



Evolución nutricional en vides durante la temporada a partir de información publicada en la literatura

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas

Callejas R. Rodrigo. Ing. Agr. Dr. sc. agr.

Razeto M. Bruno. Ing. Agr. Ms. Mg.

Del Río M. Trinidad. Ing. Agr.

Este trabajo fue realizado en el marco de desarrollo del programa UCHILECREA-ATACAMA

El fundamento del análisis foliar, descansa en que la producción de las plantas depende de la concentración de los nutrientes en los tejidos en determinadas épocas del año, valorándose en la interpretación la interacción de los nutrientes que determinan el balance global (Fregoni, 1999), pues hay elementos antagónicos, como el potasio y magnesio o sinérgicos, como el nitrógeno y el calcio (Razeto, 2006).

La información recopilada desde la literatura científica permitió determinar niveles adecuados y confiables a lo largo de la temporada para nitrógeno, fósforo y potasio. Se pudieron establecer curvas de contenidos de magnesio y calcio, pero con alta variabilidad en los datos.

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).

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.



Figura 1. Planta con deficiencia de Zinc, situación que debería ser detectada con anticipación a través del análisis foliar.

Aún persisten 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. Adicionalmente, se requiere de un sistema o paquete tecnológico que apoye el control nutricional permitiendo la comparación con un estándar en diferentes momentos durante la temporada, generando en la práctica lo conocido como "Seguimiento Secuencial de Nutrientes", permitiendo satisfacer la demanda de nutrientes en vides de uva de mesa bajo condiciones de alta

productividad y calidad de la fruta, optando a un uso racional de los fertilizantes y maximizando las utilidades.

Materiales y métodos

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

Resultados y Discusión

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 2). Esto fue ratificado por Cook y Kishaba (1956), Lavín (1984) y Fregoni (1999).

En un comienzo, entre 20 días preflor y 17 días postcuaaje, 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 cuaaje, experimentando un leve aumento en envero.

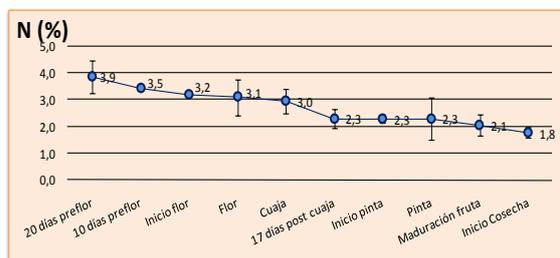


Figura 2. Concentración de nitrógeno en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios \pm desviación estándar.

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.

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 3).

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.

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

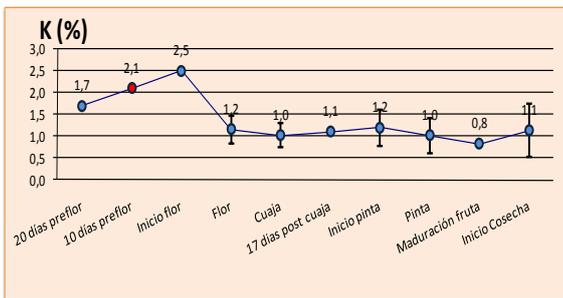


Figura 3. Concentración de K en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios \pm desviación estándar. Valor en rojo estimado por interpolación.

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 enero, 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). Si 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 4). 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).

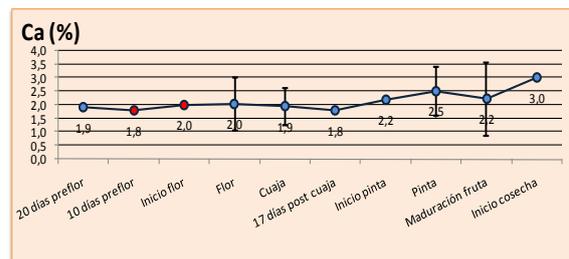


Figura 4. Concentración de Ca en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios \pm desviación estándar. Valor en rojo estimado por interpolación.

Magnesio

Los datos recabados determinaron una tendencia creciente en los niveles de magnesio desde principios de temporada hasta inicio de "pinta" (enero), existiendo alta variabilidad en los valores propuestos para los estados de flor, cuaje y enero (Figura 5). 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 pecíolos.

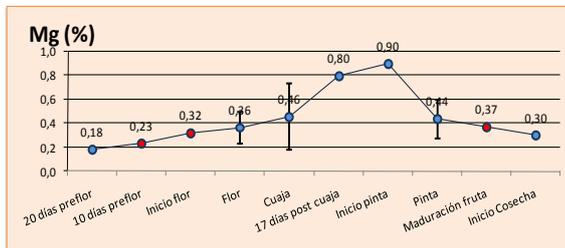


Figura 5. Concentración de Mg en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios \pm desviación estándar. Valor en rojo estimado por interpolación.

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.

Fósforo

Los contenidos de P disminuyen notoriamente desde 0,5% hasta 0,27%, entre 20 días preflor y 10 días preflor respectivamente (Figura 6). 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, *et al.*, 1991). Debido a que el P es un elemento fundamental en el crecimiento inicial de tejidos, es importante abastecer a la parral durante postcosecha, momento de manera de proporcionar niveles adecuados de reserva (Sierra 2001).

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 7).



Figura 6. Concentración de P en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios \pm desviación estándar. Valor en rojo estimado por interpolación.

Este comportamiento podría ser resultado de las aplicaciones de productos fitosanitarios de base cúprica, que generarían un aumento en la concentración total e incrementarían 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.

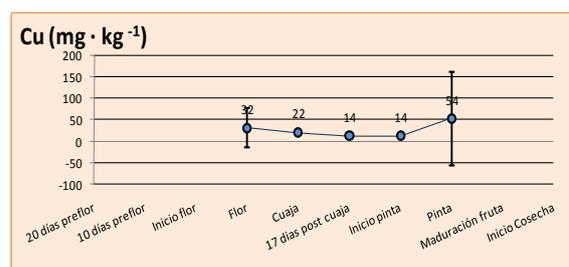


Figura 7. Concentración de Cu en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios \pm desviación estándar. Valor en rojo estimado por interpolación.

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.

Boro, manganeso y zinc

La curva de evolución de B y Mn (figuras 8 y 9) coincide con lo señalada por Fregoni (1999), desde envero a cosecha.

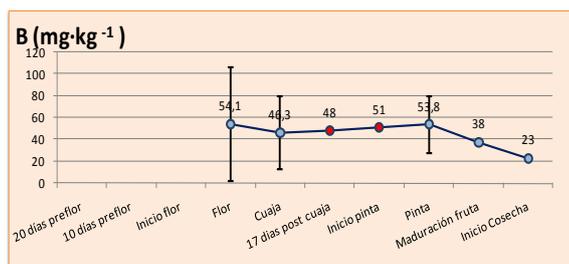


Figura 8. Concentración de B en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios \pm desviación estándar. Valor en rojo estimado por interpolación.

Sin embargo, desde principio de temporada hasta envero, el mismo autor propone un aumento de las concentraciones, lo que no se observó claramente en esta recopilación. En la investigación de Failla *et al.* (1995), la concentración de B incrementó en el cuaje, para luego descender hasta el envero. 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.

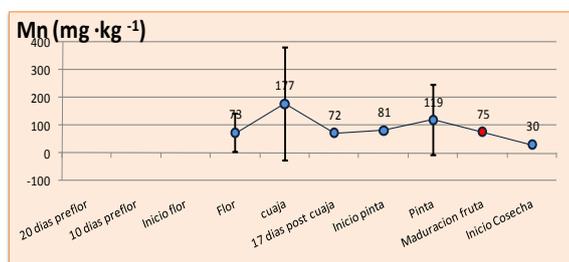


Figura 9. Concentración de Mn en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios \pm desviación estándar. Valor en rojo estimado por interpolación.

Se observó una alta variabilidad entre los rangos óptimos propuestos para cada estado fenológico. Este comportamiento de alta variabilidad en B, Mn y Zn (Figura 10) 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, lo que obliga a repensar la forma óptima de enfrentar deficiencias encubiertas.

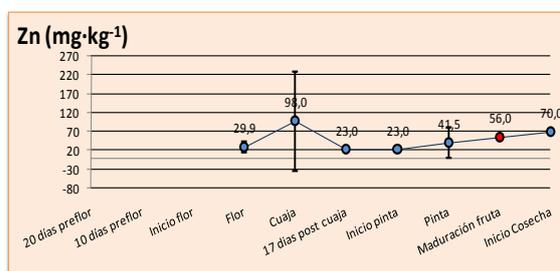


Figura 10. Concentración de Zn en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco. Promedios \pm desviación estándar. Valor en rojo estimado por interpolación.

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, tarea que aún no es abordada en rigor en nuestro país.

Fregoni (1999) señala que los niveles de azufre en lámina descienden gradualmente durante la temporada. Clarke (1986) propone niveles adecuados para envero (Figura 11) y señala que niveles sobre 0,5% en esta fecha podrían generar toxicidad y contenidos menores a 0,018%, deficiencia.

En el caso del Cl, Christensen *et al.* (1978) afirman que la concentración en pecíolos 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).

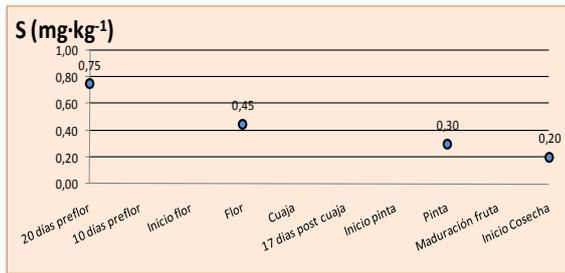


Figura 11. Concentración de S en lámina para diferentes estados fenológicos a lo largo de la temporada, base peso seco.

Clarke (1986) señala que en pinta niveles de Cl equivalentes a 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 pecíolos.

Aplicación en terreno

Esta información puede ser utilizada como complemento al control nutricional de los parronales bajo los métodos tradicionales (análisis foliar en flor y pinta), permitiendo detectar niveles de déficit o exceso entre ambos estados fenológicos que tienen estándares, que aunque pueden ser cuestionados, es la herramienta más cercana al óptimo que se posee. Adicionalmente, es posible iniciar la implementación del seguimiento secuencial en el control nutricional eligiendo las plantas “testigo campo” y construyendo los propios protocolos prediales de ajuste de la fertilización.

Conclusiones

La información presenta en la literatura permitió establecer las curvas de nutricional 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.

Literatura

- Alexander, D.M. 1957. Seasonal fluctuations in the nitrogen content of the Sultana vine. *Australian J. Agr. Res.* 8: 162-178.
- 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.
- 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.
- 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. Fertilización: 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.

	Dr. Rodrigo Callejas R. es Profesor de la Universidad de Chile y Director del Centro de Transferencia Tecnológica e Investigación Aplicada UCHILECREA-Atacama
	Bruno Razeto M. Ing. Agr. M.S. es Profesor Titular de la Universidad de Chile de nutrición mineral de frutales.
	Ing. Agr. Trinidad del Río M. ex alumna de la Universidad de Chile y colaboradora de UCHILECREA.

- 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. Boschini, 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. Viticoltora 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 vinifera* L.) *Agricultura Técnica* 33 (2):45-53.
- Gil, G. y P. Psczolkowski. 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.
- 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 étude par l'analyse foliare de quelques carences élémentaires 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 vinifera* 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. Kliever. 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.
- Shaulis, N. and G. Kimball, , 1956. The sampling of 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. *Viticultura* 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. Kliever and L.A. Lider. 1974. *General viticulture.* 2nd 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.

Editores

Prof. Gabino Reginato M. Ing. Agr. Mg.Cs.

Prof. Alejandro León S. Ing. Agr. Ph. D.