siempre se aconseja solicitar el apoyo de una persona con experienci, que pueda maximizar la información obtenida mediante la analítica. No olvidar de complementar la información con las evaluaciones adicionales realizadas sobre las plantas indicadoras.

C) Reaccionar frente a valores que se encuentran claramente fuera de lo normal. Es muy típico encontrar predios con análisis históricos (acumulación de información) donde se observan problemas por déficit (Ej: B, P) o exceso (Ej: Mn, Na, Cl, B) y no se hecho nada para enfrentar estas situaciones.

Estándares y rango propuestos

A) En dos oportunidades: De acuerdo al método tradicional, evaluación de la lámina frente al racimo en "Plena Flor" y posteriormente en "Pinta".

Plena Flor

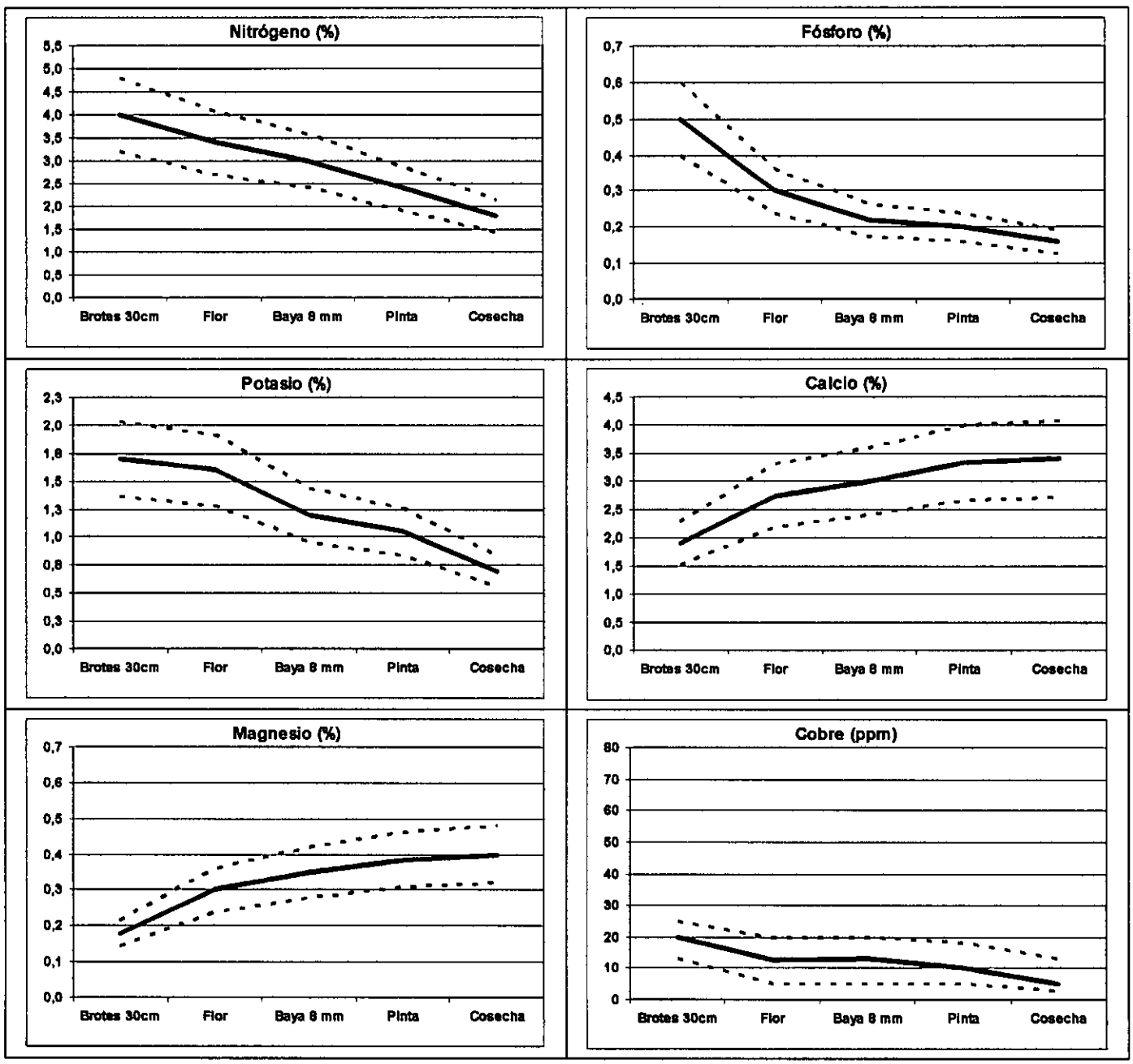
	%					ppm				
Diagnóstico tradicional	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
bajo	2,1	0,15	0,65	1,7	0,18	65	50	5	30	49
suficiente	2,1-3,8	0,15-0,38	0,65-1,7	1,7-3,8	0,18-0,45	65-300	50-500	5-20	30-250	50-130
alto	3,8	0,38	1,7	3,8	0,45	300	500	20	250	131

Pinta

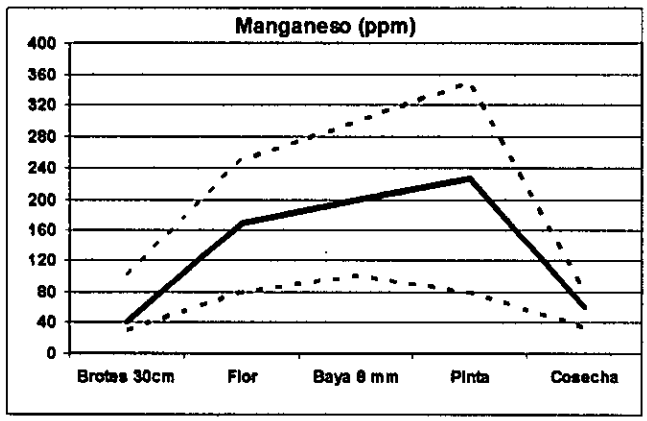
	%					ppm				
Diagnóstico tradicional	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
bajo	1,6	0,12	0,5	2,2	0,17	80	55	5	30	49
suficiente	1,6-2,65	0,12-0,28	0,5-1,6	2,2-4,5	0,17-0,6	80-300	55-400	5-15	30-250	50-130
alto	2,65	0,28	1,6	4,5	0,6	300	400	15	250	131

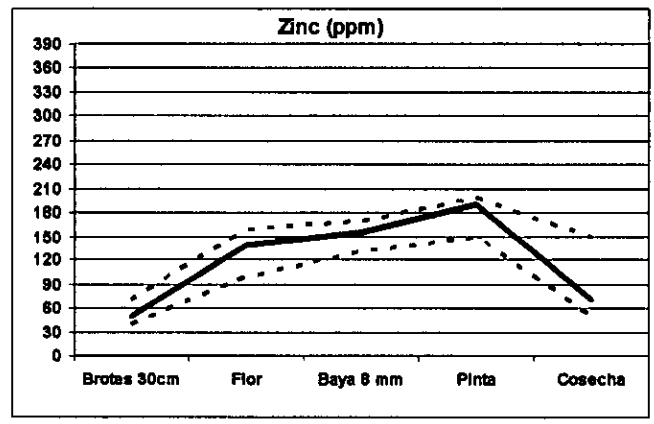
CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

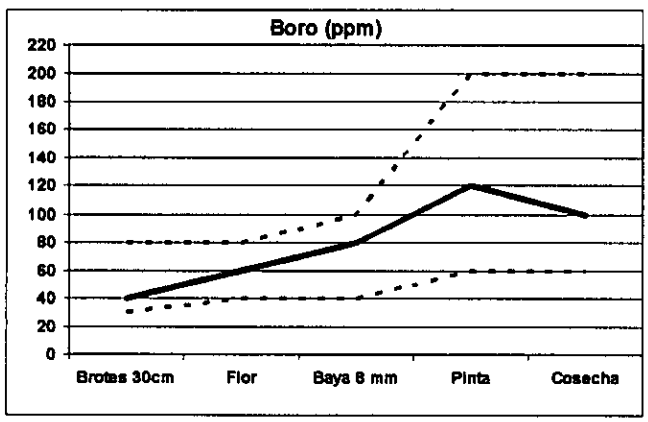
B) Seguimiento secuencial del estatus nutricional.

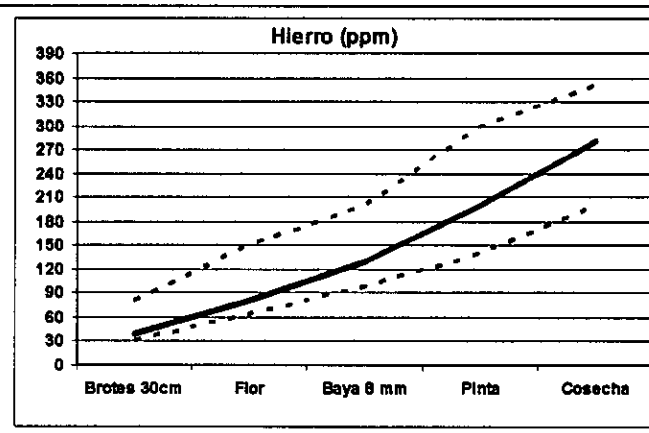


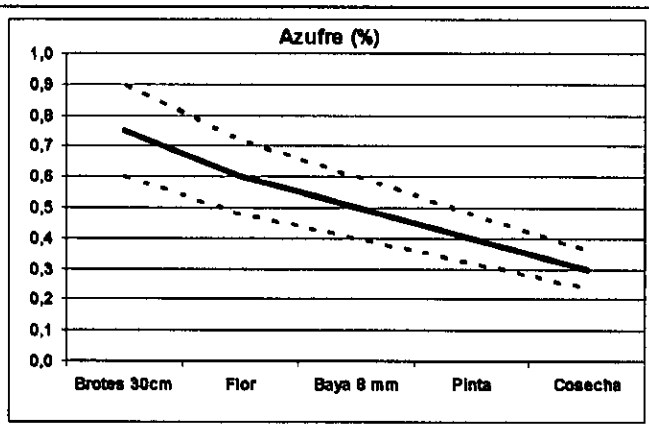
CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727











CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES NUTRICIOALES EN "SUPERIOR" CON Y SIN TRATAMIENTOS FOLIARES

Rodrigo Callejas R., Erika Kania K. y Rodrigo Rojas.

Resumen

Normalmente la aplicación de productos foliares permiten suplir deficiencias en las plantas y fruta, sin embargo, en muchos casos los tratamientos contaminan las muestras enviadas a laboratorio debido a la permanencia de fracciones no solubles en la superficie de las hojas y que no son utilizadas por las plantas, pero alteran las muestras sobre dimensionando la analítica.

En este ensayo el objetivo fue definir el comportamiento de cada uno de los elementos a nivel foliar en las plantas de "Superior", sector de Cantera, de manera de ratificar el diagnóstico realizado previamente al momento de definir los programas al suelo y foliares.

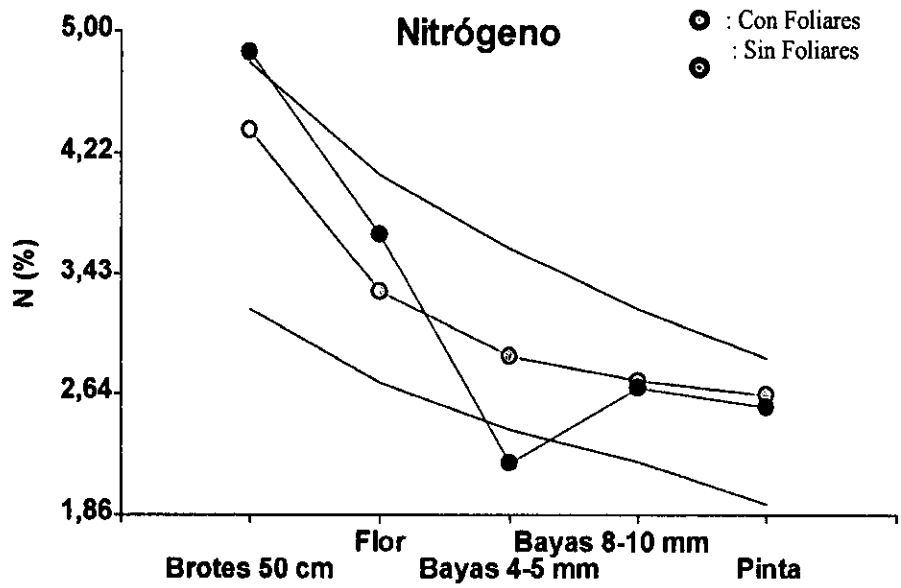
Resultados

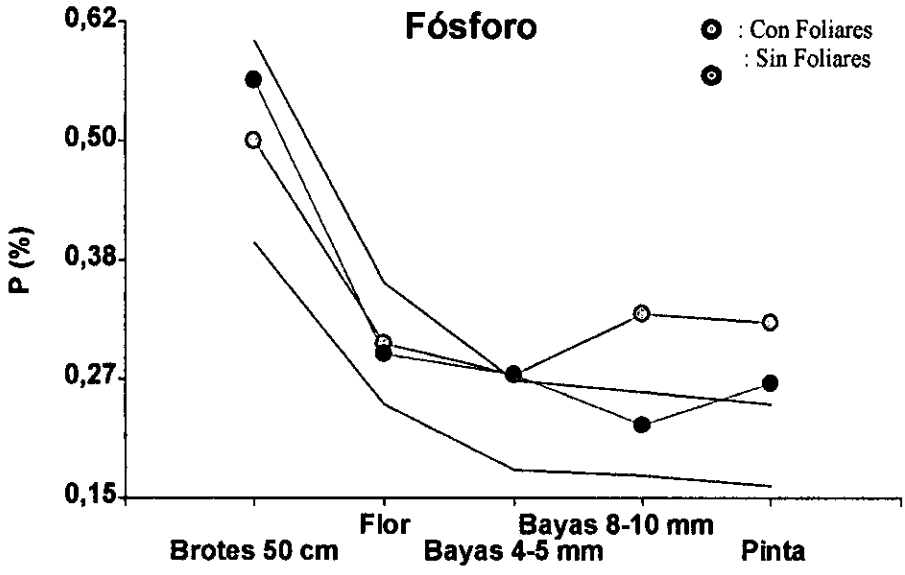
1) Se ratifican deficiencias diagnosticadas previo al inicio del ensayo, principalmente para Zn, Ca, Mn.

2) Se observan las mejoras en los niveles de nutrientes por aplicaciones foliares en el Ca, Mg, Zn, Mn y Fe, elementos contenidos en los productos foliares seleccionados para las aplicaciones foliares

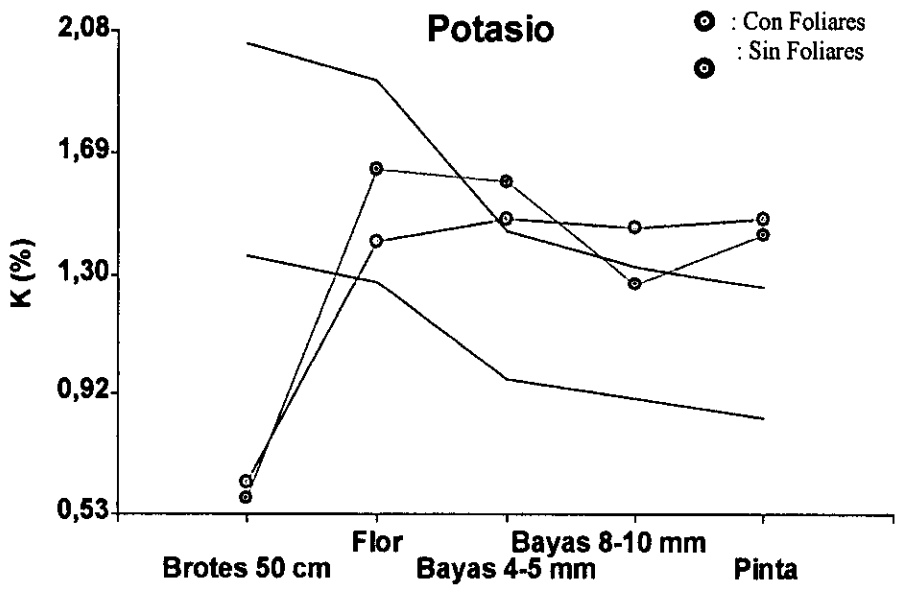
3) Es importante considerar el enmascaramiento de algunas deficiencias cuando se realizan aplicaciones foliares, situaciones que deben ser considerados en la interpretación de la información. En paralelo se deben ratificar eventuales mejoras por aplicaciones foliares con otro tipo de evaluaciones, por ejemplo: cambio de color en las clorosis férricas, incremento del tamaño de la hoja o internudos en aplicaciones de Zn, disminución de desórdenes fisiológicos, etc.

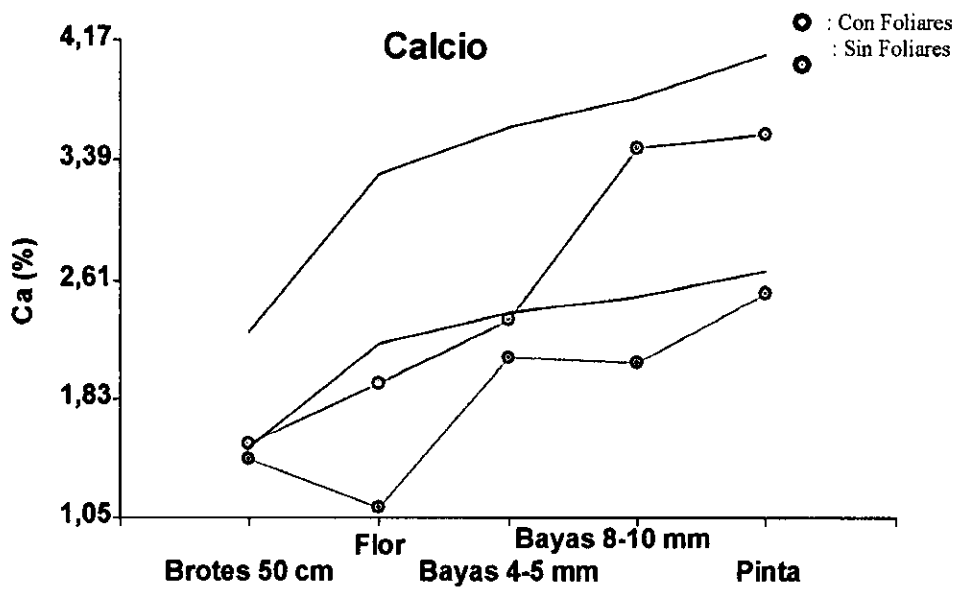
CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727



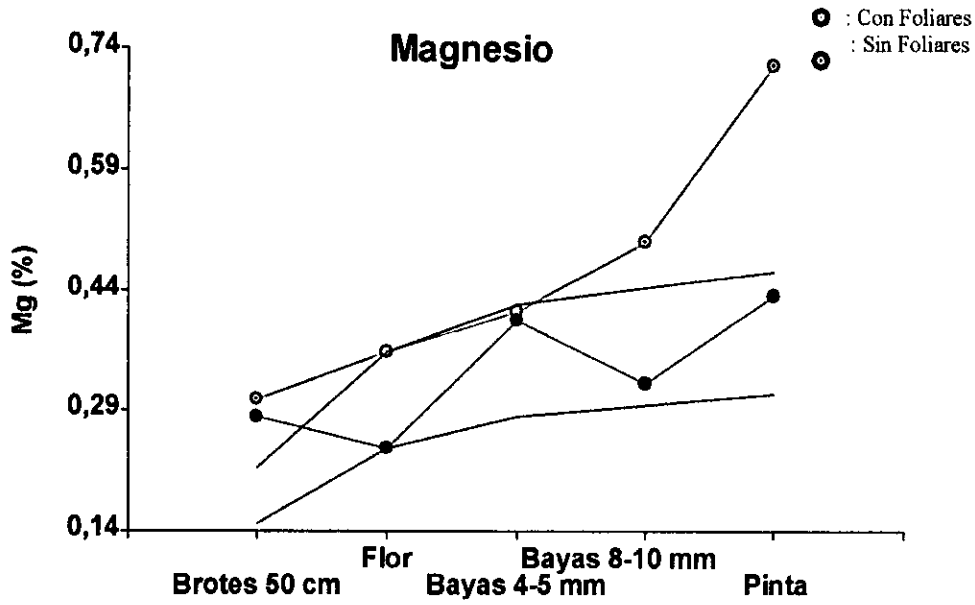


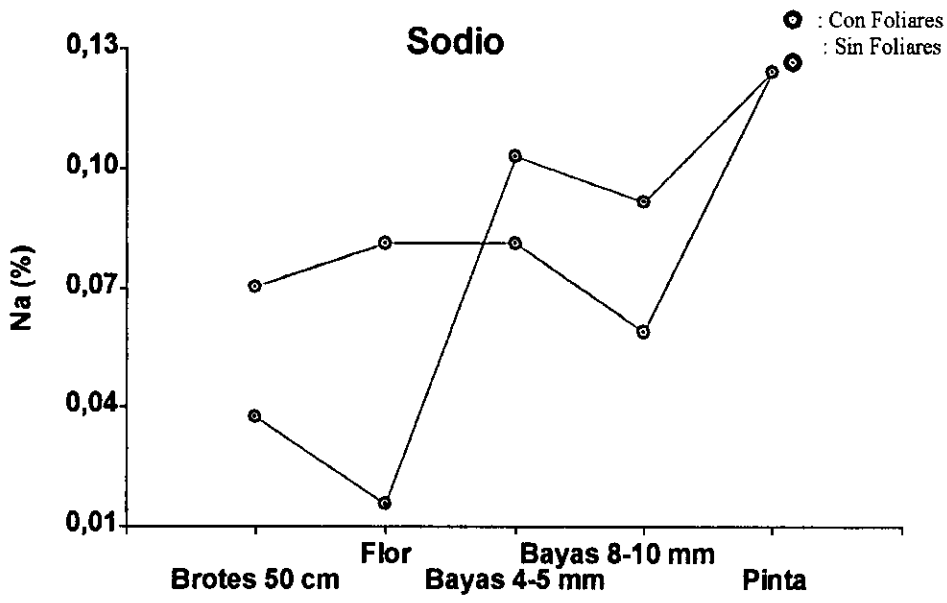
CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727



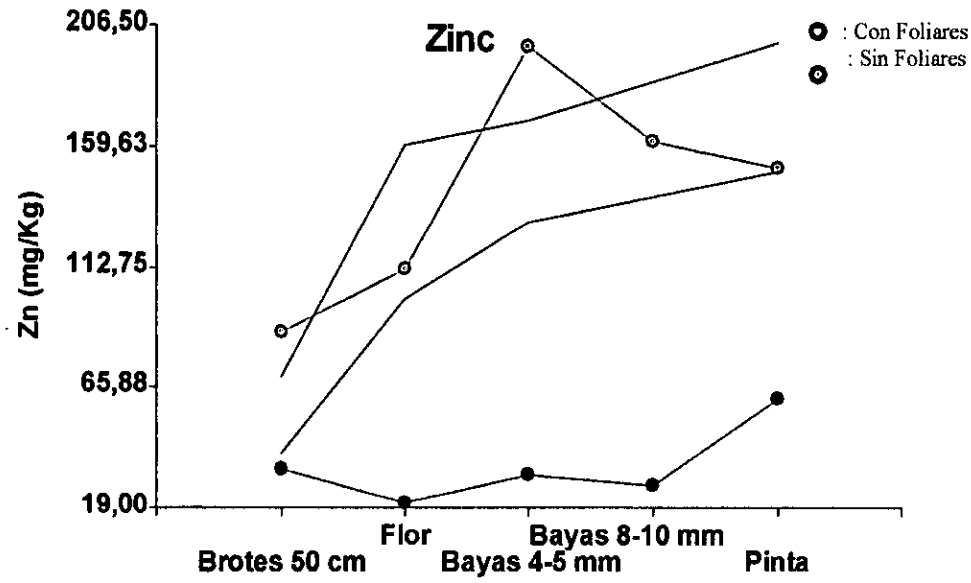


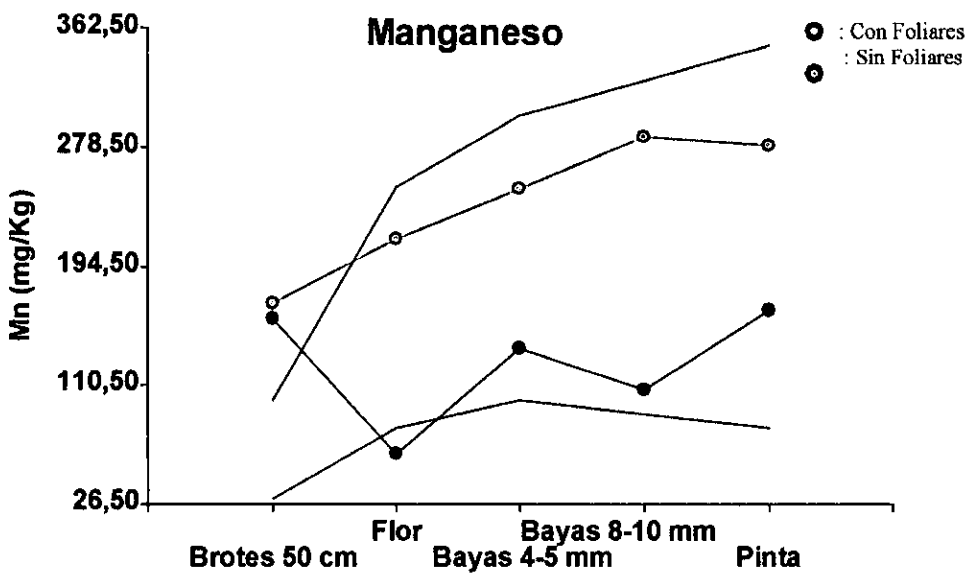
CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727



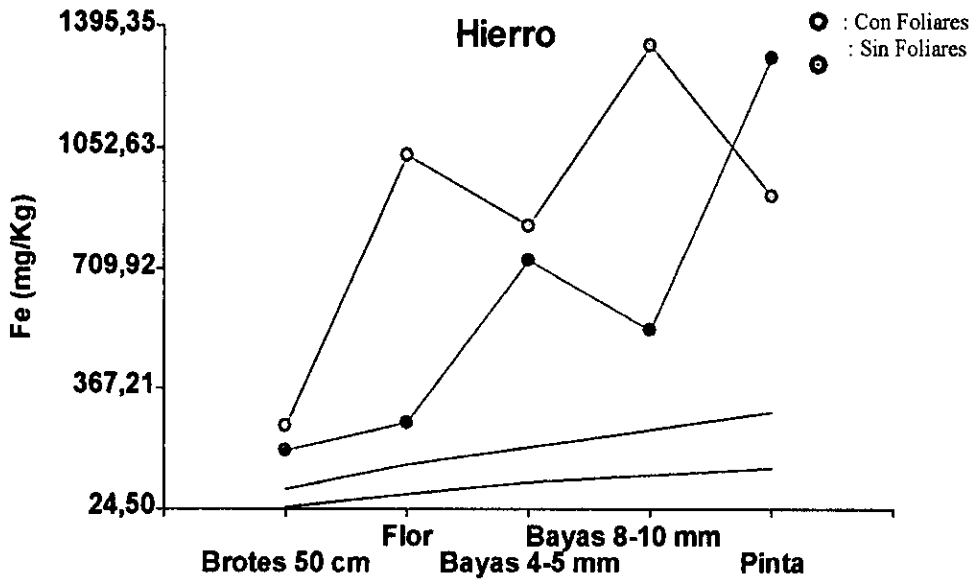


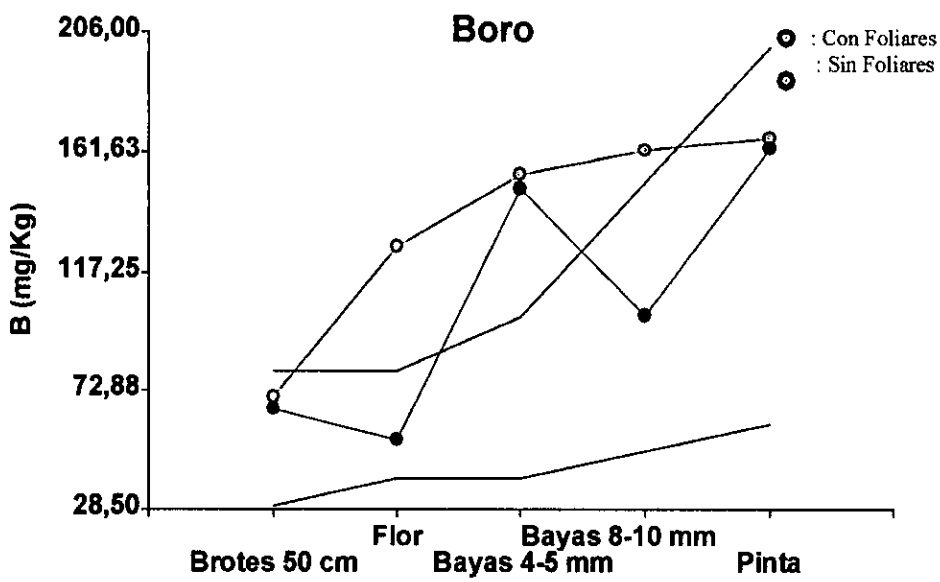
CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727



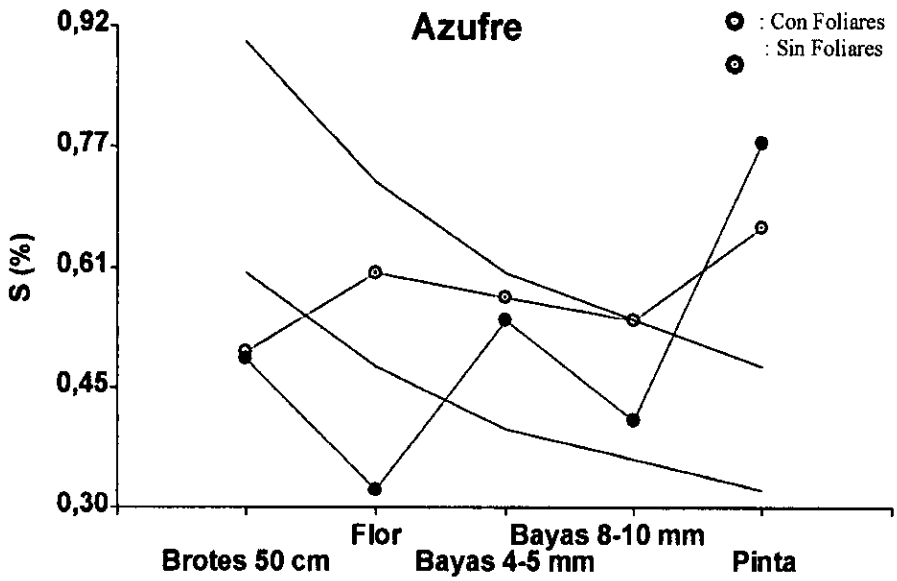


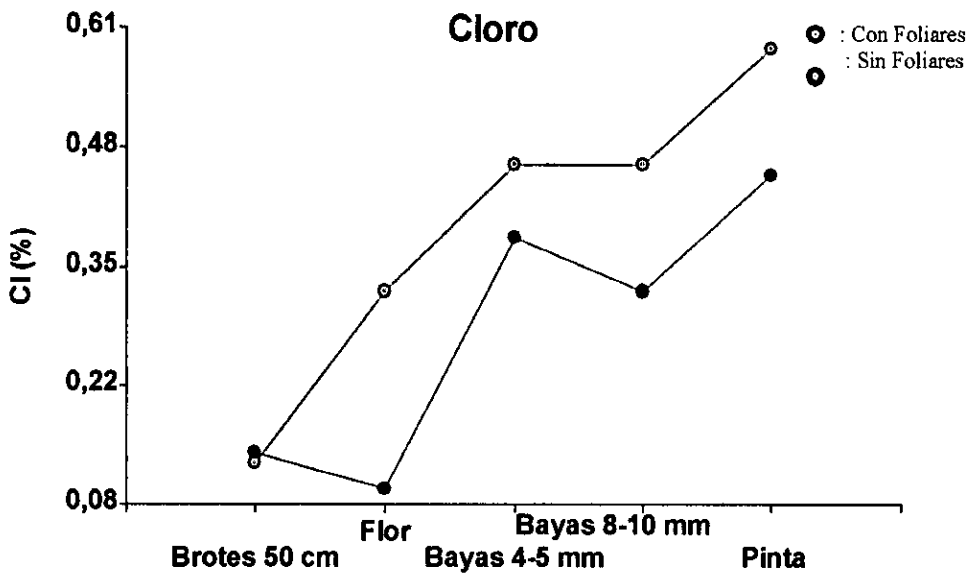
CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727





CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727





CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

ENSAYO ESPECÍFICO: LARGO DE PODA Y MAYOR POTENCIAL PRODUCTIVO.

Rodrigo Callejas R. y Marcela Benavente S.

Introducción

En el norte del país, particularmente en la Región de Atacama, tradicionalmente se han tenido ventajas comparativas, gracias a que los valles de la zona presentan condiciones óptimas para obtener un adelanto en la producción de uva de mesa respecto a otras zonas del país (Pinilla, 1993), logrando así mejores precios, lo que permitiría una mayor rentabilidad del cultivo.

A pesar de esto, y al igual que el resto del país, la zona norte se encuentra afectada por los problemas que actualmente disminuyen la rentabilidad de este negocio, entre los cuales se encuentran: a) los bajos rendimientos de parrones en plena producción, b) el actual precio del dólar y su deterioro desde el año 2005, y c) la pérdida de competitividad (ASOEX, 2006), debido fundamentalmente al incremento en los costos, principalmente en mano de obra, energía y fertilizantes.

En la tarea de enfrentar la necesidad de mejorar un parrón debilitado, es fundamental realizar podas menos severas de manera de maximizar el uso de reservas por las plantas (material no eliminado). Adicionalmente, se estima que la poda con cargadores respecto de la poda apitonada, permitirá la obtención de racimos mejor conformados, mejorando las posibilidades de elevar los rendimientos por hectárea.

La poda de la vid

La poda de la vid tiene múltiples efectos, siendo los más representativos: a) limitar la expansión de la planta y mantenerla en forma compatible con las prácticas de manejo, b) distribuir el desarrollo leñoso, para equilibrar y asegurar una cosecha anual regular, óptima y de calidad, y c) limitar el número de yemas para adaptarlo a la capacidad de crecimiento de la planta y a las posibilidades ofrecidas por el medio, con el fin de obtener un vigor conveniente. (Winkler, 1965; Muñoz, 1983; Hidalgo, 1991)

Su importancia también destaca en el plano económico, puesto que después de la cosecha, es la operación que emplea más horas de trabajo y mayores costos.

En cuanto al largo de la poda, se podrá aumentar la capacidad de carga y la superficie foliar, a través de podas largas, siempre y cuando se realice aclareo de racimos, se estima que podas largas se deberán ralear entre un 30 a 50% de los racimos para no afectar el vigor, siendo uno de los propósitos del aclareo mantener un desarrollo equilibrado de la planta (Instituto nacional de investigación agropecuaria, 1980).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

En el caso de la III Región y en el marco del trabajo y análisis del PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01; se ha observado que existe una gran cantidad de parronales de bajo potencial productivo, los cuales podrían verse beneficiados al realizar podas más largas ya que no solo mejora la calidad de los racimos si no que se genera una mejor relación hoja/fruto.

En este informe se propone la hipótesis, que al establecer largos de poda superiores a los practicados comúnmente (poda apitonada) se obtendrían racimos potencialmente mejores.

Materiales y métodos

Durante la temporada 2007-2008 se evaluó el efecto del largo de poda en vid. Para ello se utilizaron plantas de tres variedades (*Vitis vinifera)*: Sultanina, plantadas a 3,0 x 3,0 m, Flame Seedless, a 3,0 x 2,5 m y Red Globe, a 3 x 1,5 m. Todas las variedades estaban en plena producción, regadas con sistema de riego por goteo y conducidas en sistema de parronal español.

Las plantas utilizadas fueron seleccionadas por su homogeneidad en cuanto a desarrollo (diámetro del tronco a 1 metro de altura) y estado fitosanitario, además, de ser representativas de las condiciones generales de cada cuartel.

Variables a medir

En cada variedad se marcaron 4 cargadores de igual vigor y número de yemas, 1 por cada punto cardinal (Norte, Sur, Este y Oeste). En el caso de "Sultanina", se usaron cargadores de 8 yemas, en "Flame Seedless" cargadores de 7 yemas y en "Red Globe" cargadores de 5 yemas. El número de cargadores dejados por planta en "Flame Seedless" y "Sultanina" son 25 cargadores promedio y en "RedGlobe" 15 a 18 cargadores.

En dichos cargadores se evaluó:

- Tamaño de racimos: fue determinado mediante el largo de los hombros (cm), considerando la ubicación del brote del que se generaron en el cargador, previo al ajuste de carga.
- Peso de bayas: para esto se analizaron racimos a cosecha, seleccionando 20 bayas por racimo, completamente al azar, a las cuales se les midió el peso (gr), relacionándolos con el largo de hombros de cada racimo analizado.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Resultados

En las tres variedades analizadas, el tamaño del racimo varió dependiendo de la ubicación de la yema en el cargado, aumentando a medida que la posición de la yema se distancia de la base. La relación entre el largo de los hombros de los racimos están altamente relacionados con la posición de la yema en el cargador en la tres variedades ajustada a un relación lineal, obteniendo coeficientes de determinación altos; 0,792, 0,89 y 0,853, para la variedad Sultanina, Flame y Red Globe respectivamente **(figuras; 1, 2 y 3 respectivamente)**.

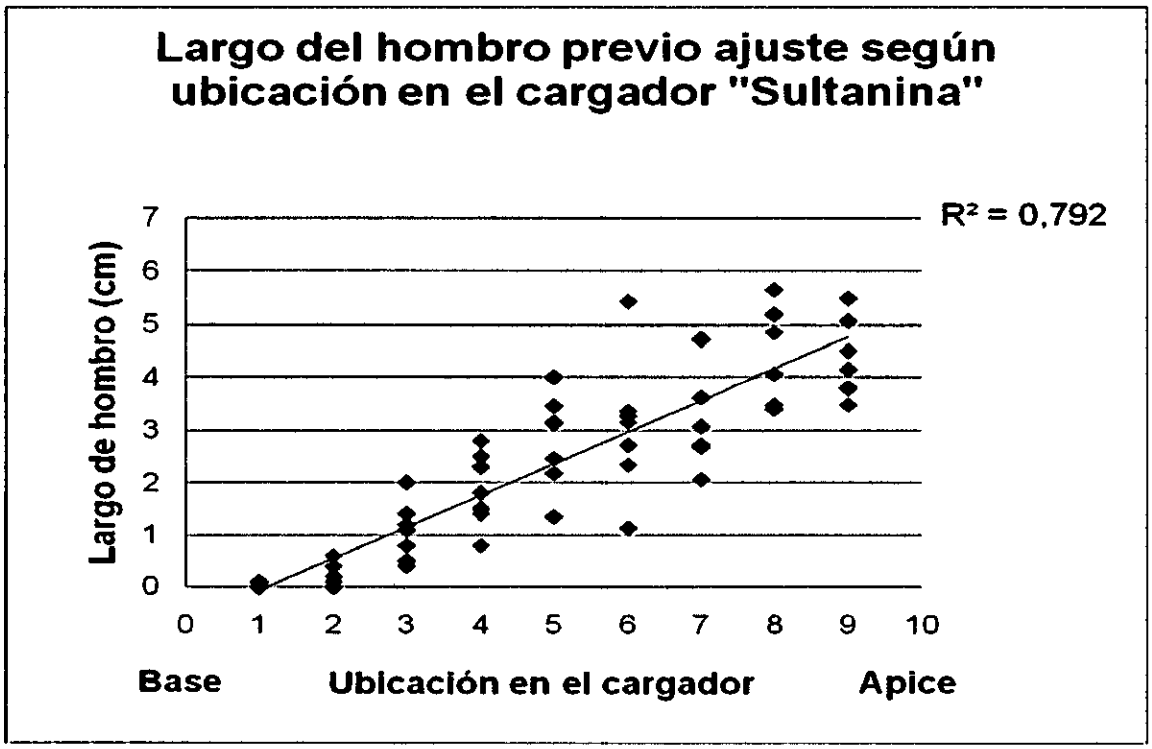


Figura 1. Largo de hombro de racimos previo ajuste de carga según ubicación en el cargador, variedad Sultanina.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

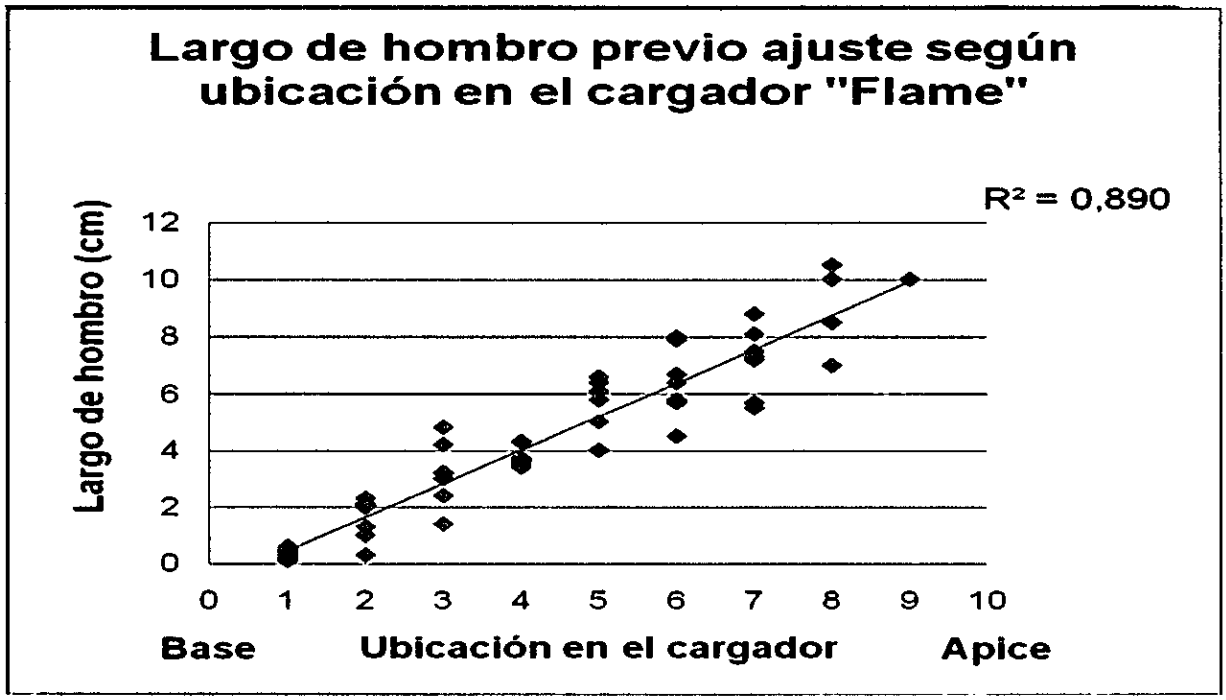


Figura 1.Largo de hombro de racimos previo ajuste según ubicación en el cargador, variedad Flame.

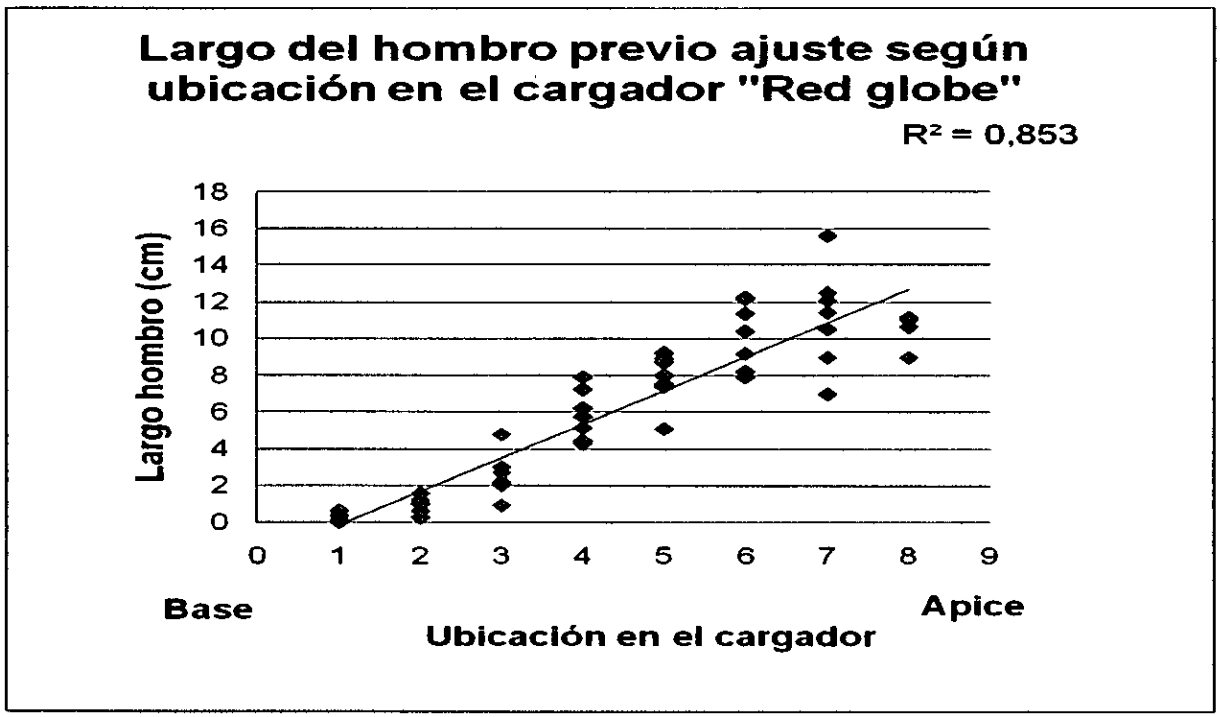


Figura 3. Largo de hombro de racimos previo ajuste según ubicación en el cargador, en variedad Red Globe.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Estos resultados dejan de manifiesto la importancia que existe en determinar el largo de poda para la obtención de racimos de mayor tamaño.

En el análisis del peso de bayas según el largo de hombro de racimos se puede apreciar que en las variedades Sultanina y Flame con racimos más grandes se obtienen bayas de mayor peso, en el caso de Red Globe la relación no es clara **(figuras; 4, 5 y 6 respectivamente)**

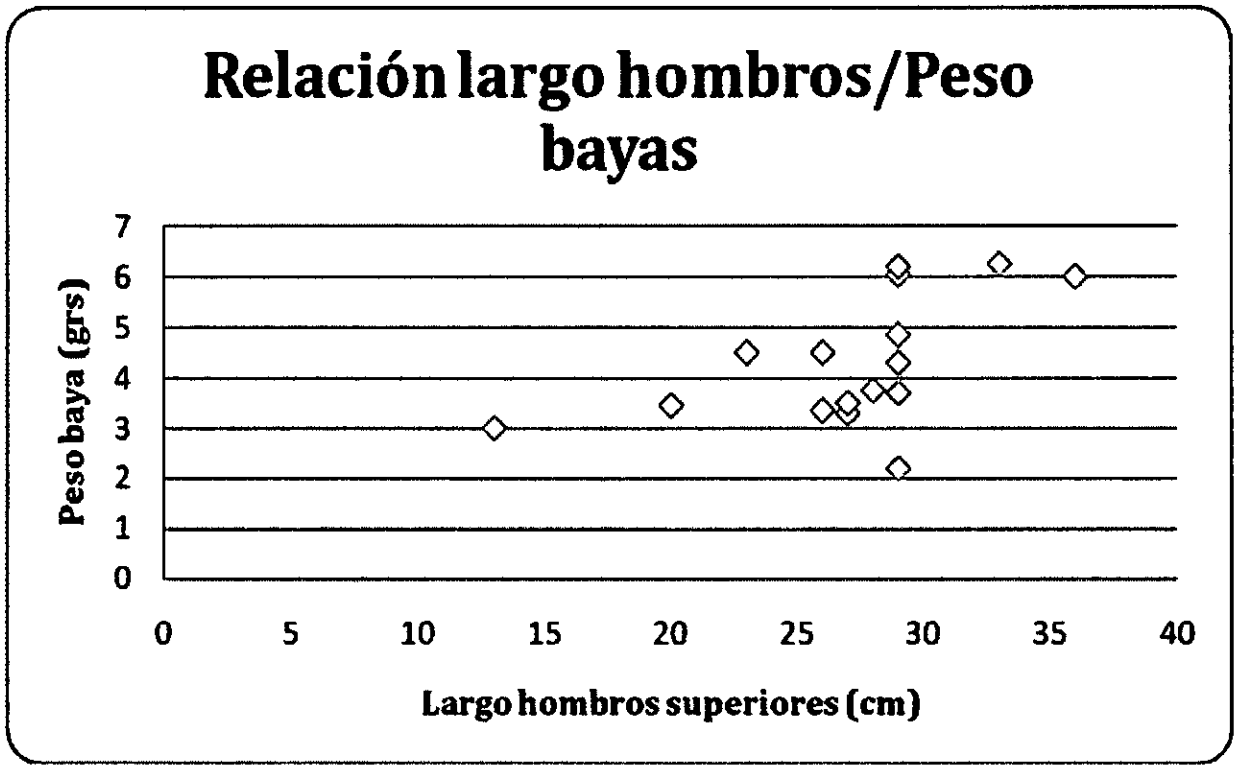


Figura 4. Largo de hombro de racimos relacionados con el peso de bayas, variedad Sultanina.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

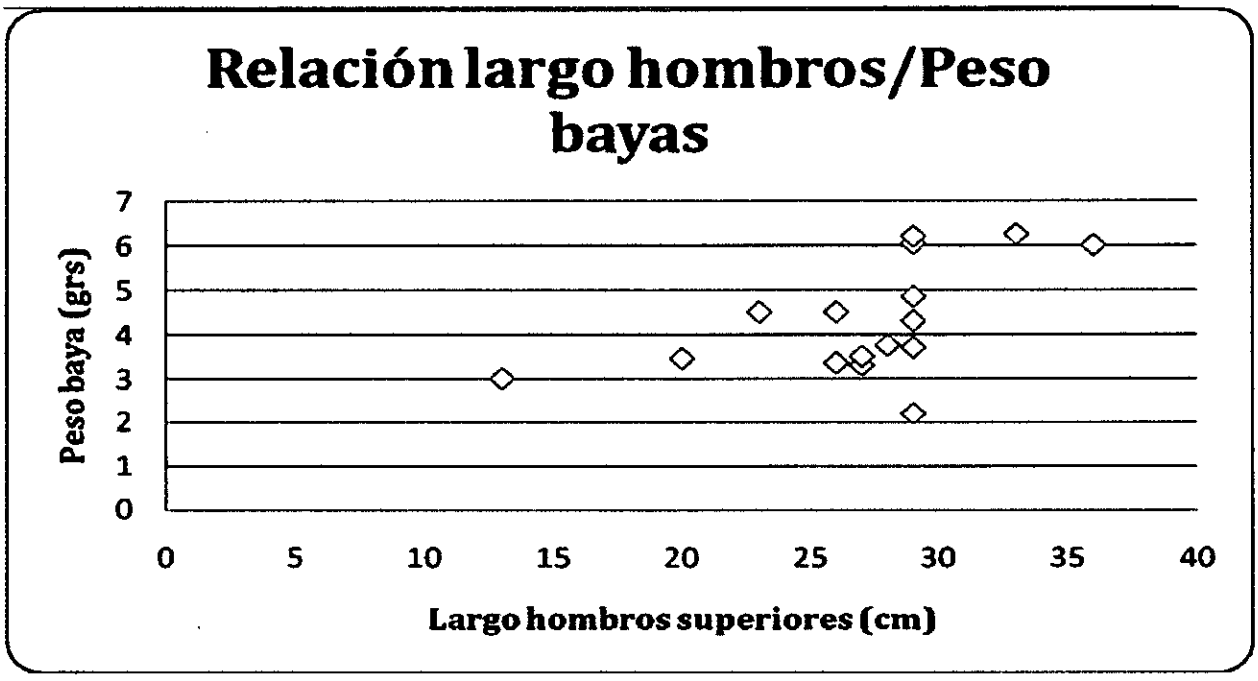


Figura 5. Largo de hombro de racimos relacionados con el peso de bayas, variedad Flame.

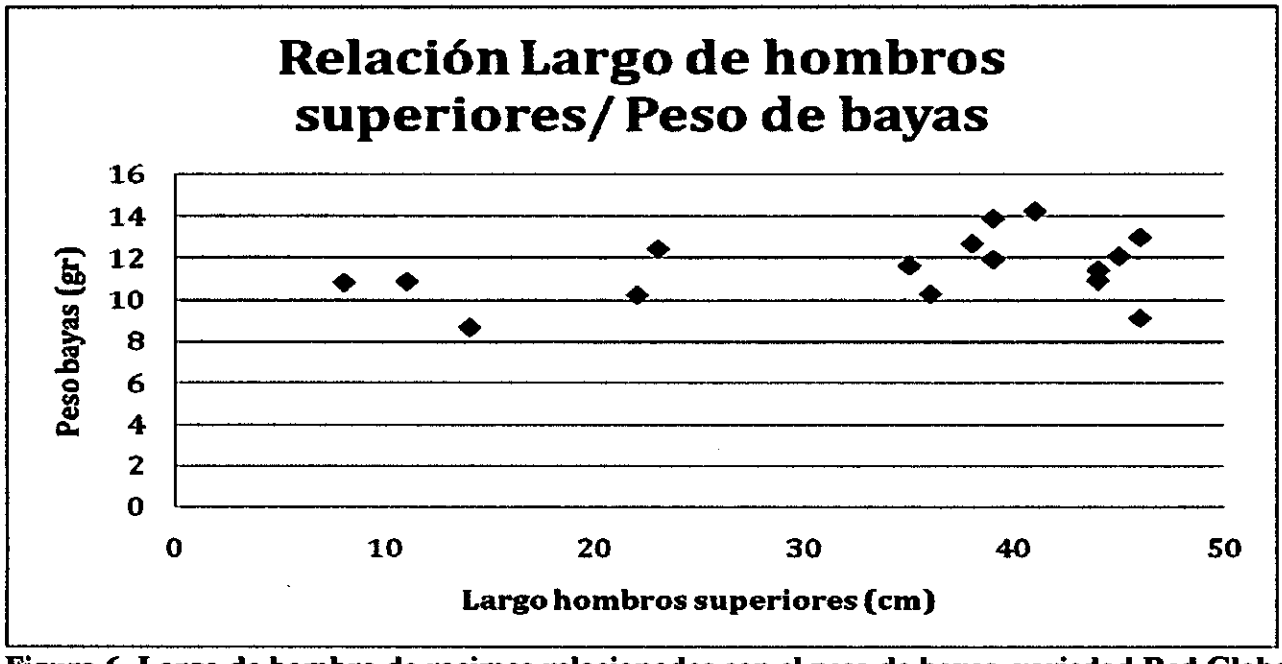


Figura 6. Largo de hombro de racimos relacionados con el peso de bayas, variedad Red Globe.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Conclusión

1) El largo de poda, tiene directa relación con el tamaño de racimos, aumentando en la medida que éstos se ubican en yemas más allá de la N° 3.

2) De la misma forma, racimos mejores conformados, están asociados a bayas de mayor peso.

Bibliografía

Hidalgo, L. 1991. Poda de la vid. 4ª Edición. Ediciones Mundiprensa. España. 237 p.

Instituto nacional de Investigación Agropecuaria. 1980. Guía técnica del viticultor.12ª ed. Instituto nacional de investigación Agropecuaria. Mexico

Muñoz, I. 1983. Poda de la vid. Investigación y Progreso Agropecuario La Platina 17: 32-34.

ODEPA-CIREN. 2005. Catastro frutícola. III Región. Principales resultados. Septiembre 2005. Santiago, Chile. 44p.

Pinilla, C. 1993. Efectos de la aplicación de cianamida hidrogenada más aceite mineral en *Vitis vinifera* cv Thompson Seedless. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Santiago, Chile. 45p.

Winkler, A. 1965. La poda. pp. 301-361. *In*: Winkler. Viticultura. Compañía Editorial Continental, México D.F., México. 792p.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

2. Protocolo para la utilización de nuevos sistemas de interpretación (DRIS y/o CND) de niveles nutricionales

Se estudió el desarrollo de los estándares DRIS y CND, como herramientas de interpretación de los niveles de nutrientes evaluados, de manera de optimizar el uso de fertilizantes. En complemento se generó una guía de las técnicas interpretativas de los análisis foliares. El Informe generado se presenta en el **Cuadro 13**.

Cuadro 13. Informes generados

Título del documento	Nombre del archivo digital
TECNICAS INTERPRETATIVAS DEL ANÁLISIS FOLIAR	INFORME Técnicas Interpretativas Análisis Foliar

TECNICAS INTERPRETATIVAS DEL ANÁLISIS FOLIAR

Erika Kania K.* y Rodrigo Callejas R.

*** Estudiante Doctorado en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.**

Resumen

Técnicas cualitativas, como el diagnóstico visual, son muy útiles para detectar un problema individual, pero cuando los síntomas ya son visibles en la planta, ya se ha perdido parte de la producción. Por estas razones se prefieren las técnicas cuantitativas. Entre ellas, el análisis foliar es una de las técnicas más importantes. Actualmente, el análisis foliar está sujeto a extensas investigaciones por los especialistas en nutrición vegetal. Existe todavía mucho por investigar acerca del uso del análisis foliar como herramienta de diagnóstico. La constante investigación determina continuamente nuevos parámetros y establece nuevos estándares foliares y sistemas de interpretación de los mismos.

Existe diferentes métodos para el diagnostico del estado nutricional de las plantas, algunos de ellos se pueden realizar por medio de una simple comparación entre la concentración de un solo elemento y su norma, denominados métodos estáticos, entre los que se encuentran el Sistema del Nivel Crítico (Critical Value Approach, CVA) el Sistema del Rango de Suficiencia (Sufficiency range approach, SRA; o también llamado Critical Nutrient Range, CNR), el Sistema de Desviación del Óptimo Porcentual (Deviation from Optimum Percentage, DOP) y el Sistema del Balance del Nutriente Evolutivo (Evolutiv Nutrient Balance, ENB). Otros métodos usan relaciones entre dos elementos o incluso relaciones multicomponentes (métodos dinámicos), entre los que se encuentran el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (Diagnosis and Recommendation Integrated System, DRIS) y el Diagnóstico de Composición Nutricional (Compositional Nutrient Diagnosis, CND).

Actualmente en Chile las decisiones de fertilización de los cultivos se realizan comparando las muestras obtenidas con estándares desarrollados bajo otras condiciones edafoclimáticas e interpretando tales análisis con metodologías de interpretación (CVA o SRA) que no han demostrado ser las más adecuadas. Por tales razones, en el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01 se realizó una investigación de la información científica existente de los diferentes sistemas de interpretación de los análisis foliares, con el objetivo de estudiar nuevas metodologías de evaluación e interpretación de los mismos.

Introducción

El término "análisis foliar" se refiere al análisis cuantitativo de los nutrientes esenciales en el tejido de la planta. El análisis foliar se basa en el hecho de que la hoja es el órgano metabólicamente más activo en la planta, por lo que las alteraciones nutricionales afectan en mayor medida a la hoja que a otros órganos (Kenworthy, 1967). El análisis foliar puede ser una herramienta eficaz para evaluar el estado nutricional de las plantas, solamente si se cuentan con procedimientos adecuados para la interpretación de los datos analizados. Dada la naturaleza dinámica de la composición de la hoja, que es fuertemente influenciada por su edad así como por la interacción entre los nutrientes, el diagnóstico foliar ha sido una práctica de difícil entendimiento y utilización (Walworth y Sumner, 1987).

Actualmente, el análisis foliar está sujeto a extensas investigaciones por los especialistas en nutrición vegetal. La constante investigación determina continuamente nuevos parámetros y establece nuevos estándares foliares y sistemas de interpretación de los mismos.

Evaluar el estado nutricional consiste en realizar una comparación entre una muestra cualquiera y un patrón o estándar de comparación, el cual ha sido denominado como norma. La muestra puede estar constituida por una sola planta o por un grupo de plantas y las normas son definidas como los contenidos de nutrientes en la planta o conjunto de plantas "normales" desde el punto de vista nutricional. Se definen como plantas "normales" a aquellas que teniendo en sus tejidos todos los elementos en cantidades y proporciones adecuadas, son de alta producción y presentan una apariencia externa sana. La razón de esta definición parte de la situación que las plantas bajo condiciones anormales (limitantes), no pueden expresar su óptimo potencial productivo. Dicho en otras palabras, altos niveles de producción solo pueden conseguirse cuando todos los factores que determinen la productividad, entre ellos los factores nutricionales, se encuentren en condiciones normales (Andrew, 1968; Beaufils, 1973; Weeb, 1972). El punto crítico es la selección de las normas. Muchas de las técnicas existentes padecen de la falta de normas adecuadas, por lo que en muchos casos, no pueden ser aplicadas con fines prácticos, dado que han sido obtenidas para condiciones climáticas, suelo y cultivares particulares y pueden diferir de las normas más adecuadas al caso concreto que queramos analizar.

La interpretación de los resultados analíticos se puede realizar por medio de una simple comparación entre la concentración de un solo elemento y su norma, métodos denominados estáticos, entre los que se encuentran el Sistema del Nivel Crítico (Critical Value Approach, CVA) (Bates, 1971), el Sistema del Rango de Suficiencia (Sufficiency range approach, SRA; o también llamado Critical Nutrient Range, CNR), el Sistema de Desviación del Óptimo Porcentual (Deviation from Optimum Percentage, DOP) (Montañes *et al*, 1991) y el Sistema del Balance del Nutriente Evolutivo (Evolutiv Nutrient Balance, ENB) (Carpena y Carpena, 1982). Otros métodos usan relaciones entre dos elementos o incluso relaciones multicomponentes (métodos dinámicos), entre los que se encuentran el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (Diagnosis and Recommendation Integrated System, DRIS) (Beaufils, 1973; Sumner, 1977 a; Sumner, 1977 c; Sumner, 1977 e; Sumner, 1982; Sumner, 1985 y Walworth y Sumner, 1987) y el Diagnóstico de

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Composición Nutricional (Compositional Nutrient Diagnosis, CND) (Parent y Dafir, 1992; Parent *et al*, 1993).

La naturaleza dinámica de la concentración de nutrientes de los tejidos, impuso severas limitaciones al uso del análisis foliar para el diagnóstico nutricional (Bates, 1971). El sistema del Nivel Crítico y del Rango de Suficiencia, métodos tradicionales de interpretación de los análisis foliares, dependen de las normas de diagnóstico derivadas de hojas de un estado fenológico en particular y categorizan a los nutrientes como deficientes y excesivos basados únicamente en la concentración de un nutriente. El período en el cual se han desarrollado los estándares, ocurre generalmente muy tarde en la estación de crecimiento de las plantas, época en que ya es muy tarde para que la aplicaciones de los programas de fertilizantes sean efectivas. Considerando que el sistema DRIS y CND utilizan el concepto de balance nutricional (relación entre los nutrientes), se presume que éstos métodos debieran ser más precisos que los otros en la detección de deficiencias o excesos nutricionales.

Sistema del Nivel Crítico y Sistema del Rango de Suficiencia.

El sistema del Nivel Crítico (Bates, 1971), se basa en las comparaciones individuales de las concentraciones foliares de los nutrientes en la muestra con un valor aceptado de normalidad en un estado fenológico específico. Por encima de ese valor la planta tendría cantidades suficientes del nutriente y por debajo no. Debido a que en esta aproximación se considera cada nutriente por separado, se ignoran los efectos de interacción entre nutrientes, los que pueden causar grandes variaciones en el valor crítico. Para el método del Rango de Suficiencia, la comparación se hace incluyendo el dato obtenido en el análisis en un intervalo predeterminado donde se supone que la planta presentaría concentraciones del nutriente que no implican reducción en su producción. También incluye intervalos de deficiencias y excesos, y en algunos casos, muy deficientes (**Figura 1**).

DIAGNÓSTICO TRADICION		%				ppm				
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Resultado del análisis		1,3	0,41	0,75	1,70	0,51	35	92	20,0	47,0	130
Normas	bajo	2,1	0,15	0,65	1,7	0,18	65	50	5	30	50
	suficiente	2,1-3,8	0,15-0,38	0,65-1,7	1,7-3,8	0,18-0,45	65-300	50-500	5,0-20	30-250	50-130
	alto	3,8	0,38	1,7	3,8	0,45	300	500	20	250	130
	Diagnóstico	bajo	alto	normal	normal	alto	bajo	normal	alto	normal	alto

Figura 1. Ejemplo de una interpretación basada en el Sistema del Rango de Suficiencia (Valores de normas corresponden a valores hipotéticos)

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

El uso del Nivel Crítico o del Rango de Suficiencia para la evaluación del estatus nutricional es cuestionable, puesto que no define si la deficiencia y/o exceso de un determinado elemento es aguda o no, ni tampoco si un determinado nutriente es más deficiente que otro (Baldock y Schulte, 1996). Diversos autores, Andrew (1968), Beaufils (1973) y Kenworthy (1967), señalaron que esta forma de expresión depende de la edad fisiológica del tejido estudiado. Por lo tanto, para evitar problemas a la hora de realizar las interpretaciones, debe ejercerse un riguroso control en la recolección de las muestras, de manera de asegurar que éstas sean de la misma edad fisiológica que los patrones contra los cuales se comparan los resultados analíticos (Beaufils, 1973; Beaufils y Sumner 1976). Por otra parte, ambos sistemas no hacen caso de las interacciones de los nutrientes.

Desviación del Óptimo Porcentual.

El índice DOP, siglas en inglés del denominado método de Desviación del Óptimo Porcentual (Desviation from Optimun Percentage) es definido como el porcentaje de desviación en que un nutriente se desvía de un valor de referencia o norma (Montañés *et al*, 1991). De esta manera permite una clasificación u ordenamiento de los nutrientes en función de su efecto limitante. La sumatoria de los valores absolutos de los índices representa el balance nutritivo total de la planta y puede ser relacionado con la productividad.

El índice DOP es calculado aplicando la siguiente fórmula: IN-DOP = ((C · 100) / C ref) – 100, donde C = concentración del nutriente en la muestra y C ref = valor de referencia óptimo o norma para el nutriente (**Figura 2**).

D.O.P.	--------- % ----------					
	N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	
Resultado del análisis	1,3	0,41	0,75	1,70	0,51	
Normas suficiente	2,9	0,26	0,85	2,7	0,3	
Índices	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	
Diagnóstico	-56	57	-12	-38	70	Σ [I]= 233

Figura 2. Ejemplo de una interpretación basada en el Sistema DOP.
(Valores de normas corresponden a valores hipotéticos)

Cuando un elemento esta en su concentración óptima el índice DOP para este elemento es igual a cero. Un gran valor absoluto en el índice DOP indica una larga desviación de la situación óptima. Un índice DOP negativo indicaría deficiencias de los elementos, por el contrario los índices DOP positivos indicaría excesos (Montañés *et al*, 1993). Montañes *et al.* (1993) ha usado el DOP satisfactoriamente en diferentes cultivos tales como: duraznero, soya, trigo, sorgum y maíz.

Una de las principales desventajas que presenta este método es que, al igual que el Sistema del Nivel Crítico y el del Rango de Suficiencia, no toma en cuenta la variabilidad de las concentraciones de los nutrientes con el envejecimiento de las hojas ni las relaciones entre los

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

nutrientes, por lo tanto, es solamente aplicable al estado fenológico en el cual fueron desarrolladas las normas foliares.

Balance del Nutriente Evolutivo.

El Sistema del Balance del Nutriente Evolutivo propuesto por Carpena y Carpena (1982), no presenta normas concretas sino que propone el cálculo de rangos de normalidad y deficiencia a lo largo del ciclo del cultivo (**Figura 3**). Esta metodología ha sido aplicada con éxito en cítricos (Carpena *et al*, 1971) en España, pero requiere de mucho trabajo apoyado de trabajos experimentales hidropónicos para determinar el balance nutricional en diferentes condiciones nutricionales y para diferentes variedades.

Si para un lote de plantas de un mismo cultivo, fisiológicamente normales y sometidas a una nutrición adecuada, se determinan los niveles foliares de todos los elementos a lo largo de un ciclo, se obtendrán los intervalos de normalidad más probables. Es posible así, establecer un "modelo fisiológico", característico de cada especie e incluso de cada variedad, para condiciones ecológicas concretas. De acuerdo con ello, el Balance del Nutriente Evolutivo asume en conjunto tanto lo específico de la planta y nutriente, como las condiciones ambientales medias, proporcionando, en definitiva, una imagen real de la situación nutricional óptima, con exactitud notable, tanto mayor cuanto más numerosa sea la población de plantas sanas analizadas y mayor también el número de ciclos procesados (Carpena y Carpena, 1982).

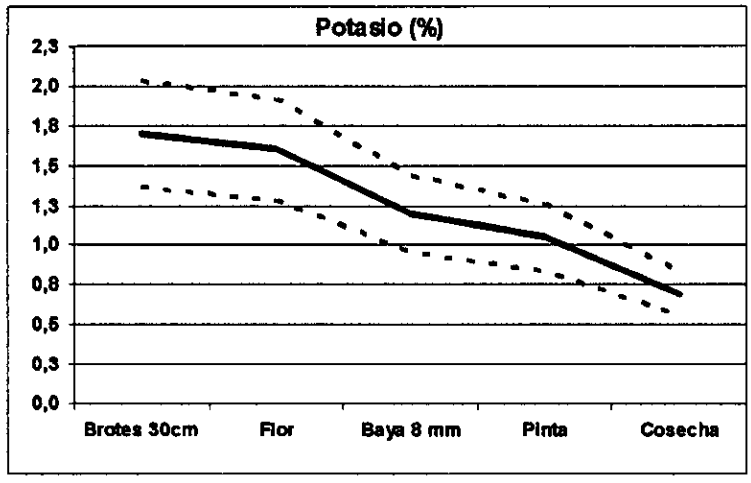


Figura 3. Ejemplo de una interpretación basada en el Sistema del Balance del Nutriente Evolutivo

Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS).

El método de diagnóstico DRIS, siglas en inglés del denominado Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (Diagnosis and Recommendation Integrated System), es una técnica matemática que utiliza la información de los análisis foliares para determinar cual es el nutriente más limitante en un sistema de producción. La evaluación se realiza mediante la comparación del balance relativo

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

del contenido de un nutriente con normas establecidas para ese cultivo, bajo condiciones de alto rendimiento. El balance nutricional es parte de la interpretación apropiada del sistema DRIS, debido a que la interacción de los nutrientes, en gran parte, determina el rendimiento y la calidad del cultivo.

Este sistema fue propuesto originalmente por Beaufils (1973), a partir de trabajos sobre fisiología y nutrición vegetal (Beaufils y Sumner, 1976; Beaufils y Sumner, 1977) y poco tiempo después por Sumner (1975, 1977 a, 1977 b, 1977 c, 1977 d y 1977 e). Posteriormente, diversos autores han utilizado este sistema para generar normas de diagnóstico de tejidos en una gran variedad de cultivos, desde cultivos agronómicos (maravilla, maíz, soya, tabaco, trigo), cultivos de forraje (alfalfa, pasto bahía, chépica, trébol subterráneo, trébol blanco), frutales (avellana, café, cereza, cítricos, coco, duraznero, mango, manzano, nogal, palto, papayo, piña, plátano, vid), vegetales (alcachofa, apio, berenjena, cebolla, lechuga, papa, tomate y especies forestales (eucaliptos, pino, álamo).

Las proposiciones del trabajo del DRIS están basadas en: a) Las relaciones entre nutrientes son frecuentemente mejores indicadores de las deficiencias nutricionales que valores aislados de concentraciones b) Algunas relaciones de nutrientes son más importantes o significantes que otras c) Las producciones máximas son solamente alcanzadas cuando las relaciones entre nutrientes están cercanas a un valor óptimo, las que son obtenidas de la selección de una población de altos rendimientos d) Como consecuencia de lo indicado en c), la varianza de una relación de nutrientes es menor en una población de altos rendimientos (población de referencia), que en una de bajos rendimientos, y las relaciones entre las varianzas de la población de alto y bajo rendimiento pueden utilizarse en la selección de las normas de las relaciones de nutrientes que sea significativas e) Se pueden calcular índices DRIS individuales para cada nutriente, siendo el valor ideal para este índice cero (Walworth y Sumner, 1987).

Uno de los problemas presentes en la interpretación de los análisis de tejidos con propósito de diagnóstico son los cambios de composición con la edad del tejido muestreado (Sumner 1985), sin embargo una de las principales ventajas del DRIS es la posibilidad de diagnosticar el estado nutricional, aún con muestras de tejidos de diferentes etapas de crecimiento. Diversas investigaciones han llegado a la conclusión de que las concentraciones de los nutrientes (concentración de nutriente / materia seca) cambian marcadamente con en envejecimiento de los tejidos. La gran mayoría de las investigaciones indican que, aunque puede existir excepciones, las concentraciones de N, P, K, Zn, Mn, B y S tienden a decrecer durante el envejecimiento de los tejidos. En contraste, las concentraciones de Ca y Mg tienden a aumentar (Dow y Roberts, 1982; Melsted *et al*, 1969; Rominger *et al*, 1975; Sumner, 1979; Sumner, 1985).

Beaufils (1973), propuso la expresión de las normas de diagnóstico con base a cuocientes, para reducir el efecto modificatorio que introduce la edad del tejido muestreado, en la correcta interpretación o diagnóstico de un determinado análisis foliar. Beaufils (1973), señala que en la medida que la planta madura, los tejidos contienen mayor proporción de materia seca que de humedad y nutrientes y, por consiguiente, al expresar la concentración de nutrientes en función del contenido de materia seca (MS), el valor decrece en el tiempo, por ejemplo, N (%) = 100 N / MS.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Sin embargo, al usar las relaciones entre nutriente (para los elementos N, P y K, que disminuyen durante el envejecimiento de las hojas) como por ejemplo, N/P = (100 N/MS) / (100 P/MS), se cancela la MS y la relación N/P se vuelve menos dependiente de los cambios relativos en MS con la edad (Sumner, 1982; Walworth y Sumner, 1987), por lo que los cuocientes (N/P, N/K y P/K, o sus recíprocos) debieran mantenerse aproximadamente constantes con el tiempo, y estas serían las formas de expresión más apropiadas de usar. Análogamente, dado que las concentraciones de Ca y Mg usualmente aumentan con la edad de las hojas, sus cuocientes debieran de igual manera producir un valor constante. Sin embargo, en el caso de que un nutriente aumente con la edad de la hoja y el otro disminuya, la expresión como el producto entre estos nutrientes (N · Ca) debiera producir un valor contaste. Estas formas de expresión están usualmente menos afectadas por la edad de los tejidos, y por lo tanto, presentan una oportunidad de expandir el uso y la precisión del análisis foliar. Esto permite una mayor flexibilidad en el momento del muestreo y un período mayor de tiempo para realizar el diagnóstico. En la práctica, las relaciones entre pares de nutrientes son las más utilizadas. Sin embargo, las ventajas de las expresiones en forma de producto han sido demostradas por Walworth y Sumner (1987).

El sistema DRIS, propuesto por Beaufils (1973), se basa en la comparación de a pares de la concentración de los elementos (N/P, P/K, etc.) con valores estándares desarrollados (normas DRIS) (**Figura 4**). Según la metodología propuesta por Beaufils (1973) se debe calcular para cada grupo separado por productividad (subpoblación), la media (X), la varianza (S^2) y el coeficiente de variación (CV) para todos los cuocientes o productos entre pares de nutrientes analizados (por ej.: N/P o P/N).

Después del establecimiento de las normas DRIS, la fórmula propuesta por Beaufils (1973) calcula un índice para cada nutriente denominado IN-DRIS (**Figura 4**). El IN-DRIS de un nutriente, es el valor promedio de todas las comparaciones de los nutrientes y de sus interacciones contra los valores normales de los nutrientes. Los IN-DRIS serán negativos, positivos o cero de acuerdo a la magnitud de las desviaciones del óptimo balance, de esta manera, pueden ser interpretadas fácilmente las relaciones de balances entre todos los nutrientes. Un 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 contra todos los demás elementos bajo diagnóstico. Los IN-DRIS positivos indican un exceso relativo de ese elemento con relación a los demás elementos mientras que los IN-DRIS negativos, indican una deficiencia relativa del elemento con relación a los otros elementos. (Beaufils, 1973; Sumner, 1979; Walworth y Sumner, 1987 y Walworth y Sumner, 1988). Mientras más cercano a cero se encuentren los índices, más balanceada se encontrará la planta nutricionalmente (Walworth y Sumner, 1987).

La última fase en el diagnóstico en el sistema DRIS, envuelve la determinación de los Índices de Balance Nutrcional (IBN-DRIS) (**Figura 4**), a través de la suma algebraica de los valores absolutos de todos los IN-DRIS calculados. El IBN-DRIS, determina la magnitud del balance (o desbalance) nutricional de un cultivo con respecto al valor óptimo de un nutriente en el cultivo, por lo tanto, mientras mayor sea el desbalance nutricional en la muestra de tejido, mayor serán los valores de los IBN-DRIS y viceversa, mientras menores sea el desbalance del nutriente respecto al valor óptimo, ese valor tiende a cero. (Beaufils, 1973; Walworth y Sumner, 1987 y Walworth y Sumner, 1988).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

D.R.I.S. --------- % ----------

	N	P	K	Ca	Mg
Resultado del análisis	2	0,41	1,70	1,70	0,51

Relaciones seleccionadas		N/P	N/K	N/Ca	Mg/N	K/P	Ca/P	Mg/P	Ca/K	Mg/K	Mg/Ca
Normas DRIS	Datos	4,9	1,2	1,2	0,3	4,1	4,1	1,2	1,0	0,3	0,3
	Media	4,8	0,6	2,7	0,4	5,8	2,1	0,5	1,3	0,4	0,3
	C.V (%)	38,7	11,3	25,3	17,4	12,3	26,5	30,7	25,2	28,9	12,4
	funciones	1	88	-52	-30	-32	36	53	-10	-6	7

	N	P	K	Ca	Mg	
Diagnóstico: Índices DRIS	17	-14	-26	18	6	Σ|I| : 80

Figura 4. Ejemplo de una interpretación basada en el Sistema DRIS. (Valores de normas corresponden a valores hipotéticos)

En general el sistema DRIS tiene ciertas ventajas sobre otros métodos de diagnóstico: permite ordenar los nutrientes en forma secuencial, permite detectar casos de limitaciones de rendimiento debido a un desbalance nutricional, permite realizar un diagnóstico nutricional en cualquier etapa de desarrollo del cultivo y por último permite diagnosticar el balance nutricional total de la planta por medio del índice de balance de nutrientes. En acuerdo con estas capacidades, varios autores han comparado la precisión del diagnóstico entre el sistema DRIS y el de los valores críticos, dando por resultado que los análisis mediante el sistema de diagnóstico DRIS son más seguros y precisos que los del diagnóstico por el Nivel Crítico o del Rango de Suficiencia (Angeles *et al*, 1993; Baldock y Schulte, 1996; Bell *et al*, 1995; Bowen, 1992; Escano *et al*, 1981 b; Hanson, 1981; Munson y Nelson, 1990, Roberts y Rhee, 1993; Soltanpour *et al*, 1995; Walworth *et al*, 1986 b y Walworth y Sumner, 1987).

Uno de los problemas encontrados en el uso de DRIS es que hay pocas normas y sólo para algunos elementos. A pesar de que diversos autores han adoptado el uso universal de las normas DRIS, afirmando que las normas pueden ser utilizadas independientemente de las condiciones locales en donde uno se encuentre (Sumner, 1979; Walworth y Sumner, 1987, Payne et al, 1990), otros autores han cuestionado la universalidad de las normas, ya que se han encontrado grandes diferencias entre las normas generadas a partir de diferentes poblaciones y localidades, demostrando que el desarrollo de normas DRIS locales son más precisas y confiables (Dara et al, 1992; Hallmark y Beverly, 1991; Jones Junior, 1993 ; Reis, 2002; Reis y Monnerat, 2002 b). En ausencia de normas locales, las normas desarrolladas bajo otras condiciones edafoclimáticas solamente deben ser utilizadas si las concentraciones de nutrientes de la población de los más altos rendimientos utilizada para generar las normas son similares a las concentraciones de nutrientes de la población de altos rendimientos bajo estudio.

Sistema de Diagnóstico de Composición Nutricional (CND).

Posteriormente a la aparición de la metodología DRIS aparece la metodología CND, desarrollada en Canadá (Parent y Dafir, 1992). Ésta utiliza la misma base de datos desarrolladas para el sistema DRIS, pero difiere en sus cálculos de interpretación ya que fundamenta su teoría en el Análisis Composicional de Datos (Compositional Data Análisis, CDA) (Aitchison, 1982; Aitchison, 1986). Con el también se calculan índices individuales para cada nutriente, pero usando su relación respecto a la media geométrica G, de todos los nutrientes y componentes del material vegetal.

El CND considera a la hoja analizada en su totalidad, por lo tanto la sumatoria de todos sus componentes será igual a 100 %. Además, considera un parámetro R que representa el resto de elementos no considerados en el análisis. Es importante remarcar que el análisis de nutrientes involucra el 5% aproximado de todos los contenidos en la planta, donde C, H y O forman parte del 95% restante, destacando la importancia del parámetro R.

La ventaja del CND respecto del DRIS es el uso de relaciones respecto a la composición total, y en consecuencia el efecto de la variabilidad de un simple elemento en el resto de los nutrientes está considerado como un efecto global y no como la contribución de varios efectos individuales sobre cada uno de los restantes nutrientes (Cadahia, 1998).

El sistema CND desarrollado por Parent, ha sido utilizado por escasos investigadores en algunos cultivos, frutales y especies forestales.

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, que corresponde a la sumatoria de los índices CND individuales al cuadrado para cada nutriente. El índice r^2 nos indica que mientras más alejado de 0 más desbalanceada se encuentra la planta.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Conclusiones

El Sistema DRIS es una herramienta muy efectiva para el diagnóstico nutricional de muchos cultivos y especies frutales, demostrando ser una buena herramienta para corregir desbalances nutricionales y para incrementar las producciones de los cultivos. Exceptuando algunos estudios, la mayoría de los trabajos de investigación muestran claramente que el sistema DRIS es más efectivo que los sistemas convencionales de diagnóstico nutricional, con la ventaja adicional de establecer un rango de nutrientes deficientes a excesivos, cuantificando el balance de nutrientes en la planta.

El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) es un método de fácil aplicación e interpretación para los productores que puede ser muy útil para diagnosticar el estado nutricional de los cultivos. El Sistema de Diagnostico de Composición Nutricional (CND), basado en el análisis composicional de los datos, presenta un enfoque más complejo de análisis, siendo un método más complejo de aplicar e interpretar.

Existen controversias en lo que se refiere al procedimiento del cálculo de las normas e índices DRIS. Una de las principales preguntas es acerca de la validación del método y la base de datos necesaria para generar normas que se esperan sean representativas. La mayoría de los resultados de las investigaciones, han indicado que mientras más específica es la base de datos, más efectivas son las normas generadas, caso contrario, los diagnósticos pueden ser incorrectos.

El criterio para la selección de la subpoblación de referencia (o de altos rendimientos), demanda futuros estudios, ya que está, en cierta medida, adaptado específicamente para cada situación. De esta forma, las normas DRIS debieran ser desarrolladas para cada condición específica, en la cual todos los demás factores que estén correlacionados con la producción o calidad sean conocidos y aislados: variedad, clima, suelo, manejos de producción, etc. para conseguir los objetivos específicos.

Finalmente, las metodologías de interpretación de los análisis foliares debe ser utilizadas como una herramienta más de diagnóstico, dentro de un contexto que considere el análisis de suelo, síntomas visuales e información previa para diseñar las estrategias de fertilización más adecuadas.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Literatura consultada

AITCHISON, J. 1982. The statistical analysis of compositional data. Journal of the Royal Statistical Society. Serie B. 44:139-177.

AITCHISON, J. 1986. Statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall, New York.

ANDREW, C. 1968. Problems in the use of chemical analysis for diagnosis of plant nutrient deficiencies. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science. 34: 154-162.

ANGELES, D.; SUMNER, M.; LAHAV, E. 1993. Preliminary DRIS norms for bananas. Journal of Plant Nutrition.16:1059-1070.

BALDOCK, J.; SCHUTLE, E. 1996. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. Agronomy Journal. 88: 448-456.

BATES, T. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plant and their evaluation: A review. Soil Science. 112:116–130.

BEAUFILS, E. 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 - University of Natal (Sudafrica). 1: 1-132.

BEAUFILS, E.; SUMNER. M. 1976. Application of the DRIS approach for calibrating soil, plant yield and quality factors of sugarcane. Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc. 50:118-124.

BEAUFILS, E.; SUMNER. M. 1977. Effect of time of sampling on the diagnosis of N, P, K, Ca and Mg requirements of sugarcane by DRIS approach. Proc. S. Afr. Sugar Tech. Assc. 51: 62-67.

BELL, P.; HALLMARK, W.; SABBE, W.; DOMBECK, D. 1995. Diagnosing nutrient deficiencies in soybean, using M-DRIS and critical nutrient level procedures. Agronomy Journal. 87:859-865.

BOWEN, J. 1992. Comparative DRIS and critical concentration interpretation of papaya tissue-analysis data. Tropical Agriculture. 69:63-67.

CADAHÍA, C. 1998. Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa, España. 475p.

CALDWELL, J.; SUMNER, M.; VAVRINA, S. 1994. Development and testing of preliminary foliar DRIS norms for onions. HortScience. 29: 1501-1504.

CARPENA, O.; ALCARAZ, A.; LEÓN, A.; LLORENTE, S. 1971. Balance de nutrientes de variedades cítricas. Rev. Agroq. Tecn. Alim. 11 (3) : 435-445.

CARPENA-ARTÉS, O.; CARPENA-RUIZ, R. 1982. Balance nutriente evolutivo: Aplicaciones. Anales de Edafología y Agrobiología. 41: 1355-1371.

DARA, S.; FIXEN, P.; GELDERMAN, R. 1992. Sufficiency level and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating the nitrogen status of corn. Agronomy Journal. 84:1006-1010.

DOW, A.; ROBERTS, S. 1982. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. Agronomy Journal. 74: 401-403.

ELWALI, A.; GASCHO, G. 1984. Soil testing foliar analysis and DRIS as guides for sugarcane fertilization. Agronomy Journal. 76: 466-470.

ELWALI, A.; GASCHO, G.; SUMNER M. 1985. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. Agronomy Journal. 77:506-508.

ESCANO, C.; JONES, C.; UEHARA, G. 1981 b. Nutrient diagnosis in corn grown on Hydric Dystrandepts. II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. Soil Science Society of American Journal. 45:1140-1114.

HALLMARK, W.; BEVERLY, R. 1991. Review - An update in the use of the diagnosis and recommendation integrated system. Journal of Fertilizer Issues Paris. 8:74-88.

HANSON, R. 1981. DRIS evaluation of N, P, K status of determinant soybean in Brazil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 12: 933-948.

HARTZ, T.; MIYAO, E.; VALENCIA, J. 1998. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. HortScience. 33: 830-832.

JONES, C. 1981. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 12:785-794.

JONES JUNIOR, J. 1993. Modern interpretation system for soil and plant analysis in the USA. Australian Journal of Experimental Agriculture. 33: 1039-1043.

KENWORTHY, A. 1967. Plant analysis and interpretation of analysis for horticulture crops. p. 381-392. En: Soil testing and plant analysis II. Plant analysis. M. Stelly, Ed. Soil. Sci. Soc. Amer. Spec. Pub. 2. Madison, W.I. (EE.UU.).

MELSTED, S.; MOTTO, H.; PECK, T. 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. Agronomy Journal. 61: 17-20

MONTAÑES, L.; HERAS, L.; SANZ, M. 1991. Desviación del Óptimo Porcentual (DOP): Nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal. An. Est. Exp. Aula Dei (Zaragoza). 20: 93-102.

MONTAÑES, L.; HERAS, L.; ABADÍA, J.; SANZ, M. 1993. Plant Analysis interpretation based on a new index: Deviation from optimum percentage (DOP). Journal of Plant Nutrition. 16: 1289-1308.

MUNSON, R.; NELSON, W. 1990. Principles and practices in plant analysis. p. 359-387. En: Soil testing and plant analysis. 3a Ed. SSSA Book series: 3. Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison, W.I. (EE.UU.).

PARENT, L.; DAFIR, M. 1992. A Theorical Concept of Composicional Nutrient Diagnosis. Sainte-Foy, Québec, Canadá. Soil Science Departement, Laval University. Journal of the American Society for Horticultural Science. 117(2): 239-242.

PARENT, L.; KARAM, A.; VISSER, S. 1993. Compositional Nutrient Diagnosis of the Grenhouse Tomato. HortScience. 28 : 1041-1042.

PAYNE, G.; RECHCIGL, J.; STEPHENSON, R. 1990. Development of Diagnosis and Recommendation Integrated System norms for bahiagrass. Agronomy Journal. 82: 930-934.

REIS, R. 2002. DRIS norms universality in the corn crop. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 33: 711-735.

REIS, R.; MONNERAT, P. 2002 b. Sugarcane nutritional diagnosis with DRIS norms established in Brazil, South Africa, and the United States . Journal of Plant Nutrition. 25: 2831-2851.

ROBERTS, S.; RHEE, J. 1993. Critical nutrient concentrations and DRIS analysis of leaf and grain from high-yielding corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 24:2679-2687.

ROMINGER, R.; SMITH, D.; PETERSON, L. 1975. Changes in elemental concentration in alfalfa herbage at two soil fertility levels with advance in maturity. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 6: 163-180.

SNYDER, G.; KRETSCHMER, A. 1988. A DRIS analysis for bahiagrass pastures. Proceedings - Soil Crop Science Society of Florida . 47: 56-59.

SOLTANPOUR, P.; MALAKOUTI, M.; RONAGHI, A. 1995. Comparison of diagnosis and recommendation integrated system and nutrient sufficiency range for corn. Soil Science Society of American Journal. 59:133-139.

SUMNER, M.E. 1975. An evaluation of Beaufils Physiological Diagnosis technique for determining the nutrient requirement of crops. Soil Science. 5: 437-446. University of Natal. Sur África. p. 75.

SUMNER, M. 1977 a. Applications of Beaufils diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. Plant and Soil. 46:359-369.

SUMNER, M. 1977 b. Preliminary N, P and K foliar diagnosis norms for soybean. Agronomy Journal. 69: 226-230.

SUMNER, M. 1977 c. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca, and Mg content on calculated DRIS indices. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 8: 269-280.

SUMNER, M. 1977 d. Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 8:149-167.

SUMNER, M. 1977 e. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 8: 251-268.

SUMMER, M. 1979. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. Agronomy Journal. 71:343-348.

SUMNER, M. 1982. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS).p.149-188. En: Soil & plant analysis seminar. Council on Soil Testing and Plant Analysis, Anaheim.California. (EE.UU.).

SUMMER, M. 1985. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) as a guide to orchard fertilization. International seminar on Leaf Diagnosis as a Guide to Orchard Fertilization. Food and Fertilizer Technology Center for Asia and Pacific Region. Suweon, Korea. Boletín N° 231, Taiwan. 24 p.

WALWORTH, J.; SUMNER, M.; ISAAC, R.; PLANK, C. 1986 b. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and comparison with the Midwest norms. Agronomy Journal. 78: 1046-1052.

WALWORTH, J.; SUMMER, M. 1987. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Advances in Soil Science. 6: 149-188.

WALWORTH, J.; SUMMER, M. 1988. Foliar Diagnosis. A Review. Adv. Plant. Nutr. 3:139-241.

WEEB, R.A. 1972. Use of the boundary line in the analysis of biological data.. J. Hort. Sci. 47:309-319.

3. Protocolo para la utilización de nuevo instrumental a ser implementado como control del manejo del riego, salinidad y fertilización.

Como una alternativa o tecnología complementaria a la observación subjetiva de la humedad del suelo usando "calicatas", se validó la utilización de instrumentos que permitan darle objetividad a la evaluación del contenido de humedad y salinidad del suelo. Los Informes generados se presentan en el **Cuadro 14**.

Cuadro 14. Informes generados

Título del documento	Nombre del archivo digital
WET SENSOR: EXPERIENCIA PRÁCTICA EN EL CONTROL DE HUMEDAD Y CONTENIDO DE SALES DEL SUELO, EN HUERTOS FRUTALES	ARTÍCULO Wet Sensor (* En Artículos de Extensión)
USO DEL INSTRUMENTO WET SENSOR EN EL CONTROL DEL LAVADO DE SALES	INFORME Wet Sensor y Lavado de Sales
USO Y ALTERNATIVA PARA CONTROL DEL AGUA DEL SUELO UTILIZANDO EL INSTRUMENTO DIVINER.	INFORME Instrumento Diviner Parte 1
USO Y ALTERNATIVA PARA CONTROL DEL AGUA DEL SUELO UTILIZANDO EL INSTRUMENTO DIVINER Y SU COMPLEMENTO CON EL WET SENSOR PARTE 2	INFORME Instrumento Diviner Parte 2
ESTRÉS HÍDRICO Y FOTOSÍNTESIS	INFORME Riego y Fotosíntesis
CALIBRACIÓN DE UN MEDIDOR PORTÁTIL DE CLOROFILA EN EL CULTIVO DE LA VID.	INFORME Spad
SAPITO: SISTEMA SENCILLO DE CONTROL DEI RIEGO	INFORME Sapito
CALIBRACION DE CÁMARA DE PRESIÓN TIPO SCHOLANDER MODELO PUMP-UP, PARA EL CONTROL DE LA CONDICIÓN HÍDRICA DE VIDES "SULTANINA"	INFORME Calibración Scholander Sultanina

USO DEL INSTRUMENTO WET SENSOR EN EL CONTROL DEL LAVADO DE SALES

Rodrigo Callejas R. y José Tomás Wieczorek

Estudio de caso: Suelo de texturas medias

Lugar del ensayo. Fundo Nantoco
Variedad: Sultanina
Densidad de plantación: 3x3 m

Objetivo

Evaluar, utilizando el instrumento WET SENSOR, dos formas de lavado de sales del suelo durante la postcosecha, con el objetivo de mejorar las condiciones de brotación de las parras.

Metodología

Se realizaron dos tipos de riego de lavado de sales. Por un lado, se utilizando el sistema de riego presente en el predio, es decir: riego por goteo, gotero a metro, tiempos de riego de 18 a 24 horas cada 1 semana, y por otro lado, un riego mixto utilizando una semana un riego de lavado con el riego por goteo y el siguiente riego utilizando un riego por tendido, mojando todo el perfil de suelo.

Para facilitar la compresión de los gráficos a continuación se detalla la metodología usada para realizar las mediciones y las escalas de colores utilizadas en los gráficos de contenidos de agua en el suelo (**Cuadro 1**) y conductividad eléctrica (**Cuadro 2**).Una vez hecha la calicata, se colocó una malla de cordel cuadriculada a 20 x 20 cm en una de las caras de ella y luego se procedió a medir con el instrumento WET sensor en cada uno de los vértices de la malla.

Cuadro 1. Interpretación de colores en los gráficos de humedad de suelo.

5 10 15 20 25 30 35 40	Los valores entre 0 y 15%, representados por los colores rojo, naranjo y amarillo, denotan contenidos de humedad bajo capacidad de campo, suelo seco que requiere de humedad. • Los valores entre 20 y 35%, representados por los distintos tonos de verde y

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Cuadro 2. Interpretación de colores en los gráficos de conductividad eléctrica.

0,0 0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0	• Los valores entre 0,5 y 1,5 dS m^{-1}, representados por los colores azules, denotan contenidos de sales bajo el rango de tolerancia para la vid. • Los valores entre 2 y 2,5 dS m^{-1}, representados por los distintos tonos de verde, denotan los contenidos de sales que producen bajas en la producción

Resultados

Análisis de las fuentes de agua

En el análisis químico del agua de riego, de detectó una conductividad eléctrica de 0,7 y 1 dS/m, para el agua del canal y el pozo, respectivamente. Adicionalmente, se detectó altos contenidos de Sulfatos y pH neutros a ligeramente alcalinos.

Evaluación 30 enero 2006

En esta evaluación, se pudo observar que los contenidos de humedad del suelo estaban entre los rangos de capacidad de campo y saturación (25 a 30%) en gran parte del perfil. En la entre hilera, en dirección contraria a la disposición de la línea de goteros, la humedad estaba por debajo los rangos de capacidad de campo (5 a 15%).La conductividad eléctrica presentó valores sumamente altos en todo el perfil, llegando a valores por sobre los 3 $dS \cdot m^{-1}$, estos valores fueron ratificados en evaluaciones de de laboratorio.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

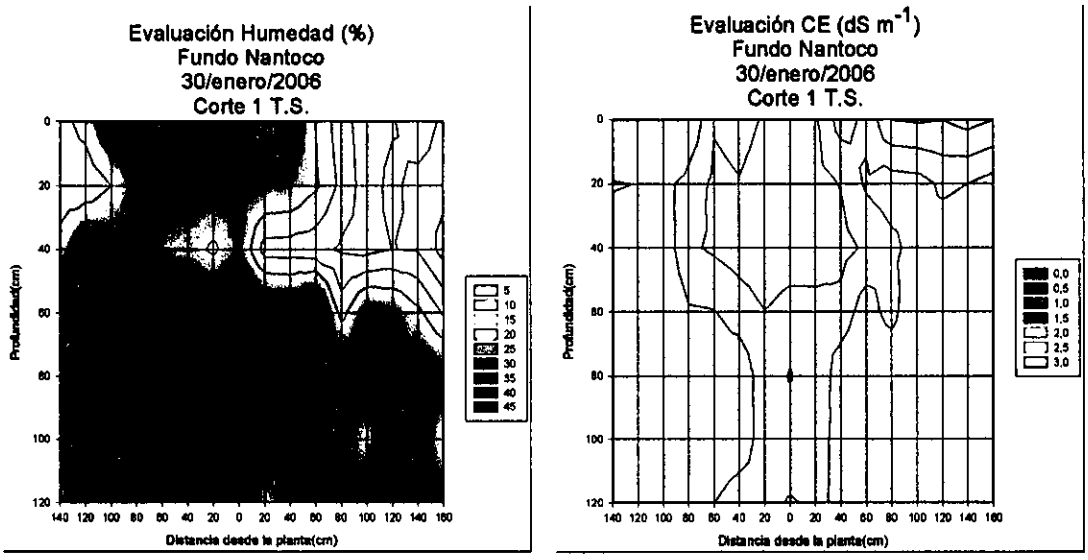


Figura 1. Evaluación humedad y conductividad eléctrica 30 enero 2006.

Evaluación 12 febrero 2006

Se observaron condiciones de humedad similares a la primera evaluación, con contenidos de humedad sobre el 30 % e incluso mejorando los contenidos de humedad hacia la entre hilera en donde los valores alcanzaron el 20 %., mejorando la condición respecto a la evaluación anterior. La conductividad eléctrica presentó valores sumamente altos en todo el perfil, al igual que en la evaluación anterior, llegando a valores por sobre los 3 $dS \cdot m^{-1}$.

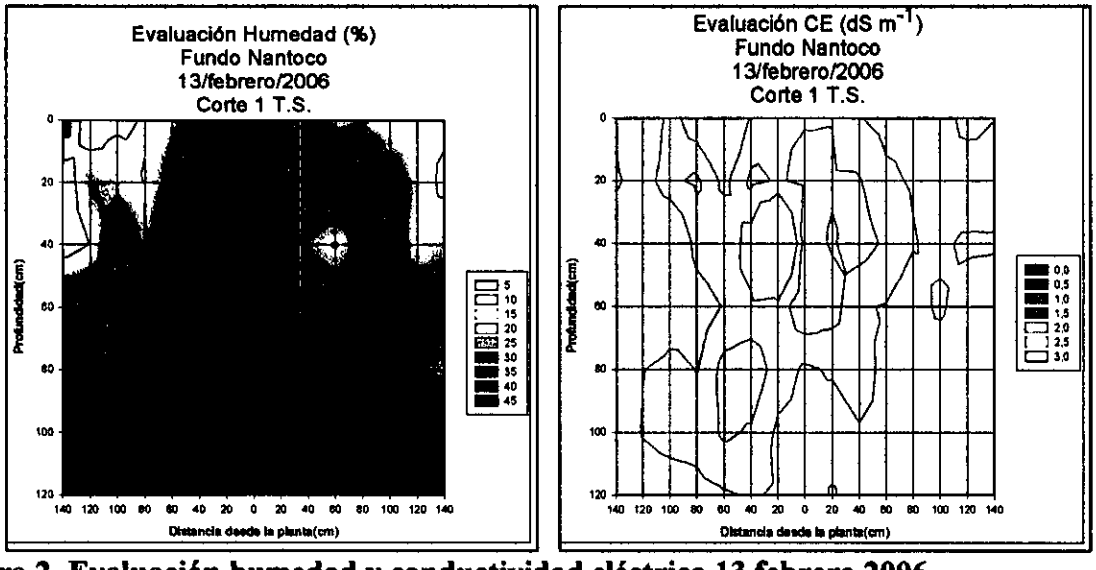


Figura 2. Evaluación humedad y conductividad eléctrica 13 febrero 2006.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Evaluación 14 marzo 2006

En esta evaluación se eliminó por descalibración del equipo Wet Sensor.

Evaluación 30 marzo 2006

En esta evaluación, se observaron contenidos de humedad mayores a los de las evaluaciones anteriores, sobre todo en la calicata con riego por tendido, en donde la humedad estaba por sobre el 30% en todo el perfil. En la calicata solo con riego por goteo (**Figura 3**), se puede observar que el agua se concentra en la zona bajo el gotero (sobre el 30%) (típico bulbo del sistema de goteo). Además, se puede observar una zona bastante seca hacia la entrehilera (5 a 20 %), llegando hasta los 100 cm de profundidad.

La conductividad eléctrica bajó en forma considerable. En el sector de riego solo con goteo, toda la zona del bulbo de mojamiento presenta valores entre 1,5 y 2,5 $dS \cdot m^{-1}$, valores que aumentan en la zona mas seca (hacia la entre hilera), llegando a 6 y 7 $dS \cdot m^{-1}$.

En la calicata con riego con tendido (**Figura 4**), la humedad de suelo es pareja en todo el perfil. Respecto al lavado de sales, ocurrió lo contrario a lo esperado. En la zona influenciada directamente por el goteo se aprecian valores de conductividad eléctrica más bajos que en el sector sin tendido (1,5 $dS \cdot m^{-1}$), sin embargo, hacia la entre hilera los valores son más altos.

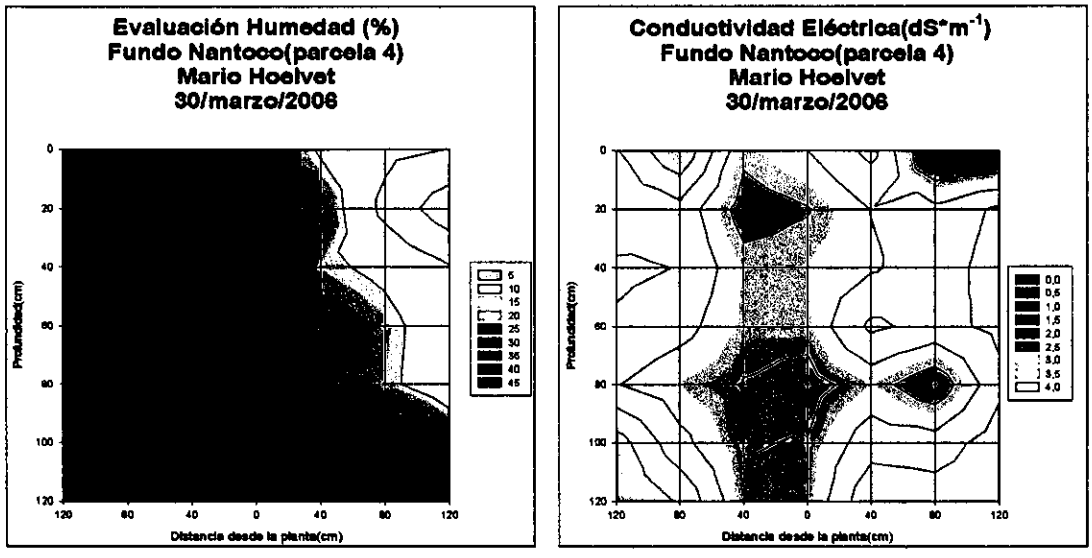


Figura 3. Humedad y conductividad eléctrica calicata SIN RIEGO por tendido.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

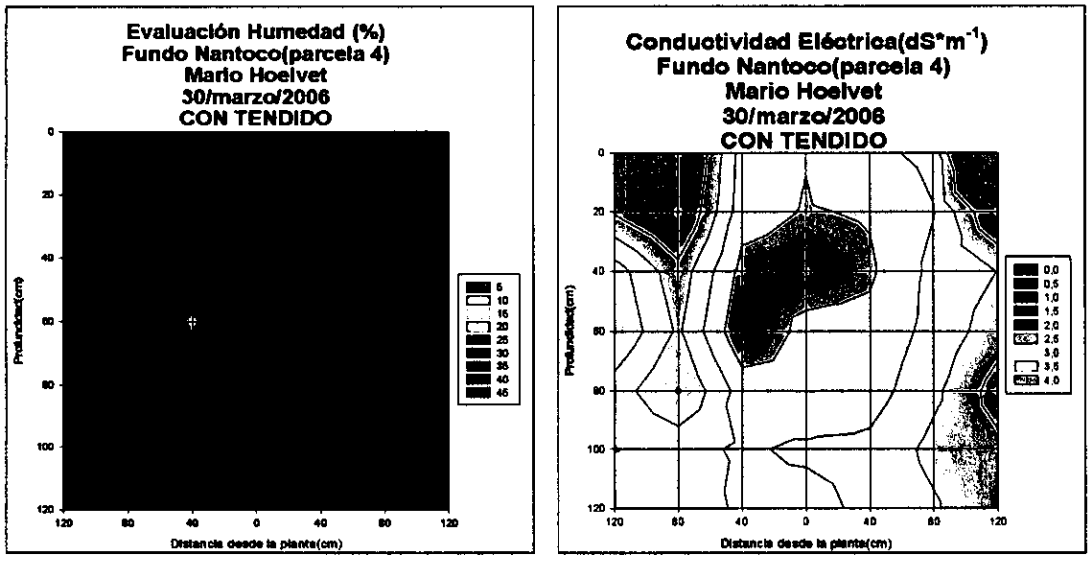


Figura 4 Humedad y conductividad eléctrica calicata CON RIEGO por tendido.

Evaluación 19 abril 2006

En esta evaluación, se observaron para ambos casos, altos contenidos de agua en el suelo, manteniéndose la tendencia en el sector con riego por tendido, con contenidos de humedad por sobre el 35 % en todo el perfil evaluado. En la calicata solo con riego por goteo, se puede observar que la humedad se ha desplazado hacia la entre hilera, logrando un bulbo de mojamiento mas ancho y homogéneo en casi todo el perfil. Esto confirma que en este tipo de suelo, es factible mojar todo el perfil con el riego por goteo.

La conductividad eléctrica sigue presentando la misma tendencia de las evaluaciones anteriores, en donde el contenido de sales ha bajado en ambos sectores. En el sector de riego solo con goteo, toda la zona del bulbo de mojamiento presenta valores entre 1,5 y 2,5 $dS \cdot m^{-1}$, además se puede observar que esta zona ha aumentado en superficie, efecto que va de la mano con el ensanchamiento del bulbo de mojamiento. Sin embargo se mantiene la tendencia a que estos valores aumenten hacia la entre hilera llegando a 3 y 4 $dS \cdot m^{-1}$, pero se debe tomar en cuenta que estos valores son mas bajos que en la evaluación anterior. En la calicata con riego con tendido, se aprecian condiciones similares a las del sector con goteo, sin embargo, ocurre lo contrario a lo que se esperaría respecto al lavado de sales. En la zona influenciada directamente por el goteo se aprecian valores de conductividad eléctrica más bajos que en el sector sin tendido (1,5 $dS \cdot m^{-1}$), sin embargo hacia la entre hilera los valores son más altos que en el sector sin riego con tendido (4 a 5 $dS \cdot m^{-1}$).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

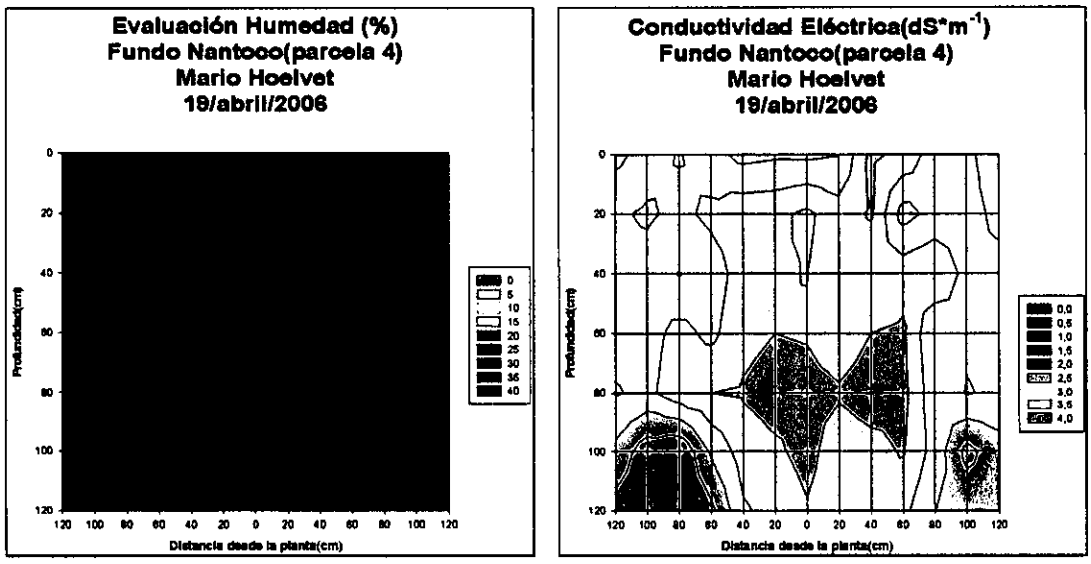


Figura 5. Humedad y conductividad eléctrica calicata SIN RIEGO por tendido.

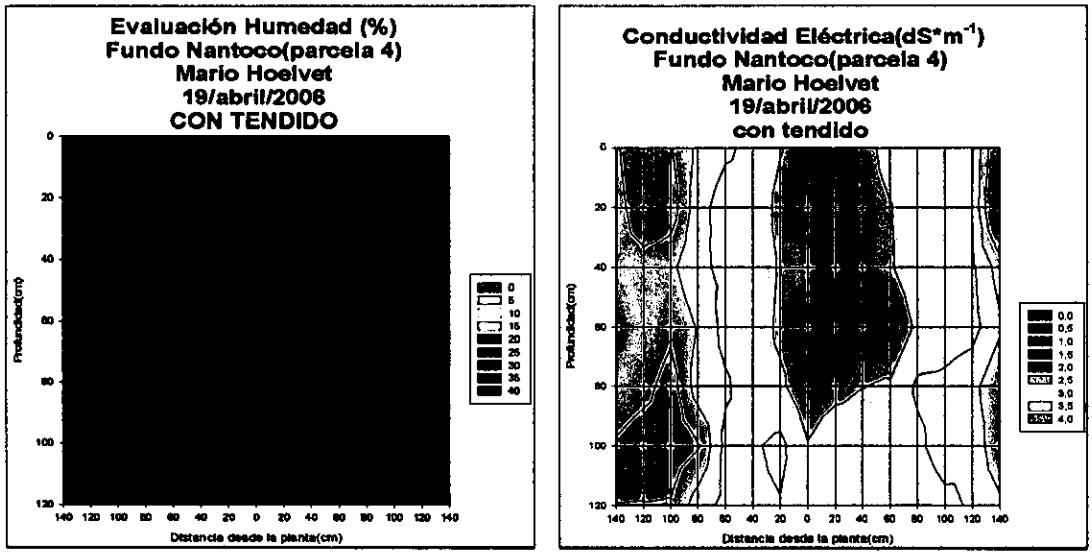


Figura 6. Humedad y conductividad eléctrica calicata CON RIEGO por tendido.

Evaluación 21 julio 2006

Como se puede apreciar en la **Figura 6**, los contenidos de humedad y conductividad eléctrica no han variado con respecto a la evaluación realizada el 19 de abril, lo que indica que se ha producido una estabilización del sistema, tanto en el movimiento y contenido de agua como de las sales del suelo.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

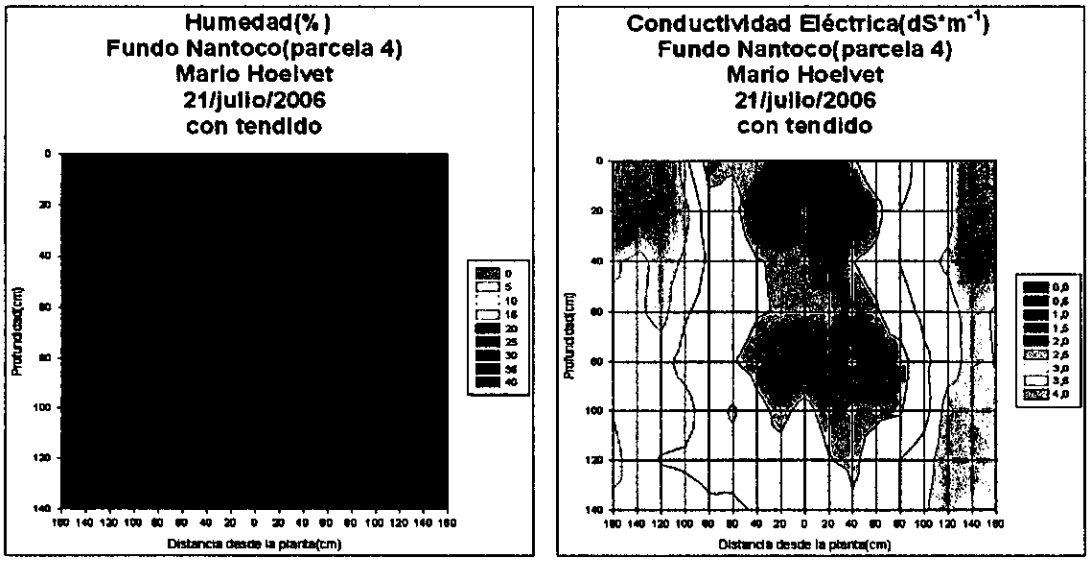


Figura 6. Humedad y conductividad eléctrica evaluada el 21 de julio.

Conclusiones

1) El instrumento Wet Sensor, es una excelente herramienta para realizar seguimiento y control en calicata, tanto del contenido de agua del suelo como de las sales del suelo.
2) Un adecuado criterio de riego, con o sin riego por tendido, permite lograr una buena condición de humedad y niveles de sales en el suelo, en el período de postcosecha, como preparación para la brotación del siguiente año.
3) No es factible lavar las sales solamente con unos pocos riegos durante la postcosecha.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

USO Y ALTERNATIVA PARA CONTROL DEL AGUA DEL SUELO UTILIZANDO EL INSTRUMENTO DIVINER.

Rodrigo Callejas R.; Julio Haberland Arellano y Rodrigo Rojas

El contenido de agua en el suelo se puede determinar mediante diversas metodologías. Una de las nuevas tecnologías del mercado se refiere al sistema Frequency Domain Reflectometry (FDR) o técnica de capacitancia. Esta se basa en la medición de la constante dieléctrica para determinar el contenido de agua del suelo, midiendo el tiempo de carga de un condensador que utiliza el suelo como medio dieléctrico.

Calibración del equipo

A través de una memoria de título realizada en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (Zúñiga, 2004) y dirigida por el profesor Dr. Julio Haberland A., se procedió a calibrar el equipo Diviner. Las conclusiones fueron las siguientes:

1) A través de una calibración de terreno, se obtuvo dos tipos de ecuaciones de calibración en el equipo Diviner 2000 (FDR), una ecuación de calibración para cada profundidad medida y una ecuación de calibración para el perfil de suelo, ambas para las condiciones particulares de un suelo de la serie Pudahuel.
2) Las correlaciones obtenidas por las ecuaciones de calibración por profundidad, para los primeros 40 cm fueron altas ($R2>0,91$) en relación a las ecuaciones para los 50 y 60 cm ($R2<0,75$). La correlación de la ecuación de calibración para el perfil tuvo un comportamiento intermedio ($R2<0,81$) respecto de las ecuaciones de calibración por profundidad.
3) Las calibraciones de terreno resultaron más precisas que la calibración de fábrica, en la determinación del contenido de agua a cada profundidad medida y en el perfil.
4) Las calibraciones de terreno y calibración de fábrica, mostraron ser imprecisa en la determinación del contenido de agua del suelo, cuando éste es cercano a saturación (0-10 Kpa). Sin embargo, la calibración por profundidad fue la más precisa de las alternativas, en la determinación del contenido de agua a distintos niveles de ésta en el suelo.
5) El equipo calibrado demostró ser una confiable alternativa para monitorear y determinar en tiempo real el contenido de agua del suelo, además permite apreciar las diferencias de contenidos hídricos en el terreno cuando el drenaje es restringido.

Instalación y evaluación con el equipo

En la Figura 1, se muestra la forma de instalación de los tubos en terreno. Esta labor es rápida en la medida que el suelo no posea piedras en el perfil.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Figura 1. Instalación de los tubos de acceso del Diviner

Para lograr una buen diagnóstico del contenido de agua del suelo, se aconseja instalar 3 tubos de a lo menos 1 m (1,2 m, dejando 20 cm sobre el nivel del suelo), ubicados en la forma que se muestra en la **Figura 2.** Adicionalmente es importante resguardar la entrada en la parte inferior y superior del tubo (**Figura 3 y Figura 4, derecha en el suelo**), utilizando tapas de esponja de alta densidad (flotadores para piscina).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Figura 2. Ubicación en el campo de los tubos

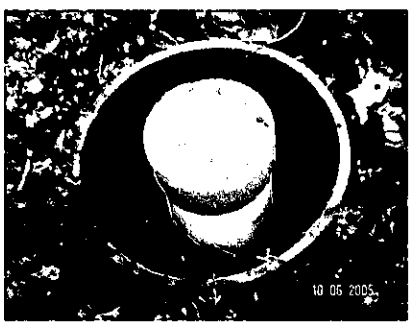


Figura 3. Tapón de los tubos.

En la **Figura 4** se puede observar la manera práctica de las determinaciones del contenido de agua en terreno. Finalmente esta información puede ser interpretada, ya sea en sofware específicos **(Figura 5)** o utilizando gráficas en Exel o SigmaPlot **(Figura 6)**.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

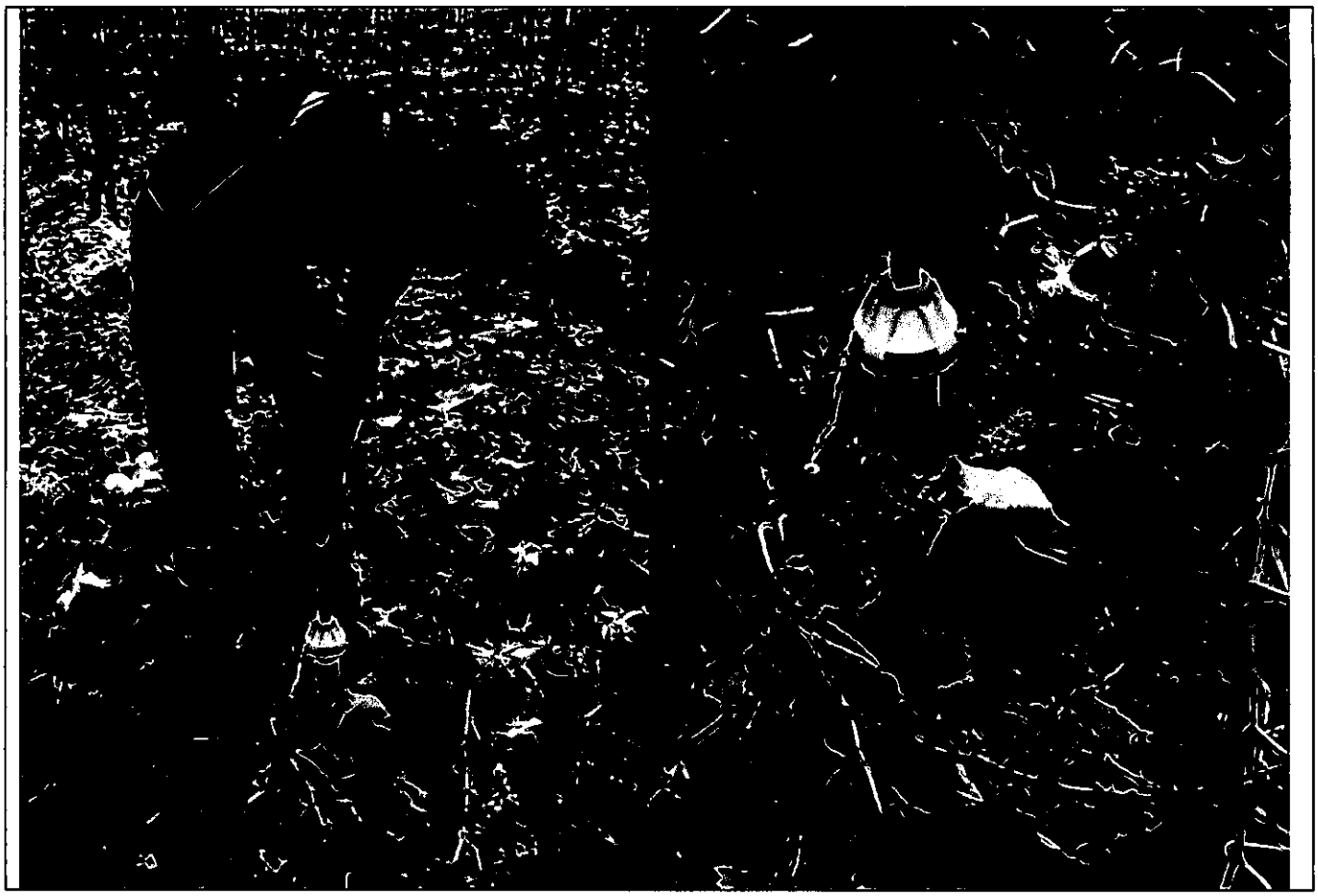


Figura 4. Evaluación en terreno con el equipo Diviner.

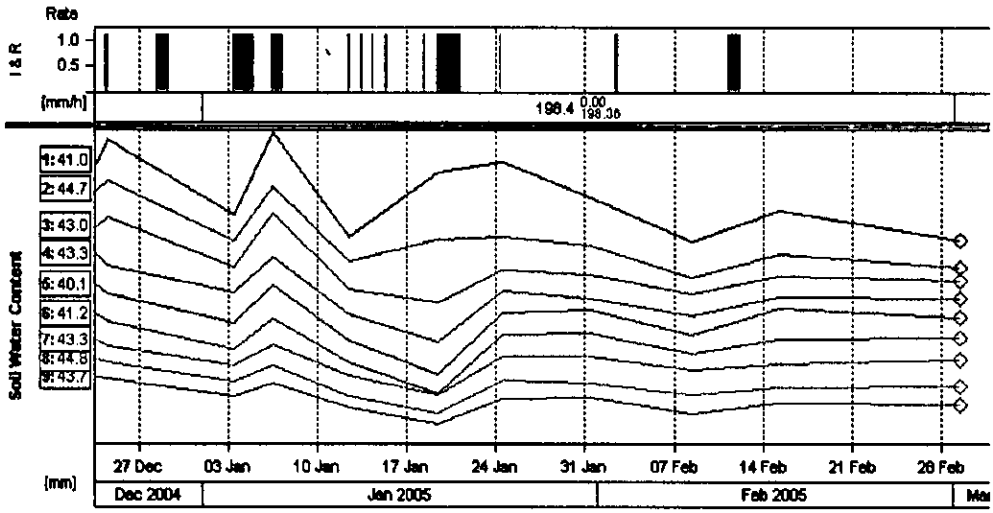


Figura 5. Información de las lecturas con el Diviner presentadas en el Sofware

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

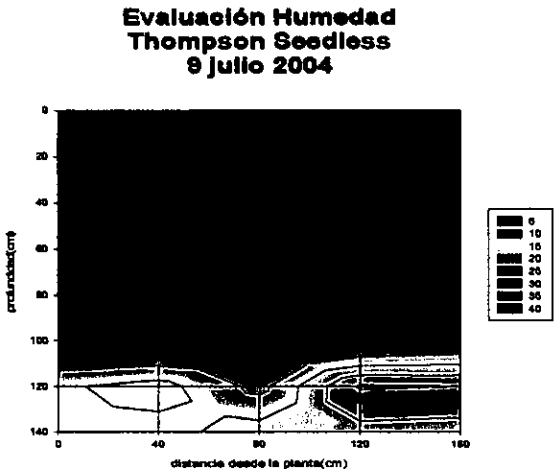


Figura 6. Información de las lecturas con el Diviner presentadas en SigmaPlot.

Experiencia de campo al utilizar el Diviner

Suelos con piedras

En este tipo de suelos no es aconsejable utilizar este equipo debido a la imposibilidad de realizar su instalación ocupando el equipo mostrado en la **Figura 1**. La única alternativa es realizar una calicata para ubicar los tubos en el suelo (**Figura 7**), lo que altera completamente las características físicas del perfil, no lográndose lecturas acorde con la realidad del sitio.

Para el caso específico de las investigaciones realizadas en el proyecto, se determinó no seguir adelante con las evaluaciones en el sector de Cantera (**Figura 8**) como método para ajustar el criterio de riego, dada las incoherencias de las mediciones. Adicionalmente en estos suelos, se forman bolsones de aires los que alteran el adecuado funcionamiento del equipo.

Figura 7. Instalación de tubos del Diviner en suelos con piedra.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Figura 8. Ubicación de los tubos en el sector de Cantera. En estos suelos no se recomienda su utilización.

Una posibilidad y en suelos donde hay algo de matriz fina en el perfil, es instalar los tubos mediante calicatas, pero dejar que ellos se "aclimaten o" o adapten al perfil durante un largo tiempo (1,5 años), de manera que las raíces vuelvan a crecer y lleguen al tubo. Sin embargo, esta alternativa hay que calibrarla y validarla en el tiempo. Para ejemplificar lo anteriormente señalado, se presentan en las **figuras 9 y 10** evaluaciones realizada antes y después de un riego, a más de 2 años de su instalación. Sin embargo, se reitera que si bien parece que el equipo funciona bien (**Figura 10**), este comportamiento debe ser validado antes de ser utilizados en forma comercial.

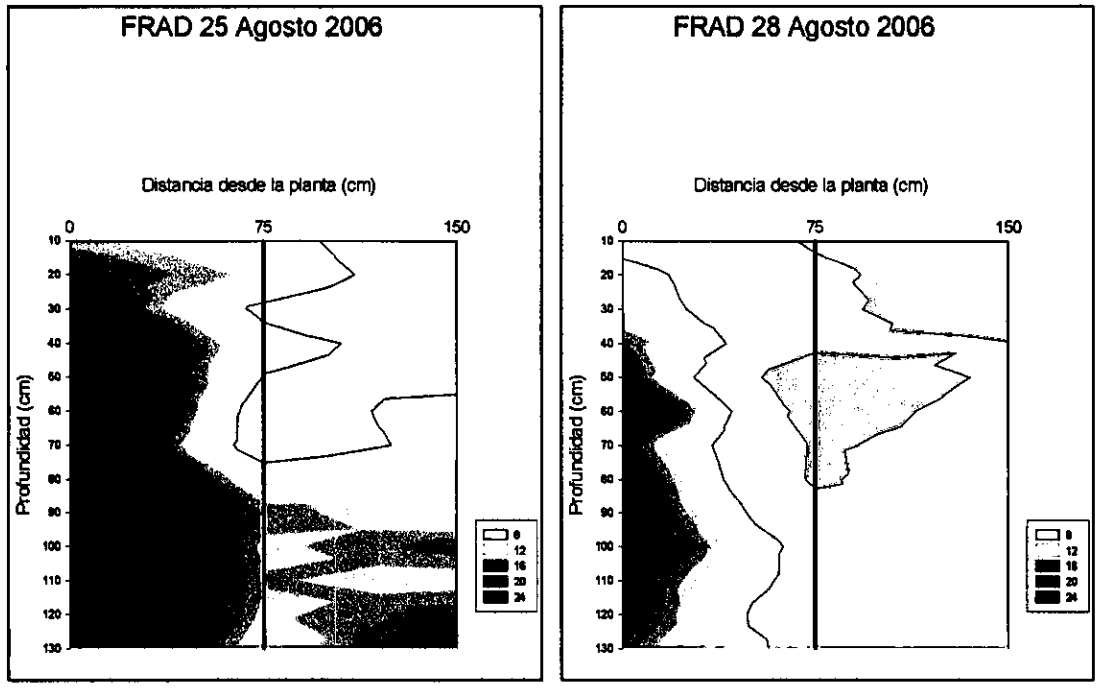


Figura 9. Evaluación con Diviner en suelos de textura gruesa en invierno.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

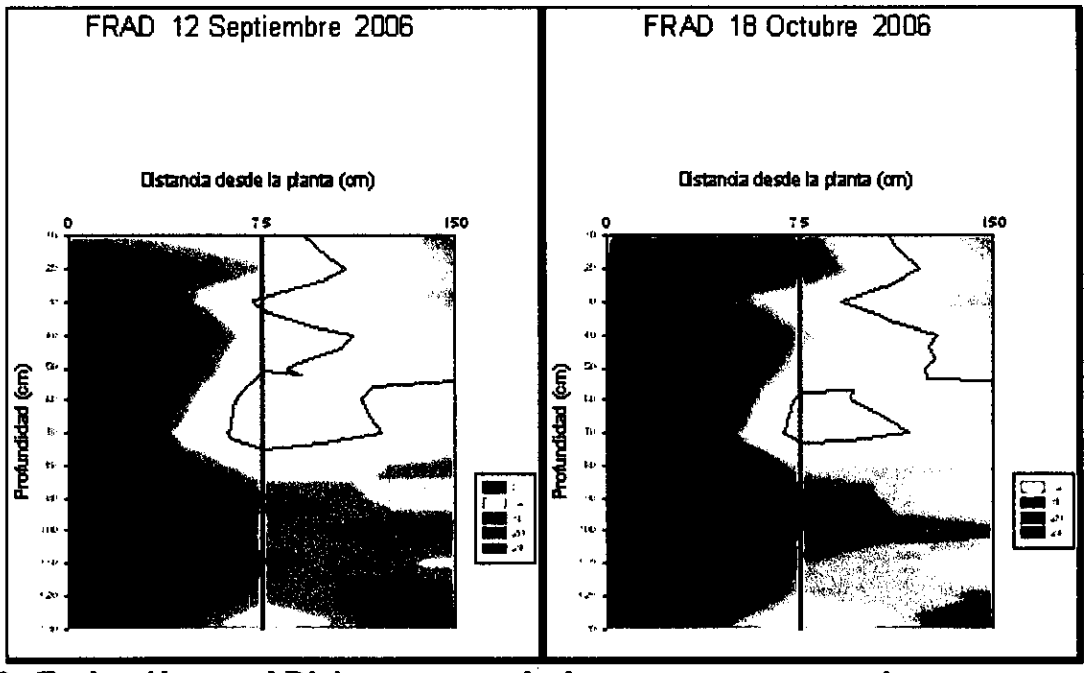


Figura 10. Evaluación con el Diviner en un suelo de textura gruesa, en primavera.

Si es interesante y puede ser tomado como un síntoma de esperanza que con el tiempo de adaptación, el contenido de agua del suelo disturbado podría ser evaluado con mejor precisión, al observar la **Figura 11,** donde se ve la respuesta del suelo a las aplicaciones mediante microaspersores en el invierno.

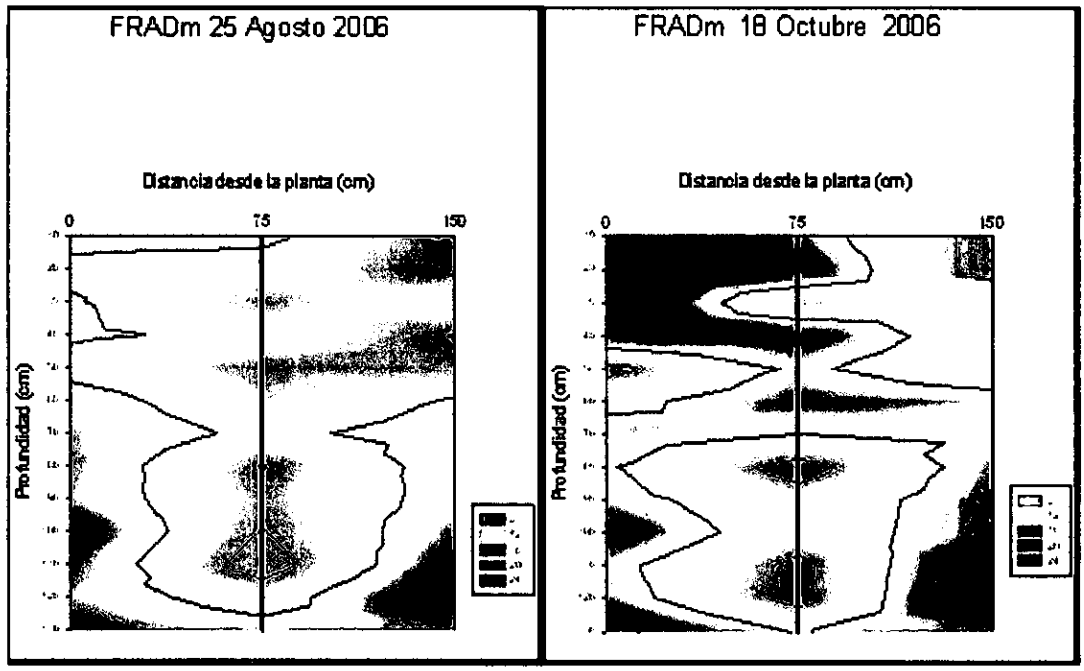


Figura 11. Evaluación con el Diviner en un suelo de texturas gruesas y con microaspersores.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Suelos sin piedras

Estudio de caso: Uso comercial del equipo

Lugar del ensayo. Fundo San Ignacio.
Variedad: Red Globe
Edad: 15 años
Densidad de plantación: 3x1,5 m
Período de aclimatación de los tubos: 8 meses.
Textura: suelo profundo franco arcilloso con mínimo cantidad de gravas.
Raíces: poco crecimiento, casi insignificativo
Rendimiento promedio: 3.500 cajas/ha.
En este sector se instalaron 8 estaciones (**Figura 12**) en mayo del 2007 procediendo a evaluar en el período de postcosecha a partir del mes de abril.

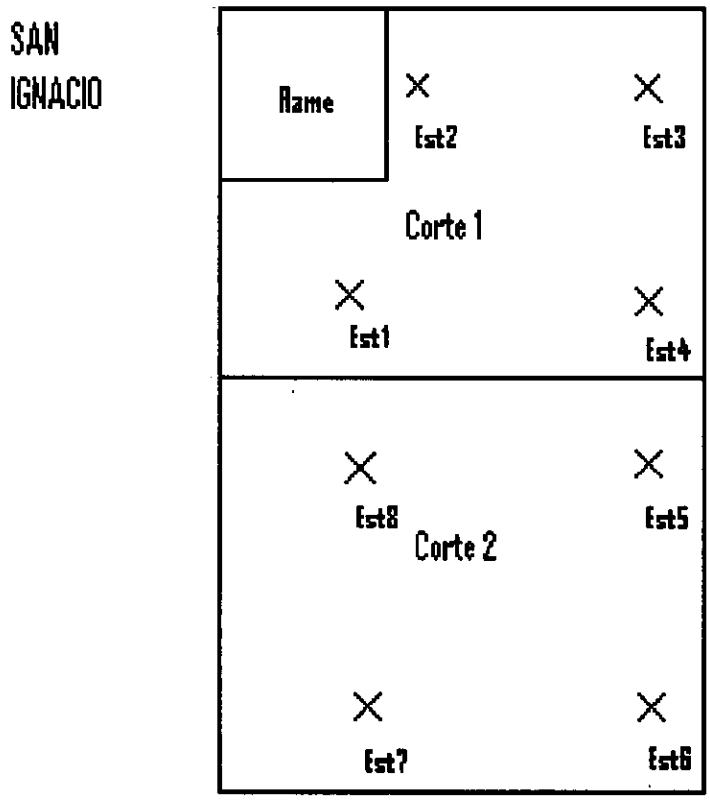


Figura 12. Disposición de las estaciones de control en una superficie de 4 ha.

En la presentación de los resultados (**Figura 13**) solamente se presentarán los valores de 2 estaciones para realizar el análisis del comportamiento del contenido de agua en el suelo. La estación N°3 (izquierda), conformada por los tubos 43, 33 y 26. La estación N° 5 (derecha) conformada por los tubos 49, 48 y 47. El suelo N° 3 tiene menor retención de agua que el suelo N° 5.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

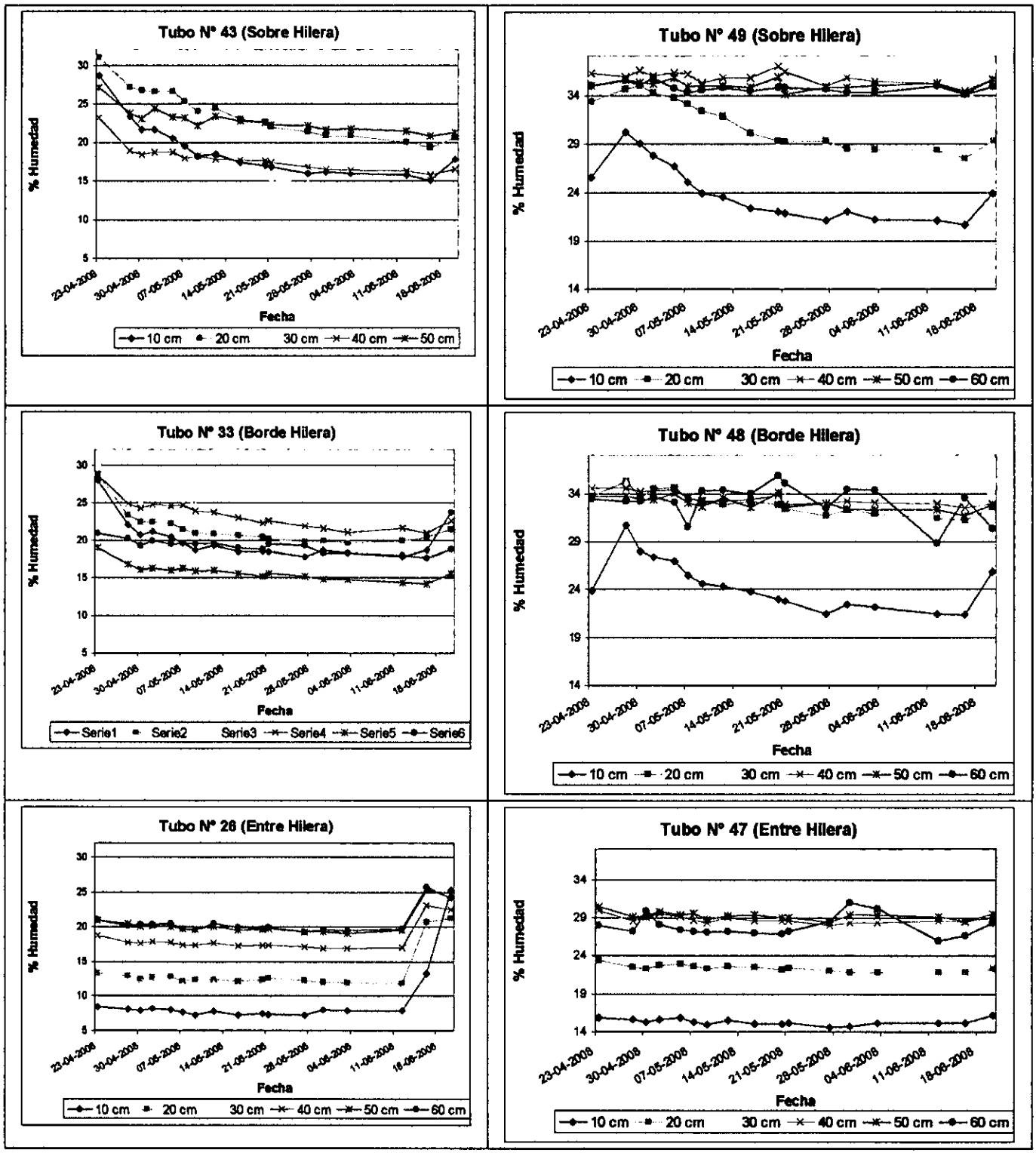


Figura 13. Evolución del contenido de agua de riego en dos de las estaciones de observación con el Diviner.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Evaluaciones complementarias con Wet Sensor

Con el objetivo de corroborar el adecuado contenido de agua que fue posible evaluar con el Diviner, al término del ensayo se observaron calicatas y se evaluaron con el Wet Sensor **(Figura 14 y Figura 15).**

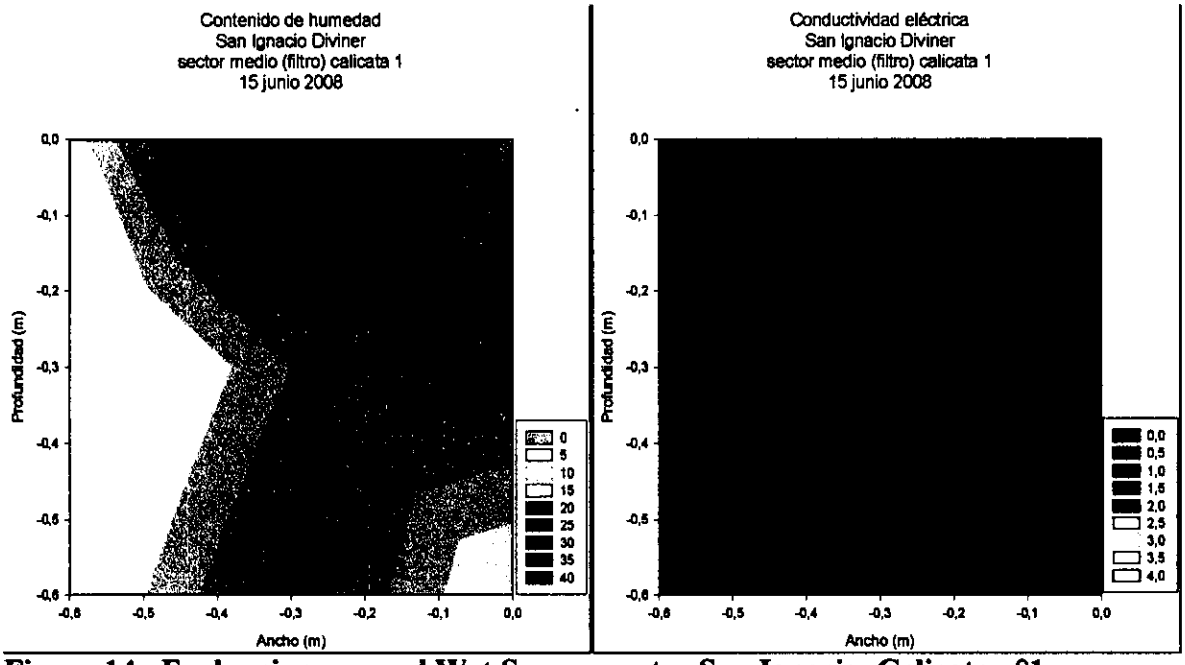


Figura 14. Evaluaciones con el Wet Sensor, sector San Ignacio, Calicata n°1.

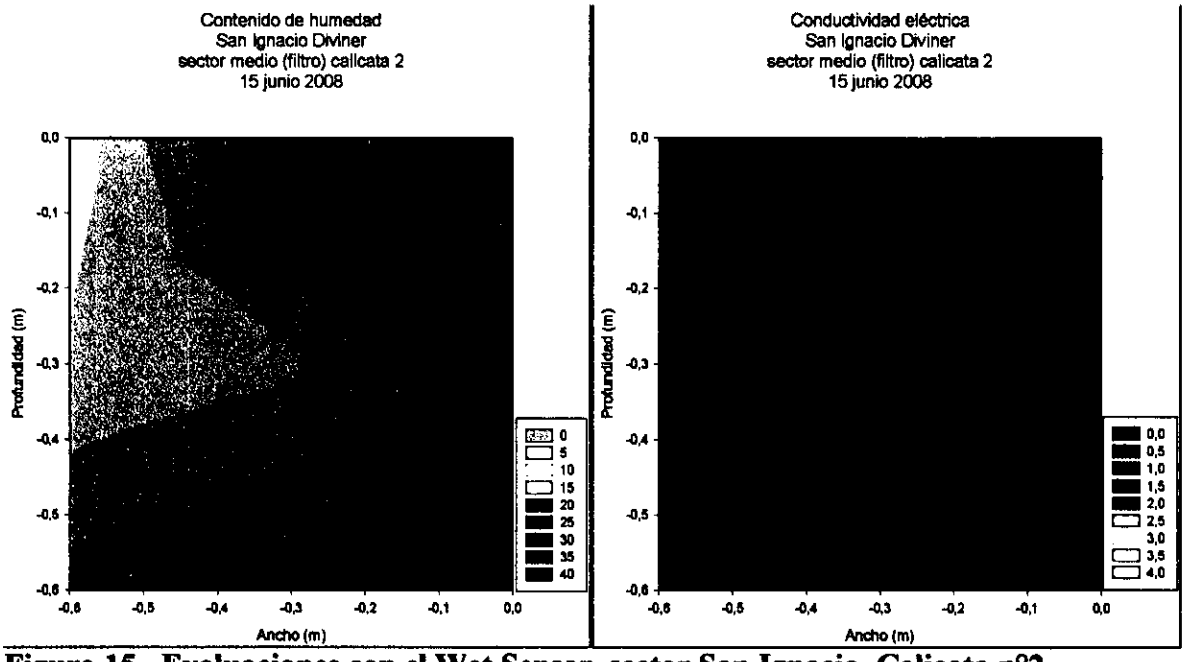


Figura 15. Evaluaciones con el Wet Sensor, sector San Ignacio, Calicata n°2.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

En ambas calicatas se observa una excelente condición del punto de vista del contenido de agua y sales en el suelo, lo que ratifica el seguimiento realizado por el Diviner.

Conclusiones

1) El equipo es capaz de diferenciar los dos sectores de suelo, respecto de la retención de agua. El general mayores valores que el N°3.
2) El suelo tiende a secarse lentamente en el tiempo, seguramente por la baja actividad de las hojas. Es mayor la tendencia de caída en abril que hacia junio, lo que tiene directa relación con la extracción de las plantas que van entrando paulatinamente a receso invernal.
3) El suelo tiende a secarse en superficie más que en profundidad.
4) El equipo fue capaz de detectar el efecto de dos lluvias durante el período: a) 7 milímetros el 26 de mayo y b) 15 milímetros el 13 de junio. La segunda lluvia fue la que claramente elevó las lecturas del Diviner, e inclusive se puede su efecto en profundidad.
5) Entre los meses de abril y junio, históricamente este sector se regaba 3 veces con un promedio de espera de 20 días. Con el uso del Diviner, se determinó no regar durante todo el período, lo que significó un importante ahorro en energía y personal.
6) Los datos del Wet y las evaluaciones manuales de las calicatas, ratifican las excelentes condiciones de agua y sales del suelo.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

USO Y ALTERNATIVA PARA CONTROL DEL AGUA DEL SUELO UTILIZANDO EL INSTRUMENTO DIVINER Y SU COMPLEMENTO CON EL WET SENSOR PARTE 2

Rodrigo Callejas R., Carlos Benavides y Rodrigo Rojas

Estudio de caso: Suelo de texturas final
Lugar del ensayo. Fundo Turbina.
Variedad: Sultanina
Edad: 15 años
Densidad de plantación: 3x3 m
Período de aclimatación de los tubos: 8 meses.

Caracterización general del suelo.

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. Líimite 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.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

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, 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.

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.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

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 intrepretar 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 notariamente más abajo, como resultado de los problemas de aireación (permeabilidad) señalados.

Durante la temporada del año 2006, se procedió a evaluar con el Diviner el contenido de agua del suelo (**Figura 1**).

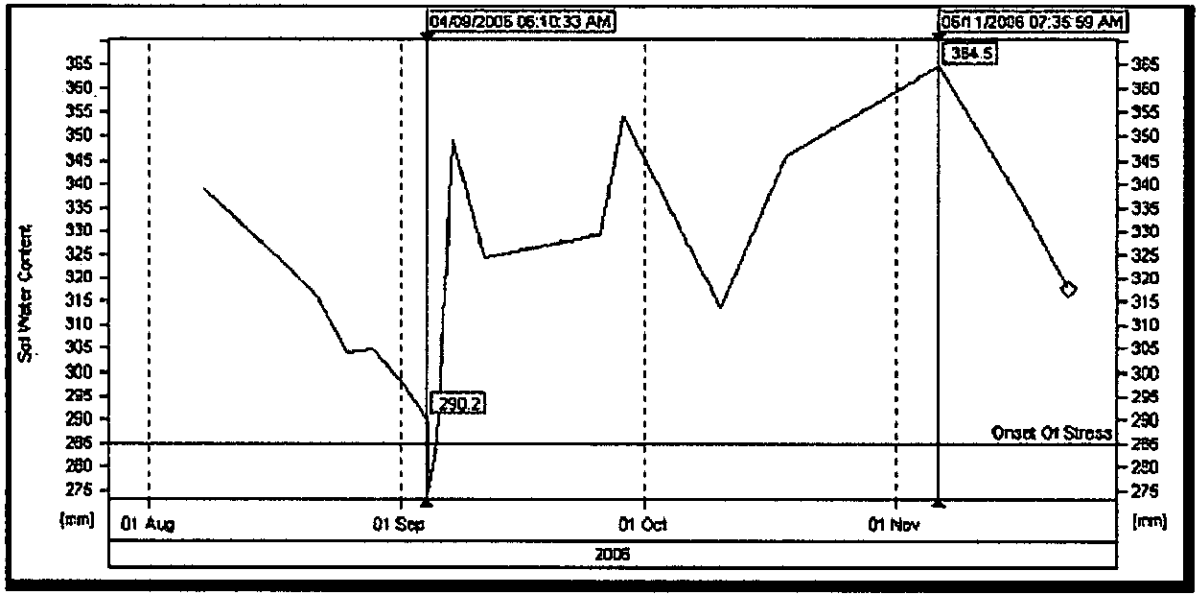


Figura 1. Lecturas, sector Frad1, sobre hilera en el punto de monitoreo N°1.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

La información procesada por el software IRRIMAX 6®,(**Figura 1**), permite observar que a salida de invierno o durante el período de inicio de brotación, se produjo una caída paulatina de la humedad del suelo. Es importante señalar que en la fecha de 3 de octubre se produjo un error en la lectura del instrumento. Posteriormente y dado el aumento de la frecuencia de riego, se produjo rápidamente la recuperación del contenido de agua durante el mes de septiembre, detectándose que el contenido total de agua en el suelo nunca se acercó a la zona de estrés. De lo anterior se puede concluir que las plantas se encontraron permanentemente en una situación de exceso de agua en el suelo (**Figura 2**), criterio de riego que debería ser rectificado, dada la alta capacidad de retención de estos suelos (*Informe complementario*).

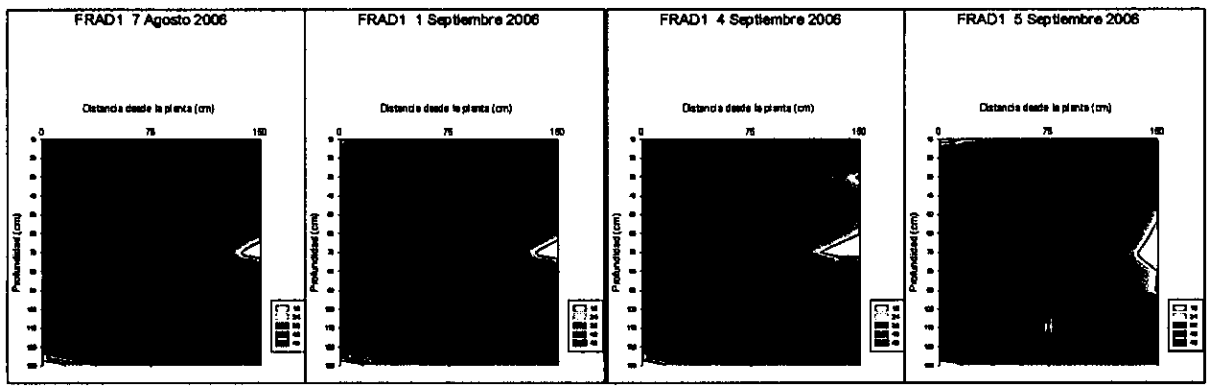


Figura 2. Contenido de agua en perfil transversal de la hilera, tratamiento FRAD 1.

Adicionalmente, en la Figura 2 se puede observar la capacidad del equipo de detectar el cambio provocado por un riego el 4 de septiembre, de un total de 4 horas (ver figura del 4 respectos del 5 de septiembre).

Evaluaciones complementarias con el WET. Como complemento a las evaluaciones del Diviner, se corroboraron los contenidos de sales y agua del suelo mediante la observación de calicatas y el uso del Wet.

En la **Figura 3** y a modo de ejemplo para una fecha (22 de noviembre) en pleno crecimiento de las bayas y antes de un riego, se pudo constatar que la frecuencia de riego era más alta de lo que debía ser, sobre todo para el sector FT.

Como se puede observar en la **Figura 3** los contenidos de agua en el tratamiento FRAD (B) en prácticamente todo el perfil son menores que en los otros dos tratamientos de acuerdo a lo acordado para este tratamiento, siendo el la modalidad FT (A) la que se encuentra prácticamente saturado todo el perfil. El tratamiento FR muestra un comportamiento característico de los sistemas de riego por goteo, en donde el bulbo formado por el sistema de riego se puede apreciar claramente.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

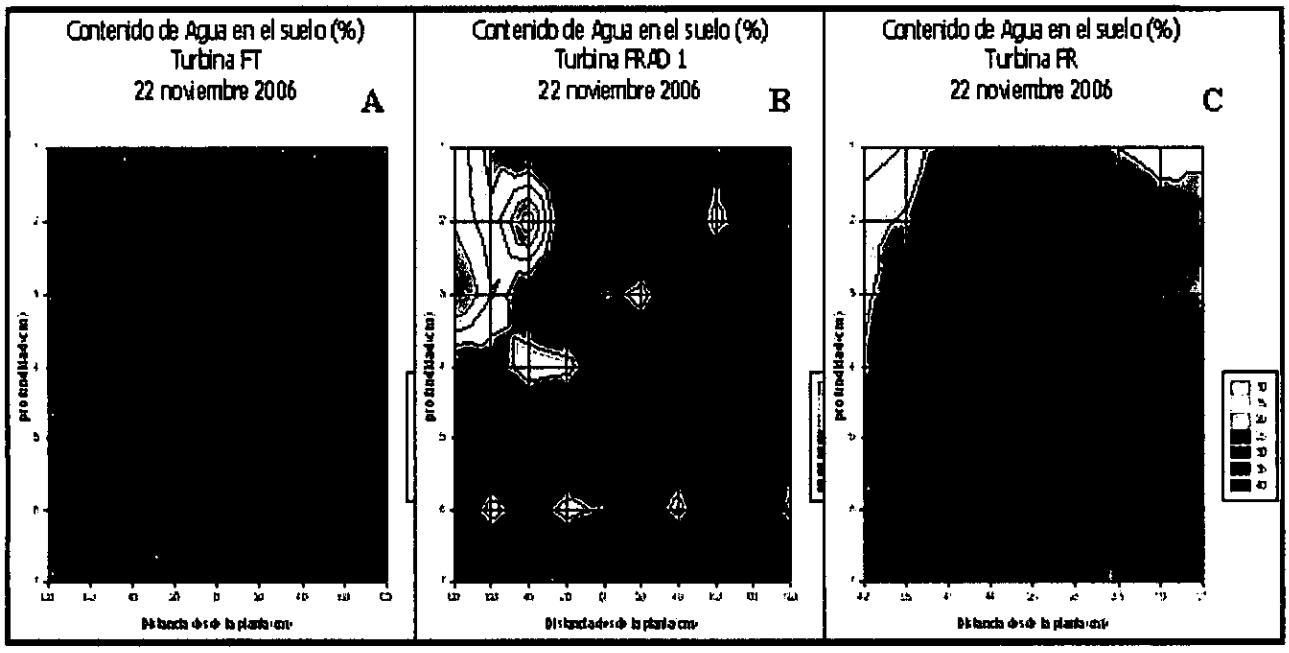


Figura 3. Distribución del agua en el suelo, evaluadas con el sensor WET, Tratamientos FT, FRAD y FR.

Normalmente en esta zona del país, existe la tendencia a regar más de lo necesario, por el miedo a las sales del suelo. Dado que permanentemente se persigue tener niveles de sales < a 2 dS/m, se cae en el error de mantener los suelos permanentemente saturados.

Es importante tener una adecuada condición de salles al inicio de la temporada de crecimiento, tal como se señala en el párrafo anterior, pero también es cierto que una vez que el follaje se encuentra totalmente desarrollado (noviembre) las plantas podrían tolerar umbrales mayores de salinidad, de manera de no inducir estrés adicional por exceso de agua.

En la **Figura 4**, se puede observar que los contenidos de sales en el tratamiento FRAD (B) en toda la zona bajo el gotero son más bajos que en los otros dos tratamientos (menores a 1,5 dSm^{-1}). Los otros dos tratamientos muestran una distribución y contenido de sales acorde con la distribución de humedad (**Figura 3**). Es importante mencionar que en la medida que el contenido de agua del suelo se encuentra en los niveles adecuado, permitirá a su vez tener el suelo más oxigenado para el libre crecimiento de raíces.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

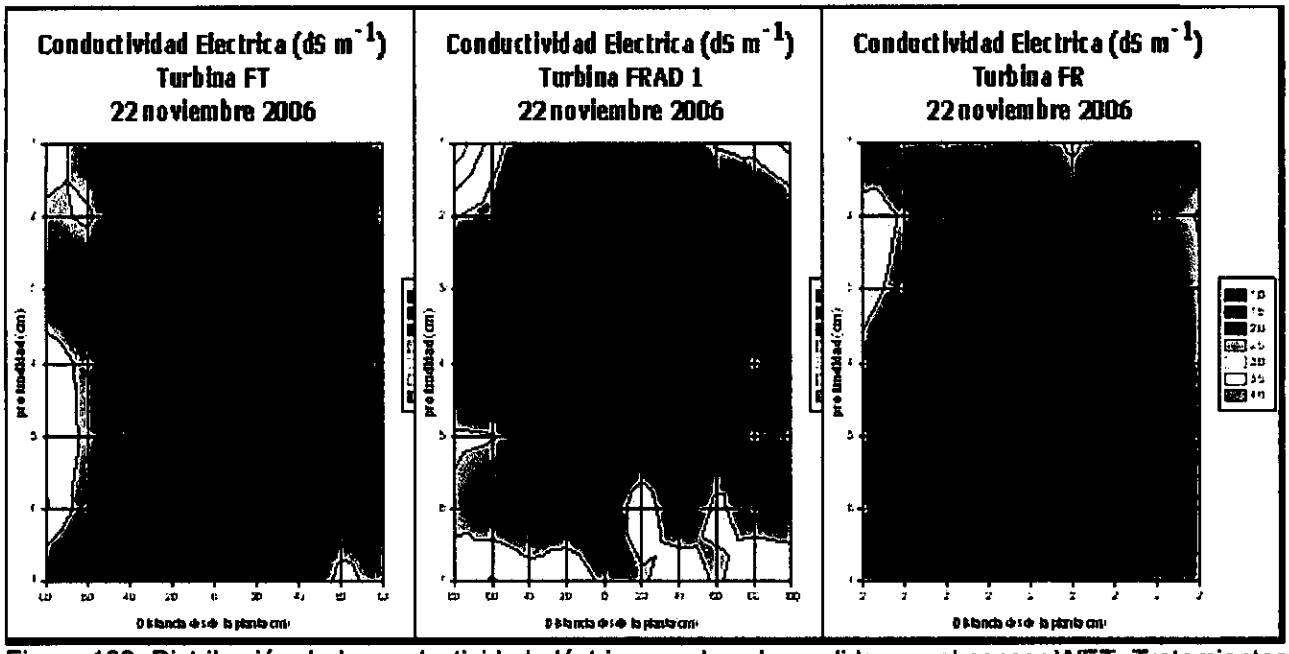


Figura 102. Distribución de la conductividad eléctrica en el suelo medida con el sensor WET, Tratamientos FT, FRAD y FR.

Escalas de colores para el contenido de agua y sales del suelo

Cuadro 1. Interpretación de colores en los gráficos de humedad de suelo.

5 10 15 20 25 30 35 40	**Los valores entre 0 y 15%, representados por los colores rojo, naranjo y amarillo, denotan contenidos de humedad bajo capacidad de campo, suelo seco que requiere de humedad.** **• Los valores entre 20 y 35%, representados por los distintos tonos de verde y**

Cuadro 2. Interpretación de colores en los gráficos de conductividad eléctrica.

0,0 0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0	**• Los valores entre 0,5 y 1,5 dS m^{-1}, representados por los colores azules, denotan contenidos de sales bajo el rango de tolerancia para la vid.** **• Los valores entre 2 y 2,5 dS m^{-1}, representados por los distintos tonos de verde, denotan los contenidos de sales que producen bajas en la producción**

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Conclusiones

1) Este tipo de suelo permitiría una menor frecuencia de riego durante la temporada.
2) El instrumento Diviner, es una excelente herramienta para lograr un menor uso de agua de riego y su sensibilidad es lo suficientemente adecuada para optimizar el criterio de riego.
3) En el caso de suelos salinos, estas evaluaciones, deben ser complementadas con el uso del Wet Sensor. Esto permitirá calibrar el manejo de riego en función del agua de riego pero considerando ciertos umbrales de salinidad (se recomienda máx 2 dS/m al inicio de brotación, pudiendo aumentar este umbral hasta 3 dS/m durante el llenado de grano).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

ESTRÉS HÍDRICO Y FOTOSÍNTESIS

Rodrigo Callejas R. y José Ignacio Covarrubias.

Durante el mes de enero, postcosecha, se realizó un ensayo para verificar el comportamiento de las plantas frente al estrés hídrico. Para esto se utilizó el instrumento IRGA, de manera de verificar si la actividad fotosintética se veía alterada por la condición hídrica.

Objetivo

Determinar la capacidad del Analizador Infrarrojo de Gases (IRGA) en la detección de cambios en la fotosíntesis producto de distintos regímenes hídricos, como indicador de estrés hídrico de las vides.

Definir si es posible bajar la frecuencia de riego una vez cosechada la fruta.

Metodología del ensayo

El ensayo consta de 3 tratamientos. Se seleccionaron 16 plantas hogeneas y un diseño en bloque. Como cada tratamiento consta de 4 plantas, las 2 plantas centrales fueron seleccionadas para las evaluaciones, dejando 2 plantas bordes. Cada planta se dividió en 4 cuadrantes (N, S, E, O).

Las evaluaciones consisten en la medición de la fotosíntesis neta (Fn) en hojas con tres condiciones de luz:

a) hojas en sombra (bajo en parrón y reciben solo luz difusa, PAR < 150 micromol/m^2 /s).
b) hojas en semi- sombra (PAR 700 – 1000 micromol/ m^2 /s).
c) hojas completamente a la luz (PAR > 1500 micromol/ m^2 /s).

Cuadro 1. Distribución de tratamientos para calibración de sensor IRGA.

Tratamiento	Régimen hídrico	Condición de luz
T_1	4 $L*h^{-1}$	Sombra Semi- sombra Luz
T_2	2 $L*h^{-1}$	Sombra Semi- sombra Luz
T_3	Sin riego	Sombra Semi- sombra Luz

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

El tratamiento 1 fue el testigo, el cual fue sometido al régimen hídrico que normalmente se utiliza en esta unidad durante el período de postcosecha. Este régimen consiste en riegos con goteros con un gasto de 4 L/h, distanciados cada 1 metro dentro de la línea de goteo. El marco de plantación es de 3,5x3.5 m (4 goteros/planta). El tratamiento 2 consistió en una condición a la cual el gasto por gotero será reducido a la mitad, utilizando goteros de 2 L/h, para lograr una condición de humedad menor a la del tratamiento testigo .El tratamiento 3 consistió en una restricción total del riego en época de post-cosecha. Durante el mes que duraron las evaluaciones, el riego de las plantas fue semanal.

Evaluaciones

Para obtener la hora de evaluación propicia en que la Fn es máxima en el día, se medieron hojas con las mismas condiciones de luz (exposición directa al sol), cada 1 hora, partiendo a las 9:00 y finalizando a las 17:00.

Luego de definido el horario, las evaluaciones se realizaron en hojas de diferentes condiciones de luz y distribuídas en cada cuadrante (4), en 3 fechas del período de postcosecha. En total se realizaron por tratamiento 24 evaluaciones. Primero se evaluaron 2 cuadrantes por planta del T1, luego 2 del T2 y finalmente el T3. Luego se partió con los otros 2 cuadrantes del T1, T2 y T3. Se seguió el mismo orden diario de los tratamientos.

Resultados

A continuación se presentan los resultados de las tres evaluaciones realizadas durante el período de poscosecha (10, 17 y 23 de febrero; 7, 13 y 20 días desde el inicio del ensayo respectivamente).

De acuerdo a la Figura 1, que claramente en evidencia el diferente comportamiento entre las hojas que se encuentran a plena luz, semi sombreada y a la sombra. Esto indica que hay que ser riguroso en la elección del material a muestrear.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

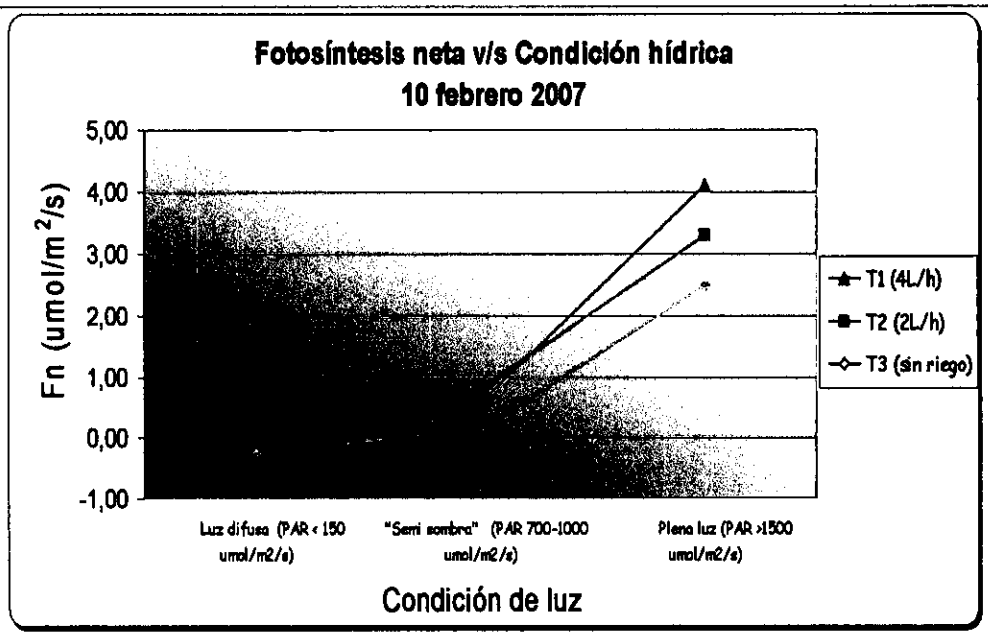


Figura 1. Efecto de la condición hídrica de la planta sobre la fotosíntesis neta (10 de febrero 2007).

Adicionalmente y luego de 7 días no se observan diferencias entre tratamientos, determinándose una tendencia de las plantas sin riego a presentar una menor fotosíntesis.

En la segunda evaluación (17 de febrero), las plantas sin riego si se diferencias de los otros dos grupos de vides (t1 y t2), siendo categórica esta diferencia en las hojas que se encuentran a pleno sol.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

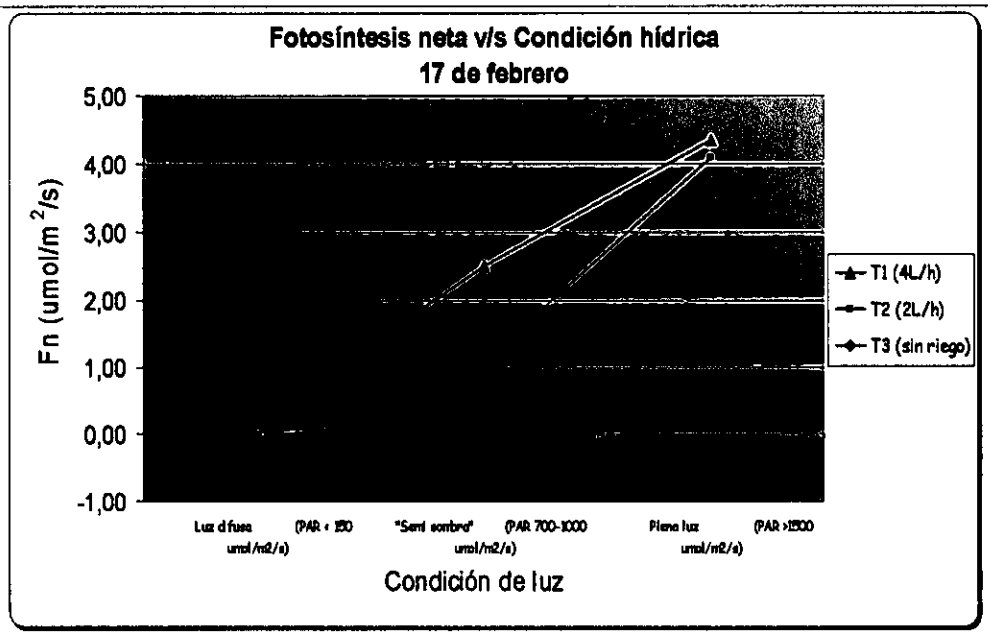


Figura 2. Efecto de la condición hídrica de la planta sobre la fotosíntesis neta (17 febrero).

En la tercera evaluación (23 de febrero), las plantas sin riego bajaron ostensiblemente la fotosíntesis neta e inclusive en el tratamiento 2 y en las hojas a pleno sol, de determina cierto grado de estrés (Figura 3).

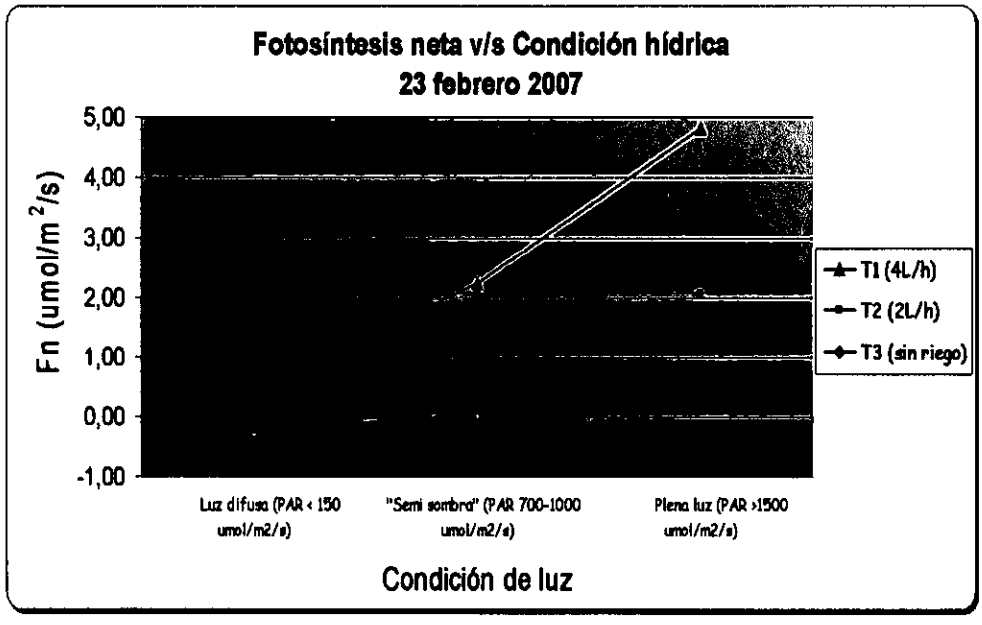


Figura 3. Efecto de la condición hídrica de la planta sobre la fotosíntesis neta (23 de febrero).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Conclusiones

De acuerdo a las condiciones en que se realizó el estudio, se puede concluir lo siguiente:

1) El instrumento IRGA permite determinar condiciones de estrés, evaluando la fotosíntesis neta.
2) Es importante clasificar bien las hojas muestreadas para evitar cometer errores en las evaluaciones. Se aconseja trabajar con hojas a pleno sol.
3) Es factible concluir el período de posctosecha con menores volúmenes de agua, alterando específicamente la frecuencia de riego (bajar la frecuencia).

Temas a estudiar en futuras investigaciones:

1) Determinar el efecto de una disminución parcial de la Fn, sobre el comportamiento de los parrones. Esto se debe realizar evaluando en varias temporadas. Una vez comprobado que no efectos colaterales, se podría implementar el estrés controlado en las plantas.
2) Determinar el efecto de la restricción del uso del agua de riego, sobre el crecimiento de las raíces. Es probable que éstas crezcan más que en las actuales condiciones.
3) Complementar estas lecturas con otros instrumentos de menor costo como el podómetro, bomba de Scholander, lecturas del Diviner.
4) En la medida que se calibren estas evaluaciones, se podrá ahorrar agua de riego en el período de postcosecha optimizando aún más el uso de este recurso.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

CALIBRACIÓN DE UN MEDIDOR PORTÁTIL DE CLOROFILA EN EL CULTIVO DE LA VID.

Rodrigo Callejas, Erika Kania, Rodrigo Rojas y Carolina Kusch.

Resumen

El Medidor Portátil de Clorofila (Modelo CCM-200, Opti Sciences, USA), es un equipo manual que permiten evaluar en contenido de clorofila en las hojas de las plantas. En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01 y con el objetivo de determinar la precisión del método del equipo, se procedió a evaluar la asociación existente entre los resultados entregados por el Medidor Portátil de Clorofila (Modelo CCM-200) con los resultados del contenido de clorofila total entregados por el laboratorio

Introducción

Diversos estudios han encontrado una alta correlación entre las mediciones de los Equipos Pórtatiles de Clorofila y el contenido de nitrógeno en la hoja, ya que este último es necesario para la síntesis de clorofila y, por lo tanto, determina el nivel de verdor de las hojas y la eficiencia de los procesos fotosintéticos que se realizan en ellas. Plantas adecuadamente fertilizadas con nitrógeno presentan un color más verde en sus hojas, en comparación con aquellas sometidas a una fertilización deficiente. Además, a diferencia de otros métodos (determinaciones de N en planta y/o suelo) que involucran análisis de laboratorio, la medición con los Equipos Pórtátiles son simples y de resultados inmediatos. Asimismo, no rompe tejidos ni se necesita tomar muestras de hojas. Las mediciones pueden ser tomadas frecuentemente y se pueden repetir las veces necesarias si existieran dudas respecto a los valores obtenidos. El contenido de clorofila puede ser medido en cualquier momento para estimar el estatus de N en la planta. El medidor de clorofila es una herramienta fina en el manejo de N, reduciendo el riesgo de sobre o sub-fertilización. Además, es una herramienta compacta y liviana, se puede ocupar bajo la lluvia, consume pocas baterías y dado que su área de medición es pequeña se puede utilizar en hojas de tamaño pequeño.

El primer paso para tener una certeza en el valor de la clorofila, en un cultivo determinado, es realizar, un ajuste (modelo) entre las lecturas del Medidor Portátil de Clorofila y la clorofila total medida por los métodos de laboratorio (por ejemplo extracción con acetona). Una vez definido el modelo las lecturas son sistemáticas contando con la rapidez y la economía de tiempo y costo. Así el uso del Medidor Portátil de Clorofila presenta ventajas notorias respecto a otros métodos de determinación de clorofila que son destructivos, por ejemplo, espectrofotometría.

El fundamento de la metodología consiste en chequear durante el ciclo del cultivo, el nivel de nitrógeno en la planta, que refleja la " oferta'' o disponibilidad edáfica. Esto se consigue en forma indirecta al medir la intensidad del verde, que está estrechamente asociada al contenido de clorofila y ésta a su vez a la concentración de N en las hojas, reflejando la condición de suministro nitrogenado. La medición de clorofila se puede realizar mediante los instrumentos: Minolta Spad

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

502 o Minolta Spad 502 DL, quienes entregan resultados en unidades SPAD, o bien con el Medidor Portátil de Clorofila (Modelo CCM-200, Opti Sciences, USA), quien entrega los resultados en Unidades CCI (Índice de contenido de clorofila). Los índices SPAD o CCI tienen la ventaja con respecto al contenido de N total en hoja que no requiere del envío de muestras al laboratorio porque las lecturas pueden realizarse en el campo.

Adicionalmente y para el caso del Valle de Copiapó, se estimó importante calibrar este equipo para determinar en forma objetiva la intensidad de los colores amarillos en las hojas, producto de la clorosis férrica y/o exceso de agua de riego. Dado que la primera etapa de desarrollo del brote es considerada fundamental como indicador de la condición de las plantas en un patronal se estimó además evaluar el desarrollo de la expresión vegetativa, en la primera etapa del crecimiento del brote. Entre el período inicio de brotación y floración se determina, en la mayoría de los casos, el éxito económico del negocio de la uva de mesa en el Valle de Copiapó, debido principalmente a: a) problemas de toxicidad por sales, b) fallas en la brotación, c) fallas en la fertilidad efectiva, a pesar de los buenos porcentajes de fertilidad evaluados por análisis de yema, d) brotaciones disparejas, e) bajo vigor y desarrollo de los brotes (entre nudos cortos) lo que afecta la óptima expresión del raleo con giberélico, f) menor desarrollo de las hojas, g) colores verdes pálidos/amarillo de las hojas y h) fiebre de primavera en casos extremos o colores amarillos por exceso de humedad de suelo.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de este estudio, consistió en:

a) Calibrar las mediciones entregadas por el Medidor Portátil de Clorofila CCM-200 en relación al contenido de clorofila total en hojas de vid entregadas por la metodología tradicional de laboratorio, en dos variedades: Sultanina y Red Globe.
b) Generar una escala de colores (fotografías de Vid) y asociarlas a mediciones o índices CCI.
c) Evaluar el desarrollo de la expresión vegetativa, en la primera etapa de crecimiento del brote, por medio de los índices CCI.
d) Evaluar las aplicaciones foliares de Wuxal Amino como promotor del crecimiento vegetativo en plantas en maceta.

En las **figuras 1 y 2** se muestra el Medidor Portátil de Clorofila CCM-200.

Figuras 1 y 2. Medidor Portátil de Clorofila (Modelo CCM-200, Opti Sciences, USA),

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Materiales y métodos

a) Calibración del medidor portátil de clorofila

Para cumplir el primer objetivo, se eligieron 30 muestras de hojas de vid de las variedades Red Globe y Sultanina provenientes del Valle de Copiapó, a las cuales se les tomaron medidas con el Medidor Portátil de Clorofila CCM-200. En paralelo se recortó el círculo de la hoja donde fue realizada la medición, incorporándola en N líquido y se envió a laboratorio en donde se analizó el contenido de clorofila total en laboratorio. Se maceró un disco de hoja de 2.545 cm^2 en un mortero a –20 °C y sobre hielo, con 500 µl de etanol al 96 %, en completa oscuridad. Una vez molida la muestra se trasladó a un tubo eppendorf, se agregó 500 µl de etanol al 96 % sobre el mortero y se arrastró todo el residuo al tubo eppendorf. El macerado fue centrifugado por 5 minutos a 2500 g y a 4 °C. Posteriormente el contenido de pigmentos se determinó por medio de un espectrofotómetro de doble beam (Shimadzu, JP), leyendo la absorbancia a 665, 649 y 470 nm. El cálculo del contenido de pigmentos se detalla en las ecuaciones del **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Formulas utilizadas para el cálculo de las clorofilas.

Clorofila *a* (µg / cm^2)	=	$13.96\ A_{665} - 6.88\ A_{649}$
Clorofila *b* (µg / cm^2)	=	$24.96\ A_{649} - 7.32\ A_{665}$
Carotenoides Totales (µg / cm^2)	=	(1000 A_{470} - 2.05 Clorofila *a* – 114.8 Clorofila *b*) / 245

b) Escala de colores e índices CCI

Se escogieron láminas de vid "Sultanina" de diferentes intensidades de color amarillo provenientes del Valle de Copiapó, a las cuales se les tomaron medidas con el Medidor Portátil de Clorofila CCM-200. En paralelo se fotografiaron cada una de las láminas.

c) 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 variedad "Flame" y "Sultanina

Para llevar acabo esta evaluación durante el período de **inicio de brotación y floración**, se eligieron plantas de la variedad "Sultanina" y "Flame" del sector alto del Valle de Copiapó, como material de trabajo y que se caracterizaban por lo siguiente:

- Cuartel con historial de buenas producciones y calidad de fruta (calibre).
- Cuartel con buen desarrollo de la canopia.
- Cuartel con color óptimo de las hojas.
- Sector del cuartel sin aplicaciones con fertilizantes foliares hasta plena flor

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

En dos brotes por planta, marcados en el sector medio del cargador, se evaluó semanalmente, desde brote 20 cm hasta plena flor el Índice de Contenido de Clorofila (CCI).

d) Evaluación de las aplicaciones foliares de Wuxal Amino como promotor del crecimiento vegetativo

El ensayo se realizó en plantas en macetas de la variedad "Sultanina". Previo a la plantación se realizó una desinfección del suelo con Enzone (nematicida) aplicado a una concentración del 0,3 % con una dosis correspondiente de 18 cc p.c. / 6L de agua / maceta a todos los tratamientos. Posteriormente se procedió a plantar, en primavera, las parras en macetas de 20 L, con suelo agrícola y perlita, en relación 3:1. Se realizó un lavado del suelo con agua destilada.

El ensayo contempló cuatro tratamientos (**Cuadro 2**). Todos los tratamientos fueron aplicados con aspersor de espalda manual. Se realizaron aplicaciones dos veces por semana a partir de la última semana de diciembre a la última semana de enero.

Cuadro 2. Dosis de Wuxal Amino para los diferentes tratamientos.

Tratamiento		Dosis (cc / 100 L)
T0	Testigo	0
T1	Wuxal Amino	100
T2	Wuxal Amino	200
T3	Wuxal amino	400

Al momento de la poda de evaluó: nitrógeno total en hojas, Índice de Contenido de Clorofila (CCI) y peso fresco de las plantas.

Análisis estadístico

a) Calibración del medidor portátil de clorofila

Para realizar la calibración del medidor portátil de clorofila se probaron diferentes modelos de regresión entre los valores obtenidos con Medidor Portátil de Clorofila y los resultados entregados por el laboratorio. Las Regresiones 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.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

d) Evaluación de las aplicaciones foliares de Wuxal Amino como promotor del crecimiento vegetativo

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 4 tratamientos y 10 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 **Duncan.** En todos aquellos casos que se consideró que podría existir efecto de una variable sobre otra, se considerará este posible efecto con un análisis de covarianza.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: no existe efecto de los tratamientos sobre el contenido de N total en hojas, Índice CCI o Peso fresco de las plantas.
HA: existe efecto de los tratamientos sobre el contenido de N total en hojas, Índice CCI o Peso fresco de las plantas.

Además, se realizaron correlaciones lineales entre las variables evaluadas y las dosis de Wuxal Amino. 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.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Resultados y discusión

a) Calibración del medidor portátil de clorofila

A partir de las fórmulas presentadas en el **Cuadro 1** se obtuvieron los resultados del contenido de clorofila total para cada una de las muestras. Se probaron regresiones lineales y no lineales, para cada variedad, utilizando como variable dependiente (y) el contenido de clorofila total obtenido del análisis de laboratorio y como variable independiente (x) el valor numérico (Índice CCI) dado por el Medidor Portátil de Clorofila, obteniendo el mejor ajuste para la variedad Sultanina con un modelo lineal y para la variedad Red Globe con un modelo polinómico de grado 2 (**Figura 3**). En ambos casos se obtuvo un alto coeficiente de determinación (R^2 = 0,96 para Sultanina y R^2 = 0,92 para Red Globe).

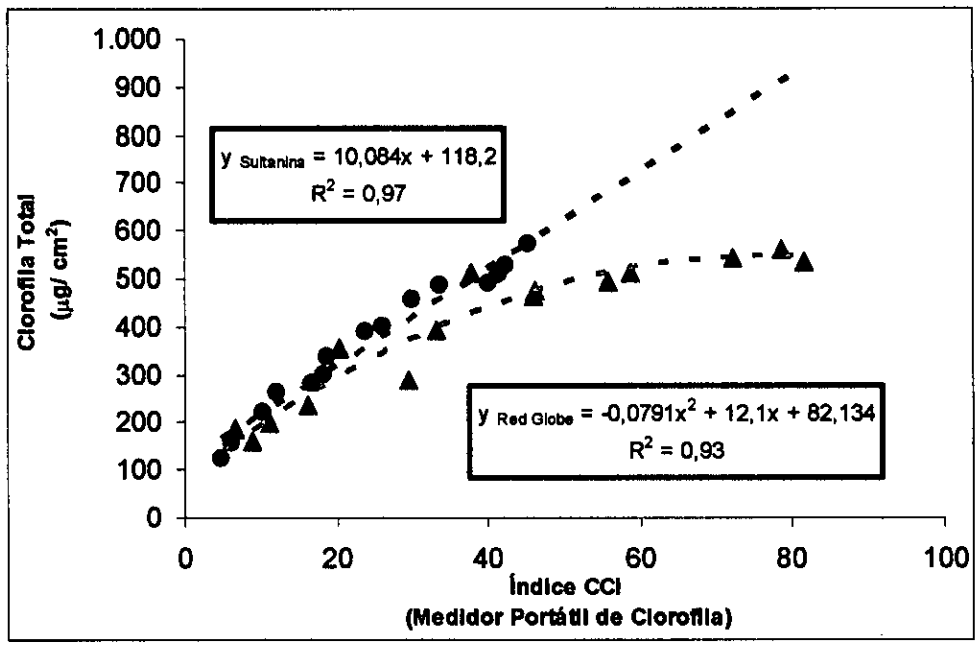


Figura 3. Modelo lineal (Sultanina, círculos verdes) y polinómico (Red Globe, triángulos morados) obtenidos entre la metodología de laboratorio y el medidor Portátil de Clorofila (Ambas regresiones resultaron estadísticamente significativas (al 1%) evaluadas con la prueba F).

De acuerdo a los datos anteriormente expuestos, para las variedades y en las condiciones climáticas de la zona estudiada se proponen las ecuaciones presentadas en la Figura 3 en verde para Sultanina y en morado para Red Globe. Utilizando estas ecuaciones, se puede calcular el contenido de clorofila total, para cada variedad, considerando como x el índice medido en las plantas en terreno.

Los modelos encontrados en la literatura son de diverso tipo. Así, por ejemplo, Neufeld *et al.* (2006) para (Rudbeckia laciniata var. digitata) establece las relaciones de las lectura con los Medidores Portátiles de Clorofila (x) con la clorofila total (y) siempre con modelos lineales. De

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

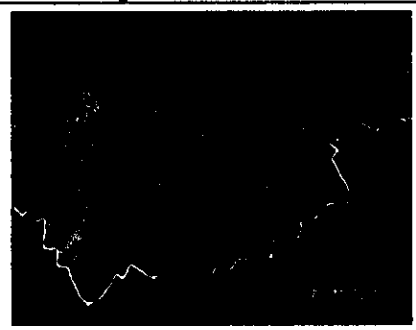
mismo modo Kapotis *et al.* (2003) en Amaranthus vlitus L. establece un modelo lineal ($y = 0{,}8569x$; $R^2 = 0{,}89$). Martínez y Guiamet (2004) en maíz establece un modelo lineal ($y = 0{,}56\ x + 8{,}54$; $R^2 = 0{,}69$). Markwell *et al.* (1995) para soja (Glycine max (L). Merr.) y maíz (Zea mays L.), establece un mismo modelo exponencial ($y = 10^{0265\ x}$; $R^2 = 0{,}94$). Ommen *et al.* (1999), en Triticum aestivum cv. Minaret, establece un modelo polinómico ($y = 0{,}380x^2 + 6{,}58x + 83{,}9$; $R^2 = 0{,}96$). Pestana *et al.* (2004) en Citrus sinensis L. Osb. también obtiene un modelo polinómico ($y = 0{,}15x^2 + 1{,}49x + 85$; $R^2 = 0{,}94$).

b) Escala de colores e índices CCI

Con el objetivo de poder evaluar en terreno a través de la observación de fotografías se presenta una escala de colores (**Cuadro 3**) y su respectivas lecturas o índice CCI.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

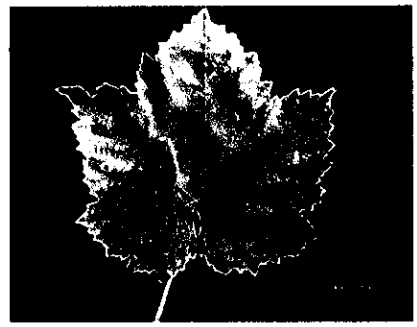
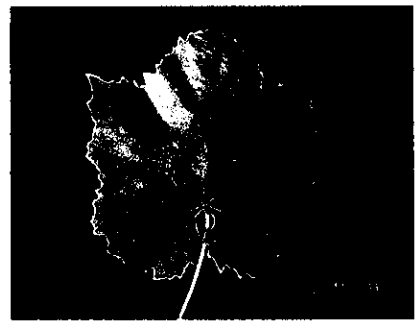
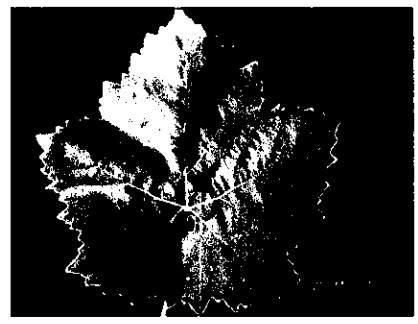
Cuadro 3. Diferentes intensidades de colores amarillos verdosos para la variedad Sultanina y sus respectivos Índice de contenido de clorofila.

Índice CCI	Fotos Hoja de Vid Sultanina	
2,5		
2,7		
5,3		
8,4		

continúa

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Continuación Cuadro 3.

Índice CCI	Fotos Hoja de Vid Sultanina	
14,3		
21,4		
27,5		
32,3		

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

c) 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 "Flame" y "Sultanina

En las **figuras 4 y 5** se puede apreciar la evolución del contenido de clorofilas dependiendo de la posición de la lámina en el brote, así como de la fecha de evaluación. Las evaluaciones se realizaron manteniendo la individualidad de las hojas, para lo cual se marcó la hoja opuesta al racimo del brote la cual fue catalogada como posición 0. Posiciones negativas de las hojas en el brote correspondieron a hojas más basales y posiciones positivas en el brote a hojas más distales (**figuras 4 y 5**).

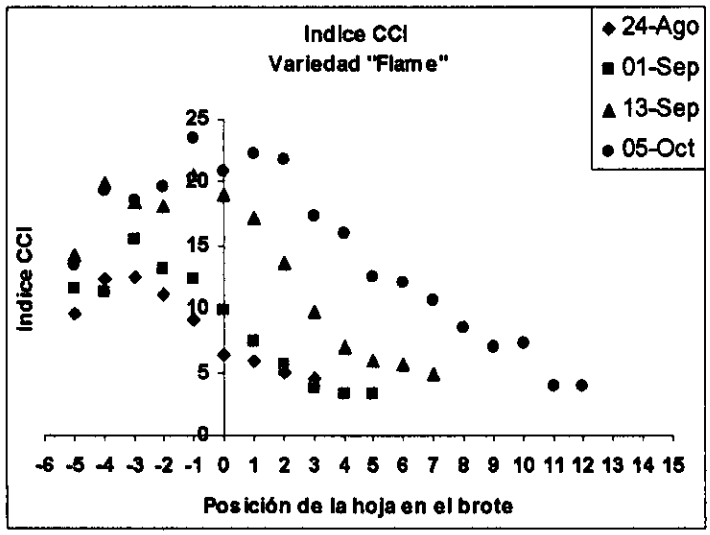


Figura 4. Evolución del Índice CCI en la variedad "Flame" de acuerdo a la fecha de evaluación y posición de la hoja en el brote.

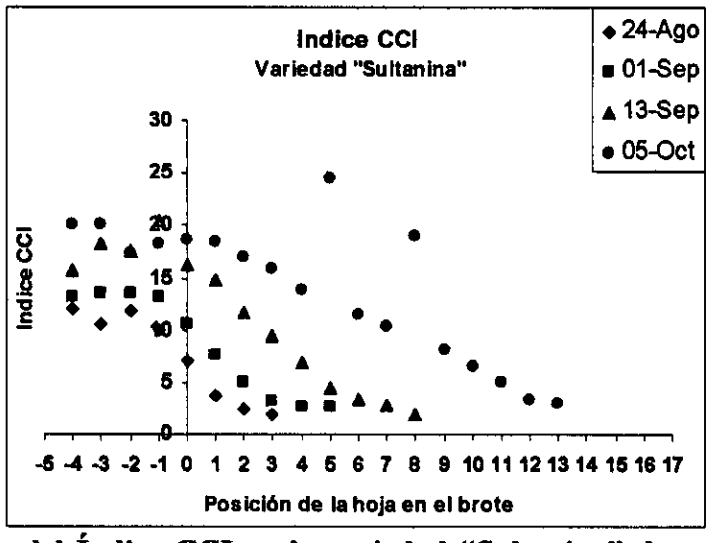


Figura 5. Evolución del Índice CCI en la variedad "Sultanina" de acuerdo a la fecha de evaluación y posición de la hoja en el brote.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

e) Evaluación de las aplicaciones foliares de Wuxal Amino como promotor de crecimiento vegetativo

Nitrógeno total en hojas

En la evaluación del porcentaje de nitrógeno total se observó una tendencia al incremento del contenido de N en la medida que se incrementó la dosis de Wuxal Amino (**Cuadro 4**). Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T1 y T3. Todas las plantas mostraron una coloración amarilla en sus hojas.

Cuadro 4. Porcentaje de Nitrógeno en las hojas al momento de la poda.

Tratamiento		N (%)	*
T0	Testigo	1,81	ab
T1	Wuxal Amino 100	1,67	a
T2	Wuxal Amino 200	1,90	ab
T3	Wuxal amino 400	1,98	b

*Valores con letras iguales en el sentido vertical, no difieren significativamente ($p \leq 0,05$)

Estimación de la clorofila en las hojas

En la evaluación del nivel de clorofila en las hojas, se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo el tratamiento testigo el que presentó menor valor del índice CCI , y el tratamiento Wuxal Amino 400 el con mayor contenido de este (**Cuadro 5, Figura 6**).

Cuadro 5. Índice de contenido de clorofila

Tratamiento		Índice CCI	*
T0	Testigo	9,75	a
T1	Wuxal Amino 100	11,35	a
T2	Wuxal Amino 200	14,89	b
T3	Wuxal amino 400	17,60	c

*Valores con letras iguales en el sentido vertical, no difieren significativamente ($p \leq 0,05$)

La dosis de Wuxal Amino utilizada presentó un alto coeficiente de correlación lineal de Pearson con el índice CCI ($r = 0,98$*) (**Figura 6**). Este coeficiente de correlación lineal de fue estadísticamente significativos al 5 % (*) evaluado con el estadístico t de Student.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

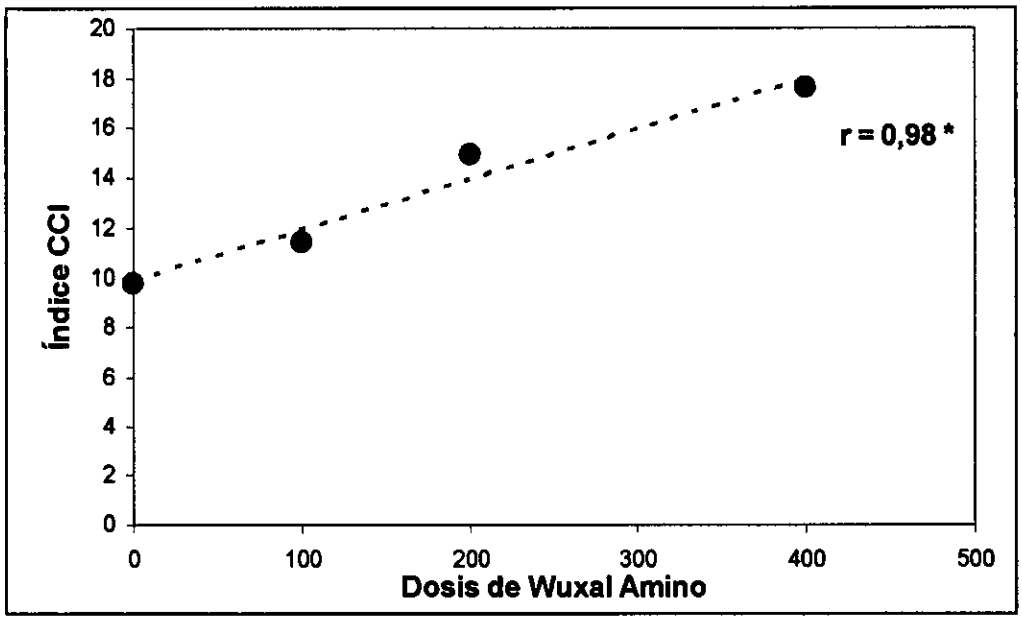


Figura 6. Correlación entre las dosis de Wuxal Amino y los Índices CCI

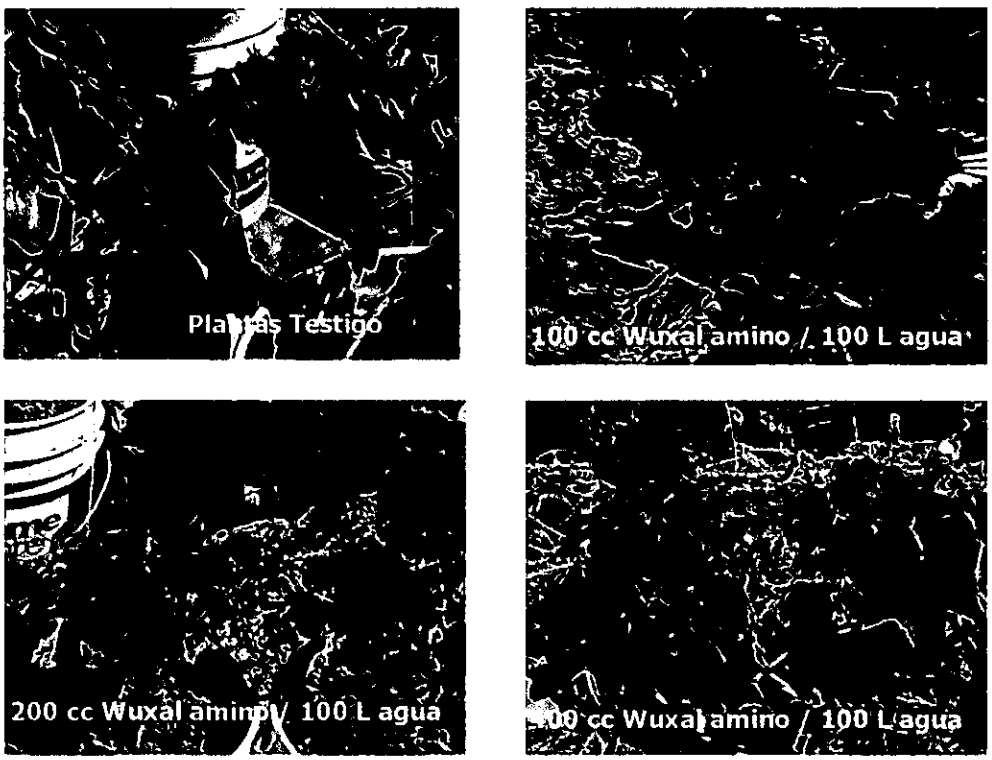


Figura 7. Fotografías de los diferentes tratamientos.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Peso fresco

En la evaluación del peso fresco, se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. El tratamiento con menor peso fresco fue el testigo, seguido por el tratamiento Wuxal Amino 100, Wuxal Amino 200 y Wuxal Amino 400 (**Cuadro 6, Figura 8**).

Cuadro 6. Peso fresco (g)

Tratamiento		Peso fresco (g)	*
T0	Testigo	37,7	a
T1	Wuxal Amino 100	43,8	ab
T2	Wuxal Amino 200	49,8	b
T3	Wuxal amino 400	73,5	c

*Valores con letras iguales en el sentido vertical, no difieren significativamente ($p \leq 0,05$)

La dosis de Wuxal Amino utilizadas presentaron un alto coeficiente de correlación lineal de Pearson con el peso fresco de las plantas (r = 0,92*) (**Figura 8**). Este coeficiente de correlación lineal de fue estadísticamente significativos al 5 % (*) evaluado con el estadístico t de Student.

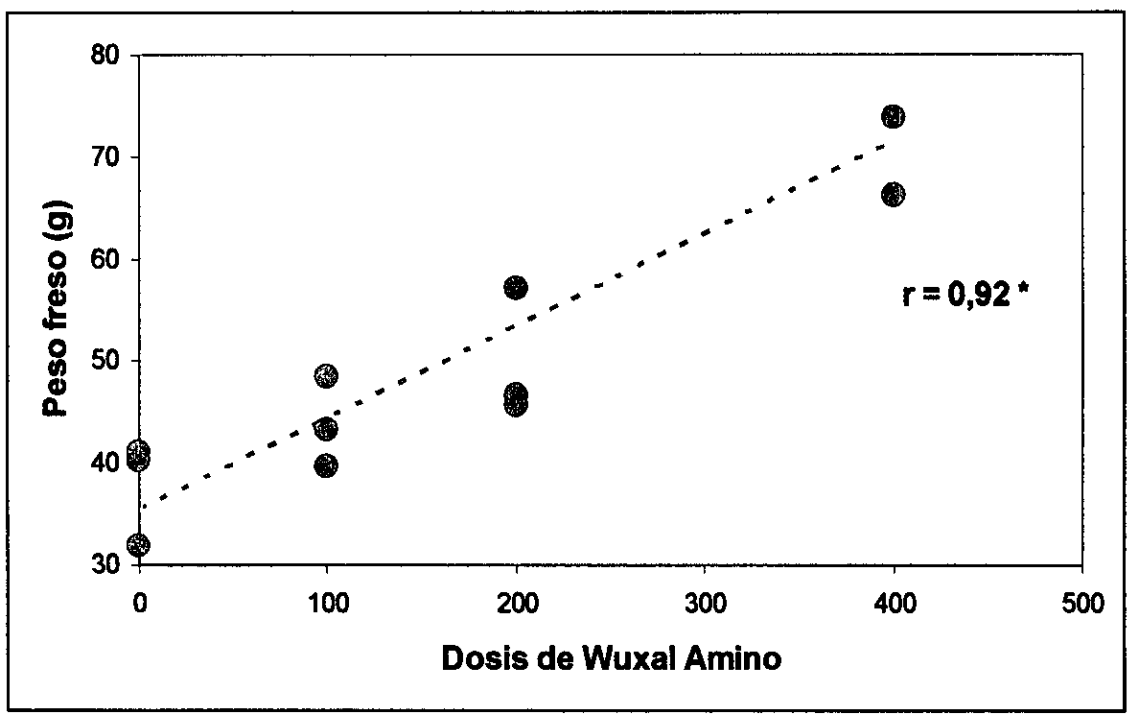


Figura 8. Correlación entre las dosis de Wuxal Amino y el peso fresco de las plantas.

Es importante mencionar que a pesar del mayor crecimiento (peso fresco) de las plantas, las aplicaciones crecientes de Wuxal Amino permitieron incrementar el contenido de nitrógeno en las hojas, contrarrestando el efecto de dilución por la mayor acumulación de materia fresca.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Los índices CCI presentaron un alto coeficiente de correlación lineal de Pearson con el peso fresco de las plantas (r = 0,86*) (**Figura 9**). Este coeficiente de correlación lineal de fue estadísticamente significativos al 5 % (*) evaluado con el estadístico t de Student.

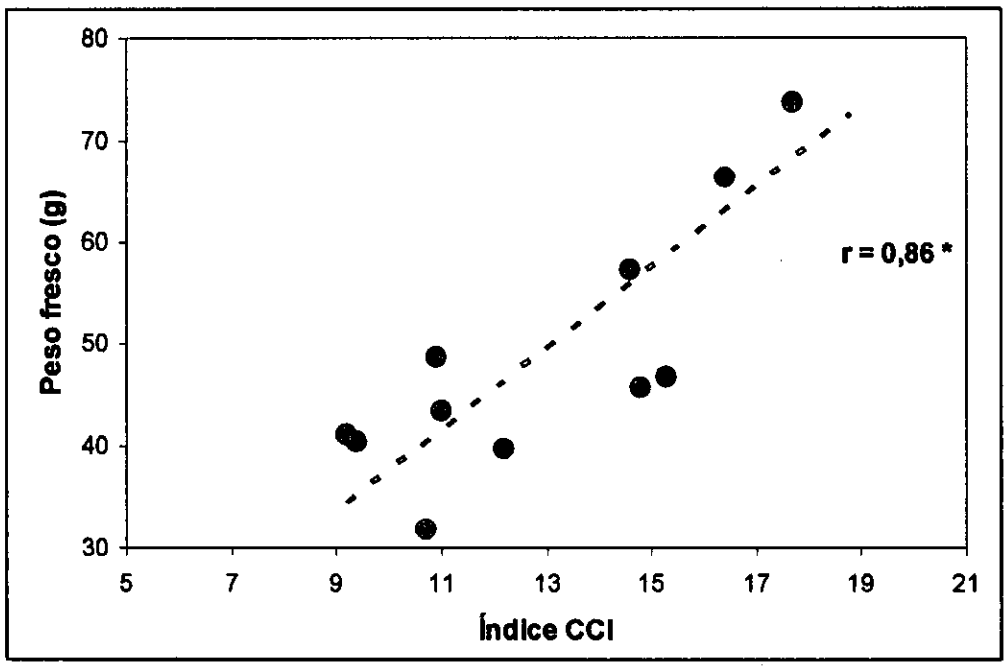


Figura 9. Correlación entre los Índices CCI y el peso fresco de las plantas.

Conclusiones

El medidor Portátil de Clorofila entrega resultados que están altamente relacionados con la metodología de determinación de clorofila de laboratorio.

El Medidor Portátil de Corofila (Modelo CCM-200) es un medidor de clorofila que facilita y abarata la toma de lecturas, evitando el uso de otras técnicas que por lo general son destructivas (espectrofotometría). No obstante el uso de estos equipos requiere una calibración previa para estimar el contenido de clorofila total presentes en la hojas.

Los resultados muestran un claro efecto positivo de las aplicaciones de Wuxal Amino sobre las plantas, bajo las condiciones en que se desarrolló el ensayo.

En este trabajo se ha calibrado el Medidor Portátil de Corofila (Modelo CCM-200, Opti Sciences, USA), para el cultivo de la vid en el Valle de Copiapó en las variedades Sultanina y Red Globe.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Literatura consultada

KAPOTIS, G., ZERVOUDAKIS, G., VELTSISTAS, T. AND SALAHAS, G. 2003. Comparison of Chlorophyll meter reagings with leaf chlorophyll concentration in Amaranthus vlitus: Correlation with physiological processes. Russian of Plant Phys. 50: 395-397.

MARKWELL, J., OSTERMAN, J. AND MITCHELL, J. 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. Photosynthesis Research. 46: 467-472.

MARTINEZ, D. AND GUIAMET, J. 2004. Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. Agronomie. 24: 41-46.

NEUFEL, H., CHAPPELKA, A., SOMERS, G., BURKEY, K., DAVISON, A. AND FINKELSTEIN, P. 2006. Visible foliar injury caused by ozone alters the relationship between SÂD meter readings and chlorophyll concentration in cutleaf coneflower. Photosynthesis Research. 87: 281-286.

OMMEN, O., DONNELLY, A., VANHOUTVIN, S., VAN OIJEN, M. AND MANDERSCHEID, R. 1999. Chlophyll content of spring wheat flag leaves under elevated CO_2 concentrations and other environmental stresses within the "ESPACE-wheat" project. European J. of Agronomy. 10: 197-203.

PESTANA, M., DE VARENNES, A., GOSS, M., ABADÍA, J. AND ARAÚJO, E. 2004. Floral analysis as a tool to diagnose iron chlorosis in orange trees. Plant and Soil. 259: 287-295

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

SAPITO: SISTEMA SENCILLO DE CONTROL DEL RIEGO

Rodrigo Callejas y Rodrigo Gálvez

Resumen

Debido a la gran variabilidad de la descarga de los sistemas de riego, generado principalmente por el deficiente diseño y mantención de los equipos utilizados en los parrones de uva de mesa de la III Región, se diseñó, en el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01, un equipo denominado **SAPITO**, aparato sencillo conformado por un pluviómetro y un sistema de registro instantáneo de datos.
El objetivo de esta actividad fue diseñar un equipo que:
1) Permitiera controlar la eficiencia del sistema de riego por goteo (descarga). Coeficiente de homogeneidad.
2) Permitiera controlar la ejecución del programa de riego.
3) Permitiera evaluar el gasto particular de los goteros (evaluación de sectores particulares).

Necesidad del equipo

Todo productor se hace 2 preguntas claves respecto de su sistema de riego: 1) ¿Se riega realmente las horas necesarias y de acuerdo a lo estipulado previamente? y 2) ¿La descarga de los goteros es la óptima, o en otras palabras, es adecuado el coeficiente de uniformidad del sistema?

La primera pregunta apunta a la necesidad de controlar a quienes ejercen las labores de ejecución de los riegos y la segunda, a definir problemas graves de los sistemas de riego, lo que obligaría a invertir sí o sí en las mejoras que sean necesarias.

En la práctica el pluviómetro móvil (**Figura 1**) ha permitido determinar problemas específicos en sectores de riego (**figuras 2 y 3**), definiendo las causas del comportamiento singular de grupos de plantas. En otros casos, se han definido importantes diferencias en los coeficientes de uniformidad de los sistemas de riego, los cuales debieran ser reparados a la brevedad, tanto por necesidades agronómicas, como por la necesidad de ser eficientes en el uso del agua y fertilizante, de manera de responder a los requerimientos de la producción integrada de fruta de exportación.

Actualmente y dentro del trabajo de otros proyectos de investigación y extensión, se están construyendo nuevos equipos para entregar un servicio más expeditos a los productores de la III Región de manera que puedan definir si sus sistemas de riego requieren reparación, mantención o algún tipo de control permanente, para hacer más eficiente el riego y con ello la fertirrigación de los parronales.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

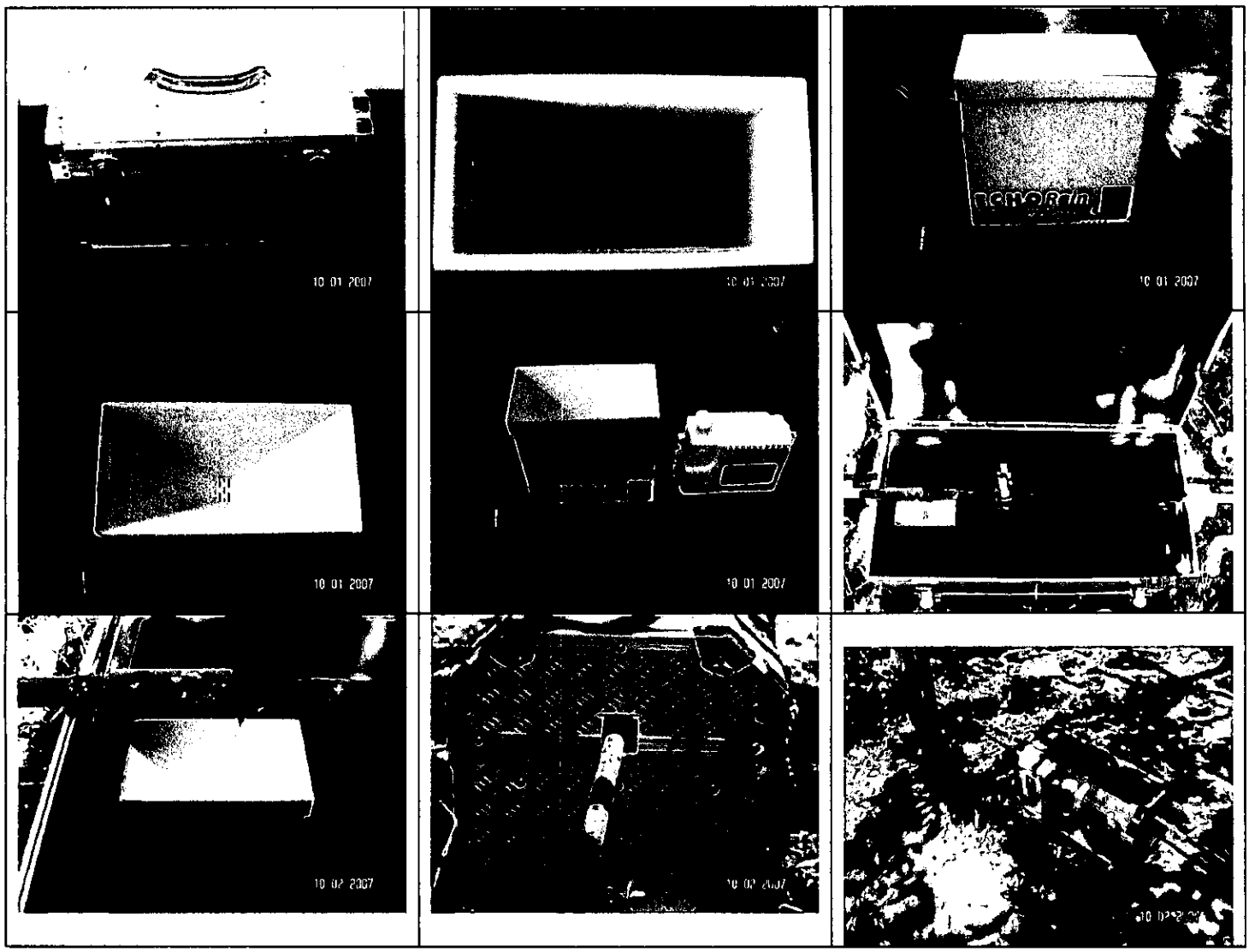


Figura 1. Constituyentes de "Sapito"; pluviómetro móvil para evaluar sistemas de riego.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

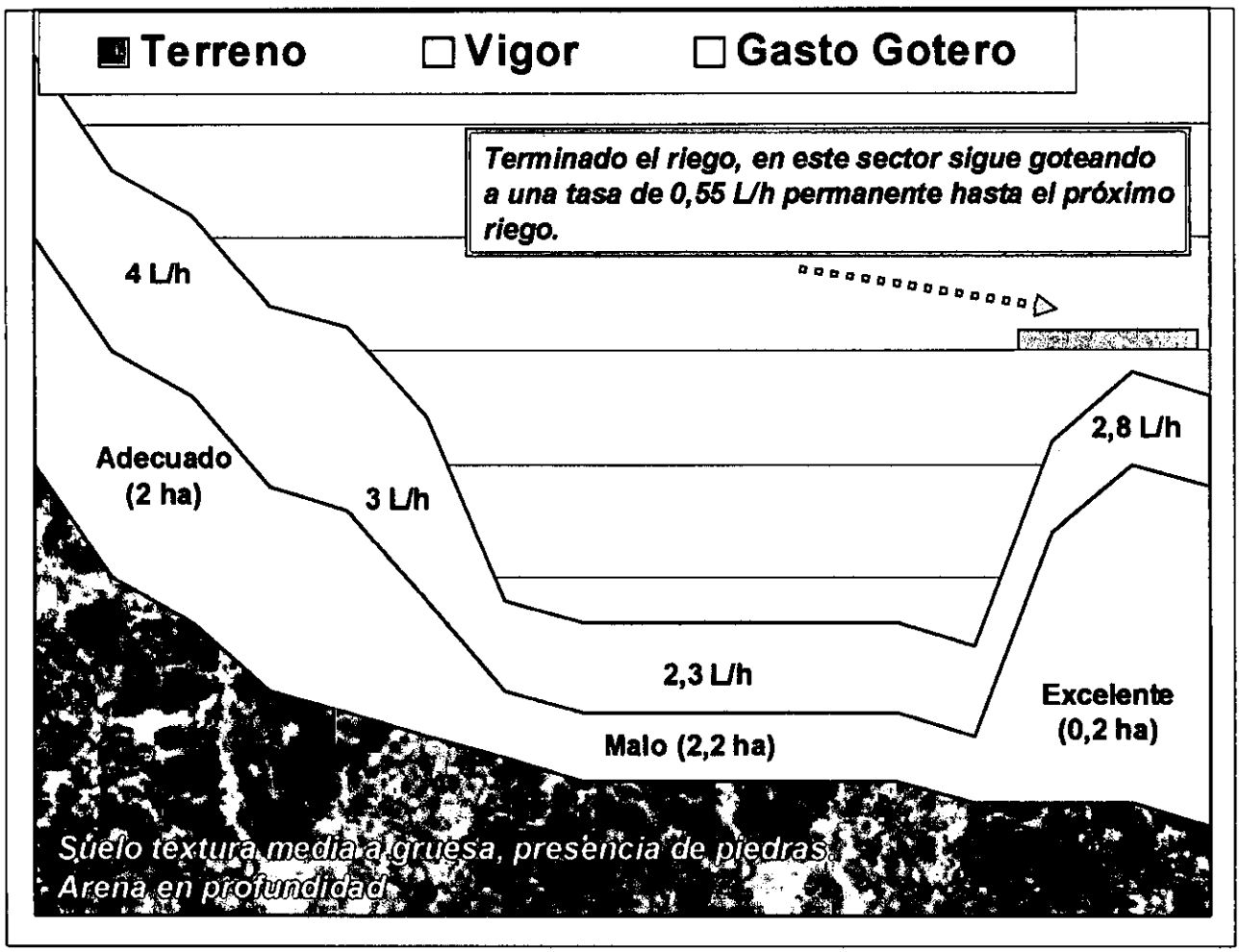


Figura 2. Ejemplo 1 de información obtenida al evaluar con el equipo SAPITO.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

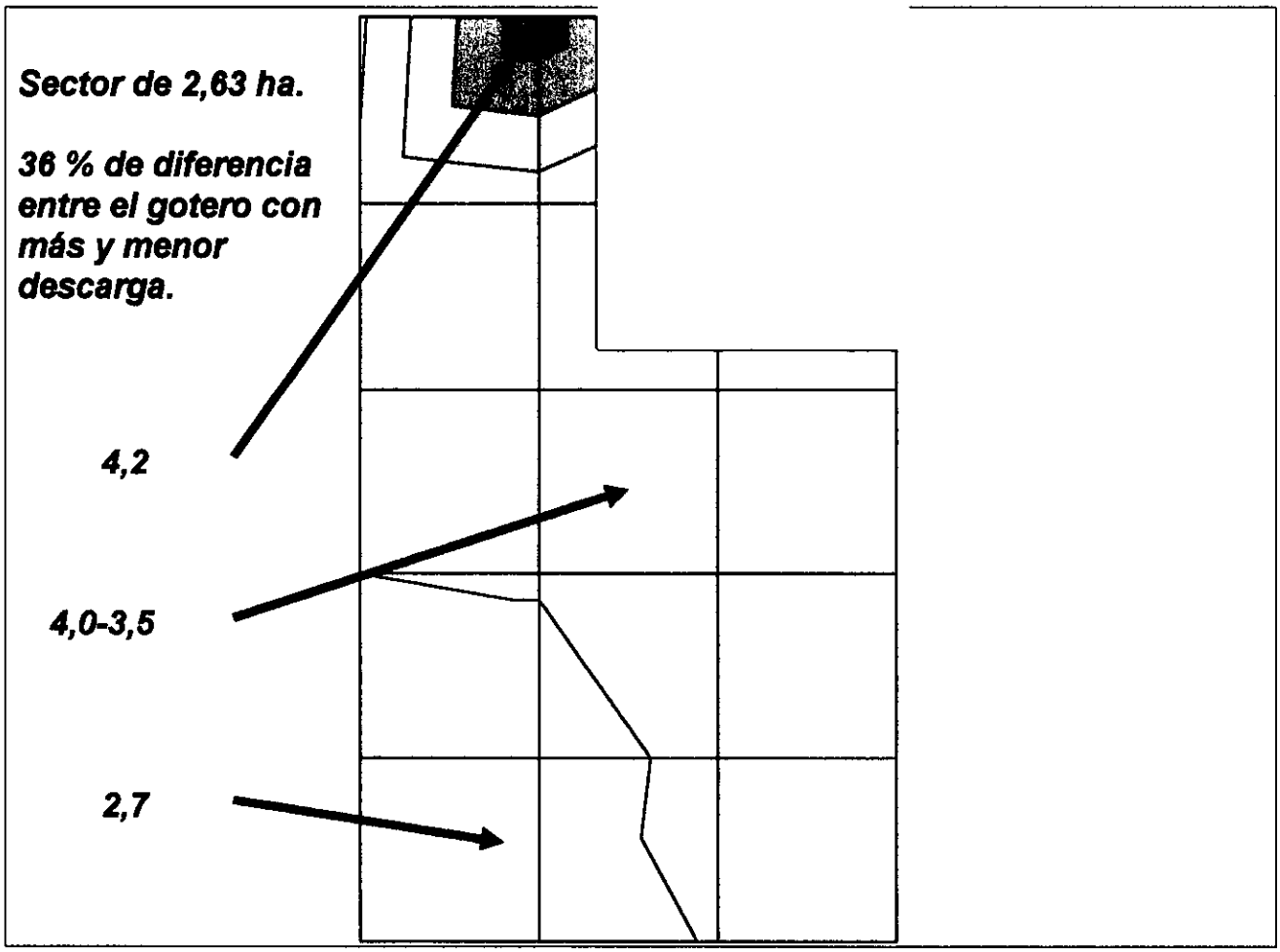


Figura 3. Ejemplo 2 de información obtenida al evaluar con el equipo SAPITO.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

CALIBRACION DE CÁMARA DE PRESIÓN TIPO SCHOLANDER MODELO PUMP-UP, PARA EL CONTROL DE LA CONDICIÓN HÍDRICA DE VIDES "SULTANINA"

Rodrigo Callejas, Rodrigo Gálvez y Gabino Reginato.

Introducción

En el caso de la III Región y en el marco del PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01; se ha observado que existe una gran cantidad de parronales de bajo potencial productivo, los cuales se encuentran asociados, en mucho de los casos a problemas en el control del riego.

El manejo y control del riego se realiza normalmente a través de observación de calicata (método subjetivo) y de técnicas modernas pero de mayor costo que permiten determinar la humedad en la zona de raíces (tensiómetro, aspersor de neutrones, TDR, etc.). Sin embargo, se señala como complemento y necesario evaluar el estado hídrico de las plantas, a través de mediciones del potencial hídrico (Sellés *et al.*, 2002).

El potencial hídrico es una integración de la demanda evaporativa de la atmósfera y de la disponibilidad de agua en el conjunto de suelo explorado por el sistema radicular de las plantas. En la medida que la planta tiene menor suministro de agua, y que la demanda de agua de la atmósfera aumenta, el potencial hídrico de la planta es menor (Choné et al., 2001).

Para la determinación de potencial hídrico como un indicador del nivel de estrés hídrico existente en la planta es necesario medir el potencial xilemático medio, el cual está altamente relacionado con la conductancia estomática, la transpiración y la asimilación de CO2 de la planta (Naor, 2000), lo que es determinante para obtener buena calidad de fruta y altos rendimientos (Williams y Matthews, 1990).

El potencial hídrico xilemático, se mide a través de una cámara de presión, evaluando hojas sombrías ubicadas al interior de la copa de la planta, estas son cubiertas con bolsas plásticas cubiertas con papel aluminio por un periodo de 90 minutos evitando que transpire, logrando un equilibrio entre el potencial hídrico de planta con el de la hoja (Naor, 1998). La medición se realiza en días despejados a medio día donde el potencial hídrico es menor (Sellés *et al.*, 2002).

Por tanto es clave controlar el nivel hídrico de la planta a través del potencial xilemático medio, para determinar cuan efectivo es el programa de riego que se está utilizando (Naor, 2000), una forma práctica es a través de la cámara de presión tipo Scholander modelo Pump-Up, diseñada por el Dr. Ken Shackel, Universidad de California

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

El objetivo del estudio fue determinar si el potencial xilemático es un medio para diferenciar plantas que se encuentran bajo distintos niveles de riego y establecer la relación entre el potencial xilemático medio y el déficit de presión de vapor , estimando una ecuación que permita controlar el riego en uva de mesa variedad Thompson Seedless.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó entre septiembre y enero del 2007-2008.

Se utilizarán plantas de vid (*Vitis vinifera)* variedad Sultanina, en plena producción, establecidas a una distancia de 3,0 x 3,0 m, conducidas en sistema de parronal español, regadas por goteros, con una línea y una distancia entre goteros de un metro (3 goteros por planta) cuyo caudal de es de 4 $L \cdot hr^{-1}$.

Las plantas utilizadas se seleccionaron por su homogeneidad en cuanto a desarrollo (diámetro del tronco a 1 metro de altura) y estado fitosanitario, además, de ser representativas de las condiciones generales del cuartel.

Para el estudio en un suelo de texturas gruesa y poca matriz media en superficie, se dispuso de 6 tratamientos, cada tratamiento fue definido por diversos regímenes de riego, utilizando como testigo el riego del huerto, que determinó el tratamiento 1 (T1) el cual consistió en una línea de riego con goteros distanciados a 1 m y con un caudal de 4 L/hr., la frecuencia de riego, a partir de cuaja fue diaria con una duración de seis horas. El tratamiento 2 (T2) consistió en una línea de riego con goteros de 2 L/hr de caudal, distanciados a 0,5 m (6 emisores por planta), con riegos diarios de seis horas. Las seis horas de riego diarias estarán distribuidas en 4 pulsos de riego de 1,5 horas cada uno, con un espaciamiento de 1,5 horas entre cada pulso.

El tratamiento 3, 4, 5 y 6 (T3, T4, T5 y T6 respectivamente) estarán dados con igual frecuencia que el testigo. El T3 consistió en dos líneas de riego con goteros de 2 L/hr cada 1 m, la líneas distanciadas a 20 cm. de la línea de plantación. El T4 dispuso de dos líneas de goteros (dispuestas igual al T3) con emisores cada 1 m, de 4L/hr de caudal. Por último T6 con el mismo régimen de riego que el testigo, con la salvedad de que los goteros a pesar de ser de 4 L/hr entregan 6 L/hr. Los tratamientos se especifican en el **Cuadro 1**.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Cuadro 1. Tratamientos

Tratamiento	Agua/riego (m^3)	Relación con testigo
T1	0,01	0,6
T2	0,03	1
T3	0,01	1
T4	0,06	2
T5	0,01	0,5
T6	0,04	1,5

Además, se realizó la calibración de la cámara de presión, obteniendo la relación existente entre el potencial xilemático medio (ψ_{xm}) y el déficit de presión de vapor de la atmósfera (DPV), para ello se evaluó ψ_{xm} a plantas que se encuentren bajo un riego que supla la evapotranspiración del cultivo para la zona, 6.5mm/día (Sellés et al., 2002) y DPV al momento de la medición del ψ_{xm}.

Variables medidas

Potencial xilemático medio. El potencial xilemático medio (ψ_{xm}) se evaluó a mediodía solar, cuando exista el máximo déficit diario de agua (12 hr.). Las hojas a medir se cubrieron con bolsas plásticas envueltas con papel de aluminio por un periodo de 90 minutos, posteriormente se retiraron las hojas de la planta procediendo a medir, con una cámara de presión tipo Scholander modelo Pump-up **(Figura 1)**.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

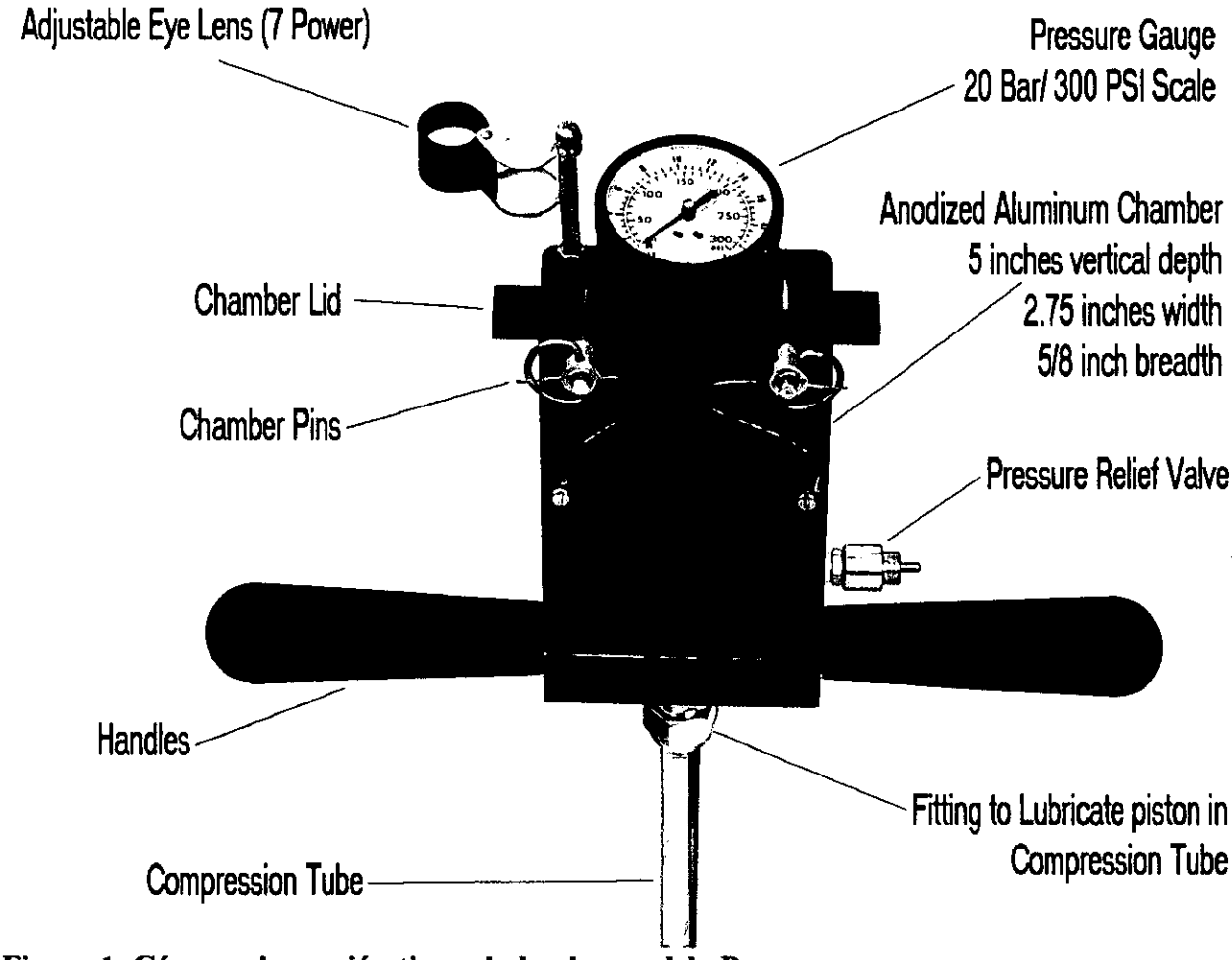


Figura 1. Cámara de presión tipo scholander modelo Pump-up.

Temperatura ambiental y humedad relativa. La temperatura del aire (°C) y la humedad relativa se obtuvo por medio de un higrotermómetro digital (AZ 8701. TW), a 1,5 m de altura, ubicado a la sombra. Estas mediciones se realizaron en forma simultánea al potencial xilemático medio.

Déficit de presión de vapor (DPV). A través de la temperatura y humedad relativa obtenidas del higrotermómetro, se calculó la presión del aire a saturación (e_s), a través de la ecuación de Murray (1967) y la presión parcial de vapor del aire (e), mediante la humedad relativa y e_s obteniéndose el DPV por diferencia de $e_s - e$ (mmHg).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Resultados

El potencial xilemático medio fue un buen indicador en el estado hídrico de la planta, reflejando la diferencia en las distintas condiciones de riego, los resultados se resumen en la **Figura 2**.

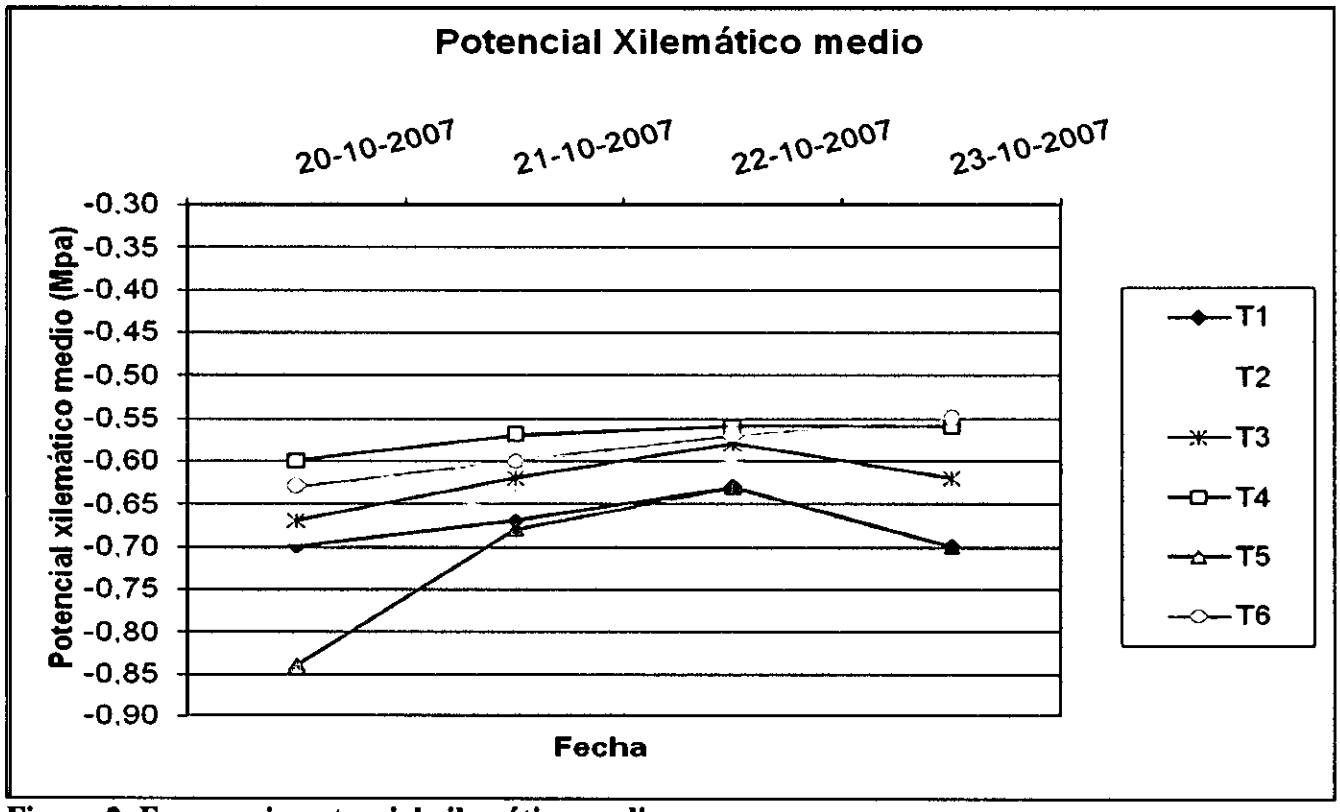


Figura 2. Frecuencia potencial xilemático medio.

El potenciales xilemáticos mínimo es de -0,84 Mpa en el tratamiento 5, el cual fue el que recibió menor cantidad de agua y por otro lado el mayor potencial fue – 0,55 Mpa, logrado por el tratamiento que recibió mayar cantidad de agua (T4) durante el ensayo.

Por otro lado la relación que se encontró entre el potencial xilemático medio y el déficit de presión de vapor, durante baya de cuatro milímetro y cosecha, obtuvo un coeficiente de determinación de 0,615, ajustado a una curva logarítmica determinada por la ecuación, $Y=-2,34\ln(x)+1,771$.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

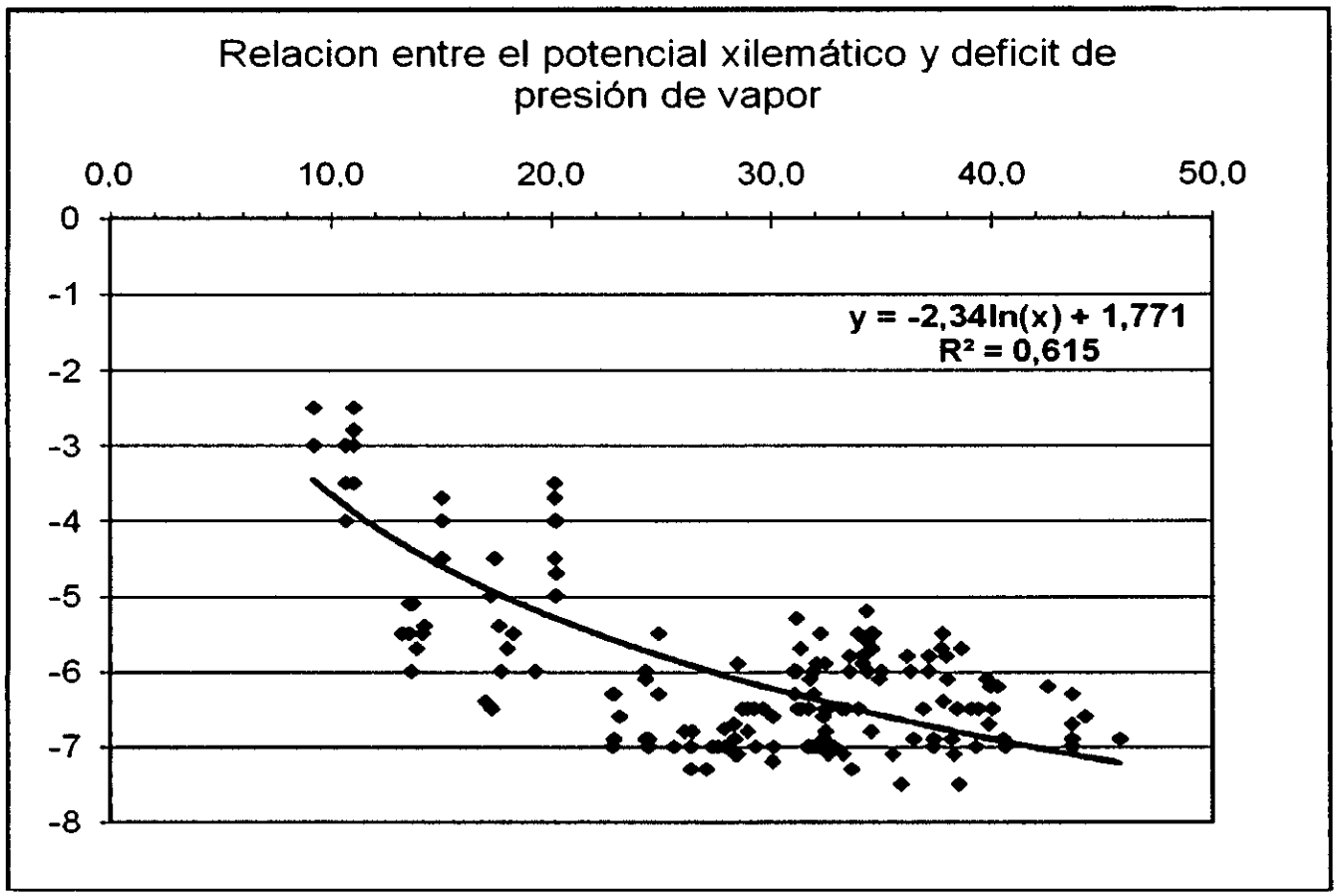


Figura 3. Relación déficit de presión de vapor y potencial xilemático medio.

Esta relación permite establecer el control de riego, a través de la medición del deficit de presión de vapor y el potencial xilemático medio en uva de mesa variedad Thompson Seedless. Si la medición de ambos paráetro se encuentra debajo de la línea base (ecuación estimada) se deberá regar.

El potencial xilemático medido con la cámara de presión tipo Scholander modelo Pump-up, tiene la ventaja, con respecto a la tradicional, de ser mas fácil en su manipulación y traslado, debido a que no requiere de balón de gas comprimido para generar la presión a las hojas, sino a través de la presión que se ejerce al bombear, mediante el movimiento ascendente y descendente de la cámara **(Figura 5)**, el instrumento se ilustra en la **Figura 4**.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

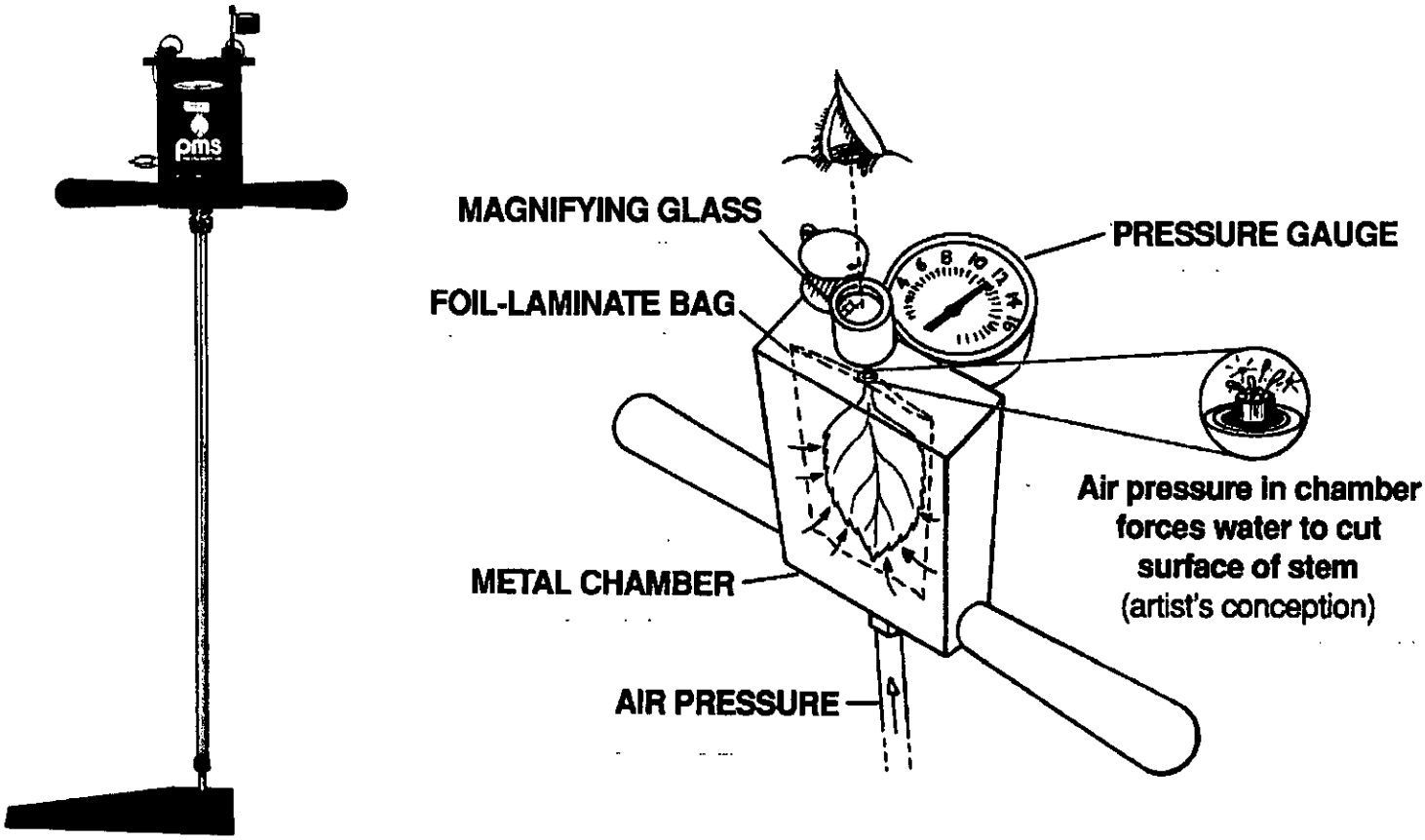


Figura 4. Cámara de presión tipo scholander modelo Pump-up.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

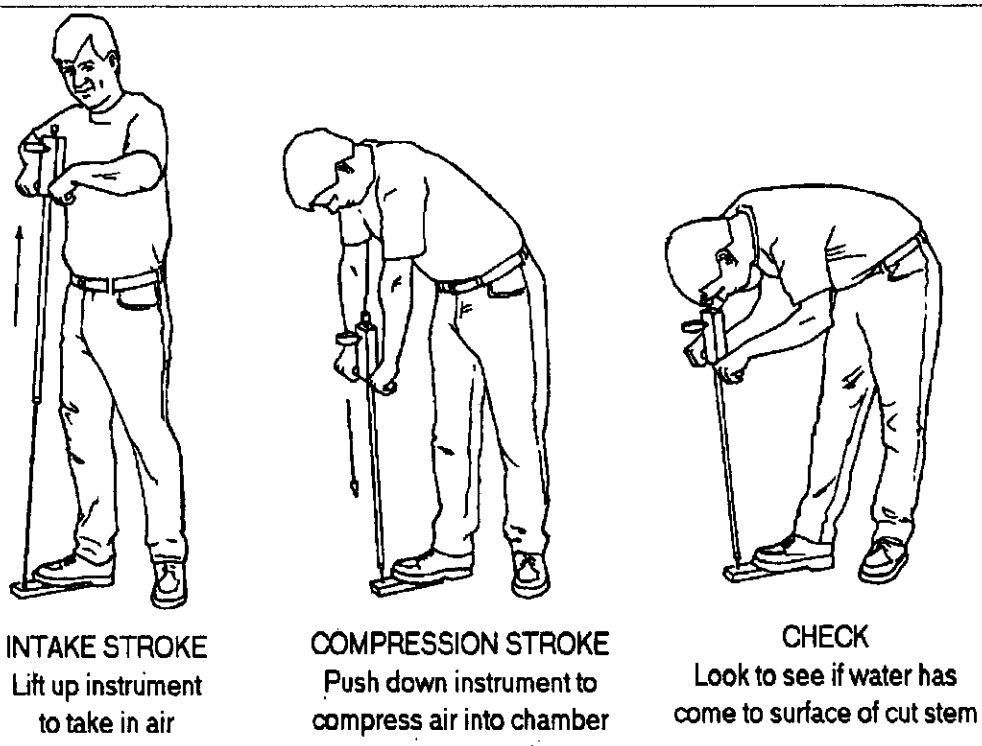


Figura 5. Generación de presión

Bibliografía

Choné, X., C. Van Leeuwen, D. Dubourdieu and J. Pierre. 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. Annals of Botany 87: 477-483.

Selles, G. 2002. Cámara de presión, instrumento para controlar el riego a través de mediciones del estado hídrico de las plantas. Aconex 76:18-22.

Naor, A. 1997. Crop load affect assimilation rate, stomatal conductance, stem water potential and water realtion of field- grown " Sauvignon blanc" grapevine. J.Expt. Bot. 48:1675-1680.

Naor, A. 2000. Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. Acta Horticulturae 537:447-554.

Williams, L y Matthiews, M. 1990. Grapevine. In: Irrigation of Agricultural Crops. B.A. Stewart and D. R. Nielsen (eds), Agronomy monograph 30:1019-1055.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

4. Paquete tecnológico de evaluaciones de tejidos complementarios al análisis foliar

El desarrollo de este paquete tecnológico buscó distintas posibilidades de diagnóstico de las plantas, alternativos al clásico análisis foliar. Los Informes generados se presentan en el **Cuadro 15**.

Cuadro 15. Informes generados

Título del documento	Nombre del archivo digital
ANÁLISIS QUÍMICO DEL ENTRENUDO DE LA VID PARA DETERMINAR EL ESTATUS NUTRICIONAL	INFORME Entrenudo
ANÁLISIS DE EXTRACTO CELULAR DE PECÍOLO	INFORME Savia (* En Resultados)
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 BROTACIÓN.	INFORME Lloro (* En Resultados)

ANÁLISIS QUÍMICO DEL ENTRENUDO DE LA VID PARA DETERMINAR EL ESTATUS NUTRICIONAL

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

Resumen

En la vid tradicionalemente se han empleado los análisis de pecíolos y de lámina foliar para determinar el estado nutricional de las plantas. Sin embargo, en la actualidad se ha recurrido a la búsqueda de mejores indicadores del estatus nutricional. Se han hecho intentos 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 yema floral en desarrollo para evaluar los niveles de reserva durante el período de yema hinchada (Gil y Pszczólkowski; 2007) y de brotes, especialmente para investigaciones sobre fertilizaciones foliares (Christensen, 1969). En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01 y con el objetivo de determinar si el entrenudo de la vid refleja el estado nutricional previo a la brotación, en período de receso invernal, se procedió a evaluar la correlación existente entre los entrenudos con los brotes de 15 cm a inicio de brotación.

Materiales y Métodos

Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio Analab Chile S.A. Se usaron entrenudos de cargadores y brotes de 15 cm de largo de la variedad Flame Seedless provenientes de la III Región y de la Zona Central del país (V Región y Región Metropolitana). En total se obtuvo 20 muestras de entrenudos y 20 de brotes (15 cm), las cuales fueron muestreadas en 9 cuarteles de la Zona Norte y en 11 de la Zona Central.

En invierno se marcaron 4 plantas al azar de un mismo cuartel, para muestrear entrenudos ubicados entre el 4° y 5° nudo, contados a partir de la base del cargador. Luego se evaluaron químicamente los entrenudos. Posteriormente, a inicio de brotación se extrajeron de las plantas marcadas, las muestras brotes de 15 cm de largo.

Las evaluaciones realizadas en el entrenudo fueron: diámetro de entrenudo (D-E), nitrógeno (N-E), fósforo (P-E), potasio (K-E), cloruro (Cl-E), boro (B-E), sodio (Na-E) y manganeso (Mn-E). En brotes (15 cm) se determinó: nitrógeno (N-B), fósforo (P-B), potasio (K-B), cloruro (Cl-B), boro (B-B), sodio (Na-B) y manganeso (Mn-B). Las metodologías empleadas en Analab Chile S.A. fueron las descritas por la Comisión de Normalización y Acreditación (Sadzawka *et al.*, 2004).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Análisis estadístico

Se realizó la Prueba t de comparación de medias para contrastar los resultados de la Zona Central con aquellos logrados en la Zona Norte. Las variables expresadas en porcentaje fueron sometidas a la transformación de bliss (arc√%) antes de realizar el análisis estadístico. Se evaluó el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad de los residuos.

Además, se realizó un Análisis Multivariado de Componentes Principales, con el objetivo de explicar la dispersión y relación de las observaciones (Zona Norte y Zona Centro), con todas las variables (D-E, composición química del entrenudo y de los brotes (15 cm)) y las relaciones entre las variables evaluadas. Estos resultados se muestran mediante un gráfico Biplot creados con el software estadístico InfoStat (InfoStat, 2004). El análisis de componentes principales (ACP) y los gráficos Biplot son técnicas empleadas para reducción de dimensión, puesto que permiten examinar todos los datos en un espacio de menor extensión que el 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 interpretación. 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.

Resultados y discusión

Al contrastar los valores de D-E y la composición química de los entrenudos entre la Zona Norte y Centro se obtuvo que las concentraciones más altas de Cl-E y B-E se presentaron en los predios de la III Región, en cambio los mayores valores de K-E y D-E se dieron en la Zona Central (**Cuadro 1**). La composición química de los brotes de 15 cm de largo fue más rica en N-B, P-B y Mn-B en la Zona Central del país, mientras que en el Norte se caracterizaron por mayores cantidades de B-B (**Cuadro 2**).

Cuadro 1. Valores medios de la composición química y diámetro de entrenudos de los predios evaluados en la Zona Centro y Norte del país.

Localidad	N (%)[1/]	P (%)	K (%)	Cl (%)	B (mg kg^{-1})	Na (%)	Mn (mg kg^{-1})	D-E (mm)
ZC[2/]	0,74a[3/]	0,11a	0,60b	0,06a	10,36a	0,02a	33,27a	12,66b
ZN	0,77a	0,12a	0,50a	0,10b	12,67b	0,03a	31,67a	8,13a

[1/] N = Nitrógeno, P = Fósforo, K = Potasio, Cl = Cloruro, B = Boro, Na = Sodio y Mn = Manganeso.
[2/] ZC = Zona Central, ZN = Zona Norte
[3/] Letras distintas, en sentido vertical, señalan diferencias significativas entre zonas para cada muestra (p-value < 0,05).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Cuadro 2. Valores medios de la composición química de brotes (15 cm) de los predios evaluados de la Zona Centro y Norte del país.

Localidad	N (%)[1/]	P (%)	K (%)	Cl (%)	B (mg kg^{-1})	Na (%)	Mn (mg kg^{-1})
ZC[2/]	3,77b[3/]	0,60b	2,16a	0,09a	41,18a	0,37a	250,73b
ZN	3,42a	0,49a	2,23a	0,14a	67,22b	0,08a	163,33a

[1/] N = Nitrógeno, P = Fósforo, K = Potasio, Cl = Cloruro, B = Boro, Na = Sodio y Mn = Manganeso.
[2/] ZC = Zona Central, ZN = Zona Norte
[3/] Letras distintas, en sentido vertical, señalan diferencias significativas entre zonas para cada muestra (p-value < 0,05).

Con el ACP fue factible establecer relaciones entre las variables (D-E y composición química del entrenudo y de brotes de 15 cm) con las observaciones, correspondientes a la ubicación de los predios evaluados, según Zona Norte y Zona Central. Las variables fueron graficadas como vectores desde el origen (con terminaciones en triángulos amarillos). Las observaciones fueron graficadas con círculos rojos para la Zona Norte y azules para la Zona Central (**Figura 1**). Las observaciones que se presentan en una misma dirección que una variable podrían tener valores altos para esa variables y valores bajos en variables que se grafican en dirección opuesta. Los ángulos entre las variables (vectores) pueden ser interpretados en término de las correlaciones entre ellas. 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 (InfoStat, 2004). El ACP entrega una matriz de correlación lineal de Pearson (r) entre todas las variables que permite verificar el nivel de asociación observado en el gráfico. Se consideró como un nivel de asociación medio a los valores de coeficiente de correlación lineal de Pearson que se hallaron entre $|0,20| \leq r \leq |0,59|$; y un alto nivel de asociación para los valores del coeficiente que se encontraron entre $|0,60| \leq r \leq |1,0|$.

Al relacionar el D-E con la composición química del entrenudo, del brote (15 cm) y la ubicación de los predios estudiados se logró un gráfico biplot (**Figura 1**) que explica la variabilidad de los datos en un 49,5% entre sus dos ejes principales. En el eje principal (CP1) se observa que la mayor variabilidad entre las variables se ve explicada principalmente por Cl-E y D-E del entrenudo. Las altas correlaciones positivas halladas en este eje entre la composición química del entrenudo con la de los brotes (15 cm) se destacan: Cl-E del entrenudo con Cl-B del brote; B-E del entrenudo con B-B del brote; D-E del entrenudo con P-B del brote; y N-E con P-E del entrenudo. Las correlaciones negativas de nivel alto fueron entre Cl-E del entrenudo con K-E del entrenudo; y B-E del entrenudo con D-E. El análisis multivariado de las componentes principales concuerda con los resultados entregados por Prueba t, reflejando en los predios localizados en la Zona Norte mayores niveles de Cl-E y B-E; y menores valores de K-E y D-E en los entrenudos respecto de la Zona Central.

Estos resultados pueden ser explicados porque el NaCl es capaz de generar un menor nivel de absorción de N, P, K y Ca, mayores de Na y Cl y mermas en las producciones generados por los niveles de toxicidad por dichas sales (Hernando y Cadahia, 1973; Nagarajah, 1999; Sierra *et al.*, 2001). La salinidad produce cierre estomático, menores niveles de transpiración, de absorción de agua, estrés hídrico y bajas tasas fotosintéticas lo que finalmente limita el crecimiento e incluso puede generar menor tamaño de fruta y menor rendimiento (Razeto, 1985). También se ha observado menor crecimiento radical, puesto que es el órgano que está en contacto directo con las sales, y menor largo de

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

tallos en vides sometidas a condiciones de alta salinidad de suelo (Muñoz y Chaparro, 1997). Esto puede explicar la mayor concentración observada de potasio y el mayor diámetro de entrenudos en los huertos de la Zona Central. Adicionalmente, los frutales, a diferencia de las plantas herbáceas, se vuelven más sensibles a la salinidad luego de dos o tres años, probablemente por un efecto residual de las sales que se van acumulando en la raíz y tronco, así como por la menos tasa de crecimiento vegetativo, favoreciendo una mayor concentración de iones en los tejidos (Razeto, 1985).

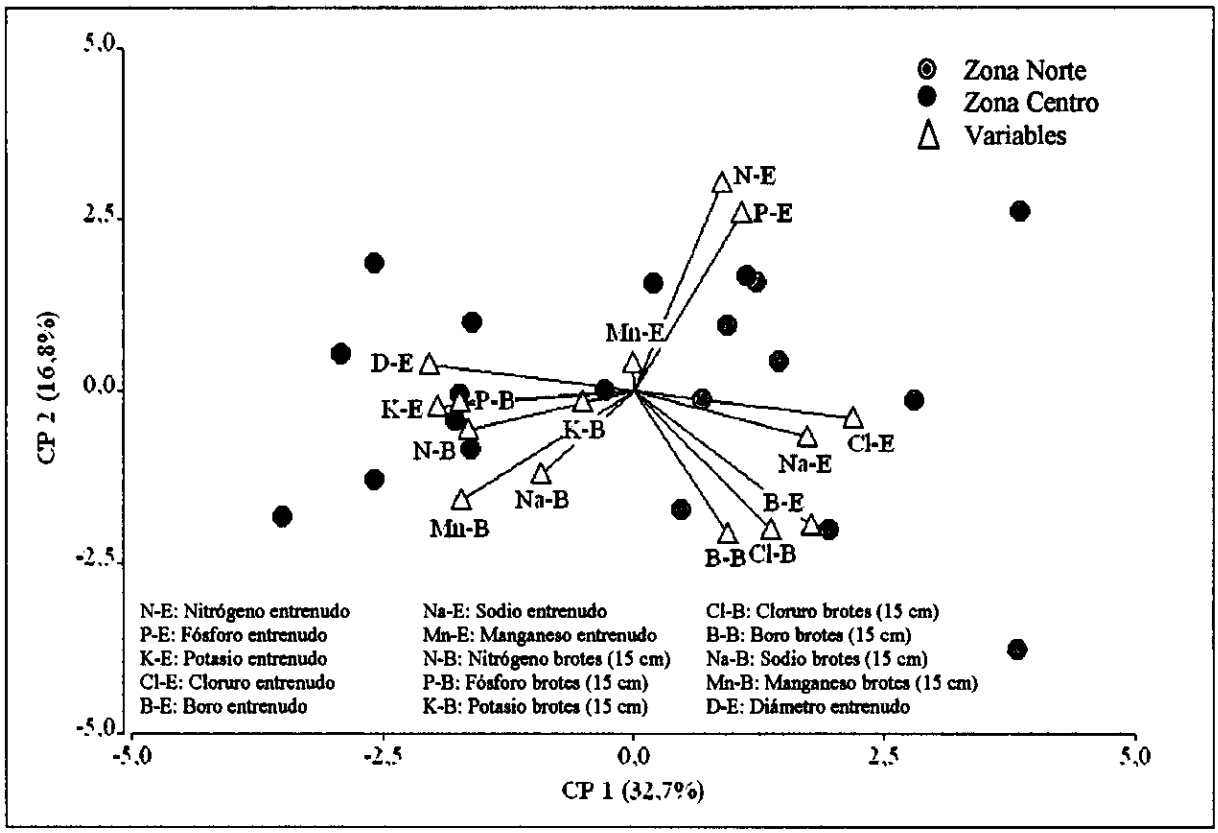


Figura 1. Representación Biplot del análisis multivariado de las componentes principales entre el diámetro de entrenudos y la composición química del entrenudo, de los brotes (15cm) más la ubicación de los predios analizados.

Conclusiones

Del análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. La concentración de cloruro en el entrenudo presenta una alta correlación con la concentración de este nutriente en el brote que se desarrolla a inicios de primavera.
2. La concentración de boro en el entrenudo presenta una alta correlación con la del boro del brote de 15 cm.
3. Considerando que el cloruro y el boro son los elementos que caracterizan a la salinidad, se puede concluir que el análisis químico del entrenudo en receso invernal aparece como una herramienta promisoria de diagnóstico precoz de salinidad en la vid.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

4. En relación a los otros nutrientes evaluados, el análisis del entrenudo no refleja su estatus en la planta, al menos con los parámetros que se correlacionó. La excepción se encontraría en la alta relación encontrada entre el nitrógeno y el fósforo en el entrenudo, confirmando el sinergismo que habitualmente existe entre estos macronutrientes.
5. El análisis de entrenudo permitió confirmar los mayores niveles de salinidad presentes en la Zona Norte respecto de aquellos de la Zona Central, evidenciando en este tejido mayores concentraciones de cloruro y de boro en la Zona Norte.

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.

CHRISTENSEN, P. 1969. Seasonal changes and distribution of nutricional elements in Thompson Seedless grapevines. American Journal of Enology and Viticulture 20: 176-190.

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.

MUÑOZ, G. y C. CHAPARRO. 1997. Efectos de la salinidad sobre el crecimiento de plantas de vid y la ultraestructura de las células de la cofia de la raíz. Simiente 67(3-4): 101-112.

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. 1990. Nutricional diagnosis of grapevines for table grapes. Aconex (Chile) 30: 10-15.

RAZETO, B. 1985.

ROMBOLÁ, A. y G. SORRENTI 2006. Fertilización y diagnosis del estado nutricional de las especies frutales. Fruticultura profesional 161(sept-oct): 5-18.

SIERRA C., R. CÉSPED y A. OSORIO. 2001. Caracterización de la salinidad de los suelos y aguas del Valle del Río Copiapó. Boletín INIA N° 70

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.

5. Protocolo con criterios de manejo del riego, de acuerdo a las características edafoclimáticas y calidad del agua de riego.

Es indispensable la generación de criterios de riego, basado en ensayos cuantificados sistemáticamente. En la actualidad, algunos criterios han salido de la experiencia práctica, sin embargo, existe una gran controversia en su aplicabilidad y resultados obtenidos. Estos criterios, son fundamentales ya que la calidad del agua de riego sería una de las principales limitantes en la zona, ya sea por el efecto directo sobre la planta, como su efecto indirecto a través del mal manejo de la salinidad de suelo. Por lo anteriormente expuesto se generaron los Informe presentados en el **Cuadro 16**.

Cuadro 16. Informes generados

Título del documento	Nombre del archivo digital
ABSORCIÓN DE AGUA POR LAS RAÍCES: INEFICIENCIAS EN SUELOS DE ESTRUCTURAS GRUESAS COMO HIPÓTESIS EN LA GENERACIÓN DE PARRONES DEBILITADOS	INFORME Absorción agua texturas gruesas
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 (* En resultados)

ABSORCIÓN DE AGUA POR LAS RAÍCES: INEFICIENCIAS EN SUELOS DE ESTRUCTURAS GRUESAS COMO HIPÓTESIS EN LA GENERACIÓN DE PARRONES DEBILITADOS

Rodrigo Callejas , Rodrigo Gálvez y Carlos Benavides

Introducción

El agua es vital para las plantas y no se puede tener parronales de alto potencial productivo y equilibrados en su relación carga/follaje, si las condiciones hídricas de las plantas no es permanentemente la óptima.

En el caso de la III Región y en el marco del trabajo y análisis del PROYECTO INNOVA CORFO 04-CR-10-PAD-01; se ha observado que existe una gran cantidad de parronales de bajo potencial productivo, los cuales se encuentran asociados, en mucho de los casos, a suelos de texturas gruesas, mucha piedra y arena en el perfil de suelo (Benavides *et al.* 2008; Callejas *et al.* 2008;, www.cevid.cl y parte de este informe).

En este informe se propone la hipótesis, como explicación a la presencia de importantes superficies de parrones desvigorizados en suelos de texturas gruesas, que la existencia de ineficiencias temporales en la absorción radical de agua puede ser la causa de este tipo de condición en Atacama.

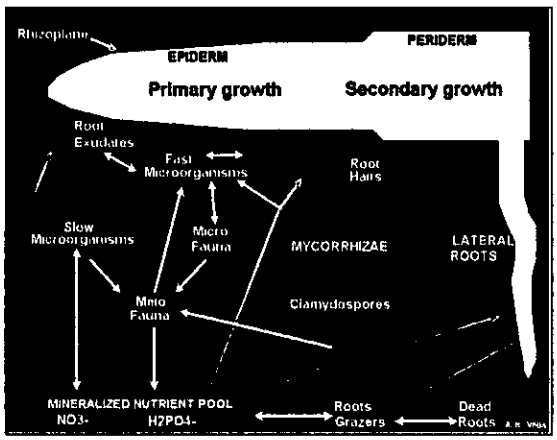
La literatura señala que la eficiencia de absorción radical de agua en plantas de vid depende de las propiedades del suelo, disponibilidad hídrica de este y características del sistema radical de la planta. En el caso de suelos de textura gruesa se señala que tendrían menos cantidad de agua aprovechable para la absorción radical y una reducción más rápida de la conductividad hidráulica en comparación con suelos de texturas más finas, siendo más susceptible al déficit hídrico. Un déficit hídrico en la planta genera cavitación, a partir de un potencial hídrico de la planta de -2.4 Mpa, pudiendo revertirla a través de la capacidad osmométrica de la raíz, generando potenciales radicales que eliminan este fenómeno.

Absorción de agua por las plantas

La absorción de agua por la planta se produce a través de una interacción entre el sistema radical y el agua del suelo. Las raíces están en contacto con el suelo a través de una película ubicada sobre la raíz, denominada mucigel (**Figura 1, foto inferior**), que podría ayudar a la absorción de agua y nutrientes (Hopmans y Bristow, 2002).

En la zona denominada rizoplana (**Figura 1, foto superior**) ocurren todos los eventos que tienen directa relación con las acciones de absorción de la raíz (agua e iones; foto superior). Es importante considerar que las condiciones en muchos tipos de suelo no son las ideales, generándose los problemas que se han estado abordando en este proyecto (**Figura 1, foto del medio**).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727



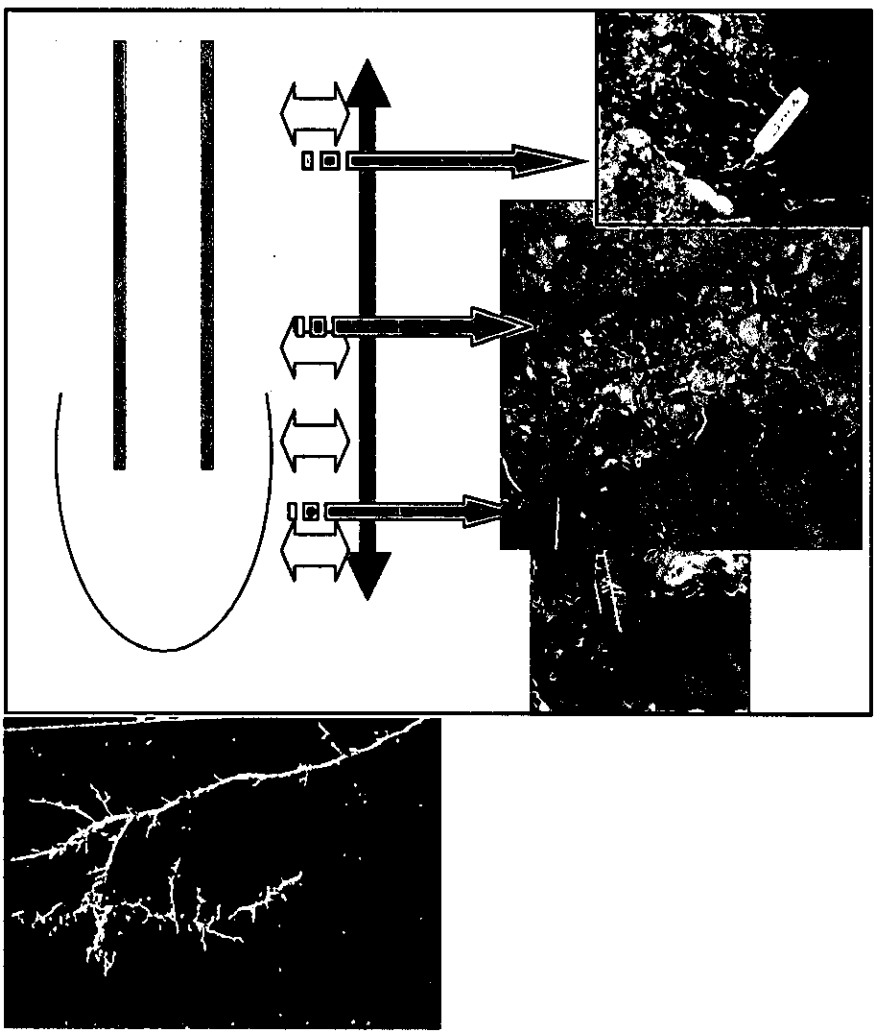


Figura 1. Zona de interacción entre la raíz y el suelo. Partículas de suelo embebidas en material musilaginoso excretado por la raíz (foto inferior).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

La tasa de crecimiento, distribución, densidad y profundidad del sistema radical, en conjunto con las propiedades hidráulicas del suelo, constituyen los factores que determinarían la eficiencia de absorción de la vid (Behboudian y Singh, 2002). A continuación se describes tales factores:

Tasa de crecimiento: una mayor tasa de crecimiento de la raíz aumentaría la capacidad de absorción de agua por las raíces.

Distribución radical: determina la distancia media entre raíces, que es el recorrido que tiene que realizar el agua hasta llegar a la superficie de la raíz (Acevedo, 1979). Mientras mayor es la distribución, mayor es la eficiencia de absorción, debido a que existe un mayor volumen de suelo ocupado por la raíz. La densidad radical depende de la especie, propiedades del suelo, tanto físicas como químicas (salinidad y acidez principalmente), y de la ubicación del bulbo de agua y nutrientes (Richards, 1983).

Profundidad de raíces: a mayor profundidad de las raíces dentro del área de disponibilidad de agua, mayor es la disponibilidad hídrica para las raíces. La profundidad está determinada por; especie, propiedades físicas del suelo principalmente (compactación) y disponibilidad de agua y nutrientes (Richards, 1983).

Propiedades hidráulicas: conductividad hidráulica; es la tasa a la que se mueve el agua desde el suelo hacia la raíz. Depende del contenido hídrico del suelo, siendo máxima o constante cuando el suelo está saturado y disminuye rápidamente cuando el volumen de agua disminuye (Gregory, 2006). El descenso de la conductividad hidráulica del suelo es mucho más rápida en suelos de textura gruesa que en suelos de poros de menor tamaño. La eficiencia de absorción también depende del gradiente potencial hídrico existente entre el suelo y la raíz.

Efectos asociados a la falta de absorción radical de agua desde el suelo

La absorción radical de agua está determinada por la demanda atmosférica y por resistencias del suelo al movimiento de agua, que afectan el flujo continuo suelo-agua-planta. Bajo condiciones de suelos húmedos, la resistencia al movimiento de agua en la planta, está dado por la hoja en condiciones de alta demanda atmosférica, debido al cierre estomático. En condiciones de suelo con bajo contenido hídrico, la resistencia aumenta y está determinado por una disminución en la conductividad hidráulica del suelo y por el contacto suelo-raíz (Hopmans y Bristow, 2002), según Russell (1977) en suelos con déficit hídrico un inadecuado contacto suelo-raíz sería determinante en la absorción de agua.

La resistencia al flujo del agua en la planta, está determinada por el suelo a partir de potenciales mátricos del suelo menores 0,6 bares, siendo a 6 bares la principal oposición (Gardner y Ehlig, 1962).

Cavitación. Es una interrupción de la columna de agua, mediante burbujas de aire o vapor de agua, formando un embolismo, el cual disminuye el flujo de agua y la conductividad hidráulica de la planta. Este fenómeno ocurre por un déficit hídrico del suelo asociado a una elevada tasa transpiratoria, que aumenta la tensión de la columna de agua, generando la ruptura (Sánchez y Aguirreolea, 2000; Taiz, 2006), a su vez la cavitación sería más susceptible con xilemas de mayor diámetro (Pire *et al.* 2007).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

En el caso particular de la vid, esta sería sensible a la cavitación debido a que posee un gran tamaño de los vasos xilemáticos, alcanzando diámetros de 0,05 mm (Schultz y Matthews, 1989) y se ha encontrado que a partir de una presión hídrica de la planta de -2,4 Mpa, se produciría el ingreso de aire a la columna de agua (Sperry *et al.*, 1987). En la etapa de crecimiento de brotes es donde es más sensible la vid a la cavitación (Schultz y Matthews, 1989).

Regulación planta al estrés hídrico. A media que el contenido de hídrico del suelo disminuye, se hace más difícil absorber agua y se expone a desecación, sin embargo la planta es capaz de recurrir a un mecanismo que permite continuar con su actividad fisiológica, este mecanismo se denomina ajuste osmótico u osmorregulación. Esto consiste en una respuesta fisiológica de la planta que permite acumulación activa de solutos, permitiendo absorber agua con potenciales hídricos de suelo menores. Esto generaría una presión radical cuando disminuya la tensión de la columna de agua en la planta, debido al cierre estomático nocturno, generando un ascenso del agua pudiendo disolver las burbujas de aire provocadas por el estrés hídrico del día (Barceló, 1988; Sánchez y Aguirreolea, 2000; Taiz, 2006).

En vid se han encontrado potenciales radicales altos que van desde 10 a 100 Kpa, que permitirían revertir el problema de cavitación (Sperry *et al.*, 1987), pero se produciría un disminución de este potencial al 50%, cuando se disminuye el contenido de agua del suelo en un 70% de la capacidad de campo (Shultz y Matthews, 1988).

Antes que ocurra el fenómeno de la cavitación en vid, ésta regularía el déficit hídrico de acuerdo al grado de escasez de agua, cuando es leve disminuiría el diámetro del xilema y su conductividad hidráulica (Lovisolo y Schubert, 1998; Lovisolo *et al.*, 2000), si se intensifica no es suficiente la adaptación anatómica del xilema, y el cierre estomático pasa a regular el déficit, si es muy intenso la regulación de los estomas no podrá evitar la formación de embolismo (Scultz y Matthews, 1988; Sperry y tyree, 1988).

Generación de un problema generalizado en la planta. El gradiente de entrada de agua a la raíz, tiene un efecto directo sobre el gradiente de ingreso de iones en la planta. Si falla la toma de agua, se afecta de inmediato la disponibilidad de nutrientes, afectando de inmediato la condición de las plantas.

Suelo de texturas gruesas: Estudio de caso

En muchos parronales de Atacama ubicados en suelos de texturas gruesas y con mínimos contenido de materia orgánica, se observan unidades poco vigorosas y de muy bajo potencial productivo (Callejas *et al.* 2008, www.cevid.cl; parte de este informe). Estas condiciones se ven ratificadas por los niveles de poda evaluados en invierno (< 1,5 kg de poda por planta). Sin embargo, al cuantificar la cantidad de agua de riego y con ello las dosis de fertilizantes, se descartan equivocaciones respecto de subdosificación de ambos elementos. Es normal encontrar situaciones con un uso de 18.000 m^3 de agua por año y cantidades de fertilizantes que pueden ser catalogadas como altas y muy altas, en función del desarrollo vegetativo y carga frutal obtenido en cosecha.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Criterio de riego

Respecto al criterio de riego, podemos mencionar que éstos se caracterizan por ser de tiempos medios a largo (6 a 18 horas continuas de riego, goteros a 1 m y 4 L/hr; Benavides *et al.* 2008, parte de este informe). La frecuencia depende de la etapa fenológica lo que se puede observar en la tabla siguiente:

	riego					tpo riego:	14'00	15,96	
			estacion	R.G.	valores por semana		diario	frecuencia	
Fecha	ETp/semana	Etp/día	Eto/semana	Kc	Etc mm	corr. Ef%	hr/día	semanal	ESTADO
1-8Ago	26,04	3,72	18,23	0,20	3,65	5,6	0,80	0 rieg/semana	
9-15Ago	29,12	4,16	20,39	0,20	4,08	6,3	0,90	0 rieg/semana	
16-22Ago	32,04	4,58	22,43	0,20	4,49	6,9	0,99	0 rieg/semana	BROTACION
23-29Ago	34,80	4,97	24,36	0,20	4,87	7,5	1,07	0 rieg/semana	
30Ago-5Sep	37,39	5,34	26,18	0,30	7,85	12,1	1,73	1 rieg/semana	
6-12Sep	39,83	5,69	27,88	0,50	13,94	21,4	3,06	1 rieg/semana	
13-19Sep	42,10	6,01	29,47	0,70	20,63	31,7	4,53	2 rieg/semana	
20-26Sep	44,22	6,32	30,95	0,80	24,76	38,1	5,44	2 rieg/semana	FLOR
27Sep-3 Oct	46,17	6,60	32,32	0,80	25,86	39,8	5,68	2 rieg/semana	
4-10 Oct	47,97	6,85	33,58	0,85	28,54	43,9	6,27	3 rieg/semana	
11-17 Oct	49,60	7,09	34,72	0,85	29,51	45,4	6,49	3 rieg/semana	
18-24 Oct	51,07	7,30	35,75	0,85	30,39	46,7	6,68	3 rieg/semana	
25-31 Oct	52,38	7,48	36,67	0,85	31,17	48,0	6,85	3 rieg/semana	
1 Nov-07 Nov	54,53	7,79	38,17	0,85	32,45	49,9	7,13	3 rieg/semana	
08 Nov-14 Nov	55,52	7,93	38,87	0,85	33,04	50,8	7,26	3 rieg/semana	
15 Nov-21 Nov	57,35	8,19	40,15	0,85	34,13	52,5	7,50	3 rieg/semana	
22 Nov-28 Nov	58,02	8,29	40,62	0,85	34,52	53,1	7,59	3 rieg/semana	
29 Nov-05 Dic	58,53	8,36	40,97	0,85	34,83	53,6	7,65	3 rieg/semana	
06 Dic-12 Dic	58,88	8,41	41,22	0,85	35,03	53,9	7,70	3 rieg/semana	PINTA
13 Dic-19 Dic	59,07	8,44	41,35	0,85	35,14	54,1	7,72	3 rieg/semana	
20 Dic-26 Dic	60,09	8,58	42,07	0,85	35,76	55,0	7,86	3 rieg/semana	
27 Dic-02 Ene	59,96	8,57	41,97	0,85	35,68	54,9	7,84	3 rieg/semana	
03 Ene-09 Ene	59,67	8,52	41,77	0,75	31,32	48,2	6,88	3 rieg/semana	
10 Ene-16 Ene	59,21	8,46	41,45	0,75	31,09	47,8	6,83	3 rieg/semana	COSECHA
17 Ene-23 Ene	58,60	8,37	41,02	0,75	30,76	47,3	6,76	3 rieg/semana	
24 Ene-30 Ene	57,82	8,26	40,47	0,75	30,35	46,7	6,67	3 rieg/semana	
31 Ene-06 Feb	56,88	8,13	39,82	0,75	29,86	45,9	6,56	3 rieg/semana	
07 Feb-13 Feb	55,78	7,97	39,05	0,75	29,29	45,1	6,44	3 rieg/semana	
14 Feb-20 Feb	54,53	7,79	38,17	0,75	28,63	44,0	6,29	3 rieg/semana	
21 Feb-27 Feb	53,11	7,59	37,18	0,60	22,31	34,3	4,90	2 rieg/semana	
28 Feb-06 Mar	51,53	7,36	36,07	0,60	21,64	33,3	4,76	2 rieg/semana	
07 Mar-13 Mar	48,79	6,97	34,15	0,60	20,49	31,5	4,50	2 rieg/semana	
14 Mar-20 Mar	46,89	6,70	32,82	0,60	19,69	30,3	4,33	2 rieg/semana	
21 Mar-27 Mar	43,83	6,26	30,68	0,60	18,41	28,3	4,05	2 rieg/semana	
28 Mar-03 Abr	41,61	5,94	29,12	0,60	17,47	26,9	3,84	2 rieg/semana	
04 Abr-10 Abr	38,22	5,46	26,76	0,60	16,05	24,7	3,53	2 rieg/semana	
11 Abr-17 Abr	35,68	5,10	24,98	0,60	14,99	23,1	3,29	1 rieg/semana	
18 Abr-24 Abr	32,98	4,71	23,08	0,60	13,85	21,3	3,04	1 rieg/semana	
25 Abr-30 Abr	30,11								
TOTALES	1.470,13		1.029,09		777,84	1.196,68	170,95	73	

eficiencia= 65%

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

En otros casos, estos riegos pueden ser más frecuentes tal comos e señalan en la **Figura 2**, ajustándose al siguiente esquema:

a) Entre brotación y cuaja: 7 a 8 riegos (en promedio 1 riego cada 7 días).

b) Entre cuaja y cosecha: entre 48 a 55 riegos (en promedio 1 riego cada 2 días).

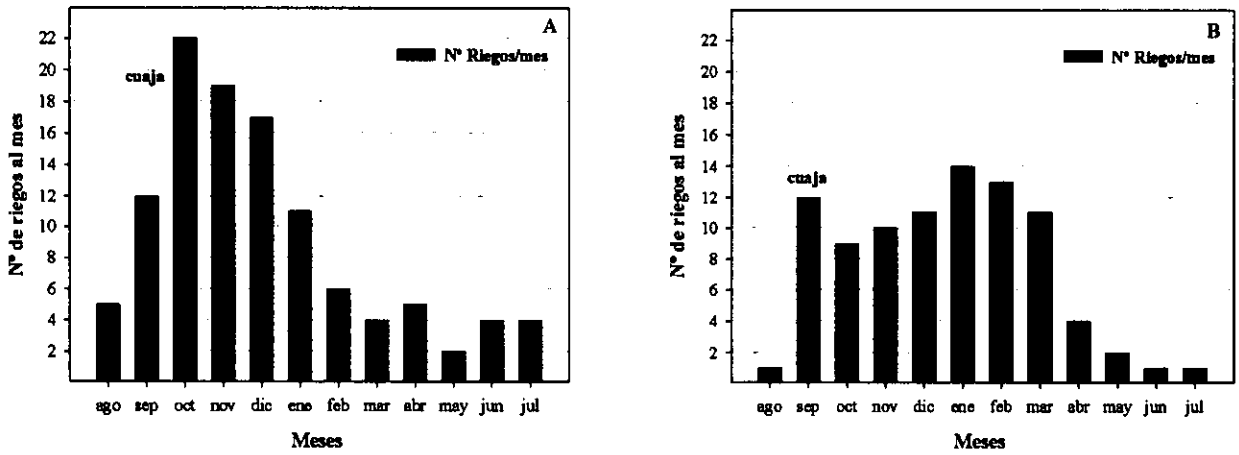


Figura 2. Frecuencia de riego durante la temporada, en un suelo de textura gruesa. A: Valle de Copiapó, B: Valle del Huasco.

Características de los suelos

Al igual que en muchas otras localidades en la III Región, estos suelos corresponde a un suelo aluvial estratificado de topografía plana con microrelieve, desarrollado sobre terraza remanente de posición baja. Presenta perfiles delgados, pedregosos, de textura superficial moderadamente gruesa, que descansan sobre un sustrato aluvial compuesto por piedras y bolones que ocupan un 80% del volumen. La permeabilidad es alta y el drenaje excesivo. La descripción del suelo típico se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descriptiva del suelo

Profundidad (cm)	Propiedades físicas y morfológicas del perfil.
0 – 32 CM	Pardo oscuro (7,5 YR 4-3/2, h); franco arenosa fina; bloques sub angulares, finos a medios , moderados; friable, ligeramente plástico y no adhesivo; raíces medias y gruesas abundantes, finas comunes. Clastos escasos (5-15%); fuerte reacción al HCl.
32 – 130 +	Sustrato aluvial de piedras y bolones (80% del volumen del suelo) con matriz de color vario; areno francosa; grano simple; no plástico y no adhesivo; suelto; raíces escasas a ausentes; moderada reacción al HCl.

En las **figuras 3 y 4**, se presentan dos fotografías que ilustran la anterior descripción de los suelos que analizamos en el informe.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

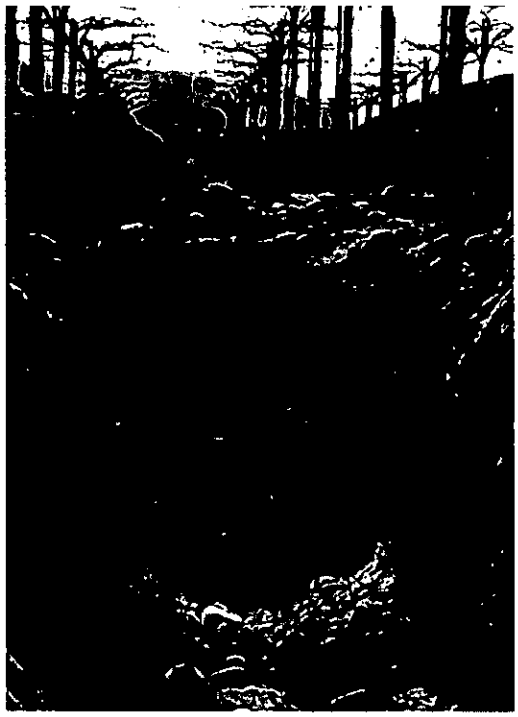


Figura 3. Suelo de texturas gruesas, Copiapó.

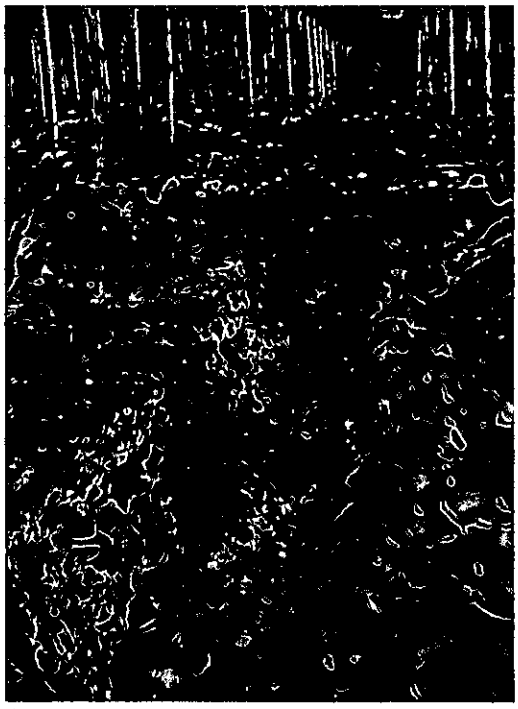


Figura 4. Calicata en este tipo de suelo.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Las raíces y su desarrollo en este tipo de suelo

Las raíces que se observan en calicata y en la medida que no se enfrentan a un estrés hídrico dada la baja retención de agua en el suelo, Ej, sector bajo gotero (**Figura 5**) (Benavides *et al.*, 2008; parte de este informe), crecen activamente destacándose la expresión de crecimiento. Sin embargo, es común detectar raíces muertas o secas, debido a lo heterogéneo del bulbo de mojamiento. Es suficiente que se mueva la manguera debido a las labores de manejo del parronal (podas, desbrotas, ajuste de carga, etc.), para que un importante grupo de ellas queden sujeto a estrés hídrico permanente. En otros casos, entre cada gotero se provocan condiciones indeseables del punto d vista hídrico.

Figura 5. Raíces de vid en un suelo de texturas gruesas, Copiapó.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Déficit hídrico periódicos y probable generación de cavitación en las plantas

La absorción de agua por la planta se produce a través de una interacción entre el sistema radical (raíces nuevas, blancas) y el agua del suelo. En condiciones ideales para las plantas las raíces están en contacto permanente con el suelo, formándose una película de agua en el sector de la rizoplana, lo que permite su absorción. Es en este sector donde se produce permanentemente la extracción de este elemento por parte de la raíz (déficit), de acuerdo a la acción de la planta en el marco del proceso de transpiración, que debe ser restituido por el suelo para mantener el flujo continuo suelo-agua-planta y no se produzca la interrupción de la columna de agua. Este proceso es fundamental que se mantenga entre cada riego y de ahí la importancia del cálculo de la capacidad de retención de humedad de los suelos. En la **Figura 6**, se representa esta condición ideal.

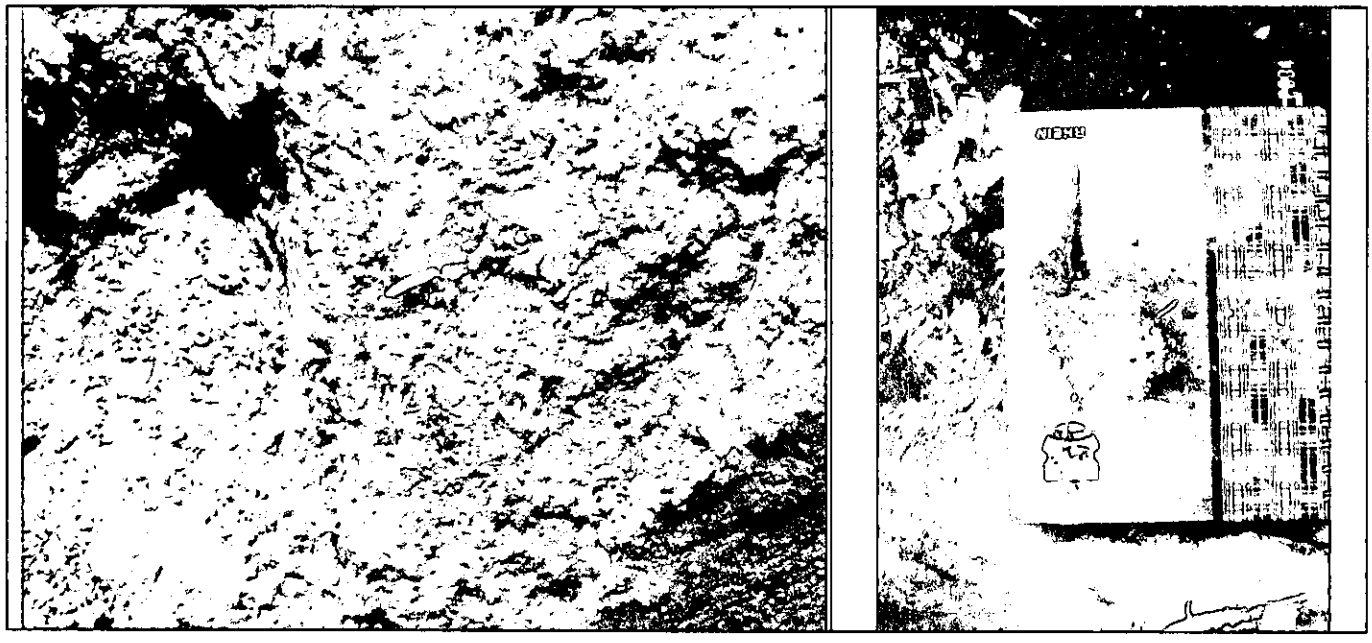


Figura 6. interacción entre la raíz y el suelo, en el proceso de absorción de agua.

Contrariamente a lo explicado en el párrafo anterior, en los suelos de texturas gruesas y a pesar de un excelente expresión de crecimiento del sistema radical (**Figura 7**), las raíces periódicamente se encuentran enfrentando condiciones de déficit hídrico entre cada uno de los riegos. Respecto a esto, es importante tener en claro que no es lo mismo **"un ambiente húmedo entre piedras y partículas de arena o maicillo"** posteriormente a un riego e inclusive durante todo el período de espera, que poseer matriz de suelo rodeando la raíz y satisfaciendo la continua demanda de la planta.

En situaciones de alto contenido de humedad ambiental en el suelo, tales como sectores entre piedras, raíces muertas o subsolados con topos en suelos pesados, las raíces crecen y se desarrollan en forma óptima, pero no son estructuras que estén satisfaciendo eficientemente las demanda por transpiración.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Mientras se riega y son bañadas por el agua de riego, si actúan colaborando con la planta, pero una vez que para el riego y solamente permanece el ambiente húmedo, baja ostensiblemente su accionar.

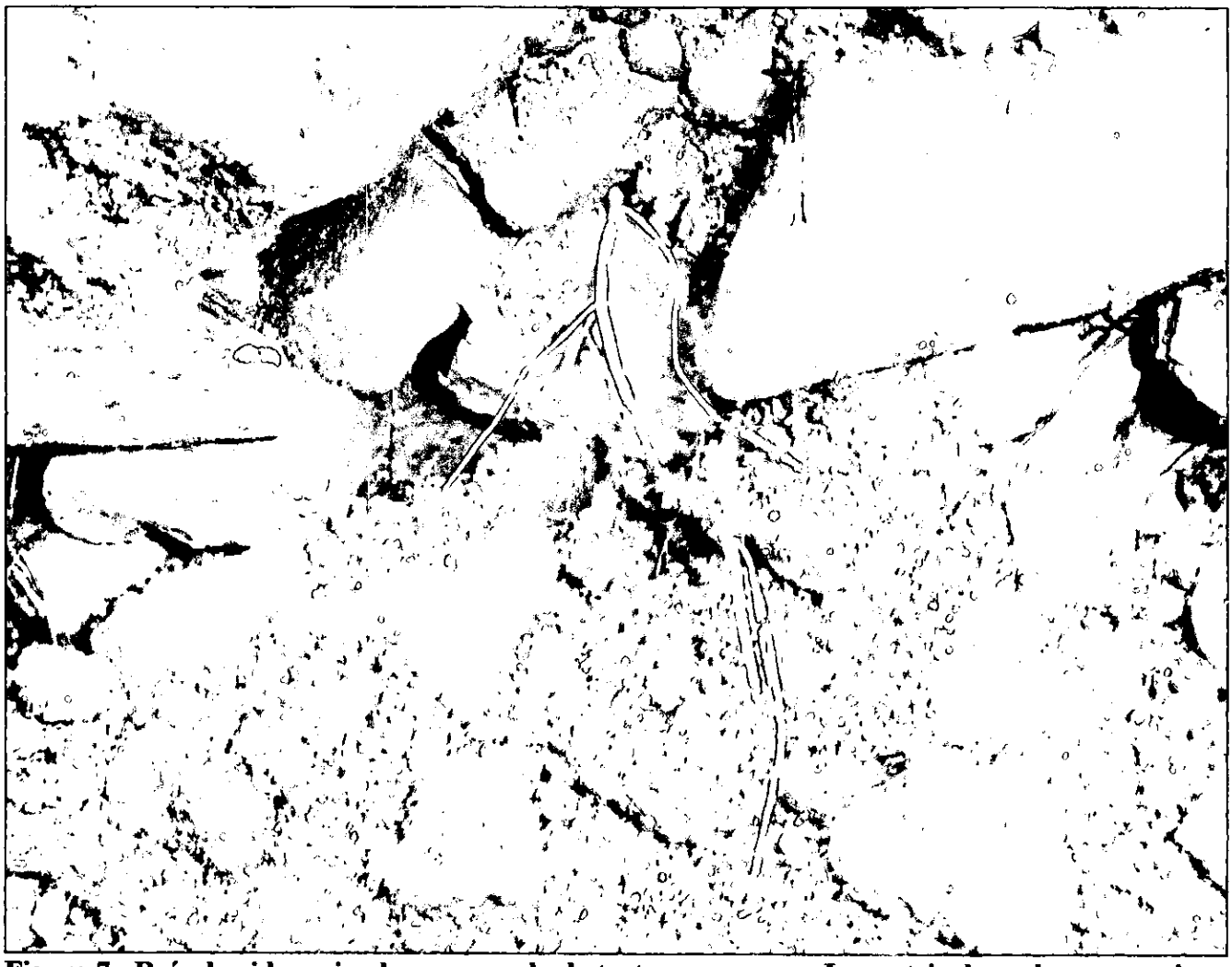


Figura 7. Raíz de vid creciendo en un suelo de texturas gruesas. La matriz de suelo se asemeja a un típico sustrato utilizado en riego hidropónico.

Es factible plantear la hipótesis que entre riego y en las raíces que quedan sujetas a estrés hídrico temporal por movimiento de las mangueras, se produzcan condiciones de cavitación por la presencia de burbujas de aire o vapor de agua, formando un embolismo, el cual disminuye el flujo de agua y la conductividad hidráulica de la planta, induciendo malas condiciones para el desarrollo de las vides. Si se observan las frecuencias de riego normalmente utilizadas en estos suelos, se podrá concluir que la dotación de agua es muy ineficiente, a pesar de los altos volúmenes totales empleados en los parronales.

Una de las razones de los largos tiempos de riego, es lograr mojar lo máximo posible la entre hilera con el objetivo de no provocar estrés hídrico en la planta y con esto mejor crecimiento vegetativo y de las bayas, básicamente por el miedo a tener grupos de raíces indicando déficit de agua en el suelo.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

A partir de los antecedentes proporcionados por Benavides *et al.* (2008, www.cevid.cl, parte de este informe) y la información entregada en este artículo, podemos llegar a la conclusión que el problema de los parrones plantados en este tipo de suelo es más grave de lo pensado y no se soluciona solamente subiendo las mangueras, aplicando materia orgánica o compost (50 m^3 por año) sobre el camellón o colocando doble manguera.

Una de las posibilidades a probar y calibrar son las siguientes:

a) Riego por microaspersión
b) Incorporación de riegos cortos y permanentes, sobre todo durante las horas de mayor temperatura.
c) Incorporar materia orgánica en superficie e incrementar sus niveles en profundidad con cubiertas vegetales, lo que involucra el uso de microaspersión.
d) Riego nocturno para re-hidratar las plantas. Esto generaría una presión radical cuando disminuya la tensión de la columna de agua en la planta debido al cierre estomático nocturno, generando un ascenso del agua pudiendo disolver las burbujas de aire provocadas por el estrés hídrico del día. Adicionalmente, las plantas enfrentarían en mejor condiciones hídricas el nuevo período.

A modo de ejemplo y como parte del proyecto fertirrigación, en la última temporada se cambió el criterio de riego de un cuartel completo de uva Sultanina que sería arrancado por el bajo potencial productivo. Este parrón, de suelo de texturas gruesas con algo de matriz media, tenía un historial de 800 a 1000 cajas/ha, mucha fruta ambar y amarilla. Los rendimientos de poda de los operarios (índice utilizado para calificar condición de los parrones) eran de 115 a 128 parras/persona/día.

Los cambios fundamentales consistieron en incrementar la frecuencia de riego, pasando en el tiempo de brotación a cuaja, de riegos semanales de 14 horas (ver información **Figura 2**), a lo siguiente en forma general:
Día 1: 2 horas en la mañana (11 a 13 hr) y 2 horas en la tarde (15 a 17 hr)
Día 2: sin riego.
Día 3: 2 horas en la mañana (11 a 13 hr) y 2 horas en la tarde (15 a 17 hr)
Día 4: sin riego
Día 5: 2 horas en la mañana (11 a 13 hr) y 2 horas en la tarde (15 a 17 hr)
Día 6: 8 horas (9 a 17 hr)
Día 7: sin riego

Este mismo criterio primó al momento de definir el riego entre cuaja y cosecha. Adicionalmente, se rescata la posibilidad de dosificar en mayor número ocasiones o eventos de riego, evitando la pérdida por percolación profunda.

Los rendimientos finales fueros para la temporada 2007/2008 de 1850 cajas/ha; buen calibre, mayor proporción de racimos verdes, mayor desarrollo del follaje y rendimiento de poda de los operarios de 80 a 90 parras/persona/día.

Estos primeros antecedentes deben ser ratificados y realizar las pruebas para cada caso en particular.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Bibliografía

Acevedo, E. 1979. Interacciones suelo- agua -raíz en el proceso de absorción de agua por las plantas. Boletin Técnico 44: 18-25.

Barceló, J. 1992. Absorción y transporte del agua. pp 91-105. In: Barceló, J. Fisiología vegetal. 6ª ed. Pirámide, Madrid, España. 662p.

Behbaudian, M. y Z. Singh. 2002. Water relations and irrigation scheduling in grapevine. Horticultural Reviews 27: 189-225p.

Bravdo, Ben-Ami. 2000. Irrigation of temperate fruit trees in dry and warm conditions. pp. 49-76. In: Erez, A. (ed). Temperature Fruit Crops in Warm Climates. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 463p.

Gregory, J. 2006. The functioning root system. pp 80-130. In: Gregory, J. Plant roots growth, activity and interaction with soils. Blackwell Publishing Ltd., Iowa, USA. 318p.

Grimes, D. y L. Williams. 1990. Irriagation effects on plant water relations and productivity of Thompson seedless grapevine. Crops Sciens 30:225-260.

Hopmans, J. y K. Bistow. 2002. Current capabilities and future needs of root water and nutrient uptake modeling. Advances in Agronomy 77: 103-183.

Lovisolo, C. y A. Schubert. 1998. Effect the water stress on vessel size and xylem hydraulic conductivity in Vitis vinifera L. Journal of Experimental Botany 49(321): 693-700.

Lovisolo, C et al. 2000. Sap flow and stem conductivity of potted water stressed grapevine. Acta horticulturae. 526 :187-192.

Pire, R. et al. 2007. Conductividad hidráulica y grosor de los vasos del xilema en cinco materiales de vid sometidos a déficit hídrico. Interciencia 32(1): 35-40.

Richard, D. 1983. The grape root system. Horticultural Review. 5: 127-168.

Sanchez, M. y J. Aguirreolea 2000. Transporte de agua y balance hídrico en la planta. pp. 45-64. In: Azcon-Bieto, J. y M. Talon. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, España. 522p.

Schultz, H. y M. Mattews. 1988. Resistance to water transport in shoots Vitis vinifera L. Plant Physiology 88: 718-724.

Schultz, H. 2000. Physiological mechanism of water use efficiency in grapevine under drought conditions. Acta Horticulturae 526: 115-136.

Sperry, J et al., 1987. Spring filling of xylem vessel in wild grapevine. Plant Physiology 83: 4141-417

Taiz, L. 2006. Transport and traslocation of water and solutes. pp. 24-46. In: Taiz, L. Plant Physiology. 4th ed. Sinauer Associates, Sunderland, USA. 764p.

6. Protocolo técnico de manejo de los parrones bajo los criterios de la fertirrigación

Debido a que no existe en Chile experiencia respecto del uso de la fertirrigación en parronales y que normalmente se confunde la fertirrigación con el solo hecho de aplicar fertilizantes por el riego por goteo, se generó por medio de este proyecto criterios que ordenan esta tecnología, de manera de validar su utilización bajo las condiciones del Valle de Copiapó. Los informes generados se presentan en el **Cuadro 17**.

Cuadro 17. Informes generados

Título del documento	Nombre del archivo digital
CRITERIOS PARA FERTIRRIGAR PARRONES PLANTADOS EN SUELOS DE TEXTURAS GRUESAS	INFORME Fertirrigación Texturas Gruesas
NUTRICIÓN DE LAS VIDES: ¿CÓMO MAXIMIZAR EL MOVIMIENTO DE NUTRIENTES HACIA LA RAÍZ?	INFORME Forma de aplicación de nutrientes
FERTILIZACIÓN FOLIAR: ¿CUÁNDO SE JUSTIFICA O DEBEMOS PREVER EL USO DE FERTILIZANTES FOLIARES?	ARTÍCULO Uso de Fertilizantes foliares (* En Artículos)

CRITERIOS PARA FERTIRRIGAR PARRONES PLANTADOS EN SUELOS DE TEXTURAS GRUESAS

Resumen

En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01 y con el objetivo de mejorar las condiciones de parrones desvigorizados creciendo en suelos de texturas gruesas, se presentan antecedentes para optimizar la fertirrigación de las vides.

Introducción

En este proyecto se han abordado varias problemáticas que estarían afectando este tipo de suelo. Se pueden resumir de acuerdo a lo planteado en informes complementarios en:

Reservas y nutrición

a) Bajo nivel de reservas. Las plantas dependen en gran medida de la fertilización de la temporada.

b) Alta ineficiencia del método de fertilización. Determinándose una eficiencia del 30%.

c) Ineficiencia de distribución. Esta eficiencia se genera del descalce entre la oportunidad de absorción de la planta (demanda diaria) y la oportunidad de fertilización. De acuerdo a lo señalado anteriormente, un parrón de una hectárea y de una producción promedio de 35 ton/ha presentaba en primavera una absorción diaria de N que oscila entre 0,55 y 0,75 kg/ha, completando una demanda total de 34 kg/ha en el período de brotación a cuaja. Si consideramos un criterio tradicional para la zona (dosis y distribución), se obtiene una dosis de 35 kg/ha de N distribuida en 7 riegos, generando una fertilización promedio de 5 kg N/riego. Queda claramente en evidencia que un parronal que se encuentra en un suelo de baja fertilidad natural, de textura gruesa y con baja retención de nutrientes (baja capacidad de intercambio catiónico), dependerá en gran medida de la fertilización entregada en forma exógena. En este caso se produce el grave descalce entre la absorción y lo fertilizado. Por un lado las plantas necesitan diariamente aproximadamente 0,6 kg de N/ha y el programa de fertilización lo hace en las 3 primeras semanas, a modo de ejemplo, cada 7 días. Si bien el cálculo directo señala una absorción semanal de 4,2 kg N/ha (0,6 kg x 7 días) y se podría pensar que la fertilización esta cubriendo esta demanda (5 kg N/semana o riego); hay 2 puntos claves que generan un hambre marcado de N: 1) Este tipo de suelo tiene muy poca capacidad de retención del fertilizante (capacidad de funcionar como reservorio) y 2) al considerar la eficiencia de fertilización, en vez de 5 kg/ha de N por riego se requeriría de a lo menos 10 a 12 kg de N por cada uno de ellos.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Lavado de nitrógeno y balance final de nitrógeno en un suelo de texturas gruesas

De los 253 kg/ha aplicados en la temporada se estima que 38 kg/ha fueron inmovilizados (15%) y descontando la lixiviación, se desprende que 81 kg/ha fueron aparentemente utilizados en crecimiento vegetativo, producción de uva (1366 cajas/ha) y construcción de reservas por el parronal. De acuerdo con estos valores, se calcula una eficiencia de fertilización nitrogenada de 32% para la unidad de producción. Este valor es muy inferior a lo esperable en fertirrigación y estaría motivado básicamente por la ineficiencia del sistema de riego, que determinó perdidas de N por lixiviación que habrían alcanzado a un 53% del N aplicado.

Riego en suelos de texturas gruesas

Es factible plantear la hipótesis que entre riegos y en las raíces que quedan sujetas a estrés hídrico temporal por movimiento de las mangueras, se produzcan condiciones de cavitación, induciendo malas condiciones para el desarrollo de las vides. Si se observan las frecuencias de riego normalmente utilizadas en estos suelos, se podrá concluir que la forma de entregar el agua es muy ineficiente a pesar de los altos volúmenes anuales empleados en los parronales (sobre 15.000 m^3).

Una de las razones esgrimidas de los largos tiempos de riego (14 a 18 horas), es lograr mojar lo máximo posible la entre hilera con el objetivo de no provocar estrés hídrico en la planta y con esto asegurar un mejor crecimiento vegetativo y de las bayas, básicamente por el miedo a tener grupos de raíces indicando déficit de agua en el suelo. A partir de los antecedentes proporcionados por Benavides et al. (2008, www.cevid.cl, parte de este informe) y la información entregada en este informe, podemos llegar a la conclusión que el problema de los parrones plantados en este tipo de suelo es más grave de lo pensado y no se soluciona solamente subiendo las mangueras, aplicando materia orgánica o compost (50 m3 por año) sobre el camellón o simplemente aumentando los tiempos de riego.

Consideraciones para optimizar la fertirrigación en suelos de texturas gruesas

De acuerdo a los antecedentes planteados en la introducción y que forman parte del análisis de la unidad de estudio ubicada en un suelo de texturas gruesas, se propone los siguiente.

En el mediano y largo plazo:

a) Estudiar el comportamiento del riego por microaspersión.

b) Incorporar materia orgánica en superficie e incrementar sus niveles en profundidad con cubiertas vegetales, lo que involucra el uso de microaspersión.

c) Estudiar el comportamiento del punto (b), pero utilizando doble línea de gotero a 50 cm de distancia, realizando un trabajo activo con materia orgánica, cubiertas vegetales en la sobre hilera durante la postcosecha activa y el invierno, aplicación de "Te de Compost" en forma periódica y probar la adición de productos como Leonardita.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

En el corto plazo:

a) Incorporación de riegos cortos y frecuentes, sobre todo durante las horas de mayor temperatura.
b) Riego nocturno para re-hidratar las plantas, sin fertilizar.
c) Asumir una menor eficiencia de fertilización, lo que obliga a aumentar las dosis de fertilizantes.
d) Probar una nueva distribución de los nutrientes aplicados mediante fertirrigación, asumiendo que los brotes crecen activamente hasta que comienzan a competir con las fruta, situación que obliga a realizar todos los manejos para promover mayor crecimiento entre inicio de brotación y cuaja.

A modo de ejemplo y como parte del proyecto fertirrigación, en la última temporada se cambió el criterio de riego de un cuartel completo de uva Sultanina que sería arrancado por el bajo potencial productivo. Este parrón, de suelo de texturas gruesas con bajo porcentaje de matriz de texturas media, un historial de 800 a 1000 cajas/ha, mucha fruta ambar y amarilla. Los rendimientos de la labor de poda por operario (índice utilizado para calificar condición de los parrones) eran de 115 a 128 parras/persona día.

Los cambios fundamentales consistieron en incrementar la frecuencia de riego durante el período de brotación a cuaja. Se cambió el criterio de riegos en promedio de 14 horas a la semana (entre 2 semanas después de brotación y aumentando la intensidad hacia la cuaja, en total 8 riego) por 6 riegos de 8 horas y 28 riegos aproximados de 2 y 3 horas hasta cuaja (dos veces al día cuando tocaba y en las horas de máxima demanda hídrica por la planta). Este mismo criterio primó al momento de definir el riego entre cuaja y cosecha.

El monto total de nutrientes definido para la temporada (**Cuadro1**) y específicamente para este caso del nitrógeno, se dosificó en un mayor número de ocasiones o eventos de riego, tratando de minimizar las pérdidas por percolación.

Cuadro 1. Dosis de nutrientes por etapas aplicados en Sultanina, Valle de Huasco.

	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S	Cl	Zn	B	Fe
TOTAL Brotes de 20 cm a Pre-Flor (kg/ha)	100	18	45	18	11	25	0	5	1	0
TOTAL Inicio Cuaja - 2 S PostCuaja (kg/ha)	9	4	12	9	6	5	0	0	1	0
TOTAL 2 S Postcuaja - Pinta (kg/ha)	34	7	75	26	13	11	0	11	3	0
TOTAL Pinta - Cosecha (kg/ha)	0	4	24	0	0	0	0	2	0	0
TOTAL Postcosecha activa (kg/ha)	78	17	120	26	6	5	0	5	0	0
TOTAL Postcosecha receso (kg/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL BROTACIÓN A COSECHA (kg/ha)	143	32	156	53	31	42	0	17,6	5,4	0
TOTAL TEMPORADA (kg/ha)	221	49	276	79	37	47	0	22,8	5,4	0

Los rendimientos finales fueros para la temporada 2007/2008 de 1850 cajas/ha; buen calibre, mayor proporción de racimos verdes, mayor desarrollo del follaje y rendimiento de poda de los operarios de 80 a 90 parras/persona día.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

NUTRICIÓN DE LAS VIDES: ¿CÓMO MAXIMIZAR EL MOVIMIENTO DE NUTRIENTES HACIA LA RAÍZ?

Resumen

En el marco del proyecto INNOVA CORFO 04-CR10PAD-01 y con el objetivo de optimizar la fertirrigación de los parronales, se presentan algunos aspectos del movimiento de nutrientes hasta las raíces. De acuerdo al funcionamiento de la raíz existen 3 mecanismos básicos: intercepción, el flujo de masa y la difusión. Dado que cada nutriente ocupa una vía de preferencia, se plantean algunas reflexiones frente a los criterios de fertilización, sobre todos para suelos de texturas gruesas.

Introducción

Uno de los aspectos fundamentales en la nutrición de las plantas, corresponde al movimiento de los nutrientes hasta la superficie de la raíz. Este mecanismo ocurre a través de 3 procesos denominados: Intercepción, flujo de masa y difusión (Marschner, 1995).

Mecanismos de movimientos de los nutrientes hacia la raíz

Intercepción

A través de la proliferación de las raíces en el perfil de suelo, sus puntos de crecimiento van ocupando suelo que contienen nutrientes, los cuales son tomados por planta **(Figura 1)**. La importancia de este mecanismo dependerá de: a) cantidad de nutriente disponible en el suelo (fertilidad del suelo ocupado por las raíces), b) volumen de raíces en función del volumen de suelo (en promedio 1%) y c) proporción del suelo ocupado por poros (50%, pero dependerá de cada suelo y su densidad aparente). En general solamente una pequeña proporción de los nutrientes son adquiridos por esta vía.

Flujo de masa

Una alta tasa de transpiración de las vides permite el movimiento del agua del suelo hacia las raíces y con ello los nutrientes disueltos vía flujo de masa **(Figura 1)**. Por lo tanto, es fundamental la cantidad de agua transpirada por peso del tejido del brote (coeficiente de transpiración, ej: 300-600 L agua por kg de peso seco de brote) o por hectárea de cultivo. Adicionalmente, la magnitud de nutrientes que puede llegar a la raíz por esta vía, dependerá de la concentración de los nutrientes en la solución suelo.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Si por alguna razón falla la disponibilidad de agua en el suelo y se induce estrés hídrico, se afectará directamente el flujo de masa.

Difusión

Las raíces extraen nutrientes desde el sector de la rizoplana (de la superficie de contacto con el suelo) y se va provocando una zona de baja concentración del nutriente (zona de déficit) que no es posible suplir a través del flujo de masa, lo que produce la difusión del entorno inmediato debido a un gradiente de concentración (**Figura 1**).

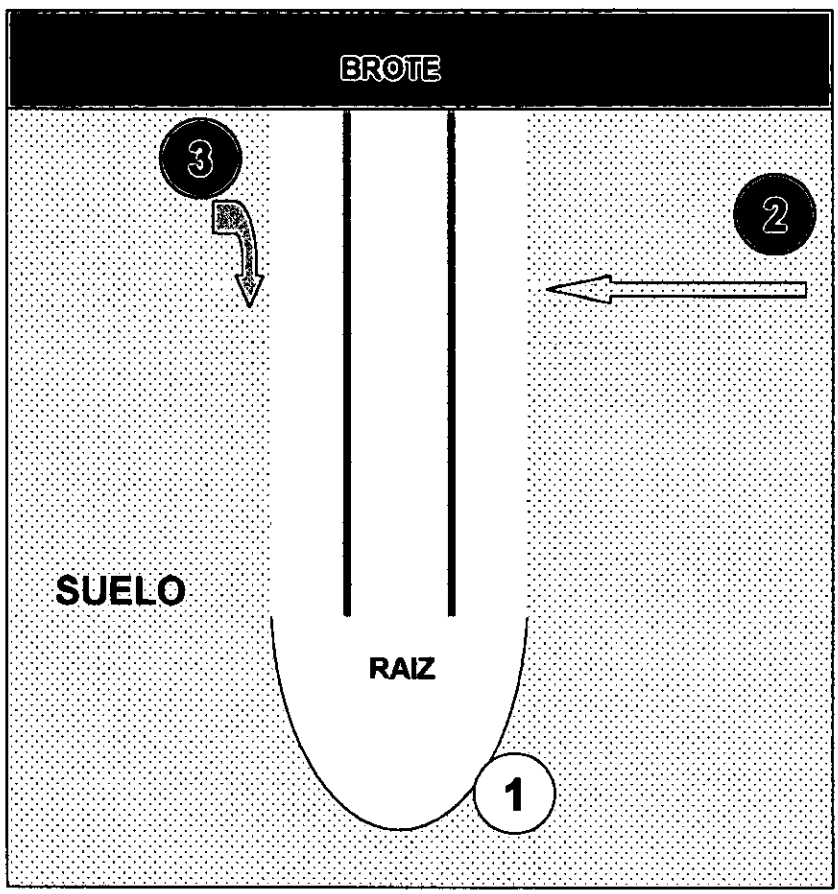


Figura 1. Esquema que representa el movimiento de los nutrientes en el suelo hasta la superficie de la raíz. (1) Intercepción por la raíz, (2) Flujo de masa: transporte en solución a través del agua de riego debido a un gradiente de potencial generado por la transpiración de las hojas y (3) Difusión: transporte a través de un gradiente de concentración. Los puntos en el suelo representan la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Adaptado de Marschner, 1995).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Preferencia de movimiento de cada elemento

Solamente una parte pequeña de los nutrientes llegarían a la superficie de la raíz por **intercepción (Cuadro 1)**. Para el caso del **flujo de masa**, es una vía fundamental para el ***nitrógeno, magnesio, calcio, sulfato, cobre, zinc, boro, hierro manganeso y molibdeno***. Finalmente, para el caso de la **difusión**, es fundamental para la disposición de ***potasio y fósforo***.

Cuadro 1. Distribución de la llegada de los nutrientes a raíces de maíz, de acuerdo a las 3 vías informadas. ***El cálculo de los porcentajes se realizó a partir de la demanda total por parte de las plantas y la determinación de la vía que ocupó el nutriente para completar el total extraído (Barber y Olson, 1968).***

Nutriente	Intercepción (%)	Flujo de Masa (%)	Difusión (%)
Nitrógeno	0,01	79,00	20,99
Potasio	2,05	17,95	80,00
Fósforo	97,50	5,00	92,50

Nutrientes en la solución suelo: *intensidad y capacidad*

Este factor es de vital importancia para una óptima dotación de nutrientes a la raíz. La concentración de nutrientes en la solución suelo no solo depende de la cantidad de fertilizantes aportados, sino también de otros factores tales como: contenido de agua del suelo, pH, potencial redox, CIC, materia orgánica, actividad microbiana, profundidad de suelo, y estación del año.

No solamente es importante la concentración de nutrientes en la solución suelo, denominado ***intensidad***; sino la capacidad "buffer" del suelo, denominada ***capacidad***, para tener una adecuada nutrición de las plantas. Mientras más constante se mantenga durante la temporada la intensidad y capacidad del suelo en su interacción con la raíz, mejor será la nutrición de las vides.

Concentración óptima de la solución fertilizante

Es difícil encontrar estudio respecto de las concentraciones óptimas de la solución fertilizante para vides dedicadas a la producción de uva de mesa. Las dificultades se generan, ya que la demanda de nutrientes varía de acuerdo al desarrollo de las plantas y con ello la fruta, durante la temporada. De esta manera y a modo de ejemplo, estudios de hidroponía señalan que se deben definir rangos de concentración de nutrientes, de acuerdo del desarrollo del mismo, por ejemplo: las necesidades de N son más intensas en el período de crecimiento vegetativo, las de P durante floración y las de K en la maduración.

En este caso y a modo de referencia se entrega algunos antecedentes respecto de las concentraciones aproximadas extraídas de la literatura y que son utilizadas en investigación bajo condiciones controladas o en cultivos hidropónicos (**cuadros 2 y 3**).

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

Cuadro 2. Disolución de Hogland n°2 (Hoagland y Arnon, 1950)

Elemento	Concentración (meq/L)
N-Nitrato	14
N-Amoniacal	1
P	1
K	6
Ca	8
Mg	4
S	4

Cuadro 3. Diferentes concentraciones ideales de soluciones fertilizantes para tomate y vid.

	Tomate Sampeiro, 1999 Hidroponía ppm	sd Brut,? Fertirrigación ppm	Vid Bull, 2003. Seminario Sudáfrica ppm
N	183	>50-75 (N-NO3)	60 a 120
P	46		
K	121	20-60 (K=0,10xCa)	60 a 160
Ca	140	No claro (Ca=10xK)	50 a 80
Mg	32	24	30 a 75
S	43		
Fe	1,5		
Mn	0,5		
Zn	0,1		
Cu	0,05		
B	0,5		

Consideraciones para optimizar la fertilización en suelos de texturas gruesas

1) Para el caso de los nutrientes que se movilizan vía flujo de masa (N, Ca, Mg, etc.) es importante realizar las fertilizaciones durante todo el período de riego.
2) Fertilizar de día, dado la baja retención de agua y fertilizante de estos suelos. Aprovechar la tasa máxima de transpiración de las plantas.
3) Para el caso de K y P, concentrar las aplicaciones de fertilizantes de manera de incrementar el gradiente de concentración entre la raíz y el suelo. Estos elementos pueden ser aplicados en riegos nocturnos, sin embargo, es preferible hacerlo de día de manera de darle todas las posibilidades a que las plantas se re-hidraten en la noche, para lo que se aconseja el riego con agua pura.
4) Verificar que la cantidad de nutrientes por oportunidad de fertilización (normalmente asociado a los momentos de riego) y tiempo de inyección permita mantener en el bulbo de mojamiento

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

concentraciones relativamente cercanas a las planteadas en el **Cuadro 3** (como referencia). En otras palabras, no diluir la solución fertilizante más allá de lo óptimo.

5) La concentración habría que incrementarla, sobre todo para el potasio hacia llenado de grano, de manera de satisfacer las grandes demandas de las plantas. Para el caso del ensayo se partió de a lo menos 60 ppm antes de cuaja y se llegó a lo menos 250 en llenado de grano.
6) Controlar al momento de concentrar la solución, que ella no incremente la conductividad eléctrica la solución fertilizante más allá de 2,5 dS/m.

CEVID. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile; Casilla 1004, Santiago. F:56-2-9785727

7. Promoción regional y nacional

Con el objetivo de sensibilizar a los productores en cuanto a la necesidad de realizar un manejo ordenado, sistemático profesional y basado en criterios agronómicos, para mejorar la condición actual de los predios se procedió a difundir los resultados del proyecto por medio de presentaciones al Congreso Agronómico (**Cuadro 8**), desarrollo de Boletines Técnicos (**Cuadro 9**), desarrollo de Artículos de Extensión (**Cuadro 10**) y presentaciones en Seminarios (**Cuadro 11**).