

## RESUMEN

El análisis de tejidos se utiliza en agricultura para conocer el estado nutricional de los distintos cultivares; sirve de guía complementaria para encauzar prácticas de fertilización, predecir desórdenes fisiológicos y pronosticar el grado de perecibilidad de la fruta. En uva de mesa se realizan comúnmente análisis de tejido en pecíolos durante floración y en lámina en los estados de floración y pinta (envero), los que se comparan con los estándares generados en California para 'Thompson Seedless' desarrollados en Europa, respectivamente.

Las condiciones edafoclimáticas y de manejo de los parrones chilenos son diferentes a las de los lugares donde fueron desarrollados los estándares nutricionales. Además, numerosos estudios han mostrado que los requerimientos de cada variedad, con distintos portainjertos, son diferentes. Por estos motivos es necesario integrar los factores que afectan la nutrición y compararlos con las condiciones locales. Más aún, se sabe que los contenidos de los elementos nutricionales en las hojas van cambiando a lo largo de la temporada. Estos factores pueden conducir a errores en la interpretación de los análisis, que producirán pérdidas económicas, contaminación de suelo y del agua y afectando la eficiencia productiva.

Con el objetivo de relacionar el análisis de pecíolo con la productividad de 6 variedades de uva de mesa y elaborar curvas de evolución del contenido de nutrientes desde brotación a cosecha en variedades de vid, se realizaron dos estudios. El primero consistió en examinar los datos de análisis de pecíolo de un predio en particular y relacionarlos con la producción, características del suelo y vigor de las plantas. En el segundo estudio, se recopilaron datos disponibles en literatura científica, de los niveles de distintos nutrientes en lámina a lo largo de la temporada de crecimiento.

El análisis de la información referente a pecíolos indicó que cada variedad, según las características del suelo y manejos agronómicos, muestra un comportamiento diferente en la asimilación de nutrientes. Con respecto al seguimiento nutricional en lámina, la información recopilada permitió determinar niveles adecuados a lo largo de la temporada para nitrógeno, fósforo y potasio. Se pudieron establecer curvas de contenidos de Mg y Ca, pero con alta variabilidad en los datos. Para los otros elementos estudiados aún es necesario generar más información para determinar las curvas correspondientes.

Palabras clave: Análisis de pecíolo, análisis de lámina, diagnóstico nutricional, estándar nutricional.

## ABSTRACT

Tissue analysis is used in agriculture to determine the nutritional status of fruit trees. It can also be used as complementary information to develop fertilization practices, to predict physiological disorders and the degree of fruit perishability. In table grapes, tissue analysis is done in petioles at full bloom, or in blades either at full bloom or veraison. In Chile, grape petiole analysis is compared with standards developed in California for 'Thompson Seedless', while blade analysis standards were developed in Europe.

Soil and climate conditions as well as vineyard cultural practices are different from the locations where nutrition standards were developed. Additionally many studies have shown that cultivar requirements with different rootstocks are diverse. Thus it is necessary to integrate the factors affecting nutrition and compare them under local conditions. Moreover, it is known that the nutritional elements in the leaves change throughout the season. Those factors may lead to a mis interpretation of the analysis that could result in economic losses, soil and water pollution and lower efficiency.

Two studies were conducted in order to link a particular nutritional status with table grapes productivity and to develop nutrients evolution curves during the growing season. In the first study petiole analysis data of a particular site were examined and linked to yield, soil characteristics and plant vigor. In the second study, data of blade nutritional levels throughout the season were collected from available scientific literature.

Regarding petiole data, results indicated that each cultivar, in relation to soil characteristics and cultural practices shows different behavior in nutrient uptake. The information compiled about blades led to establish optimal levels throughout the season for nitrogen, phosphorus and potassium. For other elements, it is still necessary to generate more information in order to determine the corresponding nutrient evolution.

Keywords: petiole analysis, blade analysis, nutrients diagnosis, nutritional standard.

## **INTRODUCCIÓN**

### **Aspectos generales**

El análisis de tejidos es ampliamente reconocido como la herramienta analítica más confiable para determinar los niveles nutricionales de las vides (Christensen, 2005), permitiendo: evaluar y corregir la fertilización empleada en términos cualitativos y cuantitativos (Hirzel, 2008); encausar otras prácticas, como enmiendas, riego, manejo del suelo; y pronosticar desórdenes fisiológicos en la fruta y grado de perecibilidad de la misma (Razeto, 2006).

Específicamente en el análisis foliar, el fundamento descansa en que la producción de las plantas depende la concentración de los nutrientes en determinadas épocas en los tejidos, considerando la interacción de los nutrientes que determinan el balance global en la planta (Fregoni, 1999), pues hay elementos antagónicos, como el potasio y magnesio o sinérgicos, como el nitrógeno y el calcio (Razeto, 2006). La relación entre productividad y estado nutricional de la planta se cumple cuando todos los factores de la producción se encuentran en un nivel adecuado o próximo a la normalidad. Esta relación no se mantiene constante en todas las circunstancias en un ecosistema frutal (Silva y Rodríguez, 1995).

### **Control nutricional**

Cuando la producción y/o la calidad de los frutos comienzan a ser afectadas por la concentración en que se encuentra algún nutriente en la planta, se le denomina concentración crítica (Silva y Rodríguez, 1995). Las concentraciones críticas de nutrientes son las bases para evaluar el estado nutricional de la planta (Blair y Sale, 1996). Para poder utilizar los valores de concentración crítica en el diagnóstico del estado nutricional, se debe contemplar un método representativo de muestreo de las hojas seleccionadas dentro de la parcela y de cada planta, además del momento de la toma de las muestras y el tejido analizado (Tardáguila *et al.*, 1992). Fregoni (1999) señala que el mínimo de hojas por muestra en vides es de 50-100 para análisis de lámina y 100 para pecíolo.

Para comparar correctamente un análisis nutricional con estándares establecidos hay que considerar sus limitaciones: la gran variabilidad anual y estacional del contenido de algunos nutrientes (Christensen, 1969; Pérez-Harvey y Kliwer, 1982) por efecto de: la variedad (Christensen, 1984), edad del tejido (Christensen, 1969), portainjerto (Christensen, 2005); y factores ambientales, tales como, luz, temperatura, agua (Pérez-Harvey y Kliwer, 1982; Christensen, 1984).

El vigor de la planta puede introducir error en la interpretación, por cuanto si es escaso los nutrientes se concentran y si es alto se diluyen. También es importante conocer las características edafoclimáticas y los contenidos promedios que se registran en la zona a través de los años (Gil, 2000). En la vid, los niveles de nitrógeno y fósforo son claramente dependientes de la época de muestreo y, en menor medida, del régimen climático anual. Mientras que para el potasio y el magnesio, el régimen climático anual es el factor que explica la mayor parte de la variabilidad (Tardáguila *et al.*, 1992).

Aún cuando se puede analizar cualquier tejido u órgano del árbol, en vid se ha utilizado el análisis de lámina y del pecíolo de sus hojas (Atalay, 1978; Christensen, 1984).

### **Análisis de lámina**

En el análisis de lámina, el muestreo se realiza en los estados de floración y envero (González y Berberana, 2002). Los resultados de los análisis, usualmente se comparan con estándares hechos para uva vinífera en Europa (Fregoni, 1999). Con este método se compara la concentración de nutrientes en una época en particular, con ciertos valores estándares desarrollados para las mismas condiciones de muestreo (Ruiz *et al.*, 1991).

Se prefiere la hoja, pues junto con ser el tejido de mayor actividad metabólica, es de fácil recolección y posterior manipuleo (Razeto, 2006). El análisis de lámina refleja el contenido de nutrientes en la planta ya metabolizado, como es el caso del nitrógeno (Christensen, 1984). El muestreo del nitrógeno total de las láminas, utilizado en Europa, principalmente en Francia, es un índice integrado de la nutrición nitrogenada que indudablemente ofrece una visión más global durante el ciclo de desarrollo de la vid (Silva y Rodríguez, 1995).

### **Análisis de pecíolo**

Para el análisis de pecíolo, la toma de muestras debe realizarse en floración (Cook y Kishaba, 1956). El estándar que se utiliza en Chile es aquel generado por Christensen en la Universidad de California para la variedad Thompson Seedless. Para las otras variedades de mesa no existen aún estándares publicados, utilizándose los mismos desarrollados por Christensen (Ruiz *et al.*, 1991).

El análisis de pecíolo es simple, práctico y se refiere a un estado fenológico preciso (Cook, 1961; Christensen, 1984); además, las muestras casi no necesitan ser lavadas (Cook y Wheeler, 1978). El uso del pecíolo presenta algunas limitaciones, debido a que la concentración de algunos elementos es inestable y el período de muestreo es muy corto (floración); a su vez, el contenido de nitratos en los pecíolos es sensible a las condiciones ambientales y de manejo (riego, poda) previo al muestreo (Cook y Lider, 1964; Christensen, 1984). La exactitud de los resultados varía, dadas las amplias fluctuaciones año a año en algunos nutrientes, tales como, N-NO<sub>3</sub> y K, que hacen necesario muestrear

periódicamente (Christensen *et al.*, 1978; Conradie, 1980; Christensen, 2005). La experiencia nacional indica que dichas variaciones hay que tomarlas con precaución, al menos en lo que respecta al nitrógeno, existiendo también dudas en cuanto a un nivel crítico único para potasio (Ruiz *et al.*, 1991).

### **Seguimiento secuencial**

El rango adecuado de un nutriente, se refiere a aquellas concentraciones entre las cuales la planta no presenta limitaciones para el normal crecimiento y desarrollo (Hirzel, 2008). Para establecer niveles nutricionales adecuados se debe conocer la concentración óptima de los nutrientes y es necesario corregir los estándares, considerando las curvas de evolución de la concentración de cada elemento durante la temporada (Razeto, 2006).

Según Marschner (1995), se requieren estándares para regiones y localidades, ya que existirían niveles óptimos para cada elemento, dependiendo de la situación en que se encuentra el cultivo. Al respecto, Silva y Rodríguez (1995) mencionan que los estándares nutricionales no difieren significativamente unos de otros, a pesar de las condiciones relativamente distintas en que se han establecido. Sin embargo, estos estándares deben ser ajustados a las condiciones varietales, ambientales y de manejo de la fruticultura en cada país.

En Chile, no se han publicado estándares nutricionales de referencia para vid. Los que se utilizan son los obtenidos en el extranjero, generalmente en variedad Thompson Seedless, en sistemas de conducción, manejo y condiciones edafoclimáticas generalmente diferentes a las nacionales, lo que dificulta la extrapolación a las condiciones nacionales y particulares de cada predio (Cadahía, 2000). Idealmente se deberían generar estándares específicos por variedad y localidad, tomando como base huertos de buen nivel productivo y calidad de fruta (Hirzel, 2008).

Una concentración foliar adecuada de un elemento nutricional no asegura un óptimo productivo, ya que pueden existir otros factores limitantes. Por lo tanto, para una interpretación completa de los resultados, el análisis foliar requiere un conocimiento integral del historial de producción y de manejo del huerto (Silva y Rodríguez, 1995). Debido al uso actual de la técnica del análisis foliar, ya sea como método de diagnóstico nutricional o de respuesta a manejos del cultivo (fertilización, riego, poda, etc.), presenta más debilidades que fortalezas. Pérez-Harvey (1990) señala que persisten las dudas en cuanto a la eficacia y precisión del análisis de tejido para dar una respuesta inequívoca al agricultor o servir como guía de un programa de fertilización.

Existe la necesidad de vincular el tema nutricional con el manejo integral del cultivo. Visiones parciales pueden deformar peligrosamente las relaciones causa-efecto (Ruiz, 2000). Es importante generar una herramienta eficiente que permita conocer los niveles nutricionales durante la temporada, permitiendo satisfacer la demanda de elementos en vides de uva de mesa de exportación, en sistemas de alta productividad y calidad de la

fruta, para hacer un uso eficiente de la fertilización, maximizando así, los recursos económicos y evitando la contaminación del suelo y de napas freáticas involucrada en la producción de uva de mesa en Chile.

### **Objetivos**

1. Relacionar el análisis de pecíolo con la productividad de la uva de mesa en un predio en particular.
2. Elaborar curvas de evolución nutricional durante la temporada de crecimiento en vides, a partir de datos de concentración de láminas publicados en la literatura.

## MATERIALES Y METODOS

### Estudio 1. Análisis de la productividad de uva de mesa. Estudio de caso

El estudio se realizó en el predio de Agrícola Brown Ltda., ubicado en la localidad de Calle Larga, provincia de Los Andes, Región de Valparaíso (32°52'18'' S; 70°38'45'' O).

Se utilizó información de análisis químicos de pecíolo hechos durante floración, entre las temporadas 2005-2006 y 2007-2008, provenientes de 35 cuarteles en plena producción de las variedades Red Globe, Princess Seedless, Flame Seedless, Thompson Seedless, Superior Seedless y Midnight Beauty. Además, se trabajó con datos de rendimientos totales y exportados por hectárea (cajas de 8,2 kg).

La producción de cada cuartel se clasificó en tres categorías: producción exportable alta, media y baja, según el potencial productivo de cada variedad (Cuadro 1). Las categorías fueron asignadas según la información entregada en el predio.

Cuadro 1. Categoría de niveles de producción esperadas por variedad.

Variedad	Producción exportable		
	alta	media	baja
	Cajas por hectárea *		
Midnight Beauty	≥ 2500	2499-1901	≤ 1900
Red Globe	≥ 4000	3999-3501	≤ 3500
Thompson Seedless	≥ 3300	3299-2801	≤ 2800
Princess Seedless	≥ 2500	2499-2001	≤ 2000
Superior Seedless	≥ 3000	3999- 2501	≤ 2500
Flame Seedless	≥ 2500	2499-2001	≤ 2000

\* Cajas de 8,2 kg.

Como información complementaria se utilizaron datos de:

- Análisis de arginina en raíces (temporada 2004 a 2007).
- Distribución de calibres para cada variedad (Cuadro 2).
- Análisis químico de suelo de algunos cuarteles variedad Red Globe (Anexo).
- Información de manejo de riego, fertilización y ajuste de carga (Apéndice).
- Encuesta no estructurada de variables (Cuadro 3). Adaptada de guía de evaluación sensorial de alimentos (Araya, 2007).

Cuadro 2. Rango de calibres utilizado por el predio.

Variedad	Categoría de calibre			
	Mediano	Grande	Extra	Super Extra
Diámetro en mm				
Midnight Beauty	16,0-17,4	17,5-18,9	19,0-20,9	> 21,0
Red Globe	16,0-17,0	17,1-17,9	18,0-19,9	>20,0
Thompson Seedless	<16,0	16,0-17,4	17,5-18,9	>19,0
Princess Seedless	16,0-17,4	17,5-18,9	19,0-20,9	>21,0
Superior Seedless	21,0-23,0	23,0-25,0	25,0-27,0	>27,0
Flame Seedless	16,0-17,4	17,5-18,9	19,0-20,9	> 21,0

Para cada cuartel, se realizó una encuesta no estructurada de variables, considerando características de vigor de las plantas, textura, pedregosidad y estratificación del suelo. Las variables se trasladaron a un sistema numérico, por medio de codificación analógica lineal (línea de 15,5 cm), donde, para todos los casos, la característica se presenta en menor o mayor medida según aumenta la numeración en la escala lineal (Cuadro 3). La encuesta se realizó al gerente de producción del predio, catalogado como experto calificado.

Cuadro 3. Clasificación de la textura, pedregosidad, estratificación del suelo y vigor de la planta por medio de codificación analógica lineal.

Variable		0,0 cm	15,5 cm	
Textura	Suelo arenoso			Suelo arcilloso
Pedregosidad	Suelo sin piedras			Suelo pedregoso
Estratificación	Suelo no estratificado			Suelo estratificado
Vigor	Bajo vigor de plantas			Alto vigor de plantas

### Análisis estadístico

Se realizó análisis multivariado de componentes principales (PCA), con el objetivo de explicar la fuente de variabilidad entre los distintos cuarteles.

Para cada variedad, se relacionó la producción de cada cuartel con el calibre. Se utilizó la moda (el rango de calibre que presentó mayor frecuencia) para seleccionar los mejores cuarteles por variedad (alta producción y buen calibre).

En el análisis de todos los cuarteles, se consideraron como variables: los niveles de cada elemento nutricional en pecíolo; la producción total y exportable; el porcentaje de cada categoría de calibre y el vigor de planta; estratificación, pedregosidad y textura de suelo,

estimados en la encuesta de variables no estructurada. Los resultados fueron presentados mediante gráficos Biplot creados con el software estadístico Infostat (Infostat, 2004).

En el análisis de cada variedad, por separado, se consideraron como variables: los niveles de cada elemento nutricional en pecíolo; la producción total y exportable; el vigor de planta, estratificación, pedregosidad y textura de suelo, medidos en la encuesta de variables no estructurada.

En cada gráfico, los ángulos entre los vectores que representan las variables, fueron interpretados en términos de las correlaciones lineales entre las variables. Es decir, ángulos cercanos a  $90^\circ$  entre dos variables indica que ambas no se encuentran correlacionadas. Alejamiento de este valor (tanto sea en valores menores como mayores a  $90^\circ$ ) implican correlación (positiva o negativa).

Se generaron matrices de correlación de Pearson, con sus respectivas probabilidades (significancia) para cada asociación de variables. Se consideró un valor de  $p < 0,01$  para una correlación muy significativa y de  $p < 0,05$  para una significativa.

## **Estudio 2. Evolución nutricional en lámina de vid**

Se construyó una base de datos con los resultados de análisis de lámina en distintos estados fenológicos de variedades de vid. La información se obtuvo de literatura disponible (libros especializados y artículos científicos) para el período 1926-2008, considerando rendimientos iguales o sobre 30 toneladas de fruta por hectárea.

Se elaboraron curvas de evolución nutricional durante la temporada de crecimiento para el período comprendido entre brotación y cosecha. En el caso de no existir datos para un determinado estado fenológico se determinaron valores estimativos mediante interpolación.

### **Análisis estadístico**

Se utilizó estadística descriptiva (promedios y desviación estándar), utilizando gráficos que describan los cambios en función del tiempo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Estudio 1. Análisis de la productividad de uva de mesa. Estudio de caso

En el Cuadro 4 se presenta el número de casos que presentaron un mayor nivel productivo junto con buenos calibres (extra y super extra), según el potencial de cada variedad. Estos casos fueron considerados en los gráficos biplot como de alta producción y buen calibre. La variedad que presentó mayor porcentaje de casos con buena producción y calibre fue Princess Seedless con un 41,7%, seguida por Red Globe con 21,67 %. Todas las variedades, excepto Midnight Beauty, mostraron una tendencia positiva del calibre con respecto a la producción.

Cuadro 4. Cuarteles seleccionados de buena producción y calibre

Variedad	Número de casos de buena producción y calibre *	Número total de casos *	Número de cuarteles
Red Globe	8	37	15
Flame Seedless	2	13	5
Midnight Beauty	2	15	5
Princess Seedless	5	12	4
Superior Seedless	2	12	3
Thomson Seedless	2	11	3

\* Cada caso corresponde a un cuartel en un año en particular.

### Producción

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de todos los cuarteles, clasificados por producción, en las tres temporadas analizadas, con respecto a las variables nutricionales (contenidos de cada elemento) y provenientes de la encuesta no estructurada (vigor de planta, textura, estratificación y pedregosidad del suelo). El PCA explicó el 45,2% de la variabilidad de los datos entre sus dos primeros componentes. De acuerdo a la primera componente (CP1) las variables N, P, Ca, Mg, B, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Cu y texturas finas se encontraron correlacionadas positivamente entre ellas y negativamente con la pedregosidad, estratificación y contenido de Mn. Se observó una tendencia positiva de las producciones con respecto a las variables Mn, pedregosidad, estratificación (Cuadros 5).

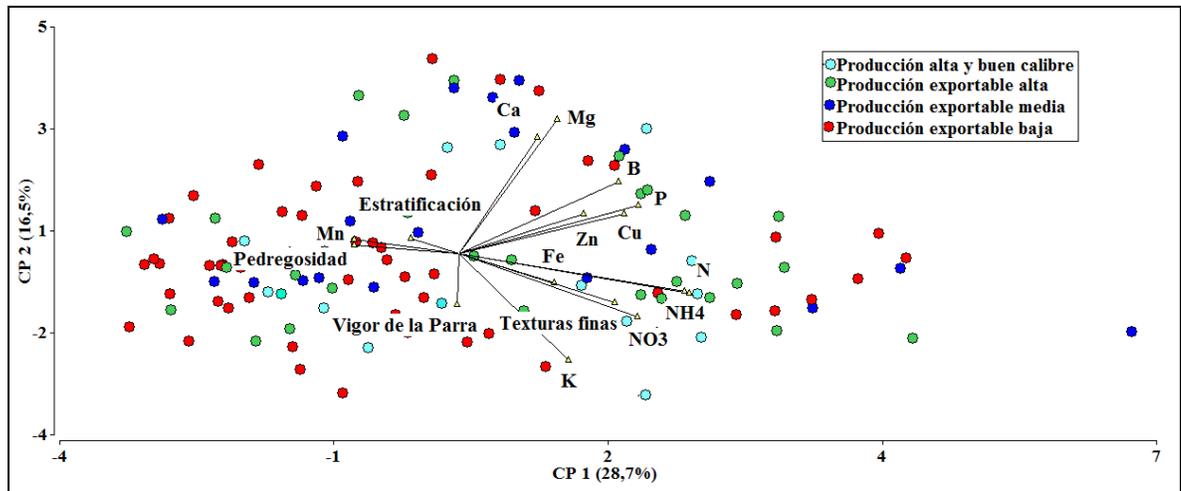


Figura 1. Asociación entre producción, composición nutricional, vigor de la parra y características del suelo de todos los cuarteles.

Cuadro 5. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de todos los cuarteles.

	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu	B	Texturas finas	Pedregosidad	Vigor de la Parra
P	0,44 **														
K	0,54 **	0,24*													
Ca	0,02	0,29**	-0,23*												
Mg	0,14	0,39**	-0,38**	0,76**											
Zn	0,34 **	0,40**	-0,02	0,10	0,25**										
Mn	-0,31**	-0,003	-0,06	-0,11	-0,09	0,02									
NO <sub>3</sub>	0,69**	0,14	0,47**	-0,02	-0,04	0,23*	-0,42**								
NH <sub>4</sub>	0,81**	0,42**	0,37**	0,04	0,14	0,30*	-0,41**	0,78**							
Fe	0,28*	0,33**	0,45**	0,00	-0,07	0,30**	0,10	0,16	0,21*						
Cu	0,56**	0,55**	-0,01	0,20*	0,46**	0,43**	-0,14	0,23*	0,52**	0,18*					
B	0,43**	0,41**	0,04	0,55**	0,55**	0,25**	-0,24**	0,23**	0,34**	0,12	0,40**				
Texturas finas	0,52**	0,16	0,31**	0,05	-0,02	0,03	-0,26**	0,38**	0,53**	0,09	0,32**	0,15			
Pedregosidad	-0,22*	-0,09	-0,12	-0,14	-0,13	-0,13	0,18*	-0,13	-0,24**	-0,12	-0,13	-0,17*	-0,44**		
Vigor de la Parra	0,08	0,10	0,23*	-0,12	-0,20*	-0,27**	0,01	0,03	0,03	-0,02	-0,05	-0,03	0,04	0,02	
Estratificación	0,01	-0,10	-0,12	-0,10	0,05	-0,04	-0,001	0,03	-0,01	-0,07	0,07	-0,09	-0,45**	0,60**	0,02

\*Significativo ( $p \leq 0,05$ )

\*\* Muy significativo ( $p \leq 0,01$ )

La tendencia negativa entre la producción y las concentraciones de Mn en pecíolos podría estar relacionada con condiciones de exceso de agua en el suelo (Gil y Pszczolkowski, 2007), debido al aumento de la solubilidad del Mn en el suelo (Razeto, 1993). El manejo de riego utilizado en el predio (entre 9.000 a 13.000 m<sup>3</sup> por hectárea al año), asociado a las características del suelo, la alta estratificación podría generar estas condiciones. Sellés *et al.*, (2003) recomiendan volúmenes entre 5.428 y 5.438 m<sup>3</sup> por ha al año, para la Provincia de San Felipe. Winkler *et al.* (1974) señalan que el óptimo para condiciones similares en California, aunque con mayor déficit de presión de vapor, debiesen ser entre 7.620 a 9.144 m<sup>3</sup> por hectárea al año (sin considerar el tipo de riego utilizado). En suelos muy estratificados se ve afectada la velocidad de infiltración del agua en el perfil, lo que provocaría acumulaciones de agua en zonas de crecimiento radical. Además, la presencia

de estratas pedregosas puede reducir la redistribución del agua en el suelo (Benavides, 1994).

## Variedad

De acuerdo a la Figura 2, se ratifica que Red Globe fue la variedad que presenta mayores rendimientos por hectárea, tal como se señala en el Cuadro 1, y se asocia negativamente a contenidos de Mn, pedregosidad y estratificación. Se encontró que los cuarteles de Midnight Beauty, Superior Seedless, Princess Seedless y Flame Seedless están plantados en suelos más estratificados y pedregosos, presentando mayores niveles de Mn y menores contenidos de N, P, Ca, Mg, B,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , Cu. Al respecto, hay que considerar que existen diferencias en los requerimientos varietales y en los rangos tolerados con respecto a la concentración de nutrientes en pecíolos (Cook y Lieder, 1964; Christensen, 1969). Estas diferencias podrían deberse a una mayor capacidad de absorción de los nutrientes o también a una diferente capacidad de metabolización de ellos (Pérez-Harvey, 1990).

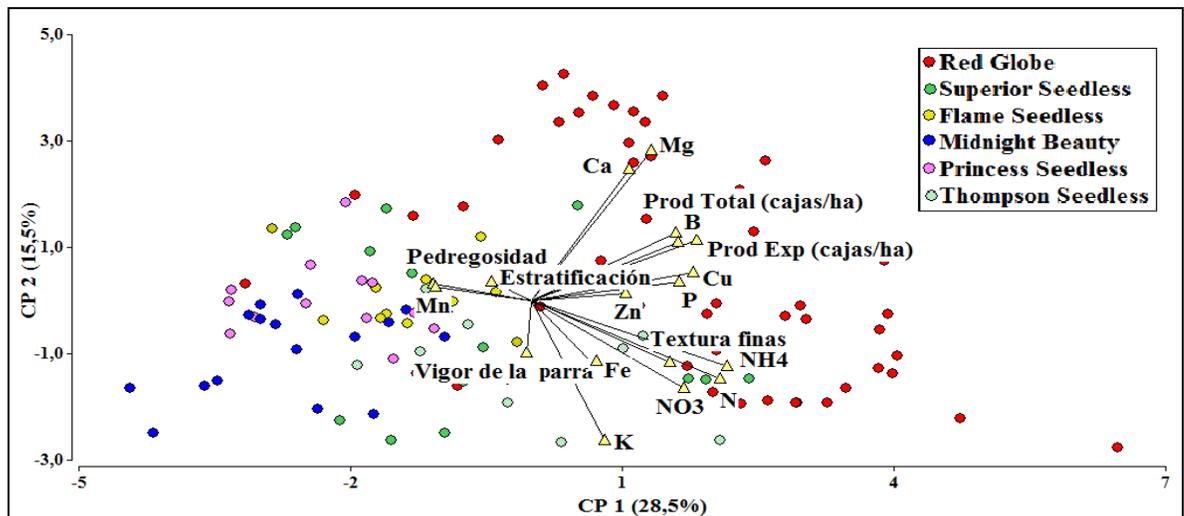


Figura 2. Variabilidad en producción según variedad y su asociación con la composición nutricional y características del suelo.

Cuadro 6. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de todos los cuarteles.

	Prod. Exp. (cajas/ha)	Prod. Total (cajas/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu	B	Texturas finas	Pedregosidad	Vigor de la parra
Prod. Total (cajas/ha)	0,76**																
N	0,28**	0,23*															
P	0,25**	0,36**	0,45**														
K	-0,03	0,04	0,53**	0,23**													
Ca	0,37**	0,42**	0,02	0,29**	-0,22*												
Mg	0,47**	0,52**	0,15	0,40**	-0,38**	0,76**											
Zn	-0,005	-0,002	0,33**	0,39**	-0,02	0,10	0,25**										
Mn	-0,35**	-0,14	-0,31**	-0,005	-0,06	-0,11	-0,09	0,03									
NO <sub>3</sub>	0,40**	0,25**	0,68**	0,13	0,47**	-0,02	-0,04	0,23**	-0,42**								
NH <sub>4</sub>	0,47**	0,32	0,80**	0,42**	0,37**	0,03	0,13	0,29**	-0,41**	0,77**							
Fe	-0,09	-0,02	0,28**	0,33**	0,45**	-0,001	-0,07	0,30**	0,10	0,16	0,20*						
Cu	0,33**	0,34**	0,56**	0,55**	-0,02	0,20*	0,47**	0,43**	-0,14	0,22*	0,51**	0,18*					
B	0,35**	0,21*	0,42**	0,39**	0,05	0,55**	0,54**	0,25**	-0,24**	0,24**	0,34**	0,12	0,39**				
Texturas finas	0,39**	0,28**	0,51**	0,15	0,32**	0,04	-0,02	0,03	-0,26**	0,38**	0,52**	0,09	0,31**	0,16			
Pedregosidad	-0,23*	-0,22*	-0,22*	-0,10	-0,11	-0,14	-0,13	-0,13	0,18*	-0,12	-0,23*	-0,12	-0,13	-0,17	-0,43**		
Vigor de la parra	0,02	-0,03	0,08	0,09	0,23**	-0,12	-0,20*	-0,26**	0,01	0,03	0,03	-0,02	-0,05	-0,03	0,04	0,02	
Estratificación	-0,34*	-0,28*	0,01	-0,11	-0,11	-0,10	0,04	-0,03	-0,001	0,03	-0,01	-0,07	0,07	-0,08	-0,44**	0,60**	0,03

\*Significativo (p≤0,05)

\*\* Muy significativo (p≤0,01)

### Calibres

Como se observa en la Figura 3, el gráfico Biplot explica el 47,5% de la variabilidad de sus datos entre sus dos ejes principales. Las variables P, Ca, Mg, Zn, B, Fe y Cu se encontraron correlacionadas positivamente entre ellas y negativamente con la categoría de calibre super extra (Cuadro 7), lo que podría explicarse a un efecto de mayor consumo de nutrientes por parte de la fruta, manifestandose en menores niveles en la hoja. La variedad Red Globe (cuadros rojos) presentó mayor cantidad de calibres grande y mediano y los cuarteles de la variedad Thompson Seedless (cuadros celestes), ubicados en el extremo inferior del gráfico, presentaron calibre de las categorías extra y super extra.

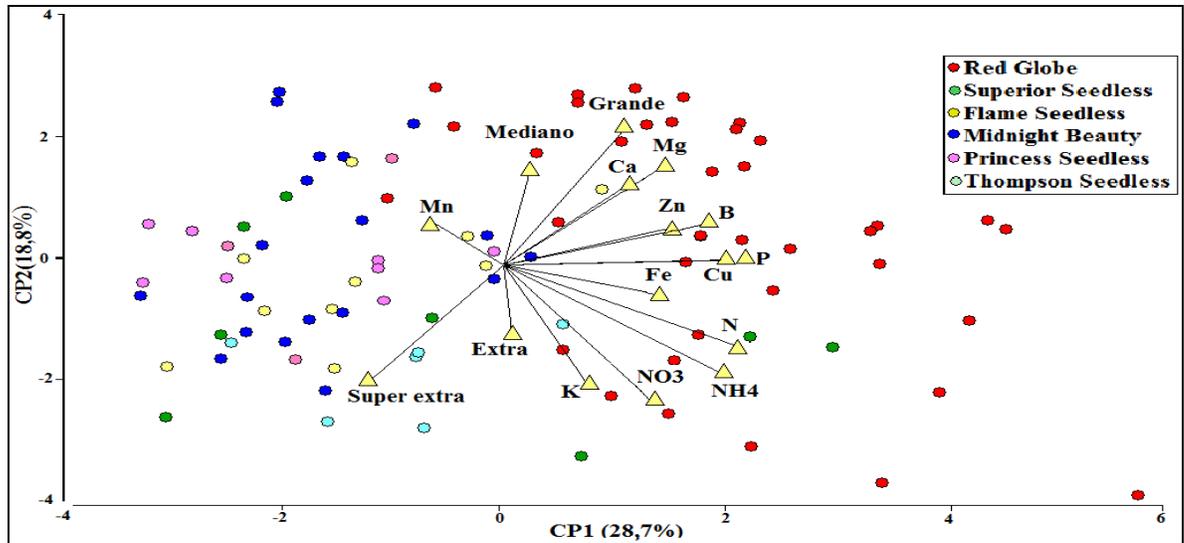


Figura 3. Variabilidad en calibres según variedad y su asociación con la composición nutricional.

Las diferencias encontradas en los calibres entre variedades, podría explicarse debido a los distintos potenciales de cada variedad y a los diferentes manejos en las aplicaciones de bioreguladores (Apéndice).

Cuadro 7. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de todos los cuarteles clasificados según calibre.

	Calibre				N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu
	Mediano	Grande	Extra	Super Extra											
Grande	0,54**														
Extra	-0,64**	-0,47**													
Super Extra	-0,41**	-0,76**	-0,14												
N	0,06	0,14	-0,02	-0,14											
P	0,06	0,30**	-0,02	-0,28	0,57**										
K	-0,04	-0,12	0,01	0,13	0,55**	0,31**									
Ca	-0,09	0,23*	0,09	-0,25	0,00	0,32**	-0,18*								
Mg	-0,05	0,32**	0,05	-0,31	0,12	0,42**	-0,37**	0,74**							
Zn	0,21*	0,26*	0,05	-0,38	0,33**	0,39**	-0,06	0,16	0,32**						
Mn	0,02	-0,04	0,13	-0,09	-0,24*	-0,05	0,00	-0,13	-0,09	0,17					
NO <sub>3</sub>	-0,15	-0,21*	0,18	0,11	0,64**	0,20	0,46**	-0,01	-0,06	0,20**	-0,39				
NH <sub>4</sub>	-0,09	-0,03	0,09	-0,01	0,79**	0,49**	0,37**	0,01	0,08	0,30**	-0,38	0,79**			
Fe	-0,13	0,14	0,22	-0,26	0,35**	0,44**	0,40**	0,11	0,09	0,37**	0,16	0,17	0,29**		
Cu	-0,06	0,24*	0,02	-0,22*	0,57**	0,62**	-0,001	0,23*	0,50**	0,43**	-0,16	0,22*	0,54**	0,26*	
B	0,07	0,36**	-0,05	-0,31	0,43**	0,51**	0,07	0,55**	0,53**	0,21*	-0,18	0,20	0,35**	0,22*	0,43**

\*Significativo ( $p \leq 0,05$ )

\*\* Muy significativo ( $p \leq 0,01$ )

## Producción de la variedad Red Globe

Como se observa en la Figura 4, el PCA explica el 49,6% de la variabilidad de los datos, entre sus dos ejes principales. La primera componente (CP1) separa las variables Mg y Ca, correlacionándolas positivamente entre ellas y negativamente con las variables texturas finas, K, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> y N.

En esta variedad se determinó un antagonismo entre K con Mg y Ca, ya descrito por Winkler *et al.* (1974) y Ruiz (2000). Al respecto, el nitrógeno en forma amoniacal podría tener un importante efecto antagónico sobre la absorción de Mg (Lahav, 1974). Por otro lado, se sabe que suelos de texturas más finas presentan mayores contenidos de N y promueven un mayor desarrollo vegetativo (Marschner, 1986), al igual que lo observado en este estudio. La variable B se encontró correlacionada positivamente con el Ca, corroborando la estrecha relación de estos elementos descrita por Bolaños *et al.* (2004).

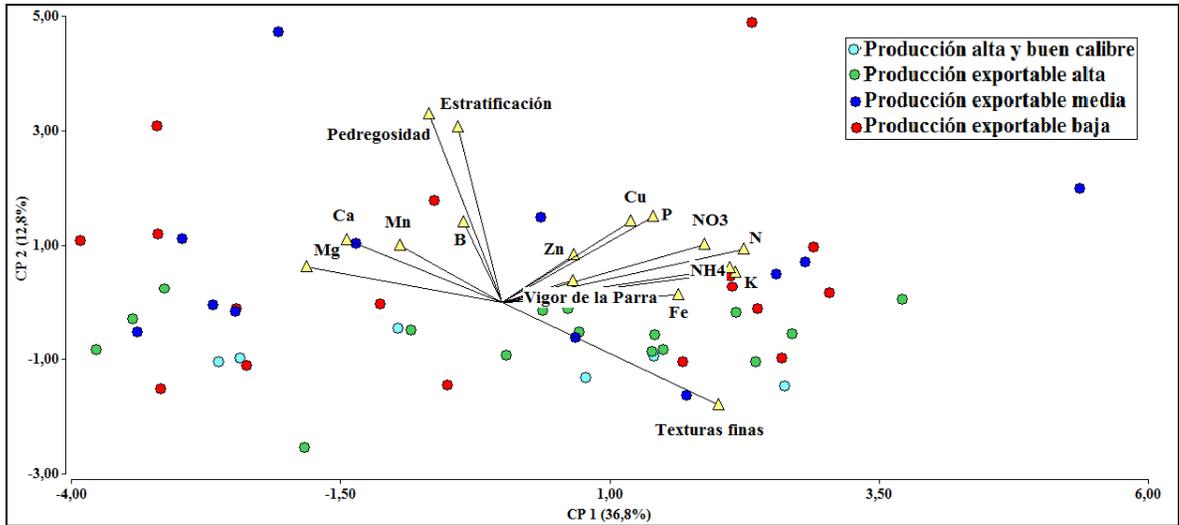


Figura 4. Variabilidad en la producción de 'Red Globe' y su asociación con la composición nutricional y características del suelo.

La segunda componente (CP2) muestra una tendencia negativa entre la producción y las variables B, estratificación y pedregosidad.

La tendencia negativa entre los contenidos de B y las altas producciones podría deberse a que las flores son grandes demandantes de boro (Rogiers *et al.*, 2006), debido a su rol en el proceso de fecundación del óvulo (Salisbury y Ross, 1992). En floración, el boro es movilizado por el floema desde las hojas hacia las flores (Brown y Shelp, 1997) y suelen ocurrir deficiencias transitorias de este elemento aún cuando el suministro desde suelo sea suficiente (Gil y Pszczolkowski, 2007). Al respecto, Brown y Shelp (1997) comentan que la movilidad del boro difiere entre especies y que las deficiencias transitorias se pueden evitar con aplicaciones foliares previas a la floración.

Cuadro 8. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de los cuarteles variedad Red Globe.

	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu	B	Texturas finas	Pedregosidad	Vigor de la Parra
P	0,65**														
K	0,88**	0,62**													
Ca	-0,43**	-0,22	-0,41**												
Mg	-0,57**	-0,19	-0,58**	0,75**											
Zn	0,29*	0,09	0,28*	0,13	0,09										
Mn	-0,22	0,03	-0,20	0,06	0,22	0,04									
NO <sub>3</sub>	0,71**	0,25	0,69**	-0,31*	-0,55	0,44**	-0,29*								
NH <sub>4</sub>	0,80**	0,44**	0,67**	-0,47**	-0,62**	0,24	-0,29*	0,78**							
Fe	0,54**	0,31*	0,56	-0,13	-0,35**	0,34*	-0,50**	0,54**	0,50**						
Cu	0,49**	0,56**	0,33*	-0,17	-0,20	0,17	-0,22	0,24	0,38**	0,37**					
B	-0,02	0,17	-0,09	0,44**	0,20	0,002	0,06	-0,12	-0,14	0,08	0,17				
Texturas finas	0,65**	0,32	0,68**	-0,60**	-0,68**	0,10	-0,45**	0,42**	0,63**	0,48**	0,24	-0,26			
Pedregosidad	-0,11	-0,03	-0,17	0,21	0,13	-0,11	0,15	-0,01	-0,09	-0,19	0,03	0,03	-0,51**		
Vigor de la Parra	0,30*	0,32*	0,25	-0,13	-0,26	-0,21	0,03	0,14	0,18	-0,03	0,14	0,07	0,12	-0,08	
Estratificación	-0,06	-0,05	-0,08	-0,01	0,02	-0,05	0,17	0,09	0,01	-0,18	-0,03	-0,01	-0,35*	0,79**	-0,04

\*Significativo (p≤0,05)

\*\* Muy significativo (p≤0,01)

El P es un elemento poco móvil en el suelo, por lo que su absorción depende de un buen desarrollo radical de la parra (Gil y Pszczolkowski, 2007). Aunque la deficiencia de P es poco común en vides, un menor contenido podría afectar la cuaja (Fregoni, 1999). Las condiciones que impidan un buen desarrollo de raíces superficiales, como saturación de agua en el suelo, pedregosidad y estratificación, podría explicar los menores contenidos de P en plantas con menores producciones.

### Producción de la variedad Red Globe según portainjerto

Las plantas injertadas sobre Harmony mostraron un comportamiento diferente a las autoenraizadas, en cuanto estado nutricional en pecíolos (Figura 5). Existieron algunos cuarteles injertados sobre una variedad blanca no determinada\*, que no presentaron asociación a ninguna variable en particular. Se observa que las plantas autoenraizadas estuvieron asociadas a mayores contenidos de Mg, Ca y Mn, a la vez estuvieron asociadas negativamente con las texturas finas y presentaron menores contenidos en pecíolos de K, N, Fe, Zn, Cu y P (Cuadro 9).

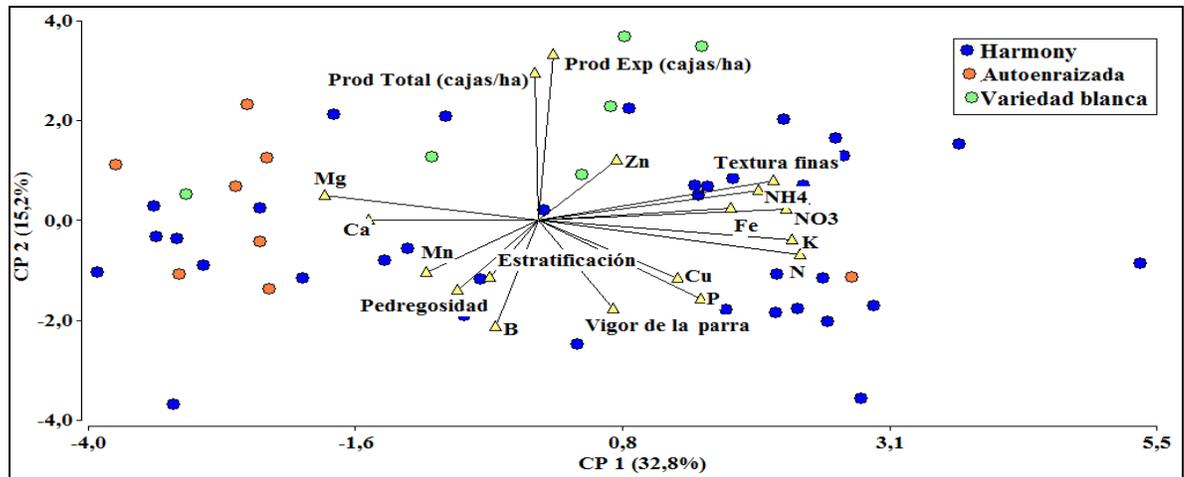


Figura 5. Variabilidad en la producción de 'Red Globe' según portainjerto y su asociación con la composición nutricional y características del suelo.

\*Información obtenida de conversación personal con el gerente de producción del predio.

Cuadro 9. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de los cuarteles variedad Red Globe.

	Prod. Exp. (cajas/ha)	Prod. Total (cajas/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu	B	Texturas finas	Pedregosidad	Vigor de la parra
Prod. Total (cajas/ha)	0,72**																
N	-0,11	-0,07															
P	-0,29*	-0,06	0,65**														
K	-0,11	0,01	0,88**	0,62**													
Ca	-0,03	0,15	-0,43**	-0,22**	-0,41**												
Mg	0,08	0,30*	-0,57**	-0,19	-0,58**	0,75**											
Zn	0,24	0,31*	0,29*	0,09	0,28*	0,13	0,09										
Mn	-0,25	-0,09	-0,22	0,03	-0,20	0,06	0,22	0,04									
NO <sub>3</sub>	0,27	0,16	0,71**	0,25	0,69**	-0,31	-0,55**	0,44**	-0,29*								
NH <sub>4</sub>	0,18	0,09	0,80**	0,44**	0,67**	-0,47**	-0,62**	0,24	-0,29*	0,78**							
Fe	0,05	-0,07	0,54**	0,31*	0,56**	-0,13	-0,35*	0,34*	-0,50**	0,54**	0,50**						
Cu	-0,18	-0,10	0,49**	0,56**	0,33*	-0,17	-0,20	0,17	-0,22	0,24	0,38**	0,37**					
B	-0,40**	-0,52*	-0,02	0,17	-0,09	0,44**	0,20	0,002	0,06	-0,12	-0,14	0,08	0,17				
Texturas finas	0,15	0,05	0,65**	0,32*	0,68**	-0,60**	-0,68**	0,10	-0,45**	0,42**	0,63**	0,48**	0,24	-0,26			
Pedregosidad	-0,25	-0,08	-0,11	-0,03	-0,17	0,21	0,13	-0,11	0,15	-0,01	-0,09	-0,19	0,03	0,03	-0,51**		
Vigor de la parra	-0,33*	-0,26	0,30*	0,32*	0,25	-0,13	-0,26	-0,21	0,03	0,14	0,18	-0,03	0,14	0,07	0,12	-0,08	
Estratificación	-0,15	-0,04	-0,06	-0,05	-0,08	-0,01	0,02	-0,05	0,17	0,09	0,01	-0,18	-0,03	-0,01	-0,35*	0,79**	-0,04

\*Significativo ( $p \leq 0,05$ )

\*\* Muy significativo ( $p \leq 0,01$ )

En relación a los portainjertos, es sabido que su uso tiene efectos sobre los niveles nutricionales de cada variedad (Cook y Lider, 1964; May, 1994). Al igual que en este estudio, en otras investigaciones (Christensen *et al.*, 1994; Ibacache y Sierra, 2009) obtuvieron mayores concentraciones de K en pecíolos de plantas injertadas sobre Harmony. Cook y Lider (1964) señalan que no existen efectos de los portainjertos sobre el contenido foliar de Ca y Mg, mientras que si observaron diferencias en los contenidos de NO<sub>3</sub> y P. Ibacache y Sierra (2009); también detectaron menores contenidos de N de pecíolo de 'Red Globe' autoenraizadas. En la investigación de Christensen *et al.*, (1994) no se encontraron diferencias en el contenido de Zn, P, NO<sub>3</sub> y N total entre plantas Red Globe autoenraizadas e injertadas sobre Harmony.

Para Wolpert y Anderson (2007) es evidente que los patrones pueden influir en los valores nutricionales del pecíolo y señalan que con datos adicionales se podrían seleccionar portainjertos para superar las limitaciones de sitio por algunos elementos minerales. Dada la influencia del portainjerto sobre el contenido nutricional encontrada en este estudio y a la variación de resultados encontrada en esta y otras investigaciones, hacen necesario generar más información al respecto.

### Producción de la variedad Superior Seedless

El PCA explica un 73,8% de la variabilidad de sus datos entre sus dos primeras componentes (Figura 6). La CP1 separa las variables N, P, K, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Cu y B, asociándolas positivamente entre ellas. La segunda componente (CP2) separa el vigor de las variables estratificación, pedregosidad y contenido de Ca en pecíolo. Mayores contenidos de Mg se encontraron asociado negativamente con el vigor y las texturas finas y de forma positiva con suelos de mayor estratificación y pedregosidad. (Cuadro 10). Se observó una tendencia negativa entre las altas producciones y las variables vigor de la parra

y texturas finas. Los cuarteles con alta producción total presentaron mayores contenidos de Ca

Muñoz y Lobato (2000) indican que en variedades vigorosas, como Superior Seedless, un aumento del crecimiento vegetativo disminuye la fertilidad de yemas. Por esta razón, condiciones que reducen el vigor en las plantas, como suelos pedregosos y estratificados, podrían asociarse a altas producciones. Otra posibilidad es que la baja producción induzca un mayor crecimiento vegetativo.

El hecho de que los pecíolos provenientes de plantas de mayor producción presenten mayores contenidos de Ca podría deberse a un efecto de concentración en el tejido, debido al menor vigor que presentan las plantas.

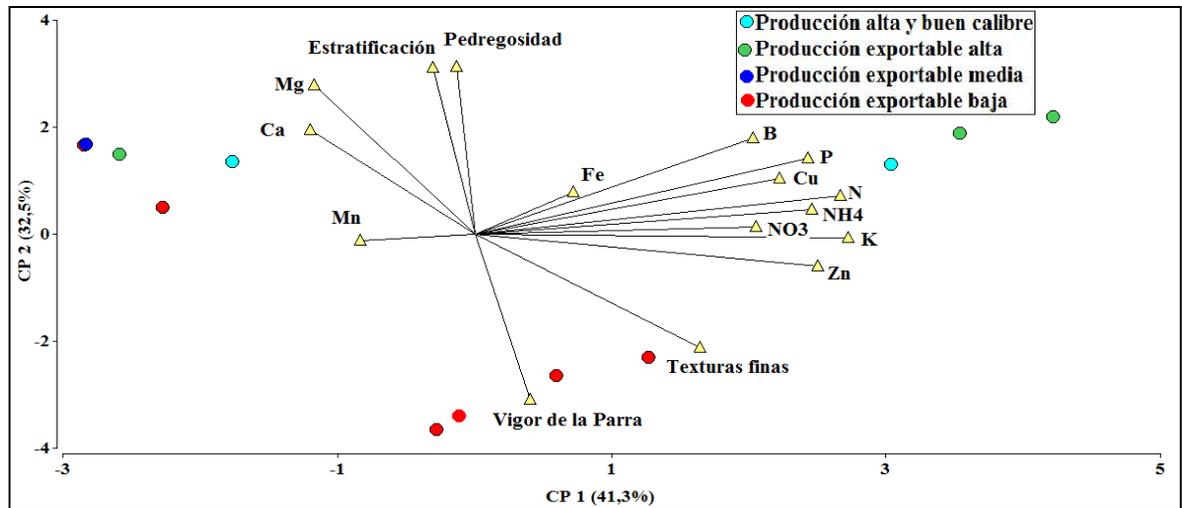


Figura 6. Variabilidad en la producción de 'Superior Seedless' y su asociación con la composición nutricional y características del suelo.

Cuadro 10. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de los cuarteles variedad Superior Seedless.

	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu	B	Texturas finas	Pedregosidad
P	0,94**													
K	0,94**	0,81**												
Ca	-0,24	-0,12	-0,30											
Mg	-0,15	0,02	-0,37	0,78**										
Zn	0,81**	0,71**	0,88**	-0,44	-0,48									
Mn	-0,13	-0,20	-0,13	0,51	0,23	-0,12								
NO <sub>3</sub>	0,58*	0,52	0,70*	-0,28	-0,27	0,66*	-0,56							
NH <sub>4</sub>	0,75**	0,75**	0,75**	-0,43	-0,32	0,65*	-0,64*	0,84**						
Fe	0,26	0,26	0,24	0,23	0,12	0,16	0,36	0,04	0,20					
Cu	0,87**	0,85**	0,76**	-0,02	0,03	0,64*	0,01	0,37	0,58*	0,32				
B	0,86**	0,89**	0,69*	0,05	0,19	0,43	-0,04	0,33	0,62*	0,43	0,83**			
Texturas finas	0,40	0,22	0,61*	-0,41	-0,83**	0,60*	0,07	0,29	0,34	0,16	0,29	0,11		
Pedregosidad	0,14	0,39	-0,09	0,56	0,82**	-0,24	-0,17	0,07	0,16	0,17	0,20	0,48	-0,68*	
Vigor de la Parra	-0,06	-0,31	0,19	-0,56	-0,86**	0,31	0,16	-0,01	-0,08	-0,12	-0,13	-0,40	0,77**	-0,99**
Estratificación	0,09	0,34	-0,15	0,56	0,85**	-0,28	-0,16	0,03	0,11	0,14	0,16	0,43	-0,74**	1,00**

\*Significativo ( $p \leq 0,05$ )

\*\* Muy significativo ( $p \leq 0,01$ )

## Producción de la variedad Flame Seedless

En la Figura 7, el PCA explica un 58,5% de la variabilidad de sus datos entre sus dos ejes principales. En la CP1 se mostró una tendencia positiva de la variables NO<sub>3</sub> con mayores producciones y buen calibre. La CP2 separó las variables K y texturas finas de la pedregosidad y estratificación (Cuadro 11).

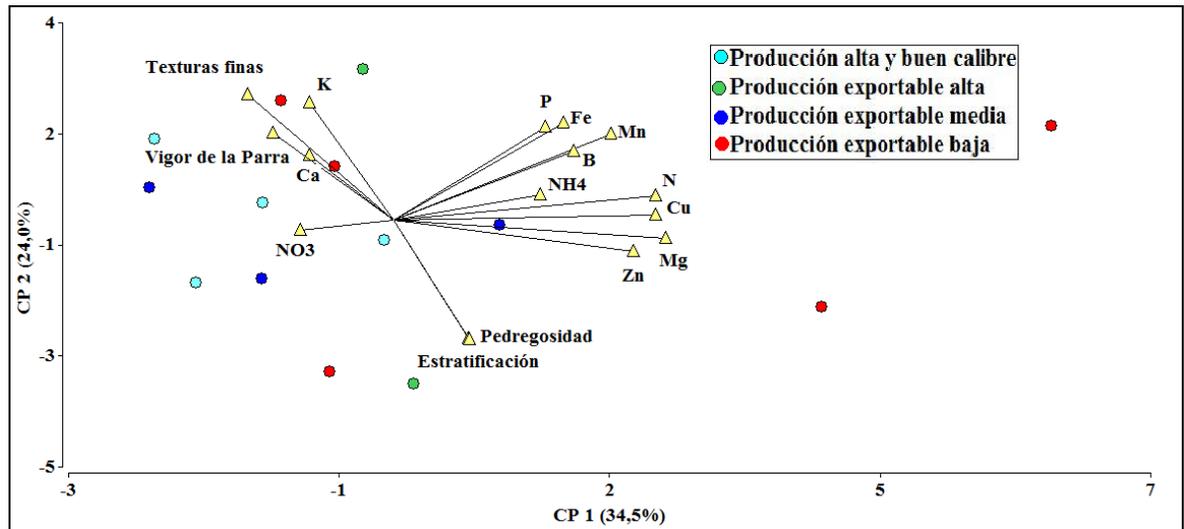


Figura 7. Variabilidad en la producción de 'Flame Seedless' y su asociación con la composición nutricional y características del suelo.

Cuadro 11. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de los cuarteles variedad Flame Seedless.

	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu	B	Texturas finas	Pedregosidad	Vigor de la Parra
P	0,54*														
K	0,004	0,07													
Ca	-0,18	0,16	0,39												
Mg	0,83**	0,42	-0,23	-0,17											
Zn	0,73**	0,28	-0,43	-0,33	0,58*										
Mn	0,78**	0,52	0,36	0,14	0,73**	0,38									
NO <sub>3</sub>	-0,15	-0,17	0,33	-0,28	-0,31	-0,20	-0,33								
NH <sub>4</sub>	0,58*	0,60*	-0,01	-0,31	0,34	0,48	0,24	0,50							
Fe	0,41	0,62*	0,11	0,17	0,43	0,34	0,74**	-0,42	0,19						
Cu	0,63**	0,40	-0,27	-0,46	0,71**	0,69**	0,58*	-0,22	0,41	0,57*					
B	0,48	0,37	0,15	0,03	0,46	0,35	0,63*	-0,31	0,17	0,53	0,65*				
Texturas finas	-0,30	0,24	0,72*	0,47	-0,52	-0,49	0,06	0,18	-0,11	0,20	-0,37	-0,08			
Pedregosidad	0,10	-0,10	-0,56*	0,06	0,40	0,29	-0,14	-0,09	-0,03	-0,22	0,11	-0,20	-0,53		
Vigor de la Parra	-0,33	0,47	0,18	0,52	-0,48	-0,31	-0,21	-0,05	-0,01	0,15	-0,37	-0,04	0,71**	-0,23	
Estratificación	0,09	-0,14	-0,54*	0,05	0,41	0,29	-0,13	-0,08	-0,06	-0,22	0,13	-0,18	-0,53	1,00**	-0,27

\*Significativo ( $p \leq 0,05$ )

\*\* Muy significativo ( $p \leq 0,01$ )

En esta variedad existieron cuarteles que tuvieron gran cantidad de desecho, debido a diferentes motivos. En la temporada 2006-2007 existió un cuartel en particular con problema de disponibilidad hídrica en el suelo, lo que se tradujo en menor calibre y

partidura. En la temporada 2007-2008 hubo gran incidencia de partidura en varios cuarteles y fue necesario una limpia exhaustiva de racimos, que finalmente repercutió en mayores pérdidas por ataque de hongos. Flame Seedless es una variedad con cutícula delgada y, por lo tanto, más susceptible a partidura. La partidura de bayas aumenta con bruscos cambios en la humedad atmosférica y del suelo en períodos cercanos a cosecha; y con altas temperaturas que provocan un alza en la presión interna de la baya (Ibacache, 2009; Christensen, 1975).

En el presente estudio, los altos contenidos de nitrógeno nítrico presentes en cuarteles de alta producción pueden deberse a que las plantas están absorbiendo más  $\text{NO}_3$  del suelo (Vieira, 1996), por un mayor desarrollo radical (Conradie, 1986; Williams, 1991), mayor suministro de N desde suelo, o menos lixiviación de éste (Christensen y Peacock, 2000; Sierra 2001). Al respecto, Christensen (1984) indica que no necesariamente la planta con más  $\text{NO}_3$  toma con más facilidad el N, también puede indicar que existe una menor eficiencia de conversión de los nitratos a aminoácidos y proteínas. Sin embargo, los nitratos presentan alta variabilidad durante la temporada y entre años, incluso durante las horas del día (Cook y Kishaba, 1956; Hirzel, 2008), lo que genera grandes inconvenientes para el uso de estos valores en el diagnóstico nutricional, afectándose por las condiciones climáticas antes y durante la floración (Christensen, 2005).

### **Producción de la variedad Princess Seedless**

Para la variedad Princess Seedless (Figura 8), el PCA explica el 53,4% de la variabilidad de sus datos entre sus dos primeros componentes. La primera componente (CP1) separó las variables B y K de la pedregosidad, texturas finas, concentraciones de Mn y Zn en pecíolos. En la CP2 se encontró asociación positiva entre las variables  $\text{NH}_4$ , N y vigor de la parra. (Cuadro 12). Se presentó una tendencia positiva de las producciones y calibres con respecto a las variables  $\text{NH}_4$ , N, vigor de la parra, P, Fe, K y B.

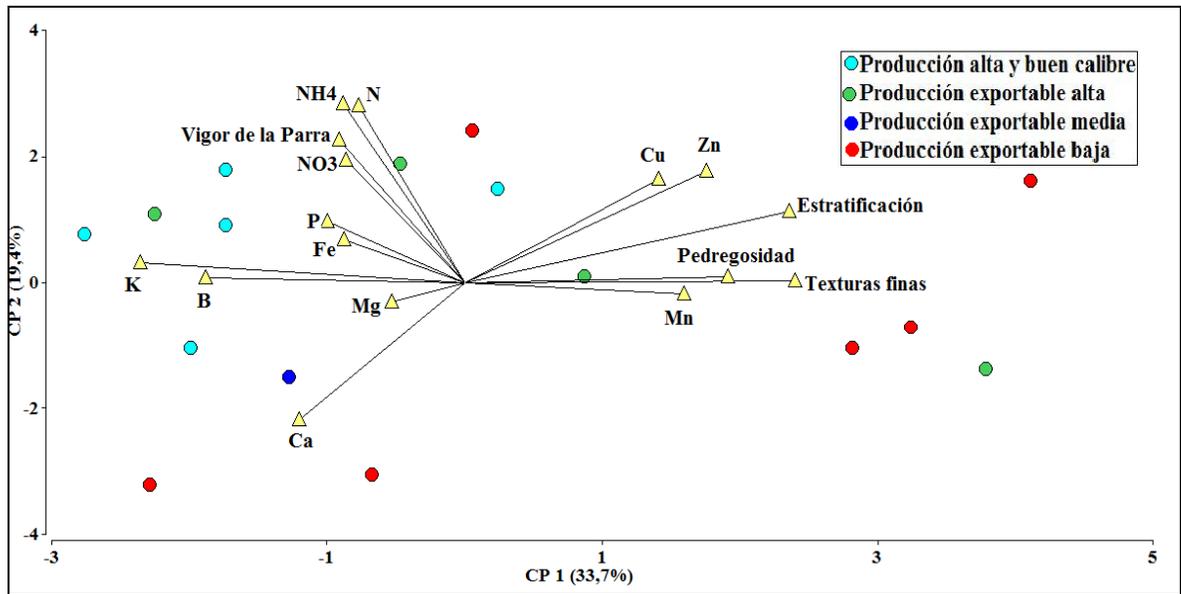


Figura 8. Variabilidad en la producción de 'Princess Seedless' y su asociación con la composición nutricional y características del suelo.

Las mayores concentraciones de  $\text{NH}_4$  en pecíolos en cuarteles de mayor producción se podrían deber a la mayor absorción de  $\text{NH}_4$  desde el suelo (Vieira, 1996); al mayor contenido de aminoácidos de reserva (principalmente arginina y ácido glutámico) (Gil y Pszczolkowski, 2007); o a la mayor eficiencia de la enzima nitrato reductasa (Christensen, 1969). La actividad de la nitrato reductasa es muy dependiente del nivel de nitrato, de la energía radiante (Pérez-Harvey y Kliewer, 1982) y de la temperatura (Christensen, 2005).

Las plantas que reciben mucho N respiran aceleradamente, brotan abundantemente y crecen vigorosamente (Roubelakis-Angelakis y Kliewer, 1992). Un aumento de la producción en respuesta a mayores concentraciones de N, dentro de rangos adecuados, ha sido observado en varias investigaciones, expresada como aumento de cuaje y calibre de bayas (Keller *et al.*, 1998; Bell y Robson, 1999; Conradie, 2001).

Buenas concentraciones de boro y fósforo son importantes en el cuaje de fruta y por lo tanto de la futura producción (Salisbury y Ross, 1992). El potasio y el boro favorecen el transporte de azúcar, el tamaño y color de la fruta (Vieira, 1994; Razeto, 2009). Es importante considerar que el K y P tienen baja movilidad en el suelo por lo que cualquier condición que pudiera afectar el desarrollo de raíces perjudicaría su absorción (Ulrich, 1978; Ruiz, 2000).

Cuadro 12. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de los cuarteles variedad Princess Seedless.

	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu	B	Texturas finas	Pedregosidad	Vigor de la Parra
P	0,40														
K	0,31	0,32													
Ca	-0,25	0,16	0,41												
Mg	0,17	0,58*	0,14	0,57*											
Zn	0,21	-0,10	-0,52*	-0,51*	-0,14										
Mn	-0,26	-0,06	-0,52*	0,08	0,30	0,35									
NO <sub>3</sub>	0,36	-0,16	0,33	-0,32	-0,48	0,04	-0,37								
NH <sub>4</sub>	0,66**	0,20	0,36	-0,28	-0,10	0,18	-0,05	0,76**							
Fe	0,14	0,42	0,34	0,14	0,30	-0,16	0,10	-0,08	0,18						
Cu	0,32	0,16	-0,24	-0,28	0,05	0,63**	0,44	-0,11	0,11	0,02					
B	0,28	-0,12	0,67**	0,37	-0,02	-0,25	-0,57*	0,51*	0,30	-0,13	-0,33				
Texturas finas	-0,25	-0,58*	-0,75**	-0,34	-0,20	0,57*	0,67**	-0,18	-0,16	-0,33	0,42	-0,54*			
Pedregosidad	-0,12	-0,01	-0,62*	-0,34	-0,12	0,53*	0,10	-0,19	-0,40	-0,32	0,51*	-0,48	0,46		
Vigor de la Parra	0,57*	0,49	0,28	-0,28	0,37	-0,03	-0,13	0,17	0,50*	0,48	0,03	0,01	-0,35	-0,32	
Estratificación	0,004	-0,29	-0,74**	-0,58*	-0,06	0,68**	0,54*	-0,15	-0,07	-0,18	0,56*	-0,63**	0,86**	0,61**	0,05

\*Significativo (p≤0,05)  
 \*\* Muy significativo (p≤0,01)

### Producción de la variedad Thompson Seedless

Para ‘Thompson Seedless’ el PCA explicó el 54,1% de la variabilidad de los datos entre los dos primeras componentes (Figura 9). La CP1 separó las variables estratificación, pedregosidad y vigor de la parra de las texturas finas. Mayores producciones no fueron asociadas a ningún elemento nutricional, tampoco a ninguna característica del suelo (Cuadro 13).

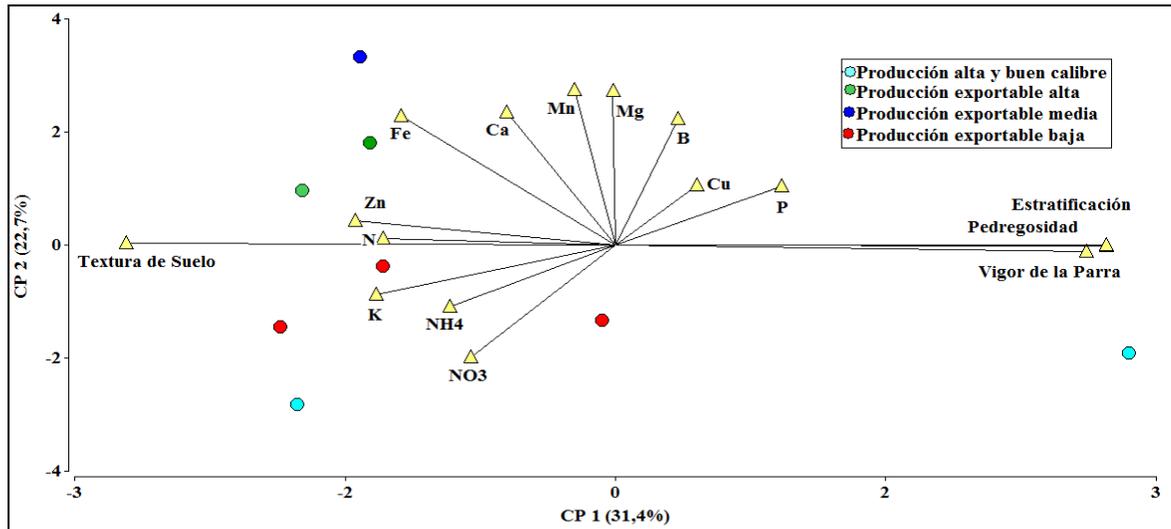


Figura 9. Variabilidad en la producción de ‘Thompson Seedless’ y su asociación con la composición nutricional y características del suelo.

Cuadro 13. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de los cuarteles variedad Thompson Seedless.

	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu	B	Texturas finas	Pedregosidad	Vigor de la Parra
P	0,29														
K	0,44	-0,08													
Ca	0,15	0,07	-0,18												
Mg	-0,02	0,15	-0,26	0,95**											
Zn	0,23	-0,21	0,54	-0,18	-0,23										
Mn	-0,13	0,34	-0,21	0,69*	0,80**	-0,01									
NO <sub>3</sub>	0,40	0,06	0,58	-0,12	-0,27	-0,26	-0,34								
NH <sub>4</sub>	0,08	0,21	0,59	-0,03	-0,13	0,02	0,01	0,74*							
Fe	0,19	0,08	0,29	0,27	0,33	0,71*	0,53	-0,46	-0,13						
Cu	-0,17	-0,06	0,38	-0,16	0,05	0,47	0,15	-0,37	-0,21	0,63					
B	0,41	0,68*	-0,06	0,36	0,44	0,10	0,39	-0,27	-0,11	0,48	0,21				
Texturas finas	0,37	-0,37	0,28	0,23	0,02	0,41	0,10	0,20	0,22	0,37	-0,27	-0,17			
Pedregosidad	-0,34	0,29	-0,19	-0,31	-0,10	-0,26	-0,18	-0,25	-0,28	-0,29	0,39	0,17	-0,98**		
Vigor de la Parra	-0,37	0,40	-0,30	-0,20	0,01	-0,46	-0,07	-0,18	-0,20	-0,39	0,24	0,17	-1,00**	0,97**	
Estratificación	-0,38	0,40	-0,31	-0,19	0,01	-0,47	-0,07	-0,18	-0,20	-0,39	0,23	0,17	-1,00**	0,97**	1,00**

\*Significativo (p≤0,05)

\*\* Muy significativo (p≤0,01)

### Producción de la variedad Midnight Beauty

Como se observa en la Figura 10, el PCA explicó el 48,9% de variabilidad de los datos entre sus dos primeras componentes. Las mayores producciones presentadas en Midnight Beauty siguen siendo bajas según los rangos establecidos en el predio, por lo tanto no se pueden asociar a ninguna variable en particular. En el Cuadro 14 se muestran las correlaciones entre las variables.

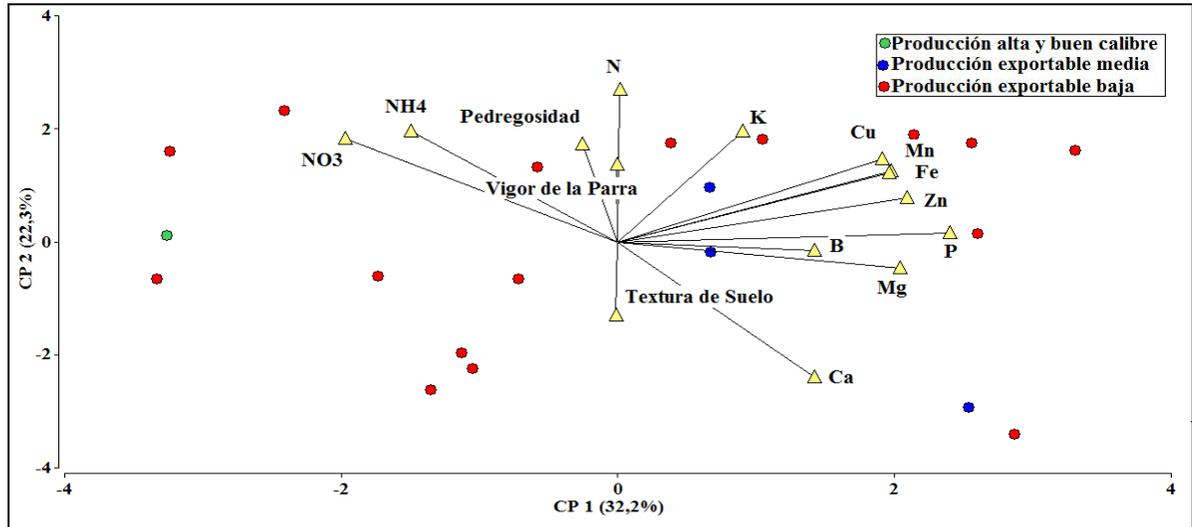


Figura 10. Variabilidad en la producción de 'Midnight Beauty' y su asociación con la composición nutricional y características del suelo.

Cuadro 14. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) y significancia entre las características de los cuarteles variedad Midnight Beauty.

N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Fe	Cu	B	Texturas finas	Pedregosidad	Vigor de la Parra
P	-0,03													
K	0,33	0,39												
Ca	-0,66	0,37	-0,20											
Mg	-0,16	0,53*	0,04	0,66**										
Zn	0,22	0,61**	0,12	0,12	0,60**									
Mn	0,32	0,63**	0,52*	0,07	0,46*	0,61**								
NO <sub>3</sub>	0,43	-0,52*	-0,01	-0,68**	-0,53*	-0,39	-0,28							
NH <sub>4</sub>	0,44	-0,45*	0,23	-0,66**	-0,39	-0,26	-0,05	0,74**						
Fe	0,19	0,61**	0,73**	0,17	0,31	0,47*	0,71**	-0,34	-0,16					
Cu	0,47*	0,74**	0,47*	-0,02	0,30	0,53*	0,54*	-0,23	-0,06	0,59**				
B	0,19	0,29	-0,36	0,20	0,43	0,55*	0,20	-0,41	-0,36	0,08	0,45*			
Texturas finas	-0,25	0,16	-0,07	0,09	-0,27	-0,13	0,13	-0,24	0,01	-0,11	-0,02	-0,13		
Pedregosidad	0,18	0,01	0,12	-0,43	0,00	0,16	0,11	0,35	0,27	-0,04	0,01	0,07	-0,22	
Vigor de la Parra	0,18	-0,12	0,04	-0,11	0,28	0,15	-0,11	0,25	-0,01	0,07	-0,02	0,16	-0,95**	0,48*

\*Significativo ( $p \leq 0,05$ )\*\* Muy significativo ( $p \leq 0,01$ )

### Producción y arginina en raíces

Al analizar el contenido de arginina en raíces con respecto a la producción, se encontró que, en general, los cuarteles, tanto de alta producción total como exportable presentaron una asociación positiva con el contenido de arginina en esta estructura (Cuadro 15). Los contenidos de arginina en raíces de los cuarteles analizados presentaron rangos entre 14,7 y 37,4 mg·g<sup>-1</sup>.

Cuadro 15. Matriz de correlación (coeficientes de correlación lineal de Pearson) entre concentración de arginina en raíces y producción.

	Producción exportable (cajas por ha)*	Producción total (cajas por ha)*
Producción total (cajas por ha)	0,85 **	1,00
Arginina (mg·g <sup>-1</sup> )	0,25 **	0,27 **

\* Cajas de 8,2 kg.

\*\* Coeficiente de correlación lineal muy significativo ( $p$  valor < 0,01)

La correlación positiva entre producción y concentraciones de arginina en raíces concuerda con lo señalado por Ruiz (2000), quien señala al análisis de raíces como un buen indicador nutricional, sobre todo en parronales decaídos. La arginina es cuantitativamente la forma más importante de almacenaje de N en plantas (Kliewer, 1967; Kliewer y Cook, 1971) y puede ser usado como indicador de la productividad y vigor de los parrones (Sierra, 2001).

## Estudio 2. Evolución nutricional en lámina de vid

De la Figura 11 a la 20 se presenta la evolución del contenido nutricional para los elementos analizados.

### Nitrógeno

Los niveles de nitrógeno tienden a ser altos a principios de la temporada, cercanos al 4%, disminuyendo a lo largo de la estación de crecimiento para llegar aproximadamente a un 2% al inicio de la cosecha (Figura 11). Esto fue ratificado por Cook y Kishaba (1956), Lavín (1984) y Fregoni (1999).

En un comienzo, entre 20 días preflor y 17 días postcuaje, el contenido de N disminuye rápidamente (1,6%). Luego el descenso hacia cosecha es menor (0,5%), coincidiendo con Ulrich (1978), quien observó el mismo comportamiento, tanto en pecíolos como en láminas. A su vez, Christensen (1984) en un estudio de 3 años con 26 variedades de vid, observó que los niveles de N total en láminas tendieron a ser más altos temprano en la estación y luego declinaron gradualmente hacia la floración y cuaje, experimentando un leve aumento en envero.

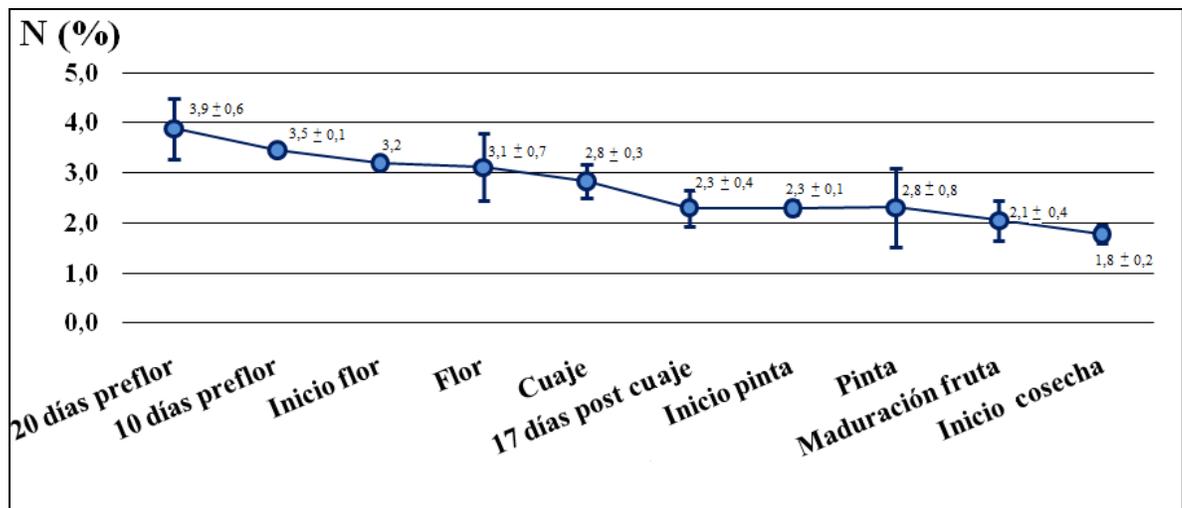


Figura 11. Concentración de nitrógeno en lámina para cada diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios ± desviación estándar.

Construido a partir de información de: Maume y Dulac (1947); Alexander (1957); Samish *et al.* (1961); Lévy (1965); Gil *et al.*, (1973); Christensen *et al.* (1978); Christensen (1984); Pérez-Harvey (1990); Ruiz *et al.*(1991); Ibacache (1992); Failla *et al.* (1993); Weir y Cresswell (1993); Silva y Rodriguez (1995); Hanson (1996); Sipiora (1996); Goldspink y Campbell-Clause (1998); Fregoni (1999); Robinson (1990); Sierra (2001); Schneider (2002); Sierra (2002); Razeto (2006); Hirzel (2008).

No existió gran variación entre los datos de cada estado fenológico, a pesar que la información proviene de diferentes variedades y lugares del mundo, coincidiendo con el estudio realizado por Christensen (1969). Sin embargo, en el año 1984, el mismo autor

encontró resultados distintos, donde el nivel total de N mostró diferencias entre variedades y años, siendo éstas menores que las del nitrato y amonio, especialmente durante la floración.

Lo anterior sugiere que es preferible, en vides de mesa, realizar el análisis de tejido del N total, en lugar de sus componentes ( $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4$ ). Valdés (1998) recomienda realizar un análisis de N en prefloración, cuando se sospecha de una carencia de este elemento, con el objetivo de poder hacer una corrección temprana.

## Fósforo

Los contenidos de P disminuyen notoriamente desde 0,5% hasta 0,27%, entre 20 días preflor y 10 días preflor respectivamente (Figura 12). Posteriormente, la concentración decrece paulatinamente hasta inicios de cosecha, manteniendo los niveles cercanos al 0,2%, lo que coincide con Cook y Kishaba (1956); Smith *et al.* (1957) y Lavín (1984).

Según Christensen (1984), existe una gran influencia de la variedad en las concentraciones de P, aunque todas las variedades muestran la misma tendencia (Ruiz, 1991). Debido a que el P es un elemento fundamental en el crecimiento inicial de tejidos, es importante abastecer a la parra durante postcosecha, momento de manera de proporcionar niveles adecuados de reserva (Sierra 2001).

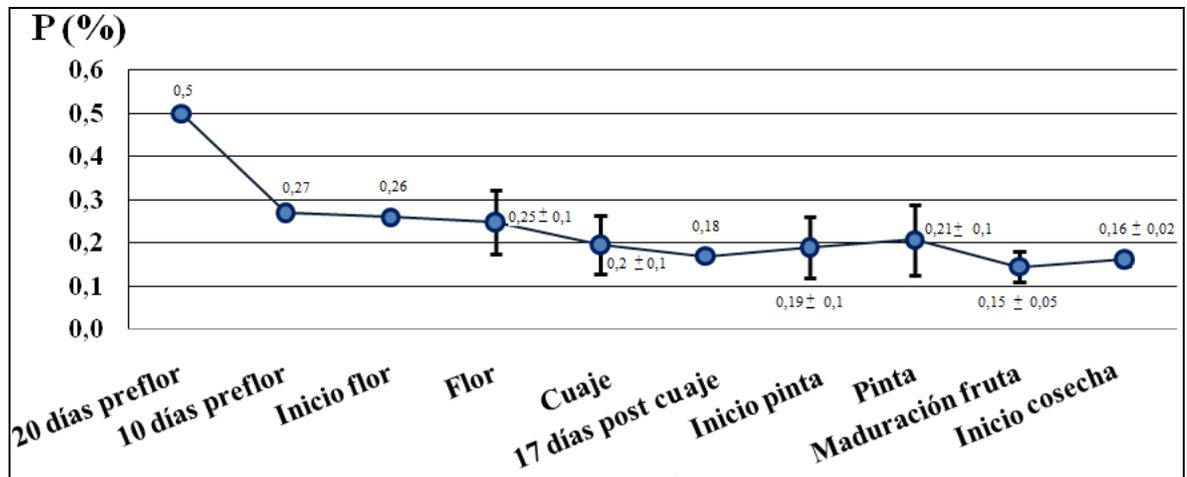


Figura 12. Concentración de fósforo en lámina para cada diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios ± desviación estándar.

Construido a partir de información de: Lagatu y Maume (1926); Maume y Dulac (1947); Cook y Kishaba (1956); Gil *et al.* (1973); Christensen *et al.* (1978); Christensen (1984); Lavín (1984); Ruiz *et al.* (1991); Ibacache (1992); Failla *et al.* (1993); Weir y Cresswell (1993); Hanson (1996); Sipiara (1996); Goldspink y Campbell-Clause (1998); Fregoni (1999); Robinson (1990); Sierra (2001); González y Berberana (2002); Schneider (2002); Sierra (2002); Razeto (2006); Hirzel (2008).

## Potasio

El contenido de K entre 20 días preflor e inicios de floración mostraron un alza de sus niveles. Posteriormente, la curva desciende hasta plena flor, manteniéndose estable alrededor del 1%, hasta cosecha (Figura 13). El primer valor de 1,7%, a principios de temporada, propuesto por Fregoni (1999), sería conveniente tomarlo sólo como referencia, ya que es un dato aislado y convendría validarlo para diferentes condiciones.

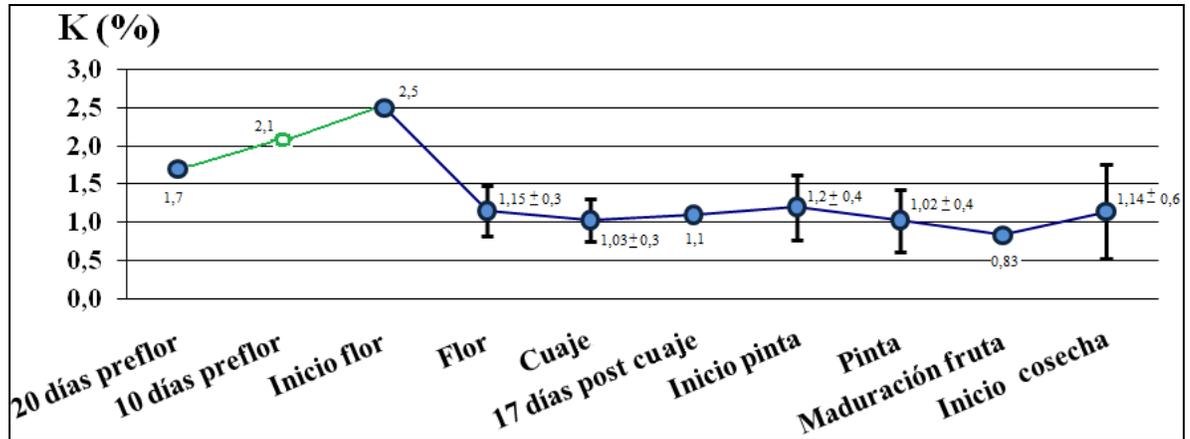


Figura 13. Concentración de potasio en lámina para cada diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios  $\pm$  desviación estándar. Construido a partir de información de: Maume y Dulac (1947); Gil *et al.* (1973); Christensen *et al.*(1978); Bergmann (1988); Champagnol (1984); Christensen (1984); Lavín (1984); Ruiz *et al.*(1991); Weir y Cresswell (1993); Ibacache (1992); Failla *et al.* (1993); Hanson (1996); Sipiara (1996); Goldspink y Campbell-Clause (1998); Fregoni (1999); Robinson (1990); Sierra (2001); González y Berberana (2002); Schneider (2002); Sierra (2002); Razeto (2006); Hirzel (2008).

□ Dato estimado por interpolación.

La tendencia general durante la temporada coincidió con lo señalado por otros autores, añadiendo que existen diferencias en la concentración de K de un año a otro (Archibald, 1964; Christensen, 1984).

Christensen (1969), en pecíolos de la variedad Thompson Seedless, encontró que los niveles de K llegaron a su máximo en floración y luego declinaron rápidamente. En lámina en Chile, se ha observado un aumento de la concentración de K desde brotación hasta cuaje y luego una disminución hasta cosecha. Esta tendencia se ve interrumpida en envero, al experimentarse una brusca caída de los niveles (Guillen *et al.*, 1965). Lavín (1984) encontró una relativa estabilidad en la concentración de K a lo largo del período, con tendencia a disminuir a medida que avanza la estación, mostrando una pequeña alza después de cosecha.

Christensen (1984) encontró que existían diferencias varietales sobre la concentración de K, siendo éstas mayores en análisis de pecíolos que en láminas. Ruiz *et al.* (1991) señala que en Chile, las concentraciones de potasio en hojas no difieren mucho entre las variedades, no obstante, las diferencias encontradas pueden ser consideradas importantes, ya que se producen en valores cercanos al rango crítico para el elemento. Estas diferencias entre años

de muestreo y distintas variedades podrían explicar la variabilidad en los rangos presentados. El potasio es un elemento móvil en la planta por lo que generalmente las hojas maduras son las que muestran síntomas de carencia (Bhandal y Malik, 1988). En años con primaveras de temperaturas frías, se ha observado que el contenido de K es menor, pero puede recuperarse totalmente en forma posterior, sin que haya que fertilizar con este elemento, evitando gastos innecesarios (Valdés, 1998). La fertilización con K depende de la cantidad de arcillas (por su fijación), aspectos hídricos y físicos (exploración radical) Es importante fertilizar en postcosecha para llegar a niveles óptimos en primavera (Muñoz y Lobato, 2000).

## Calcio

El contenido de Ca, fue aumentando lentamente desde un mínimo de 1,7% hasta 3% a inicios de cosecha (Figura 14). Numerosos estudios coinciden que los niveles de Ca, tanto en láminas como en pecíolos, tienen un alza gradual a través de la temporada de crecimiento (Shaulis y Kimball, 1956; Smith *et al.*, 1957; Guillen *et al.*, 1965; Christensen, 1969), dado su movimiento acropétalo a través del xilema, a su acumulación en órganos de alta tasa de transpiración y a la inmovilidad que presenta el Ca en el floema (Salisbury y Ross, 1992).

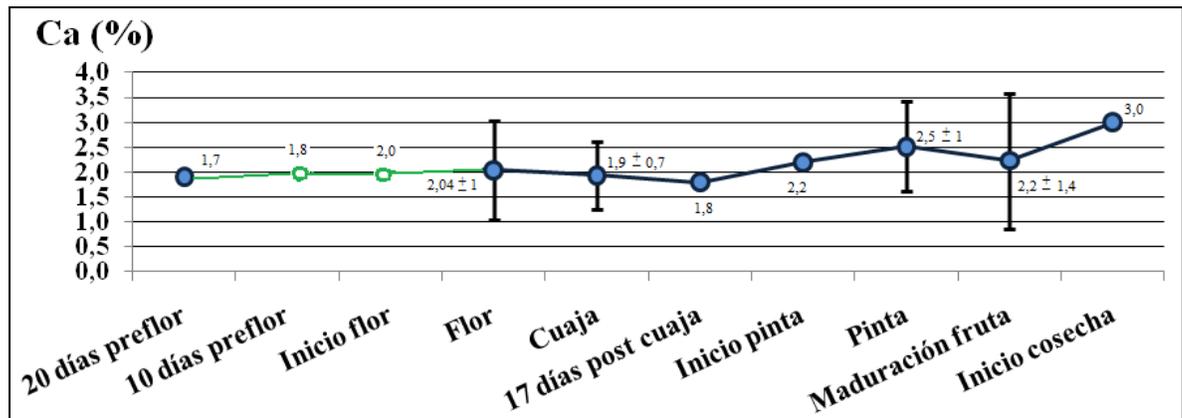


Figura 14. Concentración de calcio en lámina para cada diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios  $\pm$  desviación estándar. Construido a partir de información de: Samish *et al.* (1961); Gil *et al.* (1973); Christensen *et al.* (1978); Lavín (1984); Ruiz *et al.* (1991); Ibacache (1992); Failla *et al.* (1993); Weir y Cresswell (1993); Hanson (1996); Sipiara (1996); Goldspink y Campbell-Clause (1998); Fregoni (1999); Robinson (1990); Sierra (2001); González y Berberana (2002); Schneider (2002); Razeto (2006); Hirzel (2008).

□ Dato estimado por interpolación.

## Magnesio

Los datos recabados determinaron una tendencia creciente en los niveles de magnesio desde principios de temporada hasta inicio de “pinta” (envero), existiendo alta variabilidad en los valores propuestos para los estados de flor, cuaje y enero (Figura 15). Esto concuerda con autores que informan que el contenido de Mg en pecíolos y láminas de vid tienden a

aumentar durante el ciclo de crecimiento (Smith *et al.*, 1957; Shaulis y Kimball, 1956; Gil *et al.*, 1973). Ruiz *et al.* (1991) señalan que desde floración a envero los niveles, en general, suben, tanto en hojas como en peciolos. Al respecto, Prevel *et al.* (1987) señala que las concentraciones de Mg tienden a subir, particularmente en plena flor, cuando la concentración es suficiente; sin embargo, cuando el nivel en floración es más bajo que lo requerido por la planta, la tendencia posterior es casi una recta horizontal.

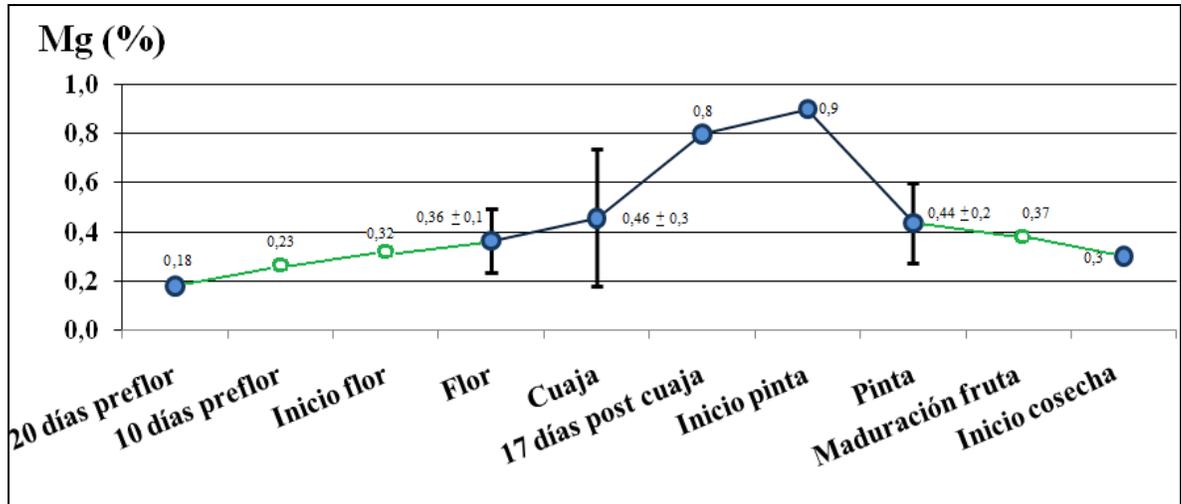


Figura 15. Concentración de magnesio en lámina para cada diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios  $\pm$  desviación estándar. Construido a partir de información de: Gil *et al.* (1973); Christensen *et al.* (1978); Lavín (1984); Ruiz *et al.* (1991); Ibacache (1992); Failla *et al.* (1993); Weir y Cresswell (1993); Hanson (1996); Sipiara (1996); Goldspink *et al.* (1998); Fregoni (1999); Robinson (1990); Sierra (2001); González y Berberana (2002); Schneider (2002); Razeto (2006); Hirzel (2008).

○ Dato estimado por interpolación.

## Cobre

Los niveles de cobre descienden desde floración hasta inicio de envero, observándose posteriormente un aumento de los niveles, hasta un máximo en envero, estado fenológico que mostró alta variabilidad (Figura 16). Este comportamiento podría ser resultado de las aplicaciones de productos fitosanitarios de base cúprica, que generarían un aumento en las concentración total e incrementaría la variabilidad de los contenidos en los tejidos, dificultando el diagnóstico (Fregoni y Scienza, 1974; Failla *et al.*, 1995). Por lo tanto para analizar el contenido de Cu, la toma de muestras se debería realizar antes de cualquier aplicación fitosanitaria de base cúprica. Fregoni (1999) señala que sus concentraciones disminuyen durante toda la temporada, apoyando la hipótesis de que el incremento en envero responde más a las aplicaciones exógenas que al comportamiento natural de este elemento en la lámina.

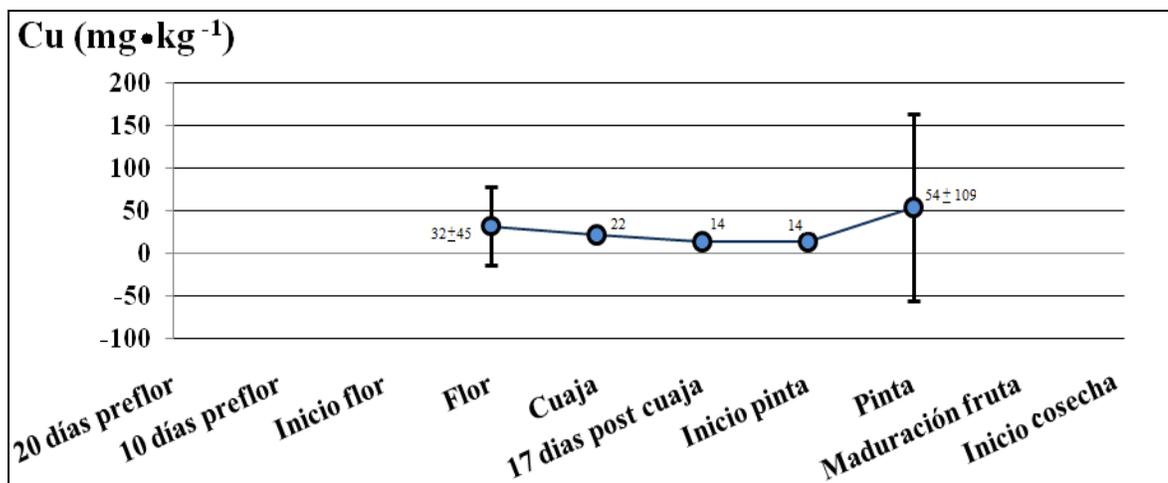


Figura 16. Concentración de cobre en lámina para cada diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios  $\pm$  desviación estándar. Construido a partir de información de: Gil *et al.* (1973); Ibacache (1992); Weir y Cresswell (1993); Sipiara (1996); Fregoni (1999); Robinson (1990); González y Berberana (2002); Schneider (2002); Razeto (2006); Hirzel (2008).

### Boro, manganeso y zinc

La curva de evolución de B y Mn (figuras 17 y 18) coincide con la señalada por Fregoni (1999), desde enero a cosecha. Sin embargo, desde principio de temporada hasta enero, el mismo autor propone un aumento de las concentraciones, lo que no se observó en el presente estudio. En la investigación de Failla *et al.* (1995), la concentración de B incrementó el cuaje, para luego descender hasta la enero. Colugnati *et al.* (1997) no encontraron tendencias claras en la evolución de los microelementos, excepto para el caso del Mn, en que los niveles tendieron a subir durante la temporada de crecimiento.

Se observó una alta variabilidad entre los rangos óptimos propuestos para cada estado fenológico. Este comportamiento de alta variabilidad en Mn y Zn coincide con lo observado por Failla *et al.* (1995), lo que revela la necesidad de generar estándares específicos por zonas, variedades y sin el posible efecto contaminante proveniente de aplicaciones de fertilizantes foliares.

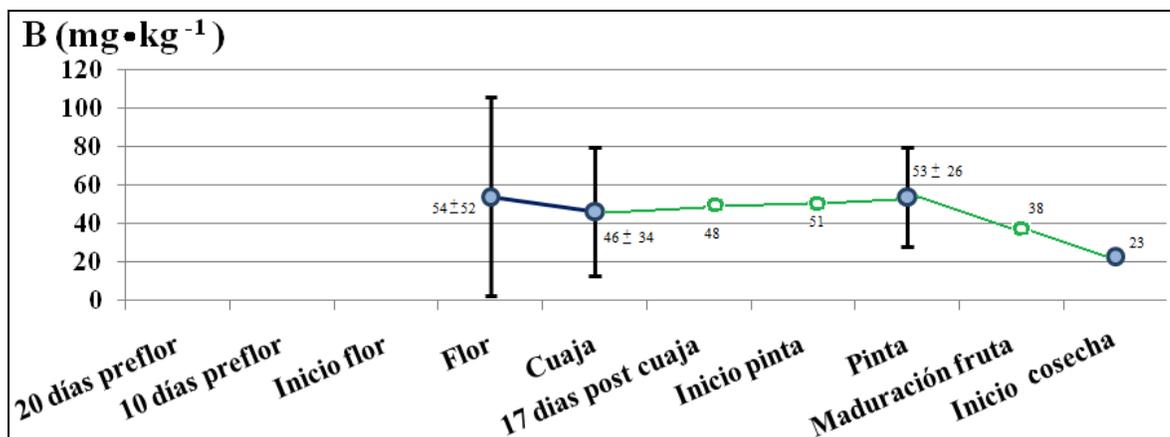


Figura 17. Evolución del contenido de boro en lámina a lo largo de la temporada, con su respectiva desviación estándar para cada estado fenológico. Base peso seco. (Datos citados por Christensen *et al.*, (1978); Christensen (1984); Ibacache (1992); Failla *et al.* (1993); Weir y Cresswell (1993); Colugnati *et al.* (1995); Hanson (1996); Sipiara (1996); Goldspink y Cambell-Clause (1998); Fregoni (1999); Robinson (1990); González y Berberana (2002); Schneider (2002); Razeto (2006); Hirzel (2008)).

○ Dato estimado por interpolación.

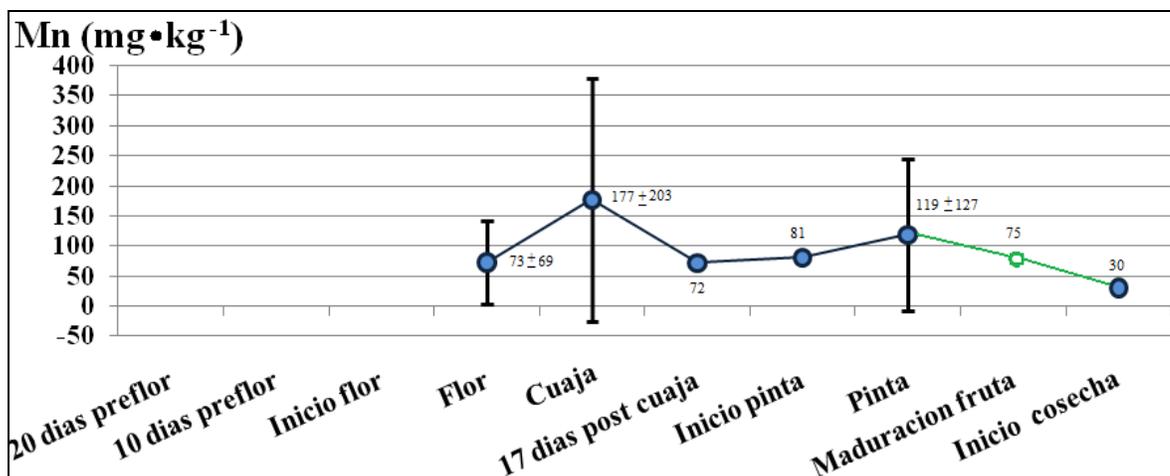


Figura 18. Evolución del contenido de manganeso en lámina a lo largo de la temporada, con su respectiva desviación estándar para cada estado fenológico. Base peso seco. (Datos citados por Gil *et al.* (1973); Christensen *et al.* (1978); Ibacache (1992); Failla *et al.* (1993); Weir y Cresswell (1993); Colugnati *et al.* (1995); Hanson (1996); Goldspink y Campbell-Clause (1998); Fregoni (1999); Schneider (2002); Razeto (2006); Hirzel (2008)).

○ Dato estimado por interpolación.

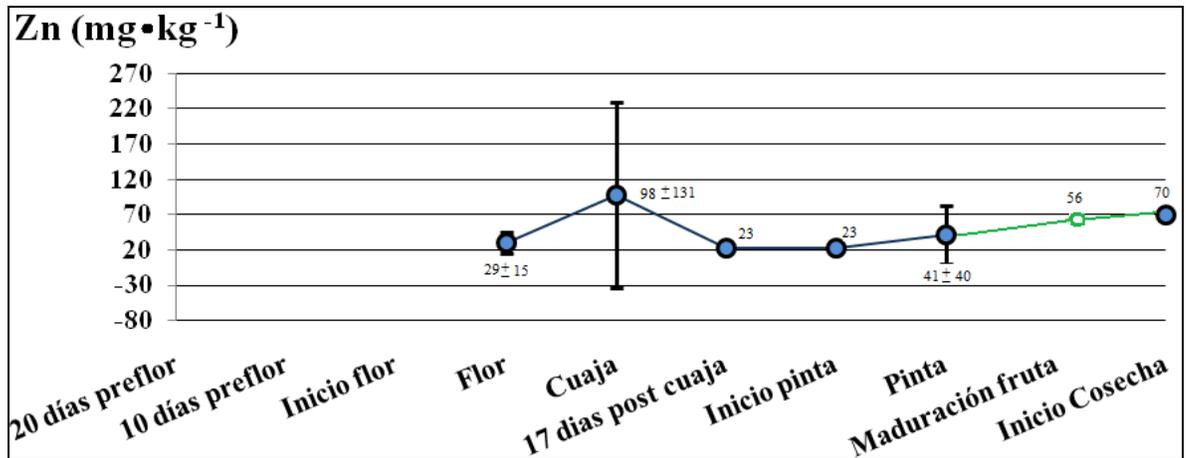


Figura 19. Evolución del contenido de zinc en lámina a lo largo de la temporada, con su respectiva desviación estándar para cada estado fenológico. Base peso seco. (Datos citados por Gil *et al.* (1973); Atalay (1978); Christensen *et al.* (1978); Christensen (1984); Ibacache (1992); Weir y Cresswell (1993); Sipiara (1996); Fregoni (1999); Robinson (1990); González y Berberana (2002); Schneider (2002); Razeto (2006); Hirzel (2008)).

○ Dato estimado por interpolación.

### Azufre, cloro y sodio

En la vid raramente se presentan carencias de azufre, cloro y sodio, no así excesos o fitotoxicidades (Fregoni, 1999). Al respecto, Razeto (1993) señala que hay que tener en cuenta las diferencias de susceptibilidad entre variedades y portainjertos.

Fregoni (1999) señala que los niveles de azufre en lámina descienden gradualmente durante la temporada. Clarke (1986) propone niveles adecuados para envero (Figura 20) y señala que niveles sobre 0,5% en esta fecha podrían generar toxicidad y contenidos menores a 0,018%, deficiencia.

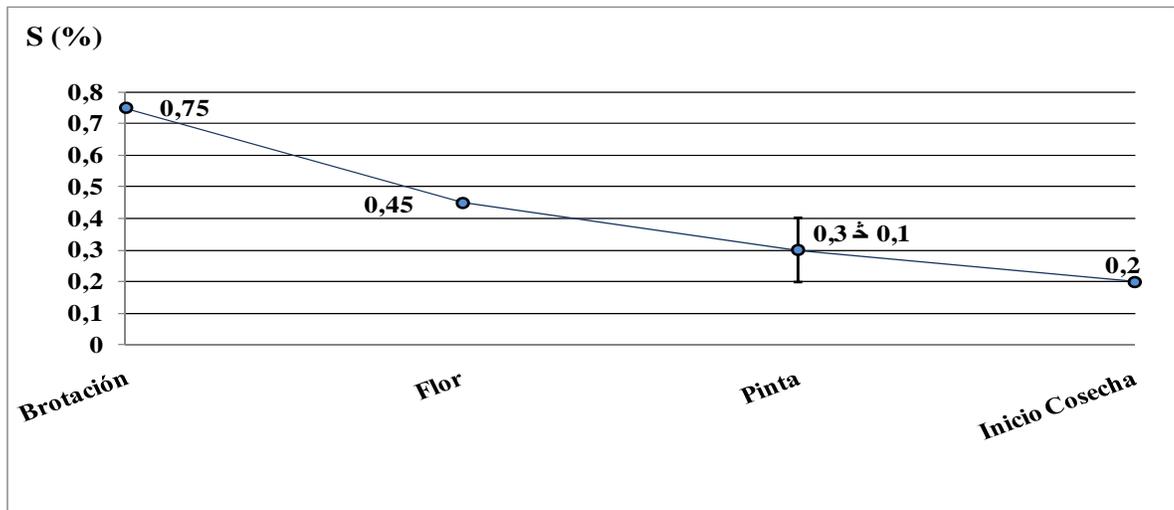


Figura 20. Evolución del contenido de azufre en lámina a lo largo de la temporada, con su respectiva desviación estándar para cada estado fenológico. (Datos citados por Clarke (1986);Fregoni (1999))

En el caso del Cl, Christensen *et al.* (1978) afirman que la concentración en peciolo es mejor para diagnosticar un exceso de Cl que en láminas. Según Fregoni (1999), contenidos en lámina entre 0,05% y 0,3% son adecuados y sobre 0,5% son excesivos, coincidiendo con Razeto (1985).

Clarke (1986) señala que en pinta niveles de cloro bajo 0,02% son deficientes; entre 0,05% y 0,12% son adecuados y sobre 0,25% resultarían excesivos. Al respecto, Fregoni (1999), plantea como rango normal valores entre 0,01% y 0,3%, y valores sobre 0,3% como elevados. Según Medel *et al.* (1973), un alto suministro de nitratos aumentaría los niveles de Na en los peciolo.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones donde se realizó el estudio se puede concluir que:

### **Estudio 1. Análisis de la productividad de uva de mesa. Estudio de caso**

Cuarteles con menores producciones se encuentran sobre suelos pedregosos y estratificados, presentando mayores contenidos de Mn en pecíolos.

Los cuarteles de alta producción total y exportable, presentan mayor concentración de arginina en raíces.

La respuesta de las distintas variedades a las condiciones de suelo y a los manejos agronómicos no presentan patrones generales, lo que exigiría poner más atención a los manejos implementados en cada una de ellas en función de las características de sitio

Los cuarteles de alta producción en la variedad Red Globe tienen mayor concentración de P y menores de B en pecíolos en flor. Los cuarteles de plantas autoenraizadas presentan diferente estado nutricional que plantas sobre portainjerto Harmony.

Plantas de la variedad Superior Seedless con mayor vigor tienen menor producción y concentraciones de Ca en pecíolo.

La alta producción exportable de la variedad Flame Seedless está correlacionada positivamente a altos contenidos de NO<sub>3</sub> en pecíolo.

La mayor producción exportable de Princess Seedless está asociada a plantas de mayor vigor.

En la variedad Thompson Seedless, la producción total y exportable no están asociadas significativamente a un elemento nutricional, tampoco a ninguna característica del suelo.

## **Estudio 2. Evolución nutricional en lámina de vid**

La información recopilada permitió establecer curvas nutricionales de tendencia decreciente para nitrógeno, fósforo y potasio, con baja variabilidad en sus datos.

Se establecieron curvas nutricionales ascendentes de Mg y Ca en lámina, pero con alta variabilidad de datos.

Si bien fue factible construir curvas de evolución para los demás elementos (Cu, Mn, Zn, B y S), la menor información y/o la mayor variabilidad de los datos, hace necesario realizar estudios adicionales para validar y fortalecer la información de este trabajo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Alexander, D.M. 1957. Seasonal fluctuations in the nitrogen content of the Sultana vine. Australian. J. Agr. Res. 8: 162-178.
- Araya, E. 2007. Guía de laboratorio curso: Evaluación sensorial de alimentos. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago. 81 p.
- Archibald, J.A. 1964. Weather effects on leaf-nutrient composition of fruit crops. Plant Anal. and Fert. Problems. Am. Soc. Hort. Sci. 4: 1-8.
- Atalay, I.Z. 1978. The petiole and leaf blade relationship for the determination of phosphorus and zinc status of vineyards. Vitis 17: 147-151.
- Bell, S., and A. Robson. 1999. Effects of nitrogen fertilization and growth, canopy density, and yield of *Vitis vinifera* L. cv Cabernet Sauvignon. American Journal of Enology and Viticulture. 50 (3): 351-358.
- Bergmann, W. 1988. Ernährungss-törungen bei kulturpflanzen. (Entstehung, visuelle und analytische diagnose) Auflage Gustav Fischer Verlag, Jena. 381p.
- Bhandal, J.S., and C.P. Malik. 1988. Potassium estimation, uptake, and its role in physiology and metabolism of flowering plants. International Review of Cytology 110: 205-254.
- Benavides, C. 1994. Propiedades físicas de los suelos. pp.1-58. In: II Curso Interamericano de Diseño de Proyectos de Riego y Drenaje. Tomo I. 4 al 25 de octubre de 1994, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ingeniería y Suelos. Santiago de Chile. 370 p.
- Blair, G. and P. Sale. 1996. Plant nutrition, feeding the plant -sustaining the soil. Lecture notes AGSS-411, University of New England. Amidale NSW, Australia. 50p.
- Bolaños, L., K. Lukaszewski, I. Bonilla and D. Blevins. 2004. Why boron?. Plant Physiol. Biochem. 42 (11): 907-912.
- Brown, P.H., and B.J. Shelp. 1997. Boron mobility in plants. Plant Soil 193 (1-2): 85-101.
- Cadahía, C. 2000. Fertirrigación: Cultivos hortícolas y ornamentales. 2ª Ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 475p.
- Champagnol, F. 1984. Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. Ed. Champagnol. S.A.R.L. Impr. Dehan. Montpellier. 351p.

Christensen, L.P. 1969. Seasonal changes and distribution of nutritional elements in Thompson Seedless grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 20: 90-176.

Christensen, L.P. 1975. Response of 'Thompson Seedless' grapevines to the timing of preharvest irrigation cut-off. *Am. J. Enol. Vitic.* 26:4:188-194

Christensen, L.P. 1984. Nutrient level comparisons of leaf petioles and blades in twenty-six grape cultivars over three years (1979 through 1981) *Am.J.Enol.Vitic.* 35(3): 125-133

Christensen, L.P. 2005. Use of tissue analysis in viticulture. pp.1-9 *In: Proc. of Varietal Winegrape Production Short Course.* California, USA, March. University of California Davis Extension. 9 p.

Christensen, L.P., A.N. Kasimatis, and F.L. Jensen. 1978. Grapevine nutrition and fertilization in the San Joaquin Valley. University of California Division of Agricultural Science. Publication N° 4087. 40p.

Christensen, L. P., Luvisi, and D.A. Schreader. 1994. Mineral nutrient level comparison of five table grape cultivars on ten rootstocks. Pp 87-92. *In: International Symposium on Table Grape Production,* Anaheim, California, USA. 240 p.

Christensen, L.P. and W.L. Peacock. 2000. Mineral nutrition and fertilization. pp102-114. *In: Raisin production manual.* ed. L.P. Christensen. University of California, Agriculture and Natural Resources, Oakland. 295p.

Clarke , C. J., G.S. Smith, M. Prasad, and I.S. Comforth. 1986. Fertiliser recommendations. The Agricultural Research and Advisory Services Divitions, Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington, New Zealand. 70p.

Colugnati G., R. Camerlynck, L. Kiekens and P. Bekaert. 1995. Content patterns of Fe, Mn and B in four grapevine cultivars. *Nutrition of deciduous fruit plants. Acta Horticulturae* 383: 273-277.

Colugnati G., A. Boschin, F. Bregant, S. Tagliavini and M. Montanari, 1997. Preliminary results concerning the effects of a new fertilizer for grape nutrition. *Acta Horticulturae* 448: 403-410.

Conradie, W.J., 1980. Seasonal uptake of nutrients by Chenin Blanc in sand culture: I. Nitrogen. *South African J. Enol. Viticult.* 1: 59-65.

Conradie, W.J., 1986. Utilization of nitrogen by the grapevines affected by time of application and soil type. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 7: 76-83.

Conradie, W.J. 2001. Timing of nitrogen fertilization and effects of poultry manure on the performance of grapevines on sandy soils. I. Soil analysis, grape yields and vegetative growth. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 22 (2): 53-59.

Cook, J.A. and T. Kishaba. 1956. Petiole nitrate analysis as a criterion of nitrogen needs in California vineyard. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68:131-140.

Cook, J.A., and L.A. Lider. 1964. Mineral composition of bloomtime grape petiole in relation to rootstock and scion variety behavior. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84:243-254.

Cook, J.A., and D.W. Wheeler, 1978. Use of tissue analysis in viticulture. *In: H. M. Reisenauer (ed). Soil and plant tissue testing in California. Bulletin 1979. University of California.* 54p.

Failla, O., G. Stringari, D. Porro, and A. Scienza, 1993. Determination of leaf standards for apple trees and grapevines in northern Italy. pp.37-41. *In: M.A.C. Frago e M.L.Beusichem, eds. Optimization of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.*696p.

Failla, O., A. Scienza, G. Stringari, D. Porro, S. Tarducci, A. Di Dionisio. 1995. Indagine sullo stato nutrizionale dei vigneti in alcune zone toscane a denominazione d'origine per una proposta d'interpretazione delle analisi fogliari e del terreno. *Vignevini. Suplemento (12):15-25.*

Fregoni, M. 1999. *Viticolto di qualità. Edizioni l'Informatore Agrario, S. R. L.* 707p.

Fregoni, M. y A. Scienza, 1974. Il rame nella nutrizione della vite. *Vignevini*, 11(5):37-49

Gil, G. 2000. Nutrición mineral y fertilización pp403-462. *In: Gil, G. Fruticultura. La producción de fruta. Fruta de climas templado y subtropical y uva de vino. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.* 583p.

Gil, G., J. Rodríguez, S. González, D. Suarez y H. Urzúa. 1973. Evolución estacional de nutrientes minerales en hojas de vid (*Vitis vinífera* L.) *Agricultura Técnica* 33 (2):45-53.

Gil, G. y P. Pszczolkowski. 2007. *Viticultura. Fundamentos para optimizar producción y calidad. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.* 535p.

Goldspink, H. and J. Campbell-Clause. 1998. Fertilizers for wine grapes. An information package to promote efficient fertilizer practices. Cross Editor B. H. Goldspink Agriculture Western Australia. 25p.

González, G. y J. Berberana, 2002. Determinación de los estándares de referencia locales en el análisis foliar de viñedos tempranillo en la D. O. Cigales (Valladolid; España). *Viticultura y Enología* 83:29-41.

Guillen, M. G., F.G. Fernández, y M. Caro, 1965. Evolución anual de nutrientes en hojas de frutales IV-vid. *An. Edaf. Agrobiol* 4: 327-340.

Hanson, E. 1996. Fertilizing fruit crops. *Horticultural Extension Bulletin*. MSUE Bulletin E-852. Michigan State University, USA. 19p.

Hewstone, N. y J. Valenzuela, 2005. Productividad del cultivar Red Globe: comparación entre plantas injertadas y no injertadas. p.98-99. *In: 56° Congreso Agronómico de Chile. 6° Congreso de La Sociedad Chilena de Fruticultura. 2° Congreso de La Sociedad Chilena de Horticultura. 11-14 de Octubre, Chillán, Chile. 107p.*

Hirzel, J. 2008. Análisis de tejidos. pp. 109-137. *In: Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. Colección libros INIA N° 24. 296p.*

Ibacache A. 1992. Diagnostico nutricional de la viticultura en el Norte Chico. pp.29-35. *In: Serie Intihuasi. N° 1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Intihuasi. La Serena, Chile. 1992p.*

Ibacache A. 2009. Temperatura, luminosidad, humedad: factores ambientales que influyen en los racimos de vides. *INIA Tierra Adentro*, 84: 13-15.

Ibacache A. y C. Sierra. 2009. Influence of rootstocks on nitrogen, phosphorus and potassium content in petioles of four table grape varieties. *Chilean J. Agric. Res.* 69 (4): 503-508.

Infostat 2004. InfoStat versión 2004. Manual de usuario. Grupo infoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. 314p.

Keller, M., K.J. Arnink, and G. Hrazdina, 1998. Nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison affect growth and fruit ripening in Cabernet Sauvignon grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 49: 333-340.

Kliewer, W.M. 1967. Annual cyclic changes in the concentration of the free amino acids in grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 18: 126-137.

Kliewer, W.M. and J.A. Cook. 1971. Arginine and total free amino acid as indicators of the nitrogen status of grapevines. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 581-587.

Koblet, W. and P. Perret. 1982. Wanderung, Einlagerung und mobilisation von kohlehydraten in Reben. *Weinwissenschaft* 37: 368-381.

Lagatu, H. et L. Maume, 1926, Diagnostic de l'alimentation d'un végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie, *C. R. Acad. Sci., Paris*, 182: 633-655.

- Lavín, A. 1984. Evolución estacional de macronutrientes en órganos de vid (*Vitis vinífera* L.) cv. País, creciendo bajo condiciones de secano. Agricultura Técnica (Chile) 45 (3): 311-317.
- Lahav, E. 1974. The influence of potassium on the content of macroelements in the banana sucker. Agrochimica 28 (1-2):194-203.
- Lévy, J.F. 1965. Identification et etude par l'analyse foliare de quelques carences alementaries de la vigne, Vignes et Vins 138: 18-24.
- Maume, L. and J. Dulac. 1947. Sur les valeurs extremes des proportions d'azote, d'acid phosphorique, et de potasse dans la feuille, en relation avec la santé de la vigne. Comptes Rendus Académie des Sciences 225: 1374-1375.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition in higher plants. Academic Press Inc. (London) LTD. United States Edition. Orlando, Florida. 674p.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. Second edition. Academic Press Limited. London, United Kingdom. 889p.
- May, P. 1994. Using grapevine rootstocks: The Australian perspective. Winetitles, Adelaide. 62p.
- Medel, F., F. Kocher, B. Razeto y I. Muñoz. 1973. Comportamiento de las plantas de vid de la variedad Sultanina (*Vitis vinífera* L.) con salitre sódico y nitrato de sodio pro-análisis. Agrosur 1: 23-36.
- Muñoz, I. y A. Lobato. 2000. Principales cultivares. pp.43-60. In: Valenzuela J. (Ed). Uva de mesa en Chile. Ministerio de Agricultura, INIA. Santiago. 338p.
- Prevel, M.P., S. Gagnard and P. Gautier. 1987. Plant analysis as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops. Laosier. New York 722p.
- Pérez-Harvey J.R. 1990. Nutritional diagnosis of grapevines for table grape. Aconex (Chile) 30: 23-28.
- Pérez-Harvey J.R. and W.M. Kliewer. 1982. Influence of light regime and nitrate fertilization on nitrate reductase activity and concentrations of nitrate and arginine in tissues of three cultivars of grapevines. Am. J. Enol. Vitic. 33 (2): 86-93.
- Razeto, B. 1985. La salinidad en frutales. Aconex (Chile) 9:5-10
- Razeto, B. 1993. La nutrición mineral de los frutales. Deficiencias y Excesos. Soquimich, Santiago, Chile. 105 p.

- Razeto, B. 2006. Análisis Foliar. pp.153-157. *In*: Bruno Razeto Para entender la fruticultura. Cuarta edición. B. Razeto. Edición y comercialización de libros. Santiago, Chile. 373p.
- Razeto, B. 2009. Symptoms of nutrient imbalances in fruit trees. Ed. Steven A. Oosthiyse Soquimich. Africa. 187 p.
- Robinson, J. B. 1990. Grapevine nutrition an update. *Aust. Grapegrower and Winemaker*, 323: 9-12.
- Rogiers, S.Y., M. Keller, B.P. Holzapfel, and J.M. Virgona. 2000. Accumulation of potassium and calcium by ripening berries on field vines of *Vitis vinifera* (L) cv. Shiraz. *Austral. J. Grape Wine Res.* 6: 240-243.
- Rogiers, S.Y., D.H. Greer, J.M. Hatfield, B. A. Orchard and M. Keller. 2006. Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* 45: 115-123.
- Roubelakis-Angelakis, K.A, and W.M. Kliewer. 1992. Nitrogen metabolism in grapevine. *Hort. Rev.* 14: 407-452.
- Ruiz, R. 2000. Nutrición mineral pp.113-143 *In*: Valenzuela J. (Ed). Uva de mesa en Chile. Colección Libros INIA N° 5. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. Santiago. 338p.
- Ruiz, R., I. Muñoz., M. Massa y J. Pezoa. 1991. Niveles nutricionales en hojas y pecíolos de nuevos cultivares de vid. *Investigación y Progreso Agropecuario*. La Platina. 68: 7-12.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. *Plant physiology*. Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, CA. 682p.
- Samish, R. M., W. Z. Moscicki, B. Kessler and M. Hoffman. 1961. A nutritional survey of Israel vineyards and olive groves by foliar analysis. National University Institute of Agriculture, Div. Of Publications. Rehovot, Israel. 39p.
- Schneider, E. 2002. Análisis nutricional del viñedo. Las raíces también guardan sus secretos. *Vitivini Cultura Chile* 1(5): 7-11.
- Sellés, G., R. Ferreira G. Contreras, R. Ahumada, J. Valenzuela y R. Bravo. 2003. Manejo de riego por goteo en uva de mesa cv. Thompson Seedless cultivado en suelos de textura fina. *Agricultura Técnica* 63(2):180-192.
- Shaulis, N. and G. Kimball, , 1956. The sampling og small fruits for composition and nutritional studies. *Proc. Amer. Soc. Hor. Sci.* 68: 576-586.
- Sierra, C. 2001. Fertilización en vides de mesa. *Boletín INIA* N° 74, 56p.

Sierra, C. 2002. Demanda de nitrógeno, fósforo y potasio en vides de mesa. Norte Chico. Tierra Adentro 46 (septiembre-octubre): 10-11.

Silva, H y J. Rodríguez. 1995. Diagnóstico del estado nutricional. Fertilización de plantaciones frutales. Colección en Agricultura, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 406p.

Sipiora, M. 1996. Interpretación del estadio nutricional de viñedos *Chenin blanc* y *Pinot noir* en la denominación de origen Somontano, basada en análisis de pecíolos y hojas. Vit. Enol. Prof. (47): 22-29.

Smith, C.B., H.K. Fleming and H.J. Poorbaugh. 1957. The nutritional status of Concord grape vines in Erie county Pennsylvania, as indicated by petiole and soil analysis. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70: 189-196.

Tardáguila, M.J., O. Failla, y D. Porro, 1992. Necesidades nutritivas de la vid. Utilización del análisis foliar para su determinación. Vitivinicultura 3: 41-45.

Trujillo P., P. del Estal., C. García., V. Gomez., C. Ruiz y J. Juste. 2005. Manual de viticultura. Guía técnica de viticultura. 6ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 497p.

Ulrich, A. 1978. Plant analysis as a guide in fertilizing crops. pp. 1-4. In: H.M. Reisenauer (Ed.). Univ. Calif. Div. Agric. Sci. Bull. 1879. Soil and plant tissue testing in California, Berkeley, California. EE. UU. 56p.

Valdés, A. 1998. Efecto de los nutrientes en vides de mesa y viníferas desde prefloración a cosecha, con énfasis en el nitrógeno. Aconex 58: 25-28.

Vieira, A. 1994. El boro en la nutrición de la vid. Viñedos y vinos. Chile Agrícola. 20 (201): 360-363.

Vieira, A. 1996. Viñedos y vinos. Algunos comentarios sobre el nitrógeno como nutrimento de la vid. Chile Agrícola 21 (216): 212-215.

Weir, R.G. and G.C. Cresswell. 1993. Plant nutrient disorders 1: Temperate and subtropical fruit and nut crops. Florida Science Source, Lake Alfred. FL. 93p

Winkler, A.J., J.A. Cook, W.M. Kliewer and L.A. Lider. 1974. General viticulture. 2<sup>nd</sup> ed. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, EE. UU. 710p.

Williams, L.E. 1991. Vine nitrogen requirements, utilization of N sources from soils, fertilizers, and reserves. pp 62-66. In: Proc. Int. Symp. Nitrogen in Grape and Wine, Seattle, Washington. EE.UU. 323 p.

Wolpert J.A. and M.M. Anderson. 2007. Rootstock influence on grapevine nutrition: minimizing nutrient losses to the environment. pp.77-83. *In*: Conference Proceedings of the 2007 California Plant and Soil Conference. Opportunities for California Agriculture. Department of Viticulture and Enology. University of California, Davis, CA. 223p.