

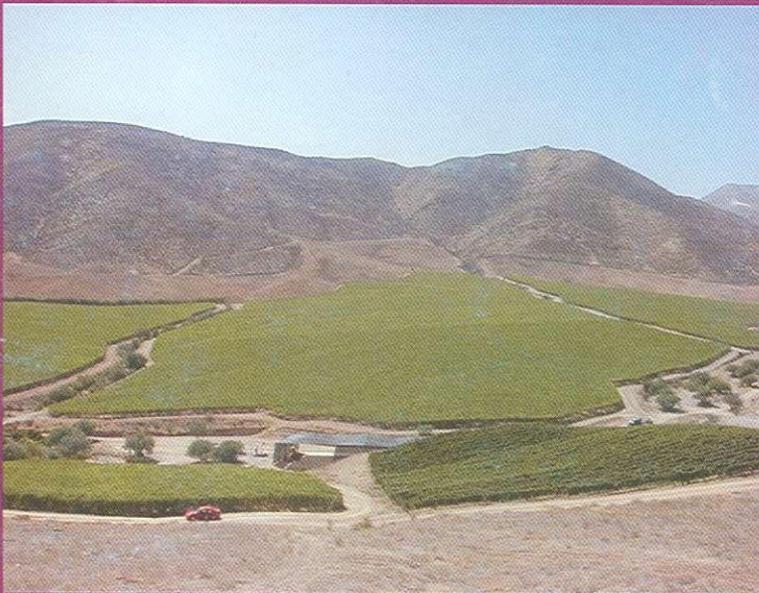


GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INIA

BOLETIN INIA N° 74

ISSN: 0717 - 4829

# FERTILIZACIÓN EN VIDES DE MESA



---

Carlos Sierra B.  
Ingeniero Agrónomo M. Sc.



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INIA

BOLETIN INIA N° 74

ISSN 0717 - 4829

---

# FERTILIZACIÓN EN

---

# VIDES DE MESA

---

**AUTOR:**

**Carlos Sierra Bernal**  
Ingeniero Agrónomo M.Sc.

**Instituto de Investigaciones Agropecuarias  
Centro Regional de Investigación Intihuasi  
La Serena, Chile, 2001**

**Autor:** Carlos Sierra Bernal  
Ingeniero Agrónomo M.Sc.  
Especialista en Fertilidad de Suelos

**Director responsable:** Alfonso Osorio Ulloa  
Ingeniero Agrónomo M.Sc.  
Centro Regional de Investigación Intihuasi

**Comité Editor:** Angélica Salvatierra González  
Ingeniera Agrónoma Ph.D. Fruticultura  
Subdirectora de Investigación y Desarrollo

Antonio Ibacache González  
Ingeniero Agrónomo M.Sc. Fruticultura  
Subdirector Centro Experimental Vicuña

Roberto Salinas Yasuda  
Ingeniero Agrónomo  
Unidad de Vinculación y Transferencia Tecnológica

Boletín INIA N° 74, 56 páginas.

Este Boletín Técnico ha sido editado por el Centro Regional de Investigación Intihuasi, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Ministerio de Agricultura de Chile.

Cita bibliográfica:

SIERRA, C. 2001. Fertilización en vides de mesa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), Centro Regional de Investigación Intihuasi (La Serena). Boletín INIA N° 74, 56 p.

Diseño y diagramación: Binden Art Ltda.

Impresión: Grafic Suisse.

Cantidad de Ejemplares: 500.

La Serena, Chile, año 2001.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ESTADOS DE DESARROLLO DE LA VID .....	6
3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA VID .....	9
3.1. Nitrógeno .....	9
3.1.1. Desórdenes fisiológicos asociados a excesos de nitrógeno .....	10
3.2. Fósforo .....	12
3.3. Potasio .....	12
3.4. Calcio .....	13
3.5. Magnesio .....	13
3.6. Azufre .....	14
3.7. Micronutrientes .....	14
3.8. Demanda de la vid .....	15
4. FERTILIDAD DE SUELOS.....	16
4.1. Fertilidad biológica .....	17
4.1.1. La materia orgánica en los suelos .....	18
4.1.2. Nitrógeno .....	19
4.1.2.1. El suministro de nitrógeno del suelo .....	19
4.1.2.2. Eficiencia de absorción de nitrógeno .....	20
4.1.2.3. Nitrógeno total .....	20
4.1.2.4. Nitrógeno mineral ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) .....	21
4.1.2.5. Relación carbono / nitrógeno .....	21
4.2. Fertilidad química .....	23
4.2.1. Fósforo del suelo .....	23
4.2.2. Cationes de intercambio y sus relaciones: Ca, Mg, K, Na .....	25
4.2.2.1. Calcio .....	25
4.2.2.2. Magnesio .....	25
4.2.2.3. Relación Ca/Mg .....	26
4.2.2.4. Potasio del suelo .....	26
4.2.2.4.1. Relación (Ca+Mg)/ K .....	29
4.2.2.4.2. Saturación de potasio .....	30
4.2.2.5. Sodio .....	30
4.2.2.6. Otros parámetros químicos .....	30
4.2.2.6.1. Conductividad Eléctrica .....	30
4.2.2.6.2. Reacción de suelo: El pH .....	31
4.3. Fertilidad física del suelo .....	33
4.3.1. Compactación del suelo .....	33

4.3.1.1. Medidas que pueden ayudar a evitar el problema .....	34
4.3.1.2. Enfrentando la compactación del suelo .....	35
4.3.1.2.1. Subsulado .....	35
4.3.1.2.2. Uso de acondicionadores físicos .....	35
4.3.1.2.3. Camellones .....	36
4.3.1.2.4. Cubiertas vegetales .....	36
5. TECNICAS DE DIAGNOSTICO NUTRICIONAL .....	38
5.1. Consideraciones generales sobre el muestreo de suelos .....	38
5.2. Diagnóstico Foliar .....	38
5.2.1. Consideraciones generales sobre el muestreo foliar .....	39
6. RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN PARA VIDES DE MESA .....	42
6.1 Determinación de dosis de nutrientes según resultados de análisis .....	42
6.1.1. Fertilización nitrogenada según análisis de suelo y foliar .....	42
6.1.2. Fertilización fosfatada según análisis de suelo y foliar .....	44
6.1.3. Fertilización potásica según análisis de suelo y foliar .....	45
6.2. Epocas de aplicación de Fertilizantes .....	46
6.2.1. Nitrógeno .....	46
6.2.2. Fósforo .....	46
6.2.3. Potasio .....	46
6.2.4. Programa de aplicación de N, P y K .....	47
6.3. Fuentes Fertilizantes .....	47
6.3.1. Fuentes Nitrogenadas .....	47
6.3.2. Fuentes Fosfatadas .....	48
6.3.3. Fuentes Potásicas .....	49
7. MEDICIONES DE SUELO Y PLANTA RECOMENDADAS PARA MEJORAR EL DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD EN VIDES .....	51
7.1. Análisis físicos de suelos .....	51
7.2. Análisis químico de suelos .....	51
7.3. Análisis biológico de suelo .....	51
7.4. Análisis de la planta .....	51
7.5. Manejo histórico de fertilización de suelos (últimos 3 años) .....	52
8. LITERATURA CONSULTADA .....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación desarrollada por el INIA en los últimos años indica la necesidad de vincular el tema nutricional con el manejo integral del cultivo, ya que visiones parciales pueden deformar las relaciones causa - efecto.

La fertirrigación en vides de mesa en el Norte Chico, es considerada por muchos técnicos como una práctica hidropónica, lo cual no es correcto. La existencia de un sustrato generalmente de textura media a gruesa implica una dinámica de adsorción y desorción de nutrimentos, que por lo tanto pueden generar una posible acumulación de nutrientes. En suelos de textura media y fina este fenómeno de acumulación de sales nutritivas es mayor y se agudiza en regiones como las de Atacama y Coquimbo, por las características agroclimáticas, escasa lluvia de lavado natural y predominancia de fenómenos de ascenso capilar. Esto promueve fácilmente un potencial desbalance de nutrientes en el área del bulbo húmedo.

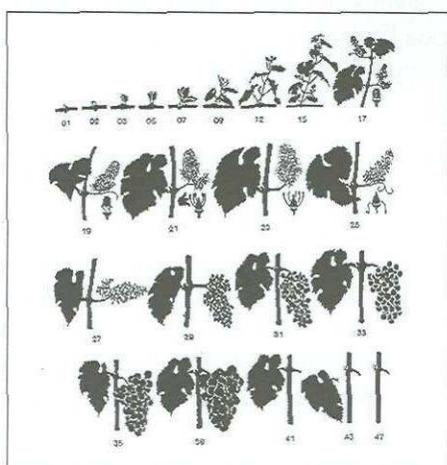
Para obtener una comprensión global de la dinámica de la nutrición en el ecosistema frutal es necesario vincular el ciclo interno de la nutrición, con los flujos de carbono, nitrógeno, nutrientes y agua provenientes del ecosistema. Para lograr una alta eficiencia de predicción, se requiere considerar los elementos fundamentales de la estructura del sistema y que se establezcan las relaciones empíricas determinantes de su funcionamiento. Para esto existe un modelo simplificado que contempla los siguientes componentes: la demanda expresada en función de la biomasa o materia seca de los distintos componentes del crecimiento anual, la cual depende de los factores variedad y clima; el suministro del suelo, que depende de las características químicas, físicas y biológicas además del clima. Ambos componentes ponderados por la eficiencia de absorción, la cual depende de factores de suelo como: la textura (suelos arenosos determinan una mayor pérdida de nitrógeno por lixiviación, principalmente a la forma  $\text{NO}_3^-$ ) y profundidad de suelo; manejo del agua de riego (un exceso de humedad puede producir desnitrificación o lixiviación); manejo de la planta (considerando el ritmo de absorción de nutrientes de la variedad, ya que variedades de uva de mesa son más precoces y las variedades de vides pisqueras presentan una tasa de absorción menor en el tiempo), épocas de fertilización, fuente del fertilizante y forma de aplicación, competencia de malezas, sanidad, desarrollo radicular, limitaciones físicas de suelo como compactación y finalmente del clima. Estos componentes deben ser analizados para cada caso particular con criterios integradores de los conceptos claves de la fertilidad química, física y biológica, apoyados con analítica de suelos y de planta.

El presente trabajo tiene por objetivo revisar diferentes aspectos de fertilidad de suelos y planta que afectan la nutrición de la vid de mesa, en la zona árida del norte chico.

## 2. ESTADOS DE DESARROLLO DE LA VID

Los estados fenológicos de la vid han sido estudiados por numerosos autores. Según Pearson y Gohhen (1996) la descripción fenológica más usada corresponde a Eichorn y Lorens (1977), (Figura 1) y Baggiolini (1952) Cuadro 1. En el Cuadro 1 se muestran los estados fenológicos propuestos por ambas fuentes en relación al código. El momento de ocurrencia y duración de los diferentes estados fenológicos varían según las distintas zonas productoras (Barticevic y Lobato, 2000).

**Figura 1.** Estados fenológicos de la vid según Eichorn y Lorens (1977), citados por Pearson, R. y Gohhen, A. 1996.



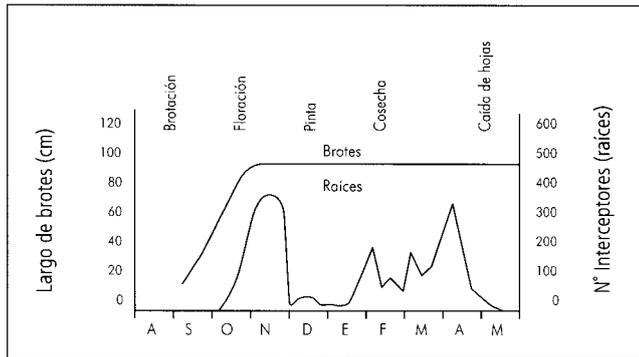
**Cuadro 1.** Estados fenológicos de la vid de acuerdo a códigos empleados, según Eichorn y Lorens (1977) y Baggiolini (1952).

Estados según Eichorn y Lorens (1977)	Estados según Baggiolini (1952)
0 1. Reposo invernal; yema con escamas más o menos cerradas.	A. Yema invernal: yema casi completamente cubierta por dos escamas marrones.
0.2. Yema hinchándose; las yemas abren escamas.	B. Yema hinchada.
0.3. Punta algodonosa; plenamente visible.	C. Punta verde.
0.5. Apertura de la yema; primer brote verde claramente visible.	D. Salida de hojas: ápices de hojas visibles, las bases protegidas, todavía por la borra.
0.7. Primera hoja abierta y nacida del brote.	
0.8. Dos a tres hojas extendidas.	

12. Cinco a seis hojas extendidas: Inflorescencias claramente visibles.	E. Hojas extendidas; primeras hojas abiertas en el brote; entrenudos visibles.
15. Inflorescencias alargándose; flores estrechamente juntas.	
17. Inflorescencia completamente desarrollada; Flores separándose.	F. Cuatro a seis hojas extendidas; Inflorescencias visibles.
19. Comienzo de la floración, caída de primeras caliptras.	G. Inflorescencias separadas y espaciadas a lo largo del brote.
21. Floración temprana; 25% de las caliptras caídas.	H. Botones florales separados.
23. Plena floración; 50% de las caliptras caídas.	I. Floración.
25. Finales de floración; 80% de las caliptras caídas.	J. Cuajado.
27. Cuajado de fruto; jóvenes frutos comienzan a hincharse, quedan residuos de flores perdidas.	
29. Bayas pequeñas; los racimos comienzan a colgar.	
31. Bayas tamaño arveja; racimos colgantes (Preapriete)	
33. Comienzan a juntarse las bayas (Apriete de racimo)	
35. Comienzo de maduración de las bayas; Inicio de la pérdida del color verde (envero).	
38. Uvas maduras para cosecha.	
41. Después de la cosecha, fin de maduración de la madera.	
42. Comienzo de caída de hojas.	
43. Final de la caída de hojas.	

La fenología, crecimiento, balance de raíces y parte aérea de la vid son importantes para definir las épocas de aplicación de fertilizantes y sus parcializaciones. El gráfico de la **Figura 2** muestra los resultados de estudios realizados en Vicuña y señala los «peaks» de crecimiento de raíces, ocurrencia de eventos fenológicos y el ciclo de crecimiento de brotes a lo largo de la temporada.

**Figura 2.** Crecimiento de raíces y brotes en la vid.

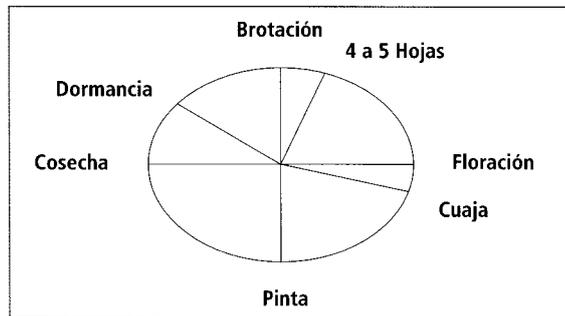


Fuente: Ibacache y Lobato (1995). Estudios realizados en INIA Vicuña.

El primer «peak» de raíces es mayor que el segundo y ocurre al final del estado de floración, cuando el crecimiento de los brotes ha cesado. El segundo «peak» se produce después que la fruta ha sido cosechada y antes de la caída de hojas. Por su parte, el crecimiento de brotes se produce junto con el primer crecimiento de raíces, deteniéndose en el estado de floración.

Según Goldspink (1998), el ciclo de desarrollo de la vid está dividido en eventos fenológicos desde brotación a receso invernal, como se muestra en la **Figura 3**. Las fechas de inicio y término de cada uno de estos estados dependerá de la precocidad de la variedad y de la zona agroclimática en que se circunscribe el agricultor, pero su identificación ayuda a definir las épocas de aplicación de fertilizantes, como se presentará más adelante.

**Figura 3.** Ciclo de desarrollo de la vid.



Fuente: Goldspink, B. 1998. Nitrogen in Viticulture.

### 3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA VID

La Vid requiere de 16 elementos nutritivos esenciales, los que aparecen en el **Cuadro 2**. Cuantitativamente los tres más importantes son el carbono, hidrógeno y oxígeno. El primero alcanza al 45% aproximadamente de la materia seca, en tanto que el resto corresponde a hidrógeno y oxígeno, que forman las estructuras carbonadas como carbohidratos, ácidos orgánicos, etc. Los otros 13 nutrientes minerales aportan sólo el 4% aproximadamente de la materia seca. (Barceló y col. 1992).

**Cuadro 2.** Nutrientes minerales y orgánicos esenciales requeridos por las plantas.

Símbolo	Nombre	Nutriente
N	Nitrógeno	Primario
P	Fósforo	Primario
K	Potasio	Primario
S	Azúfre	Secundario
Ca	Calcio	Secundario
Mg	Magnesio	Secundario
Fe	Fierro	Micronutriente
Mn	Manganeso	Micronutriente
Cu	Cobre	Micronutriente
Zn	Zinc	Micronutriente
B	Boro	Micronutriente
Cl	Cloro	Micronutriente
Mo	Molibdeno	Micronutriente
C	Carbono	Estructural
O	Oxígeno	Estructural
H	Hidrógeno	Estructural

Nota: El níquel (Ni) ha sido propuesto como esencial por Havlin y col, 1999.

#### 3.1. Nitrógeno

El N es el nutriente más ampliamente usado en vid de mesa, este elemento puede tener gran influencia sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo (Bañados, 2000).

Pero su uso será correcto si se mantiene el balance con los otros nutrientes, principalmente K y P. El exceso de N en la planta afecta todos los parámetros productivos de la vid, como rendimiento y calidad de bayas, a la vez que provoca desórdenes nutricionales como palo negro y otros. Solamente con un buen conocimiento de los mecanismos del N en el suelo y la planta, y un adecuado monitoreo de éste, los productores podrán mantener un programa racional de fertilización nitrogenada para la vid de mesa.

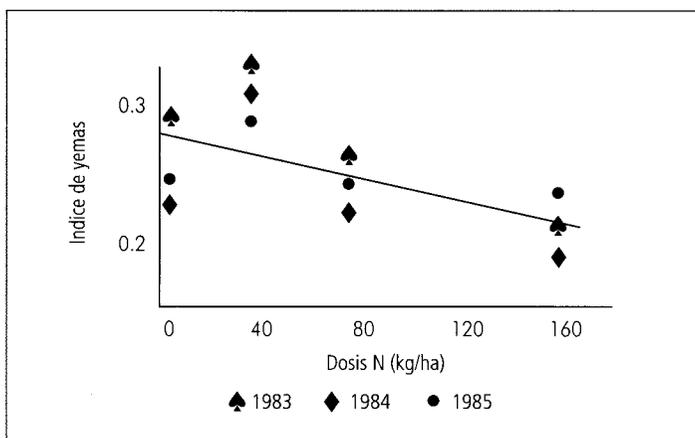
La implementación del riego localizado permite en la actualidad hacer aplicaciones muy controladas de N en los diferentes estados fenológicos de la vid, siendo posible aplicar N para aumentar el vigor vegetativo, rendimiento y tamaño de bayas, o bien almacenar N en la madera de la vid para ser usado en la próxima estación de crecimiento en forma oportuna (Goldspink, 1998).

Este elemento esencial primario forma parte de las estructuras proteicas en la planta y se considera un elemento estructural que estimula el crecimiento, especialmente de hojas y tallos. En las vides el N es absorbido por las raíces principalmente como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y también como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), pudiendo ser asimilado tanto en las raíces como en la parte aérea (Bañados, 2000). Su exceso puede afectar el balance hormonal, en tanto que el déficit de nitrógeno produce clorosis o amarillez de las hojas. En caso de extrema deficiencia, las hojas basales se «amarillan» debido a la translocación del elemento hacia la parte superior de la planta por ser éste un nutriente móvil; una falta de humedad en el suelo o falta de luz también produce el mismo síntoma. En suma, su déficit es poco frecuente y en general provoca escaso vigor, poco desarrollo vegetativo y mala calidad del racimo, del mismo modo una deficiencia también tiende a producir un adelantamiento de la madurez del cultivo, mientras que el exceso de nitrógeno produce una coloración verde intensa de las plantas y un tono brillante y verde muy oscuro, determinando un retraso de la madurez del cultivo.

Ruiz (2000), señala que el exceso de nitrógeno también produce diversos efectos negativos sobre el desarrollo de la vid. Actualmente se sabe que detrás de estos efectos del N existe un «gatillo» hormonal; ya que un exceso promueve la síntesis de citokininas que inhiben la producción de etileno y ácido abscísico, lo que produce efectos como los siguientes: se alarga y promueve el crecimiento vegetativo, retarda la degradación de los pigmentos verdes de las hojas, se retarda la senescencia y caída de las hojas, aumenta el sombreado del parrón causado por la presencia de capas sucesivas de hojas. El mismo autor indica que, asociado a este efecto, la productividad puede alterarse debido a dos factores:

- El sombreadamiento de las capas de hojas sucesivas que ocurre al vigorizar en exceso el parrón, hace que las hojas de las capas inferiores se encuentren a un nivel bajo el punto de compensación, convirtiéndose en «parásitas» de las hojas superiores, con balance negativo de carbohidratos.
- La falta de luz directa en las yemas afecta negativamente la inducción a yemas fructíferas (**Figura 4**).

**Figura 4.** Efecto del nitrógeno en el índice de fertilidad de yemas en un parrón vigoroso de la V Región.



Fuente: Ruíz, R. 2000. Nutrición mineral. En: Uva de mesa en Chile. INIA.

Otro de los efectos negativos del exceso de nitrógeno es la provocación de desórdenes fisiológicos.

El exceso de nitrógeno es una constante en muchos parrones del Norte Chico, lo que se traduce en un exceso de vigor de las plantas, exceso de follaje causa un sombreadamiento de los sarmientos y una disminución de la ventilación, con el consiguiente incremento de enfermedades como Oídio y Botrytis, potenciada a su vez por la mayor succulencia de los tejidos vegetales ricos en proteína.

Igualmente, muchos de los problemas de calidad en poscosecha se deben a estos desbalances y fertilizaciones excesivas, especialmente con nitrógeno, lo que afecta la calidad de las bayas. El exceso de nitrógeno en los tejidos afecta la relación C/N, N/P

y N/K de las plantas, promoviendo y estimulando el crecimiento de las yemas vegetativas sobre las yemas reproductivas, afectando de esta forma el número de racimos. Un exceso de nitrógeno promueve un desbalance entre el crecimiento aéreo y radicular, afectando su relación y promoviendo un excesivo crecimiento aéreo de las plantas con relación a la fitomasa radicular (Marschner, 1986). Asimismo, el exceso de N induce a una deficiencia de Ca en los frutos (Righetti y col., 1990). En pomáceas, (Van-Petersen,1980) y carozos (Cummings ,1965) el exceso de potasio y magnesio puede afectar la concentración de calcio en la fruta.

### **3.1.1 Desórdenes fisiológicos**

Bañados (2000), señala que los desórdenes fisiológicos en vides han sido asociados a desbalances en el metabolismo del N, todos ellos asociados a intoxicaciones con  $\text{NH}_4^+$ . Entre los desórdenes fisiológicos descritos se encuentran los siguientes: la «Fiebre de primavera», «Necrosis de inflorescencias» y «bayas acuosas». Por otra parte, Ruiz (2000) indica que los desórdenes «Fiebre de primavera» y «Palo negro», además de relacionarse con toxicidad de amonio, se producen por deficiencia de potasio.

### **3.2. Fósforo**

El fósforo es un elemento primario esencial que es determinante del crecimiento inicial de los tejidos vegetales, especialmente de las raíces. Es absorbido desde la solución suelo como  $\text{H}_2\text{P}_0_4^-$  ó  $\text{HP}_0_4^-$  según el pH del suelo (Tisdale y Nelson, 1988; Domínguez, 1997), especialmente por difusión y contacto directo (Rodríguez, 1993). Se requiere en cantidades muy inferiores con respecto al nitrógeno, siendo alrededor de un 10% de los requerimientos de N del crecimiento anual (Silva y Rodríguez, 1995).

Su déficit produce plantas de color violáceo o amarotado por efecto de la acumulación de antocianinas (Marschner, 1986), debido a la detención del crecimiento celular, y una disminución del número de racimos. Es un elemento móvil en la planta por lo que se trasloca desde las hojas basales hacia las hojas superiores. Cuando la deficiencia es severa, se produce un color verde oscuro (Barceló y col., 1992). Su exceso puede afectar la disponibilidad de zinc en el suelo y en la planta.

### **3.3. Potasio**

Este elemento se considera de gran importancia en la nutrición de las plantas, especialmente por su participación en aspectos sanitarios. El potasio es un elemento res-

ponsable de múltiples funciones distintas en las plantas, desde regulador del cierre estomático de las hojas en las células oclusivas, hasta principal activador de la síntesis de carbohidratos (Marschner, 1986). Esta última función es muy importante en cultivos como la vid debido al gran contenido de carbohidratos y azúcares que debe formar la planta y almacenar en la fruta.

Su deficiencia produce hojas con bordes necrosados algo cloróticas las que luego desarrollan puntos necróticos dispersos, asimismo, se afecta la regulación del estado hídrico de las plantas, disminuye el tamaño de los frutos y se manifiesta una mayor susceptibilidad a enfermedades. Su exceso promueve deficiencia de magnesio.

### **3.4. Calcio**

El Ca es un elemento estructural que forma parte de la pared celular, integrando los pectatos en la lamela media. Una buena parte de este elemento se encuentra en la planta al interior de las vacuolas, donde precipita como oxalato de calcio. Su deficiencia produce una inhibición del crecimiento de los brotes y del ápice de las raíces. El Ca junto al fósforo es muy importante al inicio del crecimiento de la planta, especialmente en el desarrollo de raíces. Un adecuado contenido de calcio inicial en las raíces determina un adecuado crecimiento y mejora la selectividad parcial de iones en el proceso de absorción de nutrientes desde el suelo. Niveles tóxicos de calcio en las plantas no se reportan, éste es un elemento químico probiótico por excelencia. Su ascenso vía xilema es lento y se reconoce que su movilidad se ve más afectada aún en suelos sódicos. Un exceso de potasio puede inducir una deficiencia de calcio.

### **3.5. Magnesio**

Este elemento forma parte integral de la molécula de clorofila. Es un nutriente poco móvil en la planta y su deficiencia produce una clorosis internerval de las hojas. Excesos de Magnesio que puedan producir toxicidad por este elemento no se reportan en la literatura. Ruíz (2000) señala que su deficiencia se puede inducir por desbalance en el suelo por aplicaciones excesivas de potasio, caso muy frecuente en la región del Norte Chico y en suelos de pH sobre 8. El déficit de Mg también podría ocurrir debido a desbalances tipo Ca/Mg especialmente en suelos arenosos. Este elemento promueve además un adecuado metabolismo del fósforo.

### 3.6. Azufre

Elemento esencial y activador enzimático, interviene en el metabolismo del nitrógeno y su requerimiento es menor que el de fósforo. Su deficiencia produce clorosis generalizada y es muy poco móvil en la planta. Su deficiencia es poco común porque el agua de riego aporta cantidades importantes de yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) y es absorbido desde la solución de suelo como ion sulfato ( $\text{SO}_4^-$ )

### 3.7. Micronutrientes

**Hierro** Su deficiencia se caracteriza por una marcada clorosis intervenal parecida a la del magnesio pero en las hojas jóvenes. La deficiencia de Fe puede producirse en suelos con pH mayor de 7,6, pero es más frecuente en suelos calcáreos generalmente de pH mayor a 8,0 (caso de Copiapó). La deficiencia de Fe es un problema frecuente en el Norte Chico.

**Manganeso** La deficiencia de este elemento sigue la misma dinámica que el hierro, es decir, en suelos de pH ácido se puede producir toxicidad de este elemento y en suelos de pH alcalino se produce deficiencia. La carencia de manganeso se manifiesta como una clorosis intervenal en hojas viejas o jóvenes. Este microelemento es un activador enzimático.

**Boro** Su deficiencia produce la desintegración de los tejidos internos, como en tallos, no obstante, el boro es móvil en el floema de la vid. El boro favorece la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico en las flores, lo que promueve un estado de floración más uniforme y estable. Su deficiencia promueve acumulación de nitrógeno y azúcares en los tejidos de la planta, siendo su síntoma de deficiencia semejante a la falta de Calcio. Las plantas toleran mejor la toxicidad por boro con niveles altos de Ca foliar. Bajo condiciones de toxicidad se pueden producir bajas concentraciones de cationes y aniones.

**Zinc** La carencia de Zinc produce hojas pequeñas y arrosietadas, con escasa longitud de los entrenudos. Los márgenes de las hojas muchas veces se presentan deformadas y arrugadas. Este elemento ayuda en la formación del Ácido Indol Acético, que además es un activador enzimático. Un exceso de fósforo puede inducir una deficiencia de zinc.

- Cobre** Este elemento presenta una dinámica similar al zinc y manganeso; la deficiencia de cobre en vid no es frecuente, pero los síntomas pueden manifestarse como plantas de un verde muy oscuro, retorcidas y deformadas. Promueve una buena floración.
- Molibdeno** Su deficiencia produce una clorosis intervenal que aparece primero en las hojas más viejas y va progresando hacia las más jóvenes. Este síntoma se puede producir de preferencia al usar una fuente de nitrógeno nítrica debido a que el molibdeno actúa como co-factor enzimático en la enzima nitrato-reductasa. Esto permite reducir el nitrato absorbido a amonio, lo que permite su incorporación a los compuestos carbonados.
- Cloro** La deficiencia es muy poco común en vid, pero su toxicidad puede ser más frecuente en suelos con elevada salinidad. Su deficiencia produce marchitez de las hojas.

### 3.8. Demanda de macronutrientes por la vid

La acumulación de materia seca en los distintos componentes del crecimiento anual y específicamente la carga frutal, genera una demanda de nutrientes (Silva y Rodríguez, 1995). La demanda de cualquier nutriente es posible estimarla conociendo la concentración interna del tejido y la biomasa generada por la fruta y el material vegetativo (Ruíz, 2000).

La demanda del cultivo de la vid estará determinada por el requerimiento interno de nutrientes de los diferentes tejidos de la planta y de la fitomasa aérea y radicular formada (**Cuadro 3**). Al respecto, diferentes autores citan diversos valores para este parámetro. Silva y Rodríguez (1995) indican para un rendimiento de 25 ton/ha un requerimiento de 91 kg de nitrógeno. Por su parte, Conradie (2000) señala que el requerimiento de nitrógeno para 25 ton/ha de fruta es de 97 kg (**Cuadro 3**).

La demanda de fósforo por la vid es relativamente baja (Silva y Rodríguez, 1995; Conradie, 2000) y se estima que es alrededor de un 10% de los requerimientos de nitrógeno (Silva y Rodríguez, 1995). El análisis foliar, según Conradie (2000), efectuado periódicamente, puede indicar si el programa de mantención es apropiado. La vid presenta una demanda baja de fósforo que se estima en 17,9 kg en el caso de una producción de 30 ton/ha (Ruíz, 2000). Para 25 ton/ha de fruta, Silva y Rodríguez (1995) señalan 14 kg de P, mientras que Conradie (2000) indica un requerimiento de 18 kg de P.

Silva y Rodríguez (1995) señalan que el rango de demanda de K en vides está entre 30 y 80 kg/ha y que los requerimientos de potasio son muy similares a los de nitrógeno y muy superiores a los de fósforo. Por su parte, los requerimientos de la fruta representan alrededor del 60% de la demanda total de potasio por la planta. Según Silva y Rodríguez (1993), la dosis de mantención para la variedad Sultanina, con un rendimiento de 30 ton/ha, es de 100 kg de K<sub>2</sub>O/ha. Por su parte Sierra (información no publicada) ha determinado para una producción de 23,4 ton/ha de Sultanina una extracción de 96, 9.7 y 88 kg/ha de N , P y K respectivamente.

**Cuadro 3.** Requerimientos netos de N, P, K para un rendimiento de 25 ton/ha, según diferentes autores.

Fuente	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)
Rodríguez y Silva, 1995	91	14	76
Conradie, 2000.	97	18	76
Ruiz, 2000.	78	13,8*	76,2**
Sierra	96	9,7	88

\* este dato corresponde a un rendimiento de 22 ton/ha

\*\* este dato corresponde a un rendimiento de 21 ton/ha

## 4. FERTILIDAD DE SUELOS

Remy (1985) citado por Saña et al (1996) propone como vía de aproximación al estudio de la fertilidad de los suelos agrícolas, una diferenciación en tres ámbitos:

**I. La fertilidad biológica**, que caracteriza la magnitud y el estado de la reserva orgánica, así como la abundancia y la actividad de la biomasa edáfica como microorganismos y microfauna del suelo.

**II. La fertilidad química**, que define a la vez el estado fisicoquímico del medio (pH, condiciones redox, etc.) y la importancia de la reserva de elementos asimilables.

**III. La fertilidad física**, que valora el suelo como soporte de las raíces y determina el grado de disponibilidad de agua, aire y nutrientes para la planta. Estos aspectos de la fertilidad vienen dados por parámetros físicos tales como la textura, estructura, porosidad y permeabilidad, entre otros.

## 4.1. Fertilidad Biológica

La materia orgánica es de gran importancia por su influencia en la estructura, en la capacidad de retención de agua y nutrientes, y en los efectos bioquímicos de sus moléculas sobre los vegetales. El suelo no sólo es un soporte sino que es un ecosistema más, existiendo toda una serie de organismos que viven en él y lo modifican. Las relaciones entre ellos son complejas, y en su conjunto muy importantes en la determinación de las propiedades de los suelos. Como integrantes del sistema, las raíces también participan en la transformación del suelo, disgregándolo, tomando elementos minerales, y aportando restos orgánicos, exudados, etc. Las relaciones entre ellas con otros organismos son de tipo químico y bioquímico. Si bien hay un elevado número de organismos saprófitos que metabolizan los restos orgánicos, también hay relaciones de depredación y parasitismo. La superficie de las partículas sólidas es el lugar donde se suelen formar colonias de microorganismos.

Los principales factores que afectan el desarrollo de microorganismos son el carbono, el agua, la presencia suficiente de oxígeno en la atmósfera del suelo, y la riqueza de nutrientes. Los tipos de fertilizantes y las aplicaciones de plaguicidas influyen en las clases y abundancia de formas microbianas. La fertilización química disminuye la actividad de los microorganismos al disminuir su número y alterar sus proporciones relativas. Entre otros efectos, alterado el equilibrio del suelo, las plantas se pueden ver perjudicadas por compuestos alelopáticos de origen bacteriano fúngico o de otras plantas. Por ello se entiende el estudio de lo que se puede denominar manejo integrado del suelo, en el que se procura afectar lo menos posible el equilibrio natural de los microorganismos del terreno.

La capacidad del complejo arcilloso-húmico para adsorber agua es importante ante períodos secos, ya que permite a los microorganismos adecuarse gradualmente al medio hostil. A su vez, en este complejo, los microorganismos acceden a gran cantidad de nutrientes, ya sean sustancias orgánicas o elementos minerales adsorbidos, considerando como vida microbiana la de hongos, algas, bacterias, actinomicetes y virus transmitidos por vectores del suelo (nematodos). La influencia de estos microorganismos en el suelo y la nutrición de las plantas es de gran importancia.

A continuación se analizan los parámetros de fertilidad que tienen relación con los ciclos orgánicos: La materia orgánica, el nitrógeno y la relación C/N.

#### 4.1.1. La Materia Orgánica en los suelos

La materia orgánica es ampliamente reconocida como un componente crítico de la calidad y productividad, debido a la influencia que tiene en el proceso del ciclo de los nutrientes, estructura del suelo, retención de agua, regulación más eficaz de la temperatura en la zona rizosférica y otras propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Stevenson, 1982; Cheschire, 1979; McBride, 1994; citados por Aguilera y col. 1998).

Los efectos más relevantes de la materia orgánica en el suelo se pueden dividir en efectos biológicos, químicos y físicos.

##### **Efectos biológicos:**

- 1) Proporciona energía y nutrientes para la microflora del suelo.
- 2) Regulación del ciclo interno del nitrógeno, favoreciendo su residencia en el suelo y evitando pérdidas por lixiviación.
- 3) Incremento de la biodiversidad de microorganismos, favoreciendo el control natural de nemátodos y algunas enfermedades producidas por hongos del suelo.
- 4) Aumento de las poblaciones de *Azotobacter* lo cual incrementa la fijación de nitrógeno no simbiótica, o de vida libre.
- 5) Mejora el ciclo de nutrientes del ciclo orgánico, como N, S, P y B.

##### **Efectos químicos:**

- 1) Controla la acidez y basicidad por mejoramiento del poder tampón.
- 2) Acidificación del suelo, por efecto de la presencia de ácidos orgánicos.
- 3) Incremento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- 4) Incremento del suministro de nitrógeno, azufre, boro y en menor medida de fósforo, a partir de la mineralización de la materia orgánica.
- 5) Permite la formación de quelatos y complejos que favorecen la disponibilidad de micronutrientes.
- 6) Frente a la adición de contaminantes actúa como depurador del medio.

##### **Efectos físicos:**

- 1) Disminución de la densidad aparente, por lo tanto incremento de la porosidad y aireación del suelo.
- 2) Mejoramiento del balance oxígeno/agua.
- 3) Aumento de la humedad aprovechable.
- 4) Mejoramiento de la estructura del suelo, lo que disminuye el efecto negativo de la impedancia mecánica para el crecimiento de raíces.
- 5) Incremento del régimen térmico del suelo.

## **4.1.2. Suministro de Nitrógeno**

### **4.1.2.1. El suministro de nitrógeno del suelo**

El suministro de nitrógeno está dado por la mineralización de la materia orgánica, el cual es complejo de caracterizar, dado que corresponde a un proceso de transformación bioquímica de las diferentes fuentes de nitrógeno presentes en el suelo. Este proceso es dependiente de factores de humedad y temperatura. Molina y col. (1983), citados por Silva y Rodríguez (1993), indican que alrededor de un 80% del nitrógeno orgánico del suelo corresponde al «pool» húmico o pasivo, aproximadamente un 18% al «pool» estabilizado protegido por la matriz de suelo y sólo un 1 a 2% al «pool» lábil. Las formas orgánicas son alrededor del 98% del nitrógeno del suelo y las inorgánicas no más de un 2 a un 5% (Silva y Rodríguez, 1993; Finck, A. 1998), en consecuencia existe una estrecha relación entre la materia orgánica de los suelos y el contenido de nitrógeno total.

Otro efecto importante en la estabilidad del nitrógeno orgánico está dado por el grado de disturbación del suelo o exposición física de la materia orgánica a la oxidación, así como la formación de complejos más o menos estables con la arcilla de los suelos.

La fracción no protegida posee una tasa de mineralización muy rápida y la fracción protegida acumulada en el tiempo presenta una tasa más lenta (Silva y Rodríguez, 1993). Dicho suministro, además, está dado por la cantidad de nitrógeno total de los suelos y su capacidad de mineralizarse. La acción microbiana puede mineralizar o inmovilizar nitrógeno, lo cual dependerá de la relación C/N, del régimen térmico y de la humedad del suelo.

El suministro excesivo de nitrógeno favorece la elongación del tallo pero inhibe el crecimiento radicular en relación con la parte aérea de la planta, lo que sumado al deterioro físico del suelo afecta aún más la eficiencia de absorción de nutrientes.

La estimación apropiada del suministro de nitrógeno del suelo tiene una fundamental importancia en el impacto ambiental y en la economía de la producción agrícola (Aldrich, 1980; Focht y Verstraete, 1977; Hadas y otros, 1986, citados por Rojas, 1992).

#### 4.1.2.2. Eficiencia de absorción de nitrógeno.

La eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado está configurada por los fenómenos de pérdida de N como lixiviación, volatilización, desnitrificación y la inmovilización transitoria. La eficiencia de absorción de nitrógeno está directamente ligada, por una parte, a la capacidad de la planta de sustentar su desarrollo con un adecuado crecimiento radicular y, por otra, a las condiciones de suelo que permitan tal desarrollo y a la vez minimicen las pérdidas. En este sentido la materia orgánica suministra una importante fuente de carbono al suelo, el cual incrementa la actividad de los microorganismos, especialmente en la zona rizosférica, disminuyendo las pérdidas de nitrógeno a través de un adecuado balance entre la mineralización e inmovilización, dependientes de la relación C/N. La movilidad del nitrógeno en el suelo es definitivamente mayor a la del fósforo y potasio, ya que el primero se mueve por flujo de masa, mientras que los dos últimos por contacto directo y difusión principalmente. Esto hace que la eficiencia en la absorción de nitrógeno sea mayor a la de éstos dos últimos nutrientes.

Silva y Rodríguez (1995), citando a Conradie (1986) y Williams (1991) señalan que la información de eficiencia de absorción en vides es variable. Estos investigadores encontraron porcentajes de eficiencia de absorción en vides que variaron de 30% al 50%. Ruíz y Massa (1991) indican una eficiencia de absorción del 15% y 30% en vid de mesa cv. Thompson seedless. En otras palabras, aparentemente hay una fuerte influencia de la variedad y del desarrollo radicular en las características de la recuperación del nitrógeno aplicado.

#### 4.1.2.3. Nitrógeno total

Corresponde a las formas orgánicas de nitrógeno, es decir, aminoácidos y proteínas consolidados, aminoácidos libres, aminoazúcares y otros complejos de mayor peso molecular. Más las formas minerales como nitrato y amonio ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ), que pueden ser absorbidos por la planta. Más del 98%, normalmente, es nitrógeno orgánico del suelo no aprovechable directamente por la planta.

Una manera de obtener una estimación del nitrógeno disponible para la planta es a través del nitrógeno total, ponderándolo por el porcentaje de mineralización, estimado para la condición climática en que se ubica el suelo, y por la eficiencia de absorción de este nutriente. Del nitrógeno total alrededor de un 6% se mineraliza, en condiciones de clima semiárido, quedando en formas asimilables para la planta a lo largo

de toda la temporada, pero de este nitrógeno mineralizado, la planta sólo es capaz de tomar el 55 % aproximadamente, en condiciones normales de manejo del suelo, de riego y de un adecuado crecimiento de raíces (**Cuadro 4**).

**Cuadro 4.** Niveles y categorías de nitrógeno total y materia orgánica en el suelo.

	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
N total (%)	0,05	0,06-0,10	0,11-0,21	0,21-0,4	>0,41
Materia orgánica (%)	<1,4	1,5-2,5	2,6-3,5	3,6-8,0	>8,1

Fuente: Nitrógeno total, Barrantes y col. (1992).  
Materia orgánica, Sierra C. (1977).

#### 4.1.2.4. Nitrógeno mineral ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ )

Un contenido adecuado de nitrógeno mineral en el suelo para alta producción se estima en más de 80 ppm.

Sin embargo este parámetro no es un buen indicador de la disponibilidad de nitrógeno para frutales y se puede considerar más adecuado para los cultivos anuales, aún cuando igualmente se discute su confiabilidad como un índice apropiado de diagnóstico de la fertilidad nitrogenada de un suelo. La razón que explica esta condición, obedece al hecho que el suministro de nitrógeno por el suelo es un proceso biológico, que es afectado significativamente por la temperatura y el contenido de humedad. El nitrógeno mineral sólo corresponde al mineralizado al momento de tomar la muestra y no permite estimar el poder de mineralización de nitrógeno a través de la estación de crecimiento. *La biomasa microbiana es la responsable de la mineralización del carbono y nitrógeno orgánico del suelo, sin embargo este proceso va acompañado de la inmovilización, proceso normal que ocurre en los suelos, lo que, como se señaló, depende de la relación C/N.*

#### 4.1.2.5. Relación Carbono / Nitrógeno

La relación C/N es un parámetro utilizado en la caracterización del nitrógeno y sus relaciones con la materia orgánica del suelo. Para su cálculo se consideran los valores

de N total y los valores de Carbono total. Los valores bajos encontrados en algunos suelos, se explican por la presencia de mayores cantidades de N inorgánico y de manera especial de  $\text{NH}_4^+$  fijado en minerales arcillosos (Fassbender, 1975).

Tisdale y Nelson (1970) indican que los procesos de mineralización e inmovilización son simultáneos en el suelo y pueden ser estimados mediante la relación C/N. Si la relación C/N del suelo es amplia, habrá inmovilización neta del nitrógeno. Cuando la relación C/N es menor implica que el suministro de energía (Carbono) disminuye. Una proporción de la población microbiana muere a causa del decrecimiento del alimento disponible y se alcanza un nuevo nivel de equilibrio. El logro de este nuevo nivel de equilibrio se acompaña de la liberación de nitrógeno mineral que puede alcanzar niveles excesivos para la planta.

Como regla general, cuando los suelos presentan una relación C/N mayor que 30, hay una inmovilización del nitrógeno del suelo. Para relaciones entre 20 y 30, puede que no haya ni inmovilización ni liberación de nitrógeno mineral. Si la relación es menor a 20, el balance mineralización/fijación tiende levemente hacia la mineralización. Estas son sólo reglas generales esquemáticas, puesto que muchos otros factores influyen el balance entre la mineralización y la inmovilización, por ejemplo, la calidad de los sustratos orgánicos será determinante en la intensidad de los procesos de mineralización - inmovilización.

La información respecto de los valores de referencia de las relaciones C/N propuestos por Tisdale y Nelson (1970) se diferencian levemente con los datos aportados por la Junta de Extremadura (1992) citada por Cadahia (1998), la cual indica que si tal relación es menor a 10 se produce un aumento de la mineralización, lo cual no es bueno ya que una buena parte del nitrógeno mineral queda expuesto a pérdidas por lixiviación, desnitrificación o volatilización. Relaciones C/N entre 10 y 12 son deseables a óptimas, produciéndose un buen balance entre la mineralización y la inmovilización, permitiendo niveles adecuados de nitrógeno mineralizado disponible para la planta y una porción inmovilizada que permite que este no se pierda. Por otro lado valores de relación C/N superiores a 15 promueven la inmovilización.

**Cuadro 5.** Categorías y rangos de relación C/N en el suelo y su efecto sobre la tasa de mineralización de nitrógeno.

Rango	Categoría	Tasa de mineralización
Menor a 10	Baja	Excesiva
10 a 12	Adecuada	Normal
12 a 15	Alta	Adecuada
Mayor a 15	Muy Alta	Escasa

Fuente: Adaptado de Barrantes y col. 1992. Junta de Extremadura.

## 4.2. Fertilidad química

### 4.2.1. Fósforo del Suelo

Clásicamente se distinguen en el suelo dos formas de fósforo (P): El fósforo iónico lábil (o de intercambio) o fácilmente asimilable a corto plazo y fósforo no lábil, formando parte de precipitados, óxidos de hierro y aluminio, y en menor medida como fósforo potencialmente mineralizable en la materia orgánica del suelo (Silva y Rodríguez, 1995; Saña y col. 1996).

La retención de fósforo de los suelos es un factor muy importante de considerar en el diagnóstico de suelos. En ella intervienen principalmente los iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Al}^{3+}$ , prevaleciendo el fosfato de calcio a pH alto, haciendo que, en suelos alcalinos (pH > 7,8) la disponibilidad de fósforo sea generalmente baja; y por otro lado a pH bajo prevalece el conjunto P-Fe y P-Al (Buckman, 1993; Saña y col 1996).

Sin embargo, estudios realizados por Carrasco y col (1992) en la IV, Metropolitana y VI región del país señalan que la adsorción de P, en los suelos del secano árido, se relaciona con los contenidos de materia orgánica, limo y pH. Esto concuerda en parte con lo señalado por Buckman (1993); Marshner (1986) y Saña y col (1996), que agregan a la materia orgánica como otro factor que interviene en la retención de fósforo en los suelos.

El suministro de fósforo para la planta está dado por el P iónico o adsorbido que es repuesto por el P lábil. El fósforo presente en la solución de suelo generalmente no es superior a 0,3 ppm y corresponde al macronutriente esencial presente en menor concentración (Silva y Rodríguez, 1995). Este puede ser determinado por el método Olsen (Saña y col. 1996).

**Cuadro 6.** Categorías y rangos de Fósforo disponible (Olsen)

Rango (ppm)	Categoría
0 a 4	Muy bajo
5 a 10	Bajo
11 a 25	Normal
26 a 50	Alto
Mayor a 50	Muy alto

Nota: Estándares para riego localizado.

La demanda de fósforo por la vid es relativamente baja y es de alrededor de un 10% de los requerimientos de nitrógeno. El análisis foliar efectuado periódicamente puede indicar si el programa de mantención es apropiado. En este sentido, se recomienda el análisis peciolar para el diagnóstico nutricional, el cual, en la etapa de fructificación, debiera contener al menos 0,20% de P, mientras que valores superiores a 0,60% indicarían sobre fertilización. Estos valores difieren un poco de los presentados por la Junta de Extremadura (1992), quienes señalan que valores peciolar menores a 0,15% son bajos y considera normales a valores de 0,30 a 0,60%. Estándares australianos señalan como nivel mínimo adecuado para vides 0,2 % de P peciolar. Niveles adecuados para alta producción debieran estar alrededor de 0,40% de P peciolar.

Experimentos realizados en vid moscatel rosada durante 4 años en el Centro Experimental Vicuña, permiten afirmar que existe una clara respuesta a la aplicación de fósforo en suelos con 4 y 2 ppm de fósforo disponible en la primera y segunda estrata, respectivamente. Este efecto se manifiesta principalmente en número de racimos por planta.

La eficiencia de recuperación de P está determinada, en gran parte por la capacidad de intercepción del sistema radicular en el suelo (Silva y Rodríguez, 1995; Saña y col. 1996) y por el grado de difusión hacia la raíz (Valdés, 1987).

Ruíz (2000) señala que la eficiencia de absorción de P es del orden de un 25% y de K del 50 al 70% y que puede ser afectada por factores no nutricionales como la sanidad, aspectos hídricos y químicos.

#### 4.2.2. Cationes de intercambio y sus relaciones: Ca, Mg, K, Na.

##### 4.2.2.1. Calcio

El calcio presente en el suelo tiene su origen principal en las rocas y minerales que conforman el sustrato. De este modo, por descomposición química y física va siendo liberado para ser utilizado por las plantas u otros organismos, a la vez, puede perderse por arrastre en el agua de drenaje, ser adsorbido por los coloides del suelo o bien precipitado como carbonatos de calcio o fosfatos de calcio, particularmente en climas áridos. El calcio es el catión predominante de los suelos, generalmente en relación 6:1 con el magnesio. En el Norte Chico, el contenido de calcio es normalmente alto. En suelos arenosos su contenido será menor y en suelos arcillosos mayor. En el **Cuadro 7** se presentan los rangos y categorías de Ca en el suelo.

Cuadro 7. Categorías y rangos de Calcio intercambiable para suelos de textura media.

Rango (cmol/Kg)	Categoría
0 a 3,5	Muy bajo
3,6 a 10	Bajo
10,1 a 14	Normal
14,1 a 20	Alto
Mayor a 20	Muy alto

Fuente: Barrantes y col. (1992).

##### 4.2.2.2. Magnesio

Al igual que el calcio, el magnesio (Mg) nativo se encuentra en el suelo asociado a determinados minerales primarios y secundarios. En suelos calcáreos se encuentra en forma de dolomita ( $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$ ) y en algunos suelos desérticos se encuentra como sulfato de magnesio ( $\text{Mg SO}_4$ ). El Mg también se encuentra adsorbido al complejo de intercambio catiónico del suelo, al igual que el potasio.

El contenido de Mg en la solución de suelo es generalmente intermedio entre Ca y K.

**Cuadro 8.** Categorías y rangos de Magnesio intercambiable

Rango (cmol/Kg)	Categoría
0 a 0,6	Muy bajo
0,7 a 1,5	Bajo
1,6 a 2,5	Normal
2,6 a 4	Alto
Mayor a 4	Muy alto

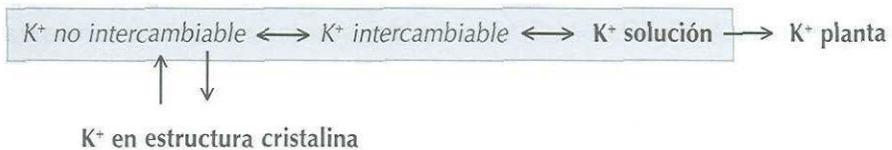
Fuente: Barrantes y col. 1992. Junta de Extremadura.

#### 4.2.2.3. Relación Ca/Mg

Cadahia (1998) indica que relaciones Ca/Mg iguales a 5 mantienen niveles adecuados de ambos nutrientes. Cuando esta relación sobrepasa al valor 10, se genera carencia de Mg, una deficiencia se producirá con relaciones mayores a 15.

#### 4.2.2.4. Potasio del suelo

En la fracción del suelo el potasio puede estar fundamentalmente en dos formas. La primera es en la estructura cristalina de los minerales o fijado en las posiciones interlaminares, de modo que sólo la alteración del mineral es capaz de producir la liberación del potasio y su incorporación al sistema. La segunda forma corresponde a potasio adsorbido, en posiciones de intercambio de las arcillas y otros materiales coloidales, participando activamente en el sistema. Esto genera, desde el punto de vista de la nutrición en frutales, tres componentes en la dinámica del potasio: el potasio de la solución, el intercambiable y el lentamente aprovechable. De este modo el suministro de potasio del suelo está dado por el equilibrio entre el potasio de intercambio y el de la solución. Por su parte, las raíces de las plantas lo absorben como ión libre desde la solución de suelo.



El potasio al igual que el fósforo es un nutriente que presenta una baja movilidad en el suelo, cuyos desplazamientos por difusión están afectados por la temperatura y humedad del suelo, de ahí, que para aumentar la eficiencia se deben localizar estos nutrientes próximos a las raíces.

Silva, Gil y Rodríguez (1986); señalan que el nitrógeno y el potasio son los nutrientes que han presentado los problemas más frecuentes y relevantes de las vides de mesa en Chile. La capacidad de adsorción del potasio en el suelo depende de la cantidad y tipo de arcilla presente. Así, para un suelo arcilloso habrá una gran cantidad de K de intercambio, a diferencia de un suelo arenoso donde el contenido de este elemento será menor. Por esta razón un suelo arcilloso tiene un gran poder de entrega de potasio, pero también tendrá un nivel crítico más alto, para poder compensar la carga eléctrica de las micelas de arcilla. Se estima que para un suelo arcilloso con más de 50% de arcilla, un contenido adecuado sería de 600 ppm (1,53 cmol/Kg), mientras que para un suelo arenoso bastaría con 300 ppm (0,77 cmol/Kg). Así cuando un suelo arcilloso está deficiente en K, es decir con menos de 100 a 120 ppm (0,25 a 0,3 cmol/Kg), se deberá realizar la corrección del nivel de K, probablemente con dosis altas, debido a que gran parte del K quedará retenido. En suelos arenosos sucede lo contrario, al poseer una menor reserva de K y un agotamiento más rápido, se deberá realizar fertilizaciones menores pero más frecuentes.

En el **Cuadro 9** se presenta la relación entre textura determinada al tacto, el contenido de potasio de intercambio y potasio soluble (este último determinado en pasta de saturación) y su relación porcentual. En los suelos de textura arcillosa, por ejemplo caso de Lolol con 981 ppm de K intercambio, el potasio en la solución alcanza a sólo 18 ppm y representa el 1,8%. En el caso del suelo de la localidad de Chamonate (Copiapó) de textura franco arenosa con sólo 524 ppm de K de intercambio, el potasio soluble alcanza a 23 ppm, lo que representa el 4,4%. Es decir con sólo la mitad de potasio de intercambio duplica el contenido de potasio disponible en la solución.

Por otra parte, en suelos con alto contenido de potasio de intercambio (1.404 ppm), como el caso del sector El Rodeo, Copiapó, de textura franco arenosa, el contenido disponible en la solución (o soluble) alcanza a 203 ppm y representa el 14,5% del potasio de intercambio.

**Cuadro 9.** Relación entre textura, potasio de intercambio y potasio soluble en diferentes localidades de la III y IV Región.

Comuna	Localidad	Textura	Potasio de intercambio (ppm)	Potasio soluble (ppm)	%
Ovalle	Lolol	Arcilloso	981	18	1,8
Punitaqui	Punitaqui	F A	192	11	5,7
Tierra Amarilla	Nantoco	F A a	321	15	4,8
Copiapó	Uniagri	F A a	1204	241	20
Tierra Amarilla	El Rodeo	F a	1404	203	14,5
Copiapó	Chamonte	F a	524	23	4,4
Vicuña	Peralillo	F a	250	14	5,5

Fuente: Datos no publicados. Lab. La Platina. Sierra, C. 1999.  
Potasio soluble, medido en pasta de saturación.

La cantidad de potasio absorbido por las plantas de cultivo está relacionada con el crecimiento, la extensión de raíces y su metabolismo. Los diferentes cultivares de la misma especie difieren en su capacidad de extraer potasio del suelo, lo que puede explicarse por el diferente patrón de enraizamiento y su metabolismo radicular o también llamado «poder de absorción radicular de potasio».

La eficiencia de recuperación de estos nutrientes está determinada, en gran parte, por la capacidad de interceptación del sistema radicular en el suelo y por el grado de difusión de P y K hacia la raíz. Diversos autores indican que cualquier problema que impida una buena aireación del suelo como la compactación y/o exceso de humedad tendría un efecto negativo sobre la absorción de potasio.

Las causas de la reducción en la absorción de potasio según Tosso y Ferreyra (1988) son: un bajo suministro del suelo, antagonismo con nitrógeno debido al exceso de éste, fallas en el manejo del agua de riego y daños del sistema radicular. Por otra parte Wolkowski (1990) señala que puede haber una reducción en la absorción de potasio cuando la respiración de la raíz es reducida por efectos de la compactación.

Ruiz (1993), señala que la deficiencia de potasio afecta más severamente a la vid que a otras especies frutales, lo que indicaría una ineficiencia relativa para absorber y/o traslocar potasio. Además reconoce que problemas de compactación de suelo, riego y cualquier daño radicular puede afectar específicamente la absorción de este nutriente.

Ruíz (2000) señala que la eficiencia de absorción de potasio es del orden del 50% al 70% y que puede ser afectada por factores no nutricionales como la sanidad, aspectos hídricos y químicos.

Este elemento, si bien es cierto es muy importante en la producción de vides, no se debe exagerar en el nivel de fertilización, que en muchos casos es excesivo, ya que dosificaciones muy altas incrementan el contenido salino de los suelos y además pueden promover un desbalance nutricional, afectando la absorción de magnesio y calcio. Este efecto es frecuente en muchos parrones de la zona del Norte Chico.

La fertilización potásica debe considerar un diagnóstico previo de la disponibilidad del potasio de intercambio del suelo (**Cuadro 10**), el contenido de arcilla y la relación con calcio y magnesio.

**Cuadro 10.** Categorías y rangos de Potasio intercambiable según textura del suelo.

Rango (cmol/Kg)	Rango (cmol/Kg)	Rango (cmol/Kg)	Categoría
Textura Media	Textura Arcillosa	Textura Arenosa	
Menor a 0,15	< 0,30	< 0,1	Muy bajo
0,16 a 0,45	0,31-1,1	0,11-0,30	Bajo
0,46 a 0,90	1,2-1,5	0,31-0,50	Normal
0,91 a 1,55	1,6-2,5	0,51-0,8	Alto
Mayor a 1,56	>2,6	>0,8	Muy Alto

#### 4.2.2.4.1. Relación (Ca+Mg)/ K

En la interpretación de los cationes de intercambio, además de considerar su cantidad, se debe considerar las relaciones o cuocientes.

Fassbender (1975) señala que la relación óptima para los cuocientes de dichas bases es 40. Valores más altos indican una deficiencia de potasio y valores más bajos indican la falta de calcio y magnesio.

#### **4.2.2.4.2. Saturación de potasio**

Este parámetro se obtiene a partir de la suma de bases y corresponde al potasio porcentual con relación a la suma total de bases (Ca + Mg + Na + K). Se sugieren valores sobre el 5% de saturación de K como adecuados para la vid.

#### **4.2.2.5. Sodio**

El sodio es un catión de gran radio iónico hidratado y es precisamente esta particularidad la que le confiere la capacidad de dispersar el suelo alterando su estructura, lo cual trae como consecuencia problemas en la infiltración y un aumento en la salinidad, entre otros. Suelos con un porcentaje de sodio de intercambio (PSI) mayor del 15% se les denomina salino sódicos y se les debe tratar por medio de aplicaciones de yeso para que el calcio desplace del complejo de intercambio al sodio y éste pueda ser lavado y percolado como sulfato sódico, esta práctica se recomienda en el caso que el suelo no contenga carbonato de calcio. En suelos salino sódicos con carbonato de calcio se debe aplicar ácido sulfúrico y lavar (Caso de Copiapó).

#### **4.2.2.6. Otros parámetros químicos**

##### **4.2.2.6.1. Conductividad Eléctrica**

La salinidad de un suelo puede estar determinada por varios factores. En la IV Región los principales son: el mal drenaje de los suelos, el uso de fertilizantes no apropiados como el muriato de potasio, salitre sódico o salitre potásico, y las prácticas de riego, principalmente referido al uso de aguas moderadamente salinas provenientes generalmente de pozos, o también el uso de aguas servidas.

En general las aguas cuya conductividad eléctrica sea menor a 1 dS/m son satisfactorias para el riego, en lo que respecta a sales. Las aguas cuya conductividad eléctrica varía entre 0,75 y 2,25 dS/m no pueden utilizarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente, y aún con drenaje adecuado se puede necesitar de prácticas de control de salinidad, debiendo, por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales tolerantes a las sales. Las aguas cuya conductividad eléctrica supera los 2,25 dS/m no es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en condiciones muy especiales, donde los suelos sean permeables, el drenaje adecuado y tomando la precaución de aplicar un exceso de agua para lograr un buen lavado.

Por otra parte, un suelo es salino cuando la conductividad eléctrica de su extracto de

saturación es mayor a 4 dS/m (Criterio USDA, Porta - 1986, citado por Saña et al. 1996). La salinidad de un suelo es controlable si la calidad del agua de riego es satisfactoria y si puede controlarse el flujo del agua a través del suelo. Las sales solubles aumentan o disminuyen en la zona radicular dependiendo de que su movimiento sea mayor o menor que su depositación a consecuencia de la irrigación. En zonas áridas, el ascenso capilar promovido por la desecación del suelo por evaporación y transpiración, crea una gradiente de succión que produciría un movimiento ascendente de agua y sales solubles, las cuales precipitan en la superficie.

La salinidad puede producir varios efectos, tales como desbalance nutricional causado por un exceso de sodio en la solución del suelo que afecta la absorción de potasio y calcio, un efecto osmótico, es decir, el agua es «retenida» por las sales quedando menos agua disponible para las raíces de las plantas, y un efecto de toxicidad que está relacionado con la acumulación de uno o varios iones, siendo el sodio, boro y cloro los más comúnmente asociados con toxicidad.

Las vides de mesa presentan un umbral crítico de 1,7 dS/m. Sin embargo, este nivel considera un aporte salino por cloruro de sodio. En la práctica los parrones presentan una mayor tolerancia por que la componente salina predominante de las aguas y suelos chilenos es el yeso. Esto explicaría porqué en muchos predios se pueden ver plantas de vid con buena producción, con salinidades mayores a 3 o 4 dS/m. No obstante, es recomendable mantener una conductividad eléctrica menor a 3,5 dS/m en el área del bulbo húmedo, para vides de mesa manejadas en patron franco.

#### **4.2.2.6.2. Reacción de suelo: El pH**

El pH es la concentración de protones e hidróxilos en la solución de suelo y proporciona un diagnóstico sobre la reacción de un horizonte del suelo que hace referencia al grado de acidez o basicidad del horizonte muestreado.

Los efectos perjudiciales de la acidez no se manifiestan hasta valores de pH inferiores a 5,5 por la toxicidad del aluminio y o manganeso.

Los suelos con carbonato cálcico, característicos de zonas semiáridas y áridas, tienen pH del orden de 7,5 a 8,5. Los términos sódicos o alcalinos quedan restringidos a aquellos suelos de pH superiores a 8,5. Los que presentan pH de 9 a 12 contienen carbonato sódico y sus condiciones tanto físicas como químicas son muy desfavorables.

La acidez y la basicidad del suelo afectan propiedades físicas, por dispersión de los coloides del suelo y en consecuencia de la estructura, porosidad y aireación, conductividad hidráulica y régimen de humedad. Asimismo, afectan condiciones químicas como la meteorización, movilidad de elementos y disponibilidad de nutrientes como el Fe, Mn, Zn, Cu, Mg y P, descomposición de la materia orgánica y adsorción de aniones como fosfatos y sulfatos. Es importante señalar que la vid es una planta que prefiere un rango de pH entre 6,0 y 7,0. A valores bajos de pH se estimula el crecimiento de pelos radicales. El pH es un factor limitante en muchos suelos manejados con vides, esto afecta nutrición con fósforo y micronutrientes, especialmente a pH mayor de 7,8.

**Cuadro 11.** Categorías, rangos de pH y efectos esperados en el crecimiento y nutrición de las plantas.

Rango	Categoría	Efectos esperables en el intervalo
Menor a 4,5	Extremadamente ácido	- Condiciones muy desfavorables, toxicidad de aluminio.
4,5 a 5,0	Muy fuertemente ácido	- Posible toxicidad por $Al^{3+}$ y Mn. - Exceso: Co, Cu, Fe, Mn, Zn
5,1 a 5,5	Fuertemente ácido	- Deficiencia: Ca, K, N, Mg, Mo, P, S - Suelos sin carbonato de calcio - Actividad bacteriana escasa.
5,6 a 6,0	Medianamente ácido	- Adecuado para la mayoría de los cultivos.
6,1 a 6,5	Ligeramente ácido	- Máxima disponibilidad de nutrientes.
6,6 a 7,3	Neutro	- Mínimos efectos tóxicos. - Bajo $pH=7$ no hay carbonatos de calcio en el suelo.
7,4 a 7,8	Medianamente Básico	- Suelos generalmente con $CaCO_3$ .
7,9 a 8,4	Básico	- Disminuye la disponibilidad de P y B. - Deficiencia creciente de: Co, Cu, Fe, Mn, Zn. - Clorosis férrica.
8,5 a 9,0	Ligeramente alcalino	- En suelos con carbonatos, estos pH altos pueden deberse al $MgCO_3$ , si no hay sodio intercambiable. - Mayores problemas de clorosis férrica
9,1 a 10	Alcalino	- Presencia de carbonato sódico.
Mayor a 10	Fuertemente alcalino	- Elevado porcentaje de sodio intercambiable ( $PSI > 15\%$ ). - Toxicidad: Na, B. - Movilidad del P como $Na_3PO_4$ . - Actividad microbiana escasa. - Micronutrientes poco disponibles, excepto Mo.

Fuente: Porta, J. 1994.

### 4.3. Fertilidad Física del Suelo

Letey (1985), analizando las propiedades físicas que afectan directamente la producción de cultivos señala que: humedad del suelo, tasa de difusión de oxígeno, temperatura y resistencia mecánica son los principales factores que afectan el crecimiento de raíces. El mismo autor define como factores indirectos, la densidad aparente, textura, estabilidad de agregados y tamaño de poros.

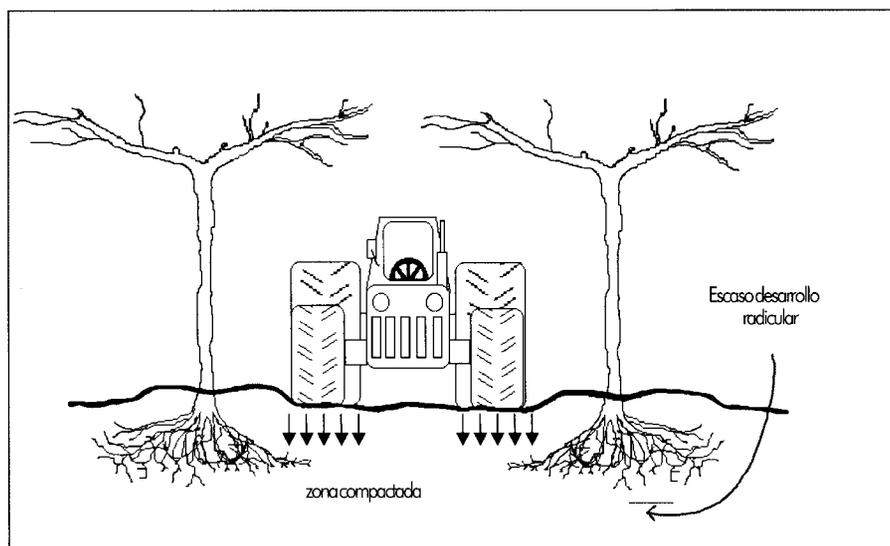
La vid, al igual que todas las especies frutales debe mantener un «equilibrio funcional» coordinado entre la fitomasa aérea y radicular formada anualmente, para mantener una alta producción. Diversos factores pueden afectar el crecimiento de raíces como humedad (riego), temperatura, tasa de difusión de oxígeno, bajo contenido de fósforo disponible y la impedancia mecánica. Este último factor se asocia con la compactación, que será analizada a continuación.

#### 4.3.1. Compactación del Suelo

Según Ruíz y col. (1999), la compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo. Esta produce un aumento en su densidad (densidad aparente), aumenta su resistencia mecánica, destruye y debilita su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo. Los efectos que la compactación produce, se traducen en un menor desarrollo del sistema radical de las plantas y, por lo tanto, un menor desarrollo de la planta en su conjunto, lo que redundaría en una menor producción.

En la producción de vides la compactación por efecto del tráfico de tractores y equipos es significativa, debido a que durante todo el año el tráfico es intenso. Como se aprecia en la **Figura 5** la compactación se produce en los bordes del bulbo húmedo.

**Figura 5.** Diagrama que muestra la compactación en el área externa del bulbo húmedo por efecto del tráfico de maquinaria.



Este problema de menor crecimiento radicular producto de la compactación afecta los mecanismos mediante los cuales las raíces acceden a los nutrientes. Estos mecanismos son:

- Contacto directo suelo raíz (P)
- Difusión ( $\text{NH}_4$ , P, K y micronutrientes), iones en baja concentración en la solución.
- Flujo de masas ( $\text{NO}_3$ , Ca), iones en alta concentración en la solución

#### 4.3.1.1. Medidas que pueden ayudar a evitar el problema

- **Incorporación de materia orgánica al suelo:** la materia orgánica incorporada al suelo actúa directa e indirectamente favoreciendo la formación y estabilidad de la estructura del suelo, lo que puede ayudar a prevenir la compactación.
- **Uso de cubiertas vegetales:** la penetración de las raíces y su posterior muerte producen poros continuos que ayudan al movimiento del aire y el agua en el suelo. Por medio de la cubierta vegetal se incorpora también materia orgánica al suelo.
- **Uso de pistas de circulación:** al ubicar pistas exclusivas para el tránsito de la ma-

quinaria se puede evitar el paso innecesario por la superficie del suelo.

- **Ajustar maquinaria a una misma trocha:** esta medida está orientada a reducir el área que es usada por la maquinaria, manteniendo una sola huella para el paso de las ruedas.

#### **4.3.1.2. Enfrentando la compactación del suelo**

Para abordar el problema de la compactación se pueden tomar medidas correctivas, como realizar un subsolado, y medidas de tipo complementarias, que no modifican rápidamente la condición actual del suelo pero que ayudan a mejorar el comportamiento del cultivo o bien tienen un efecto en el suelo a mediano o largo plazo. A continuación se analizan brevemente algunas de estas medidas.

##### **4.3.1.2.1. Subsolado**

La práctica del subsolado consiste en soltar el suelo bajo la profundidad normal de cultivo, usando un arado de uno o más brazos rígidos, con el objetivo de romper capas de suelos compactadas. Los subsoladores normalmente trabajan a profundidades de 30-70 cm. Existe también la alternativa de usar algún tipo de arado de vertedera. El subsolado es una labor de elevado costo y por lo tanto debe hacerse sólo cuando las características del suelo lo justifican.

##### **4.3.1.2.2. Uso de acondicionadores físicos**

La incorporación de materiales que actúen como acondicionadores físicos de suelo en profundidad van a permitir mejorar y mantener una mejor condición para el desarrollo de las raíces en el subsuelo.

Esta labor consiste en localizar el material (guanos, aserrín, viruta, restos de poda repicados, lodos de aguas servidas, compost, desechos orgánicos animales y vegetales diferentes, etc.) en hoyos o zanjas, a la profundidad de la estrata de suelos compactada. Es una labor de alto costo. Información experimental sobre el efecto de la aplicación de estiércoles en frutales a sido reportada por Razeto y Rojas (1986), señalando una mayor velocidad de infiltración en los tratamientos con estiércol de vacuno en huertos de duraznero. Bhangoo y col (1988), también reportan un efecto positivo del estiércol de ave en la velocidad de infiltración, calibre de bayas y rendimiento de fruta, en parronales de Sultanina en suelos de California.

Por otra parte, se pueden aplicar enmiendas químicas inorgánicas para mejorar las propiedades físicas, en especial la velocidad de infiltración del agua de riego. Ellas mejoran las características químicas del suelo o del agua por un aumento en el contenido de calcio, que mejora la estabilidad de los agregados y por lo tanto disminuye la formación de estratas duras en el suelo (Oster y col. 1992). En estudios de suelos ácidos, neutros y alcalinos, las aplicaciones de yeso aumentaron la tasa de infiltración en condiciones de riego (Shainberg y col. 1989, citado por Oster y col. 1992).

El mismo autor indica que el yeso es una enmienda con contenidos abundantes de calcio, de bajo costo y de fácil aplicación. Enmiendas como el azufre, dióxido de azufre, thiosulfato de potasio y de amonio y ácido sulfúrico, liberan calcio debido a que reaccionan con el carbonato de calcio del suelo formando yeso.

El yeso tradicionalmente se ha usado en suelos salino sódicos para desplazar al sodio, se reconoce que podría tener efecto de disminución de la dispersión de la arcilla, un mejoramiento de la conductividad hidráulica y de la tasa de infiltración, además reduce la tendencia del suelo a formar estratas selladas, mejora el drenaje interno del suelo y reduce la impedancia mecánica, debido a que promueve la floculación de la arcilla con lo cual promueve la proliferación de raíces (Levy y Sumner, 1998).

#### **4.3.1.2.3. Camellones**

En el caso de plantaciones frutales es posible agregar suelo de la entrehilera sobre la hilera de plantación, formando un lomo o camellón de suelo suelto donde las raíces encontrarán mejores condiciones para su desarrollo. Con el suelo adicionado la profundidad de suelo aprovechable aumenta en la hilera de plantación.

#### **4.3.1.2.4. Cubiertas vegetales**

Esta práctica consiste en mantener una cubierta vegetal de especies con diferentes sistemas radiculares en superficies que permanecen sin vegetación, en forma permanente o en algunos períodos del año. El objetivo de esta cubierta vegetal es la de incorporar materia orgánica al suelo a través de la parte aérea y de las raíces de las plantas. En este sentido, se prefiere utilizar especies de arraigamiento profundo para que las raíces lleguen y penetren el subsuelo compactado, favoreciendo la formación de macroporos y la estructuración del suelo.

Las cubiertas vegetales pueden establecerse en huertos frutales, entre las hileras de

plantación o en toda la superficie, durante el período otoño-invierno (cubiertas vegetales invernales, sembrar en mayo), incorporándose en forma mecánica o química en la primavera. En general se usan especies rústicas, de fácil establecimiento, de semilla de bajo precio, de fácil incorporación y que no vayan a interferir con el frutal o el cultivo que le sigue (huésped de plagas o enfermedades, efectos alelopáticos). Esta práctica tiene efecto en un mayor plazo que las medidas anteriores, por lo que se le considera también como un manejo preventivo.

Ingels y Klonsky (1998) señalan los siguientes potenciales beneficios de la utilización de las cubiertas vegetales como abonos verdes:

- a) Reduce la erosión de suelo
- b) Adición o conservación de nitrógeno
- c) Adición de materia orgánica al suelo
- d) Mejoramiento de la estructura de suelo e infiltración de agua
- e) Puede también mejorar control de plagas, nemátodos y algunas malezas.

#### **Desventajas:**

- a) Incremento en el uso del agua.
- b) Competencia por humedad y nutrientes.
- c) Incrementa riesgo de heladas.
- d) Incremento de los costos de manejo.

Algunos cultivos de cobertura que pueden ser usados en viticultura, durante el invierno para incorporar como abono verde, son leguminosas como Arveja (*Pisum sativum*), Trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*), Hualputra (*Medicago polymorpha*), Trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), Haba (*Vicia faba*), Arvejilla (*Vicia sp.*). Y gramíneas como la Avena (*Avena sativa*), Cebada (*Hordeum vulgare*), Ballica (*Lolium multiflorum*), Centeno (*Secale cereale*), Trigo (*Triticum aestivum*) y triticale (Ingels y Klonsky, 1998).

Los abonos verdes tienen un efecto positivo sobre los microorganismos del suelo porque juegan un activo rol en la descomposición de la materia orgánica, mejorando la estructura de suelo, ciclo de nutrientes y como un reservorio viviente de nutrientes. Estos beneficios son más importantes si los microorganismos son abundantes, diversos y activos (Scow y Werner, 1998).

## 5. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL

El manejo adecuado de la fertilidad consta de dos fases sucesivas e íntimamente relacionadas: la primera es la etapa de diagnóstico de la fertilidad de suelo y el diagnóstico foliar, y la segunda corresponde al desarrollo de la recomendación agronómica de fertilización. El diagnóstico se inicia con un adecuado muestreo de suelos y foliar de cada cuartel específico, para posteriormente analizar la información de laboratorio con criterios integradores de fertilidad considerando parámetros físicos, químicos, biológicos, de manejo del suelo y de la planta.

### 5.1. Consideraciones generales sobre el muestreo de suelos.

Es necesario definir un número de cuarteles a muestrear, por ejemplo la mitad de los parrones de un predio, siendo lo ideal muestrear la totalidad. En los cuarteles muestreados se deben coleccionar muestras de suelo y foliar, realizando cada tipo de muestreo en su época más adecuada.

El muestreo de suelos debería hacerse en la post-cosecha o dos o tres meses después de la fertilización de post-cosecha, o bien antes de iniciar el programa de fertilización de la siguiente temporada. El número de submuestras es muy importante, siendo necesario coleccionar por lo menos 35 por cada muestra, a 40 cm de profundidad, eliminando los primeros 5 cm, por ambos lados de los laterales de riego, sobre la hilera en el área del bulbo húmedo y en diagonal, zigzag o cuadrado. La cantidad de muestra a coleccionar dependerá del número de determinaciones, si el análisis es completo, es decir físico, químico y biológico, se debería sacar unos 2 Kg por muestra. En suelos profundos (más de 120 cm) se recomienda obtener muestras a dos profundidades: desde 10 a 50 cm y 50 a 100 cm.

### 5.2. Diagnóstico foliar

El análisis foliar se basa en la relación que existe entre la concentración de nutrientes en la planta y su desarrollo.

Se llama diagnóstico foliar al estudio de la composición química de los elementos dominantes referidos en materia seca, en el momento de la toma de muestra, coleccionadas en posición conveniente y en un estado fenológico determinado (Barrantes y col. 1992).

El conocimiento del análisis de suelo y foliar, constituyen una buena guía para lograr un adecuado diagnóstico, pero es importante señalar que la observación visual de las plantas es otro factor a considerar para la realización de recomendaciones de fertilización.

### 5.2.1. Consideraciones generales sobre el muestreo foliar.

El muestreo foliar debe realizarse a plena flor, en la parte media del cargador, tomando las hojas opuestas al racimo, colectando 80 a 100 pecíolos por cuartel a muestrear. Luego se procede a guardar la muestra claramente identificada, en un cartucho de papel con orificios para facilitar su desecación.

El análisis foliar debe complementarse con el análisis de suelo para lograr, al cabo de 3 o 4 años, un ajuste entre la fertilización que debe aplicarse para alcanzar un alto rendimiento. El análisis foliar debe hacerse durante por lo menos 4 años seguidos y el análisis de suelos cada 3 o 4 años.

El análisis foliar más recomendado en vides corresponde al análisis peciolar a plena flor, para lo cual existen estándares en diferentes países, como Sud Africa, Australia, USA, etc. El análisis de boro debe hacerse en la hoja. Además, se debe solicitar determinaciones de análisis de nitrógeno total, nítrico, fósforo, calcio, magnesio y micronutrientes.

En los cuadros 12 al 16 se muestran los estándares utilizados por el INIA para el diagnóstico foliar. El Hierro debe considerar el contenido de  $Fe^{++}$ , no  $Fe$  total. El contenido de  $Fe^{++}$  es mas adecuado para diagnosticar el sintoma de deficiencia de  $Fe$ , como se aprecia en el cuadro 12.

**Cuadro 12.**  $Fe$  total y  $Fe^{++}$  en hojas de vid con diferente grado de clorosis férrica.

Intensidad del síntoma	$Fe$ total (mg/Kg)	$Fe^{++}$ (mg/Kg)
Sin síntomas	135	40
Moderado	180	21
Severo	205	17

Fuente: Villaseca, 1992, citado por Ruíz, 2000.

En el **Cuadro 13** se presentan los rangos y categorías de nutrientes en pecíolos de vid, colectados a plena flor. Las relaciones entre las concentraciones peciolares de macronutrientes se presentan en el **Cuadro 14**.

**Cuadro 13.** Rangos y categorías de nutrientes minerales en pecíolos de vid en floración.

Elemento	Deficiente	Bajo	Marginal	Adecuado	Alto	Muy alto
Nitrógeno total (%)	<0,70	0,71-0,80	0,81 -0,85	0,86-1,1	1,2 - 1,5	> 1,5
Nitrógeno nítrico (ppm)	<300	301- 500	501-750	751-1200	1201-2400	>2500
Fósforo (%)	<0,15	0,15-0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	>0,50	-
Potasio (%)	< 0,79	0,8 - 0,99	1,0- 1,29	1,6 - 2,5	> 2,6	-
Calcio (%)	<0,5	0,6-0,8	0,81-1,10	1,11-2,0	>2,0	-
Magnesio (%)	<0,20	0,21-0,25	0,26-0,30	0,31-0,50	>0,50	-
Zinc (ppm)	<15	16-22	23-27	28-45	>50	-
Manganeso (ppm)	<18	19-22	23-30	31-50	>50	-
Cobre (ppm)	<3	4-6	7-9	10-25	>25	-
Boro (ppm)	<18	19-24	25-30	31-80	>80	-
Sodio (%)	-	-	-	-	0,3-0,5	>0,5
Cloro (%)	-	-	-	-	0,4-0,9	>0,9

Fuente : Elaborado a partir de estándares de Australia, California e información local del INIA.

Nota : Los valores considerados son para altos rendimientos. Mayores a 2.500 cajas/ha de fruta.

: Información no recomendada para Red Globe.

**Cuadro 14.** Equilibrio fisiológico foliar de la vid.

Relación óptima		
N	=	42
10P	=	37
K	=	21

Fuente: Barrantes y col. 1992.

En los **Cuadros 15 y 16** se presentan los contenidos mínimos de nutrientes al estado de pinta en hoja completa y los rangos y categorías de nitrógeno como reserva en sarmientos y raíces.

**Cuadro 15.** Contenidos mínimos de los principales nutrientes a pinta en hoja completa de vid.

Elemento	Valor mínimo (%)
Nitrógeno total	2,0
Fósforo	0,12
Potasio	0,80
Calcio	1,20
Magnesio	0,20

Fuente: Laboratorio Diagnóstico Foliar. Santiago

La reserva de N puede ser medida determinando el contenido de Arginina en raíces o sarmientos, y es usado como indicador de la productividad y vigor de los parrones. La Arginina es un aminoácido mediante el cual la vid acumula reservas de nitrógeno en las raíces y madera del año. La sensibilidad en raíces a resultado mayor que en sarmientos, por lo que se recomienda, a pesar de sus dificultades prácticas, el muestreo en raíces, en una época que puede variar entre julio y agosto, ya que estas reservas en raíces se movilizan más tarde hacia la parte aérea de la planta.

**Cuadro 16.** Categorías y niveles de Arginina en sarmientos y raíces (%).

Tejido	Deficiente	Bajo	Adecuado
Sarmientos	< 0,6-0,7	-	>0,7
Raíces	< 1,5-2,0	2,1-2,5	>2,5

Fuente: Ruíz, R. 2000. Nutrición mineral. En: Uva de mesa en Chile. INIA.

## 6. RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN PARA VIDES DE MESA, SEGÚN CONTENIDO DE N TOTAL DEL SUELO, DE PECÍOLOS Y DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO NÍTICO.

6.1.1. Cuadro 21. Fertilización nitrogenada según análisis de suelo y foliar.

1 Categorías según resultados de análisis en muestras de pecíolos de la hoja puesta al racimo en floración								
Contenido de N total en suelo (%)	Deficiente		Marginal		Adecuado		Alto a muy alto	
	N total (%)	N nítrico (ppm)	N total (%)	N nítrico (ppm)	N total (%)	N nítrico (ppm)	N total (%)	N nítrico (ppm)
	< 0,7	< 600	0,71-0,85	600-1.500	> 0,85	1.500-2.500	0,90-1,2	> 2.500
			0,71-0,95	< 600	0,90 - 1,2	600-1.500	> 1,2	600-1.500
					> 1,0	< 600		> 2.500
<b>Muy bajo</b> <0,05	Aplicar 70 kg N/ha entre 4 hojas a baya 10 mm, deteniendo la fertilización en pinta y 50 kg N/ha en poscosecha.		Aplicar 50 kg N/ha entre 4 hojas a baya 10 mm, deteniendo la fertilización en pinta y 40 kg N/ha en poscosecha.		Aplicar 45 kg N/ha entre 4 hojas a baya 10 mm, deteniendo la fertilización en pinta y 30 kg N/ha en poscosecha.		El bajo contenido de N en el suelo y alto nivel foliar sugiere una posible contaminación de la muestra por aplicaciones foliares. Las muestras tomadas después de aplicaciones foliares no son indicadores del verdadero nivel de nutrientes y sus resultados no permiten un diagnóstico eficiente.	
<b>Bajo</b> 0,06-0,10	Aplicar 50 kg N/ha entre 4 hojas a baya 10 mm, deteniendo la fertilización en pinta y 50 kg N/ha en poscosecha.		Aplicar 50 kg N/ha entre 4 hojas a baya 10 mm, deteniendo la fertilización en pinta y 30 kg N/ha en poscosecha.		Se deberá mantener el programa de aplicación, con dosis de 34 kg N/ha entre 4 hoja y baya de 10 mm, deteniendo la fertilización en pinta y 16 Kg N/ha en poscosecha. La utilización de abonos verdes de leguminosa puede mantener el uso reducido de fertilizantes nitrogenados y aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.		Podría deberse a una fertilización excesiva en el pasado y se deberá considerar disminuir la aplicación a 35 Kg N/ha. Revisar la paralización y época de aplicación, para reducir la tasa de aplicación de N. Monitorar vigor de las plantas. La utilización de abonos verdes de leguminosa puede mantener el uso reducido de fertilizantes nitrogenados y aumentar el nivel de materia orgánica.	
<b>Medio</b> 0,11-0,21	Aplicar 50 kg N/ha entre 4 hojas a baya 10 mm, deteniendo la fertilización en pinta y 50 kg N/ha en poscosecha.		Aplicar 50 kg N/ha entre 4 hojas a baya 10 mm, deteniendo la fertilización en pinta y 30 kg N/ha en poscosecha.		Se deberá mantener el programa de aplicación, con dosis de 34 kg N/ha entre 4 hoja y baya de 10 mm, deteniendo la fertilización en pinta y 16 Kg N/ha en poscosecha. La utilización de abonos verdes de leguminosa puede mantener el uso reducido de fertilizantes nitrogenados y aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.		La baja aplicación de N sugiere una posible contaminación de la muestra por aplicaciones foliares. Las muestras tomadas después de aplicaciones foliares no son indicadores del verdadero nivel de nutrientes y sus resultados no permiten un diagnóstico eficiente.	

(Continuación Cuadro 21)

<p><b>Alto</b> 0,21-0,40</p>	<p>Esta situación es muy poco probable, debido a la movilidad que presenta el N en el suelo. Aun con un estado de desarrollo radicular la absorción no se verá afectada mayormente, como si ocurre en el caso de P y K.</p>	<p>Se deberá mantener el programa de aplicación, con dosis de 20 kg N/ha entre 4 hoja y baya de 10 mm, deteniendo la fertilización en punta y 15 Kg N/ha en poscosecha, monitoreando el vigor de las plantas. Posiblemente se deberá incrementar las dosis de fertilización con P y K para mantener un adecuado balance de nutrientes. La utilización de abonos verdes de leguminosa puede mantener el uso reducido de fertilizantes nitrogenados y aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.</p>	<p>Podría deberse a una fertilización excesiva en el pasado y se deberá considerar disminuir la aplicación a cero, monitoreando rigurosamente el vigor de las plantas y posibles efectos negativos del exceso de nitrógeno. Los niveles foliares deberán ser monitoreados anualmente hasta conseguir su estabilización en niveles adecuados. La utilización de cubiertas vegetales de gramíneas en invierno puede disminuir la disponibilidad de N en primavera. Posiblemente se deberá incrementar también las dosis de fertilización con P y K para mantener un adecuado balance de nutrientes.</p>
<p><b>Muy alto</b> &gt; 0,40</p>	<p>Posible daño radicular y restricción al desarrollo de raíces. Situación muy poco probable.</p>	<p>El Alto suministro puede causar problemas por exceso, por lo que se puede esperar la aparición de desordenes fisiológicos asociados al exceso de N. Se sugiere no aplicar nitrógeno. En suelos con buen drenaje el N puede lixiviar y contaminar aguas subterráneas. Posiblemente se deberá incrementar las dosis de fertilización con P y K para mantener un adecuado balance de nutrientes. La utilización de cubiertas vegetales de gramíneas en invierno puede disminuir la disponibilidad de N en primavera.</p>	

### 6.1.2. Cuadro 22. Fertilización fosfatada según análisis de suelo y foliar para vides de mesa.

2. Categorías según análisis en muestras de peciolo de la hoja opuesta al racimo en floración		Adecuado (0,30-0,50%)	Alto a muy alto (>0,50)
Contenido de P en suelo	Deficiente (<0,5%)	Marginal (0,20-0,30%)	
<b>Muy bajo</b> <4 ppm	Se deberá realizar una fertilización de corrección con dosis de alrededor de 250 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha, localizada en bandas, preferentemente aplicada junto a una enmienda orgánica.	Si el análisis peciolar muestra una concentración adecuada de fósforo, las plantas tienen un buen suministro, desarrollo radicular y absorción de P. Por lo que se deberá continuar con el programa de mantenimiento de fertilización, monitoreando posibles cambios en la concentración de fósforo peciolar.	Si el análisis peciolar indica que la planta está recibiendo un sobresuministro de P, se deberá revisar el programa de fertilización. Disminuya la aplicación de P. Recomiende la aplicación de P cuando el monitoreo de las concentraciones foliares indiquen niveles adecuados según monitoreo. Esto también puede deberse a aplicaciones foliares de nutrientes que contengan P antes de floración, previo al muestreo foliar.
<b>Bajo</b> 5-10 ppm	Se recomienda la aplicación de 100 a 150 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha localizada en bandas, preferentemente aplicada junto a una enmienda orgánica.		Un alto suministro de P puede causar problemas en la absorción de zinc, por lo que deberá revisarse su concentración foliar.
<b>Medio</b> 11-25 ppm			
<b>Alto</b> 25-50 ppm			
<b>Muy alto</b> >50 ppm			

Esto puede deberse a dos razones principalmente. La contaminación de la muestra de suelo por aplicaciones recientes de P, o por restricciones a la absorción radicular. Esto último podría ser a causa de problemas sanitarios en la raíz (nematodos) o por degradación física de suelos (compactación). Por lo tanto se recomienda realizar análisis de nemátodos, observación de raíces en calicatas y Densidad aparente, además de la aplicación de fertilización en dosis de 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha de mantención localizada, vía fertirriego o en bandas, junto con enmiendas orgánicas o inorgánicas para mejorar la condición física del suelo.

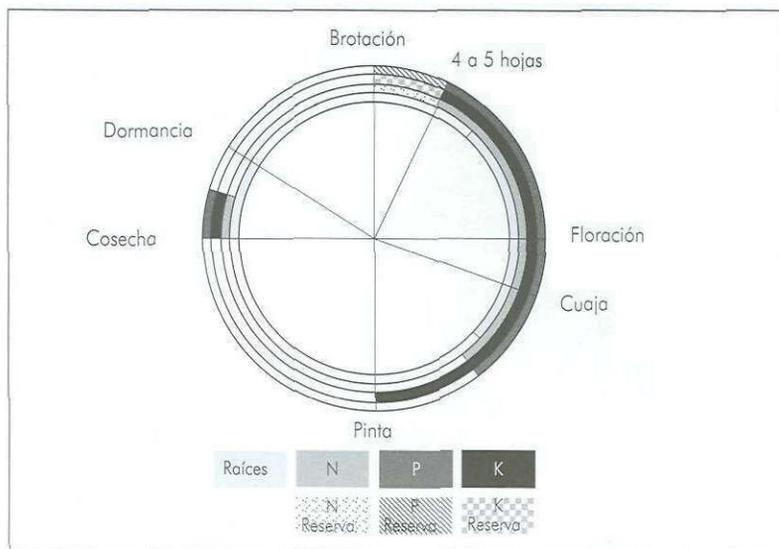
6.1.3. Cuadro 23. Recomendación de fertilización potásica según análisis de suelo y foliar para vides de mesa.

Contenido de K en el suelo (ver Cuadro 10 de categorías según textura)	3. Categorías según análisis en muestras de peciolas de la hoja opuesta al racimo en floración			
	Deficiente K (%) < 0,79	Bajo K (%) 0,8 - 0,99	Marginal K (%) 1,0 - 1,29	Adecuado K (%) 1,3 - 2,5
<b>Muy bajo</b>	<p>Aplicar dosis de corrección de 200 a 500 Kg K<sub>2</sub>O/ha en función de la textura. Esto indicaría que el complejo de intercambio del suelo se encuentra desaturado y la dosis a aplicar dependerá de la textura, siendo la dosis más alta adecuada para suelos arcillosos y la dosis más baja para suelos de textura más liviana. En suelos arenosos fertilizar con mayor frecuencia con dosis pequeñas.</p>			
<b>Bajo</b>	<p>Se recomienda aplicaciones de 100 a 300 kg K<sub>2</sub>O/ha, dependiendo del tipo de suelo.</p>			
<b>Adecuado Alto</b>	<p>Si el análisis peciolar muestra una concentración adecuada de K, las plantas tienen un buen suministro, desarrollo radicular y absorción. Se deberá monitorear posibles cambios en la concentración de K peciolar. Aplicar dosis de mantención entre 60 y 120 Kg K<sub>2</sub>O/ha, según rendimientos potenciales de 15 y 30 ton/ha, respectivamente.</p>			
<b>Muy alto</b>	<p>La concentración óptima dependerá de la carga frutal, es decir a mayor número de racimos por planta, posiblemente la concentración deberá ser más alta.</p>			
	<p>Si el análisis peciolar indica que la planta está recibiendo un sobresuministro de K, se deberá revisar el programa de fertilización. Disminuya la aplicación de K. Recomiende la aplicación de K cuando el monitoreo de las concentraciones foliares señalen niveles adecuados según monitoreo.</p>			
	<p>Un alto suministro de K puede causar problemas en la absorción de Mg y Ca, por lo que se deberá revisar su concentración foliar.</p>			
	<p>Esto puede deberse a restricciones a la absorción radicular, a causa de problemas sanitarios en la raíz (nematodos), degradación física de suelos (compactación), exceso de agua y baja temperatura de suelo por un largo período. Por lo tanto se recomienda realizar análisis de nemátodos, observación de raíces en calicatas, Densidad aparente, humedad del suelo, además de la frecuencia y criterio de riego. Además de la aplicación de fertilización en dosis de 60 kg K<sub>2</sub>O/ha de mantención localizada vía fertirriego. Aplicaciones de enmiendas orgánicas o inorgánicas para mejorar la condición física del suelo y una adecuada tasa de riego son claves para mejorar la absorción de potasio.</p>			

## 6.2. Épocas de aplicación de fertilizantes

Las épocas de aplicación de fertilizantes se definen en función de los estados fenológicos y de las reservas de nutrientes en raíces, troncos y sarmientos. En la **Figura 6** se proponen épocas de aplicación para nitrógeno, fósforo y potasio.

Fig. 6. Épocas de aplicación de fertilizantes según la fenología de la planta.



Fuente: Adaptado de Goldspink, B. 1998. Nitrógeno y Viticultura.

**6.2.1. Nitrógeno.** La fertilización nitrogenada debería iniciarse con 4 a 5 hojas expandidas, ya que hasta ese momento la planta a removilizado gran parte del nitrógeno de reserva. En adelante, el crecimiento de brotes y de las yemas fructíferas dependerá básicamente del suministro del suelo más la fertilización que deberá ser aplicada.

**6.2.2. Fósforo.** Lo más eficiente es sincronizar la aplicación con la época de crecimiento activo de raíces, ya que el fósforo se absorbe mayoritariamente por contacto directo y/o difusión a muy corta distancia.

**6.2.3. Potasio.** Tomando en consideración que el grueso de la demanda de potasio de la fruta está entre cuaja y pinta, es muy importante contar con un adecuado suministro en esta época.

## 6.2.4. Programa de aplicación de N, P y K

En el **Cuadro 17** se exponen las parcializaciones recomendadas para nitrógeno, fósforo y potasio.

Cuadro 17. Programa de aplicación de N, P y K, según diferentes estados de crecimiento de la vid.

Estado de crecimiento	Duración (días)	N %	P %	K %
Con 4 hojas hasta inicio floración	45	20	20	10
Floración	15	18	15	10
Fin de floración hasta baya 5 mm	30	12	15	25
Baya 5 mm a 10 mm	20	10	20	25
10 mm a pinta	15	0	0	15
Pinta a cosecha	35	0	0	0
Postcosecha	50	40	30	15

Fuente: Adaptado de Conradie, 2000.

## 6.3. Fuentes Fertilizantes

### 6.3.1. Fuentes nitrogenadas

Silva y Rodríguez (1995) señalan que los fertilizantes nitrogenados se pueden clasificar de acuerdo a su composición química en: Amídicos (urea), Amoniacales (Sulfato de amonio), Nítricos (Nitrato de calcio, de sodio, de sodio-potasio, de potasio), y Nitroamonicales (nitrato de amonio).

Ruíz (2000) aconseja una estrategia que evite las formas de N amoniacal exclusivas, al menos durante la época primaveral, hasta la post cuaja (bayas de 6 a 8 mm). Cualquier incremento del amonio por la vía de absorción radicular se suma a las reducidas a amonio metabólicamente por la planta, aumentando el riesgo de problemas.

En el **Cuadro 18** se presentan las principales ventajas y desventajas de la aplicación de las distintas fuentes de nitrógeno mencionadas.

**Cuadro 18.** Ventajas y desventajas según fuente de fertilizantes nitrogenados.

Fertilizante	N (%)	Ventajas	Desventajas
Urea	46	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto contenido de N</li> <li>- Bajo costo</li> <li>- Efecto acidificante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La hidrólisis de la urea genera una fuerte variación del pH del suelo, incrementándose inicialmente para luego bajar bruscamente. La intensidad de esta variación dependerá de la suma de bases, presencia de <math>\text{CaCO}_3</math> y temperatura.</li> <li>- Potencial acumulación de amonio en el suelo y en la planta.</li> <li>- Esta acumulación de amonio afecta la absorción de cationes, especialmente potasio.</li> <li>- Potenciales pérdidas por volatilización.</li> </ul>
Sulfato de amonio	21	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efecto acidificante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja concentración de N.</li> </ul>
Nitrato de amonio	33,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aporta N nítrico de rápida asimilación y N amoniacal de más lento aprovechamiento.</li> <li>- Efecto moderadamente acidificante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo mayor de la unidad de N.</li> </ul>
Nitrato de calcio	15,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectividad inmediata</li> <li>- Sinergismo nitrógeno-calicio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja concentración de N</li> <li>- Alta higroscopicidad.</li> <li>- Incompatibilidad con fertilizantes que contengan sulfatos o fosfatos.</li> </ul>
Nitrato de potasio	13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectividad inmediata</li> <li>- Sinergismo nitrógeno-potasio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja concentración de N</li> </ul>

### 6.3.2. Fuentes Fosfatadas

Los fertilizantes fosforados más utilizados en el país son: el superfosfato normal, superfosfato triple, fosfato diamónico, fosfato monoamónico y la roca fosfórica, todos solubles en agua a excepción de la última fuente que es soluble en citrato de amonio (Silva y Rodríguez, 1995).

De las fuentes mencionadas, dos son apropiadas para suelos de pH neutro a alcalino: fosfato monoamónico y ácido fosfórico, este último de uso en riego localizado. En suelos sin carbonato de calcio el superfosfato triple puede ser usado sin problemas.

En el **Cuadro 19** se presentan las principales ventajas y desventajas de la aplicación de las distintas fuentes fosfatadas mencionadas.

Cuadro 19. Ventajas y desventajas según fuente de fertilizantes fosfatados.

Fertilizante	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Ventajas	Desventajas
Superfosfato triple	46	- Alta concentración de P.	- No recomendado para fertirrigación. - No recomendable en suelos calcáreos.
Fosfato diamónico	46	- Sinergismo nitrógeno (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )-fósforo.	- Posible formación de nitritos.
Fosfato monoamónico	50	- Sinergismo nitrógeno (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )-fósforo. - Mejor comportamiento en suelos calcáreos.	- Posible formación de nitritos.
Ácido fosfórico	85	- Facilidad de uso en fertirrigación. - Destapa obturaciones de goteros.	- Riesgo en su manipulación.

### 6.3.2. Fuentes Potásicas

Los fertilizantes potásicos poseen diferentes grados de solubilidad en el agua de riego y en el suelo, su solubilidad en orden decreciente es: Cloruro de potasio, nitrato de potasio, salitre potásico, sulfato de potasio y sulfato de potasio y magnesio.

Existen tres fuentes principales de potasio para corregir una eventual deficiencia: KNO<sub>3</sub>, KSO<sub>4</sub> y KCl. Todas estas fuentes presentan efectos positivos en calibre de bayas y peso del racimo, pero el KCl debido al alto contenido de Cl, puede ser tóxico en vides a concentraciones mayores de 1%. Debe ser usado solamente si la condición de suelo

es permeable, de manera que no se produzca acumulación de cloruros en el suelo y en la planta.

El sulfato de K y Mg puede ser usado en suelos con baja suma de bases, donde la aplicación de potasio puede inducir problemas de Mg (Silva y Rodríguez, 1999).

El nitrato de potasio es un buen fertilizante, con una adecuada relación N-K. (Silva y Rodríguez, 1995) y alta solubilidad.

En el **Cuadro 20** se presentan las principales ventajas y desventajas de la aplicación de las distintas fuentes potásicas mencionadas.

Cuadro 20. Ventajas y desventajas según fuente de fertilizantes potásicos.

Fertilizante	K <sub>2</sub> O (%)	Ventajas	Desventajas
Cloruro de potasio	60	- Bajo costo. - Alta concentración de K	- Alta concentración de Cl (30%)
Cristazul (sulfato de potasio)	50	- Alta solubilidad y concentración.	- Mayor costo - Incompatibilidad con otros fertilizantes que contengan calcio.
Solupotasse	50	- Alta solubilidad y concentración. - Efecto acidificante debido a que prácticamente la mitad del contenido de S (18%) es anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ), por lo que es recomendado para suelos calcáreos.	- Mayor costo - Incompatibilidad con otros fertilizantes que contengan calcio.
Nitrato de potasio	44	- Efectividad inmediata. - Sinergismo nitrógeno-potasio.	- No presenta desventajas relevantes
Sulfato de potasio y magnesio	22	- Mejora el balance de potasio y magnesio en suelos con baja suma de bases.	- No recomendado para fertirrigación.

## 7. ANÁLISIS DE SUELO Y PLANTA RECOMENDADOS PARA MEJORAR EL DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD EN VIDES

### 7.1. Análisis físicos de suelos

- Profundidad
- Textura al tacto o granulometría (Bouyoucos) por horizontes.
- Densidad aparente
- Constantes Hídricas (Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente).

### 7.2. Análisis químico de suelos

El análisis químico deberá incluir los siguientes parámetros:

- Nitrógeno total
- Fósforo disponible
- Materia orgánica
- Bases intercambiables: Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio
- pH
- Conductividad eléctrica
- Índice de  $\text{Ca CO}_3$

Con esta información es posible calcular: Suma de bases, Relación Ca/Mg, Relación  $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$ , Saturación de Potasio y Relación C/N.

### 7.3. Análisis biológico de suelo

- Nemátodos
- Actividad de raíces

### 7.4. Análisis de la planta

- Variedad y edad de la plantación
- Análisis peciolar a plena flor por variedad
- Contenido de arginina en raíces.
- Rendimiento de los últimos 3 años
- Marco de plantación
- Vigor de las plantas, cubrimiento de canopia

### **7.5. Manejo histórico de fertilización de suelos (últimos 3 años).**

- Dosis N, P, K
- Fuente de los fertilizantes
- Épocas de aplicación
- Cultivo anterior (para parrones nuevos de 2 o 3 años)

## 8. LITERATURA CONSULTADA

1. **Aguilera, S.; Borie, G.; Rouanet, J y Peirano, P.** 1998. Evaluación del carbono orgánico y bioactividad en un andisol sometido a distintos manejos agronómicos. *Agricultura Técnica*. Chile. 58(1): 32-46 p.
2. **Bhango, M.; Day, K.; Sudanagunta, V.; Petrucci, V.** 1988. Application of Poultry Manure Influences in Thompson Seedless Grape Producción and Soil Properties. California State University. *Hort Science* 23 (6): 1010-1012.
3. **Bañados, M.** 2000. Influencia de la nutrición nitrógenada sobre la calidad de la uva de mesa. En: *Calidad y condición de llegada a los mercados extranjeros de la uva de mesa de exportación chilena*. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 99-110 p.
4. **Barrantes, F.; Falero, B.; González, M.; García, J.; Pérez, M.; Cuenda, J.** 1992. Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego, Consejo de abonado (Normas básicas). Junta de Extremadura. Mundi-Prensa. Madrid. España. 280 p.
5. **Barceló, J.; Nicolás, R.; Sabater, B.; y Sánchez, R.** 1992. Nutrición mineral. En: *Fisiología Vegetal*. Sexta edición. Ediciones Pirámide. Madrid. España. 162 p.
6. **Brown P. H. Y Hu H.** 1998 Boron Mobility and Consequent Management in different Crops. *Better Crops Vol. 82 N 2*. University of California, Davis.
7. **Buckman, H y Brady, N.** 1993. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Quinta edición. Limusa. México. 590 p.
8. **Cadahia, C.** 1998. *Fertirrigación: Cultivos hortícolas y ornamentales*. Mundi-Prensa. Barcelona. España. 475 p.
9. **Carrasco, M.; Opazo, J.; Peralta, I.; Vera, L.** 1992. Retención de fósforo en suelos de zonas semiáridas. *Agricultura Técnica*. Chile. 52(4): 411-415 p.
10. **Conradie, 2000.** Obtención de óptima producción y alta calidad de uva vinífera y de mesa mediante la nutrición a través de fertirriego En 1er Seminario Internacional de Fertirriego. SQM. Santiago. Chile. 1- 19 p.
11. **Cumming, G. A.** (1965) Plant and Soils effects of potassium and magnesium fertilization of Elberta peach trees. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 86 :141-147.
12. **Domínguez, A.** 1997. *Tratado de Fertilización*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 613 páginas.
13. **Fassbender, H.** 1975. *Química de suelos*. IICA. Turrialba. Costa Rica. 398 p.
14. **Finck, A.** 1988. *Fertilización y Fertilizantes* Reverte, S. A. Barcelona, España. 215 pg
15. **Goldspink, B.** 1997. *Fertilisers for wine grapes. An information package to promote efficient fertiliser practices*. Agriculture Western Australia. 2nd Edition.

16. **Goldspink, B.** 1998. Nitrogen in Viticulture, A paper aimed at promoting the efficient use of nitrogenous fertiliser in vineyards. Chief Executive Officer Western Australian Department of Agriculture. Agriculture Western Australia.
17. **Havlin J. K. ;Beaton J.D. , Tisdale S. L. , Nelson W. L.** (1999) *En Soils Fertility and Fertilizers*. Prentice Hall.
18. **Ingels, C.; Klonsky, K.** 1998. Historical and Current Uses. In: *Cover Cropping in Vineyard, a Grower's Handbook*. Ed: Chuck A. Ingels, Robert L. Bugg, Glenn T. McGourty, Peter Christensen. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3338. 3-25 p.
19. **Ibacache, A. y Lobato, A.** 1995. Períodos de crecimiento de raíces en vid. *Revista Frutícola* 16(1):23-26.
20. **Kononova, M.** 1982. *Materia orgánica del suelo: su naturaleza propiedades y métodos de investigación*. Primera edición. Oikos-Tau. S.A. Barcelona. España.
21. **Letey, J.** 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*. Springer-Verlag New Yprk, Inc. Volume 1, 277-294.
22. **Levy, G.; Sumner, M.** 1998. Mined and By-Product Gypsum as Soil Amendments and Conditioners. In: *Handbook of Soil Conditioners. Substances that enhance the properties of soil*. Arthur Wallace and Richard Terry. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. 187-216 p.
23. **Matus, F. y Rodríguez S. J.,** 1989. Modelo simple para estimar el suministro de nitrógeno en el suelo. *Ciencia e Investigación Agraria*. 16 (1-2): 33-46 p.
24. **Marschner, H.** 1986. *Mineral nutrition in higher plants*. Institute of plant nutrition University of Federal Republic of Germany. Academic Press Inc. (London) LTD. United States Edition. Orlando. Florida. 674 p.
25. **Mengel K.; Kirby E. A.** 1980. Potassium in crop production. *Advances in Agronomy*. Academic Press, Inc. Vol. 33: 59-110.
26. **Novoa, R.; Villaseca, S.; Del Canto, P.; Rounet, J.; Sierra, C. y Del Pozo, A.** 1989. *Mapa Agroclimático de Chile*. INIA. Ministerio de Agricultura. Santiago. 221 p.
27. **Oster, J.; Singer, M.; Fulton, A.; Richardson, W.; Prichar, T.** 1992. Water penetration problems in California soils, prevention, diagnoses and solutions. *Kearney Foundation of Soil Science*. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. 166 p.
28. **Pearson, R. y Gohhen, A.** 1996. *Plagas y enfermedades de la vid*. Mundi-Prensa. Madrid. España. 3-5 p.
29. **Porta, J; Roquero, C.** 1994. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. Madrid. España. 807 p.

30. **Righetti T.; Wilder K. y Cumming G. A.** (1990) Plant analysis as an aid in fertilizing orchards. In Soil Testing and Plant Analysis 3era Edicion Soil Science Society of America Book series N 3.
31. **Rodríguez, S. J.** 1993. La fertilización de los cultivos un Método racional. Departamento de Ciencias Vegetales. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile.
32. **Rojas, W. C.** 1992. Estimación del nitrógeno disponible y nitrógeno orgánico en suelos chilenos. Agricultura Técnica. Chile. 52(4): 398-402 p.
33. **Ruíz, S. R.** 1993. Nutrición potásica en relación a calidad de fruta, desórdenes fisiológicos y diagnóstico de deficiencia en vides de mesa: 223-243. En: Seminario «Avances recientes en nutrición de plantas frutales y vides». Departamento de Fruticultura y Enología. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile.
34. **Ruíz, R.** 2000. Nutrición Mineral. En: Uva de mesa en Chile. Instituto de investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Ed: Jorge Valenzuela. 338 p.
35. **Ruíz, R.; Ferreyra, R.; Contreras, G.; Sellés, G. y Ahumada, R.** 1999. Manejo de suelos en parronales. La compactación de los suelos agrícolas. Origen, efectos, prevención y corrección. En: [www.chileriego.cl/biblio/parronales.doc](http://www.chileriego.cl/biblio/parronales.doc). Acceso: agosto de 2001.
36. **Ruíz, R.; Massa, M.** 1991. Respuesta al nitrógeno y extracción de nutrientes en parronales de uva de mesa sultanina del Valle de Aconcagua. Agricultura Técnica. Chile. 51(1): 30-41 p.
37. **Saña, J.; Carles, J.; Cohí, A.** 1996. La gestión de la fertilidad de los suelos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. España. 277 p.
38. **Scow, K.; Werner, M.** 1998. Soil Ecology. In: Cover Cropping in Vineyard, a Grower's Handbook. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3338. 69-78 p.
39. **Silva, E. H.; Honorato P. R.; Bonomelli, C.** 1991. Crecimiento radical y desarrollo de la vid. Variedad Thompson seedless. Revista Aconex (Chile), N°34. 14-21 p
40. **Silva, H.; Gil, G.; y Rodríguez, J.** 1986. Desequilibrios nutricionales en vid de mesa. Revista Aconex (Chile), N° 13, páginas 28-31.
41. **Silva, H y Rodríguez, J.** 1993. Dinámica del nitrógeno: suministro del nitrógeno. Seminario: Avances recientes en nutrición de plantas frutales y vides. Facultad de agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Ciencias Vegetales. Santiago. Chile. 1-12 p.
42. **Silva, H y Rodríguez S. J.** 1995. Fertilización de las plantas frutales. Facultad de agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Ciencias Vegetales. Santiago. Chile. 519 P.

43. **Thompson, L y Troeh, F.** 1982. Los suelos y su fertilidad. Cuarta edición. Ed. Reverté. España. 648 p.
44. **Tisdale, S. y Nelson, W.** 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Limusa, México. 760 páginas.
45. **Tosso, J. Y Ferreyra, E.** 1988. Riego por goteo en uva de mesa, parte uno: Fertilización. IPA La Platina. Chile. 46: 42-45.
46. **Valdés, A.** 1987. El potasio en el suelo. Revista Aconex 16: 13-16.
47. **Vang-Peterson, O** (1980) Calcium, potassium and magnesium nutrition and their interactions in Cox's orange apple trees. Sci. Hortic. (Canterbury England) 12 :153-161.
48. **Wolkowski, R.** 1990. Relationship between wheel traffic induced soil compaction, nutrient availability, and crop growth: review. Journal of Production Agriculture. USA. 3(4): 460-469 p.