

11

Manejo nutricional

Rodrigo Callejas, Adriana Bermejillo (*), Érika Kania,
Gabino Reginato, Miguel Ojer, Exequiel Redondo

En el complejo sistema que es el manejo de los montes frutales, donde intervienen distintas labores, como poda, raleo de frutos, uso de reguladores de crecimiento, control del vigor, promoción de ramificación, etc., el productor, tiende, en general, a pensar que la nutrición es una de las más simples y de fácil definición, sobre todo porque lo que hace tradicionalmente funciona más o menos bien, a juzgar por los números resultantes del análisis foliar.

Sin embargo, en la práctica no todo es tan claro y sencillo, existiendo puntos críticos que dificultan la implementación de un programa que integre el óptimo productivo, económico y de cuidado del medio ambiente. Anualmente, los productores deben definir el programa nutricional para su finca y considerar el costo de esta labor en el presupuesto anual de producción dado el progresivo aumento de la participación de la nutrición en el costo productivo, estimado de 7 a 15% entre 2000 y 2010 (referencia tomada de la empresa con mayor superficie con duraznos para industria en Mendoza), y la necesidad de ser más eficiente en el uso de los recursos, por las actuales condiciones productivas, caracterizadas por:

a. Alto costo de la mano de obra y con tendencia al aumento, lo que impacta especialmente

al manejo tradicional y sus utilidades, requiriéndose innovación en mecanización de muchas de las labores agrícolas.

- b. Incremento sustancial en los costos de los fertilizantes, dado el impacto del precio del petróleo en la producción y transporte de los mismos.
- c. Aumento de las exigencias internacionales, que obligan a la implementación de una fertilización responsable con el medio ambiente, destinada a disminuir principalmente la contaminación de los suelos y aguas subterráneas.
- d. Mayores costos por certificaciones de calidad y buenas prácticas agrícolas en los procesos productivos.

En este escenario, la motivación a realizar un óptimo programa de fertilización es cada vez mayor, más si se considera la diversidad en los tipos de suelos en los tres oasis de producción, las marcadas diferencias en los rendimientos que se logran en ellos, y la disímil tecnología con que se aborda esta práctica en el conjunto de los productores. Así, mientras algunas empresas utilizan, desde principios de la década del noventa, el análisis secuencial, otras sólo toman una muestra de análisis foliar en el ciclo; también existen aquellos que estiman su fertilización en forma absolutamente empírica.

* abermejillo@fca.uncu.edu.ar

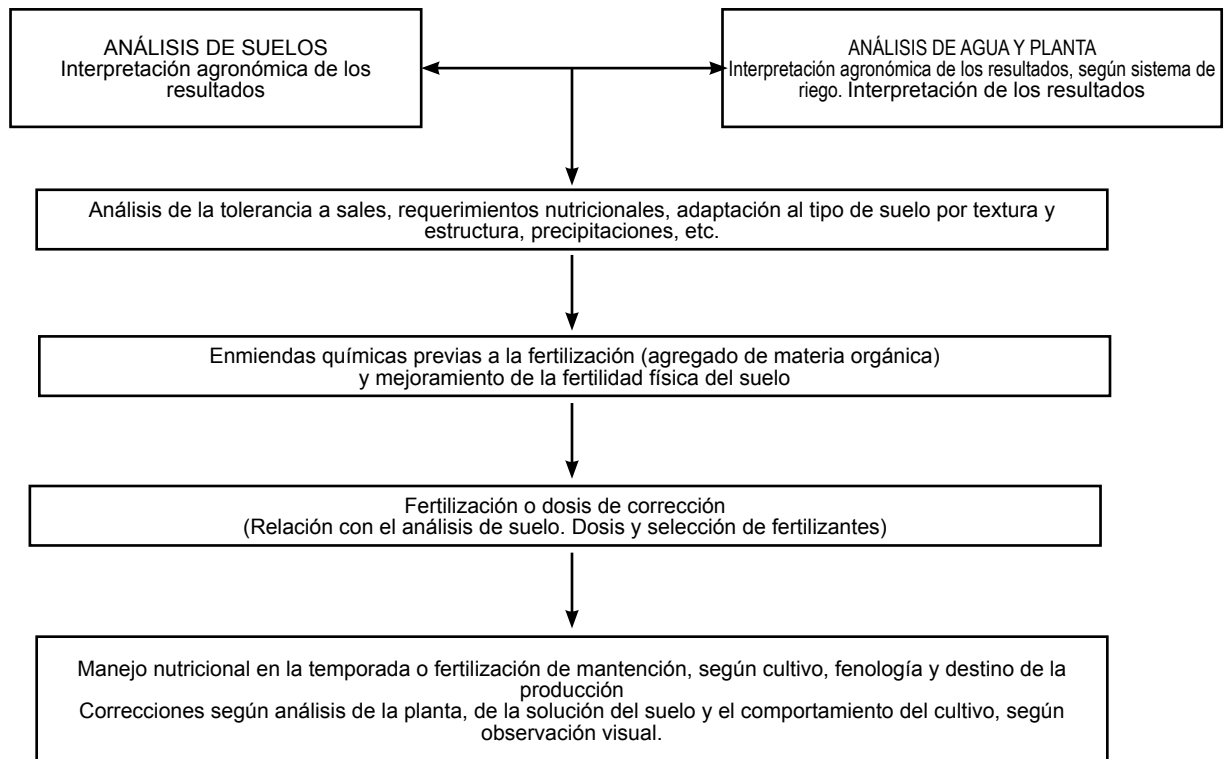
Transversal a estas diferencias entre oasis y productores, la situación común a toda la provincia es la existencia de suelos de pH alcalino, dado por el origen de éstos y las condiciones climáticas de Mendoza, predominando suelos con pH entre 7,5 y 8,2 lo que en muchos casos condiciona la disponibilidad y facilidad de absorción de nutrientes, en especial el fósforo, hierro, cinc y otros micronutrientes. El duraznero se desarrolla en forma óptima en el rango de pH entre 6,0 a 7,5; por encima o debajo de este rango, la absorción de nutrientes y el crecimiento de la planta pueden verse afectados.

En este capítulo se analizan los factores necesarios para definir un sistema de manejo nutricional, se presentan propuestas para la corrección de carencias en el suelo y se orienta el diseño de un programa nutricional, con énfasis

en la dosis y época de aplicación. Finalmente, se presentan los métodos de diagnóstico e interpretación más usados y se formula una estrategia de mejora en el manejo nutricional para los distintos niveles tecnológicos de los productores.

DEFINICIÓN DE UN PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN

Para realizar un óptimo manejo nutricional de un monte de durazneros, desde antes de su implantación, se deben realizar análisis de suelo y agua de riego. Una vez en producción, debe testearse la evolución de los contenidos de nutrientes en el suelo y en la planta (análisis foliares) y llevar registro de las producciones obtenidas en cada temporada. Este procedimiento se puede observar en la figura 1, en forma simplificada.



Fuente: Adaptado de Cadahía López (1998).

Figura 1. Proceso para decidir la fertilización anual de un monte frutal.

Antes de determinar la dosis de fertilización para un monte de durazneros es importante evaluar dos aspectos fundamentales: la fertilidad física del suelo y el manejo del riego. De no encontrarse en sus óptimos, afectarán el desarrollo del árbol, de tal manera que la fertilización tendrá muy poco efecto sobre el rendimiento y la calidad de la fruta.

Condiciones físicas del suelo

La calidad de un suelo para el crecimiento del duraznero depende de las condiciones físicas del suelo, también llamada “fertilidad física”, en la cual uno de sus componentes principales es la resistencia mecánica de los suelos o grado de compactación (ver Capítulo 5). Aun con una excelente preparación de suelo en la etapa de preplantación, los suelos van perdiendo su fertilidad física, generando problemas a nivel de planta, lo que repercute directamente en los rendimientos y sobre todo en los costos de producción, pues muchos productores invierten en soluciones de dudoso éxito, tales como, mayor cantidad de fertilizantes, uso de bioestimulantes, nematicidas, mejoradores de suelo, calcio, etc., en vez de atacar el problema base, que se relaciona con la pérdida de las óptimas condiciones físicas. Nolting (1976), en manzanos y perales, en el Alto Valle de Río Negro, demostró la fuerte incidencia de la compactación de los suelos sobre el crecimiento y la distribución del sistema radical. Un reciente diagnóstico a productores de durazneros en Chile ratifica aquellos resultados y ha permitido determinar que la presencia de raíces y, en parte, la producción se relacionan negativamente con la compactación del suelo.

Al respecto, diversos estudios han determinado un impacto negativo de la compactación del suelo sobre el desarrollo del sistema radical (foto 1), afectando indirectamente la absorción de nutrientes y la disponibilidad de agua, a través de cambios fisiológicos y metabólicos fundamentales en el desarrollo de las raíces y la parte aérea del árbol. Según Bennie (1996), los efectos detrimen-

tales de la mayor resistencia mecánica sobre el crecimiento de la planta se pueden verificar como:

- a. Disminución de la materia seca de la parte aérea en varias especies.
- b. Reducción en la absorción de nutrientes, principalmente fósforo y potasio, por ser poco móviles en el suelo, pero también de calcio, nitratos y microelementos, como hierro, manganeso y cinc.
- c. Disminución de la tasa de transpiración, debido a una menor densidad y largo de raíces y, en consecuencia, menor agua disponible para la planta.
- d. Reducción de la producción, por incremento del estrés hídrico y nutricional.
- e. Incremento de ataques de enfermedades o parásitos, por confinamiento de las raíces a un menor volumen de suelo.

Por lo tanto, antes de optimizar un programa de fertilización, para que el árbol frutal desarrolle todo su potencial, es importante hacer todos los esfuerzos para disponer de un suelo suelto, no compactado. Esta situación es especialmente importante en suelos de los oasis noreste y sur, que presentan mayor proporción de arcilla, limo y arena fina que los del Valle de Uco.

Manejo del riego

Una vez solucionado el problema de la compactación, el criterio de riego empleado en un monte frutal pasa a ser el principal factor que afectará la respuesta del cultivo al programa de fertilización utilizado. El productor debe asegurar un uso eficiente y racional del agua de riego, para lo cual es fundamental que permanentemente se pregunte ¿cuándo, cuánto y cómo regar?, lo que se trata en el Capítulo 10. Así, el riego inadecuado, ya sea por exceso o por déficit, afectará en forma importante el resultado de la fertilización. El riego en exceso provoca disminución de la disponibilidad de oxígeno en el suelo, lo que se traduce en una menor cantidad y calidad de raíces (foto 2),

cierre de estomas, inhibición de la fotosíntesis y del transporte de hidratos de carbono; además se produce percolación profunda y lavado de fertilizantes. El déficit causa menor crecimiento de raíces y muerte de ellas, cierre de estomas y menor transporte de nutrientes, con una inhibición del desarrollo de la planta.

Aspectos prácticos para la implementación de un programa

Una vez solucionados los problemas de compactación y de riego, se debe enfrentar la tarea de diseñar el programa de fertilización. Para ello, la observación permanente de los árboles en el campo es irremplazable (vigor, tamaño de hoja, crecimiento de la fruta, desarrollo de color, etc.), lo que debe ser complementado con la cuantificación de algunas variables del cultivo, como por ejemplo, intensidad de poda, carga inicial de frutos, intensidad de raleo, producción, distribución de calibres, etc. Sin embargo, hay que evitar que la observación de la sintomatología visual se transforme en

la única herramienta de diagnóstico para evaluar programas de fertilización o como indicador de los cambios anuales que hay que realizar.

La estrategia debe consistir, en una primera instancia, en la realización de análisis de suelo y agua de riego, corregir los niveles de nutrientes en el suelo y, finalmente, estructurar el programa anual en función de la producción de fruta deseada. En este punto, el productor debe poner énfasis en la diferencia de productividad entre las variedades, tema que se trata en los Capítulos 8 y 9. Todo esto debe ser complementado con el análisis foliar tradicional o de acuerdo con las proposiciones que se consignan más adelante.

La primera guía es la analítica del agua de riego, por medio de la comparación de los valores de laboratorio con estándares publicados (tabla 1), lo que permite detectar probables déficits, excesos, desbalances, antagonismos, problemas específicos, etc.

Tabla 1. Interpretación del análisis de agua para riego.

Parámetro analizado	Valor adecuado	Intervalo con toxicidad en aumento	Valor perjudicial
Conductividad eléctrica (CE), dS/m	< 0,75	0,75 – 3,0	>3,0
Relación de absorción de sodio (RAS)	< 3,0	3,0 – 9,0	>9,0
Sólidos totales disueltos (TDS), mg/L	< 600	600 – 2000	>2000
Na, mg/L	< 115	115 – 345	>345
Ca ²⁺ , mg/L	< 200	200 – 2000	>2000
Mg ²⁺ , mg/L	< 200	200 – 2000	>2000
Cl, mg/L	< 142	142 – 355	>355
B, mg/L	< 0,5	0,5 – 2,0	>2,0
NO ₃ ⁻ o NH ₄ ⁺ , N, mg/L	< 5,0	5,0 – 30,0	>30,0
HCO ₃ ⁻ , mg/L	< 90	90 – 250	>250
Carbonato sódico residual meq/L	< 1,25	1,25 – 2,0	>2,0
SO ₄ ²⁻ , mg/L	< 960	960 – 1440	>1440
Cu, mg/L	S/D	0,2	S/D

Fuente: Hírzal (2008), adaptado de Fernández-Escobar (1988) y Cadahía (2000).

Normalmente, los problemas más evidentes en la agricultura son los que provocan las aguas de riego con altas concentraciones de algunos elementos, tales como sodio, cloro, boro, generando toxicidades e importantes desbalances en las plantas. Comentarios adicionales merecen algunos valores que pueden arrojar los análisis de agua.

Conductividad eléctrica (CE)

Si los valores son muy bajos, el agua tendrá una baja carga de sales solubles, por lo que es factible que se generen problemas de infiltración. Sin embargo, los problemas más frecuentes en Mendoza son aguas con alta CE, aunque muchas veces esos valores elevados están asociados a altas concentraciones de sales de mediana solubilidad, tales como sulfato de calcio, carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio.

En consecuencia, según Wainstein (1969), la conductividad eléctrica efectiva (CEE) es menor y se reducen los problemas de salinidad. Por ello, hay que establecer correctamente los requerimientos de lixiviación para resguardar los problemas de salinización del suelo.

En lo que se refiere al peligro salino, en general, las aguas de Mendoza se ubican en las categorías C2-C4, de la clasificación de Wainstein, que corresponde desde levemente salina a moderadamente salina; en menor grado C5, francamente salinas (Capítulo 5, tabla 6, pág. 51)

Calcio

En general, los niveles son muy altos, lo que en muchos casos puede afectar la óptima relación que debe existir con el magnesio e inclusive con el potasio.

Sulfatos

La presencia de aguas con alto contenido de sulfatos es usual, lo que disminuye el riesgo de exceso de sodio y su consecuente peligro de suelos sódicos.

Sodio

En cuanto a su peligro sódico, las aguas de Mendoza son mayoritariamente de bajo riesgo sódico, generalmente clasificadas como S1 según Riverside.

Cloruros

Muchas veces los contenidos de este anión condicionan la posibilidad de utilizar esta agua para el riego de durazneros.

Boro

Aguas con altos contenidos de este nutriente se localizan en la zona norte del Departamento de Lavalle, donde el cultivo de duraznos para industria no está difundido.

Nitratos

Los niveles de nitratos deben ser cuantificados por el aporte de nitrógeno en función del agua de riego utilizada. En Mendoza no es usual la problemática de aguas con alto contenido de nitratos.

Una vez caracterizada el agua de riego, se debe realizar el diagnóstico de nutrientes a nivel de suelo (tabla 2, pág. 140). Algunos de los puntos importantes a tener en cuenta al tomar la muestra de suelo son los siguientes:

- a. Debe considerarse la profundidad de arraigamiento de los árboles y, en la mayoría de los casos, resulta conveniente tomar más de una muestra, a diferentes profundidades, sobre todo cuando se presentan diferentes horizontes en el perfil.
- b. Debe cuantificarse la presencia de piedras que deben ser restadas del volumen de suelo efectivamente considerado como fuente nutricional. Esta situación es habitual en suelos del piedemonte correspondientes al Valle de Uco y también en propiedades del Distrito de Agrelo, en Luján.

Tabla 2. Características químicas adecuadas de un suelo destinado a la fruticultura.

Elemento o variable analizada	Unidad de medida	Franco arenosa a franco limo arenosa	Franco limosa a franco arcillosa
Materia orgánica	%	>1,5	>1,5
pH (agua 1:2,5)	--	6,2-7,0	5,8-6,8
Conductividad eléctrica, CE	dS/m	<1,5	<1,5
Capacidad de intercambio catiónico, CIC	cmol(+)/kg	8-15	15-30
N inorgánico	mg/kg	15-30	20-40
P Olsen	mg/kg	>15	>20
K intercambiable	cmol(+)/kg	0,3-0,5	0,4-0,6
Ca intercambiable	cmol(+)/kg	7-10	8-12
Mg intercambiable	cmol(+)/kg	1,0-1,5	1,2-2,0
Na intercambiable	cmol(+) kg ⁻¹	0,03-0,3	0,05-0,6
Suma de bases	cmol(+)/kg	>8	>10
Relación Ca sobre la CIC	%	60-65	55-65
Relación Mg sobre la CIC	%	12-15	10-15
Relación K sobre la CIC	%	2-3	3-4
Azufre	mg/kg	>8	>10
Hierro	mg/kg	2-4	2-10
Manganeso	mg/kg	1-2	2-5
Zinc	mg/kg	0,8-1,5	1-2
Cobre	mg/kg	0,5-1	0,5-1
Boro	mg/kg	0,8-1,5	1-2

Fuente:(Hirzel, 2008). Métodos según Sadzawka et al. 2006).

Debido a la elevada tasa de mineralización de la materia orgánica, que se produce bajo las condiciones climáticas de Mendoza, el contenido de nitrógeno se expresa como “N total”, considerando que este dato es representativo de la fertilidad nitrogenada. Su contenido se pondera según la siguiente escala: menor a 400 ppm, muy pobre; de 400 a 600, pobre; de 600 a 800, medio; de 800 a 1000, bueno; mayor a de 1000 ppm, alto. (Instituto de Suelo y Riego. FCA. UNCuyo).

Para la valoración de P, se utiliza el Método Arizona que permite detectar la fracción del P total que contiene el suelo, hipotéticamente disponible para ser absorbido por las raíces de las plantas.

Los valores obtenidos por este método se clasifican de acuerdo a la escala de la tabla 3.

Tabla 3. Calificación de suelo según su contenido en P, evaluado por el método Arizona.

Fósforo en mg/kg ó ppm	Calificación del suelo
Menos de 1,5	Muy pobre
1,5 - 3,5	Pobre
3,5 - 4,4	Medio
4,4 - 6,5	Bueno
Más de 6,5	Alto

El potasio se determina en su fracción intercambiable, expresado en ppm, pero el resultado del análisis no considera la cantidad, ni la calidad de las arcillas de la muestra. No obstante, estas va-

riables deben tenerse en cuenta para la interpretación de los análisis, pues valores de 200 ppm o mayores no se consideran “altos” en suelos arcillosos, como se refleja en las dosis de corrección indicadas en la tabla 7.

El pH del suelo es uno de factores más importantes al momento de interpretar el análisis de suelo, pues éste determina la disponibilidad de los diferentes nutrientes para la planta; cada elemento tiene un rango específico de disponibilidad en donde será más fácilmente asimilado (figura 2).

A modo de ejemplo: si se contrastan los valores de la figura 2 con un análisis de suelo que arroja un pH 8, esta situación requerirá un manejo especial para evitar déficits, como la modificación del pH del bulbo de mojamiento (fertirrigación), el empleo de algún tipo de ácido, mayor uso de fertilizantes foliares, uso de fertilizantes acidificantes, etc.

En este sentido, atender el caso del Zn es uno de los más relevantes, dado que existen antecedentes que señalan que por cada unidad de pH que se incrementa, se disminuye en 100 veces la solubilidad del elemento en el suelo.

Para el caso específico de los cationes de intercambio, la Junta de Extremadura (1992) propone las relaciones óptimas entre Ca, Mg y K, que pueden ayudar a determinar desbalances a nivel de suelo (tabla 4). Si se toma como ejemplo la relación Ca/Mg, con nivel normal de 5, valores menores a éste manifiestan un exceso de Mg en relación con el Ca, lo que obligaría a realizar una enmienda con Ca o verificar las dosis de Mg utilizadas en el programa de fertilización.

Tabla 4. Relaciones óptimas entre cationes de intercambio.

Elementos	Relación
K/Mg	0,2-0,3 (intervalo normal)
K/Mg	>0,5 (carencia de Mg)
K/Mg	<0,2 (carencia de K)
Ca/Mg	5 (nivel normal)
Ca/Mg	>10 (carencia de Mg)

Fuente: Junta de Extremadura (1992).

Por el contrario, si los valores son mayores a 5, lo que habitualmente sucede en Mendoza, hay que verificar los niveles de Ca, normalmente en exceso por alto contenido en las aguas de riego, las que, por el contrario, aportan bajos niveles de Mg.

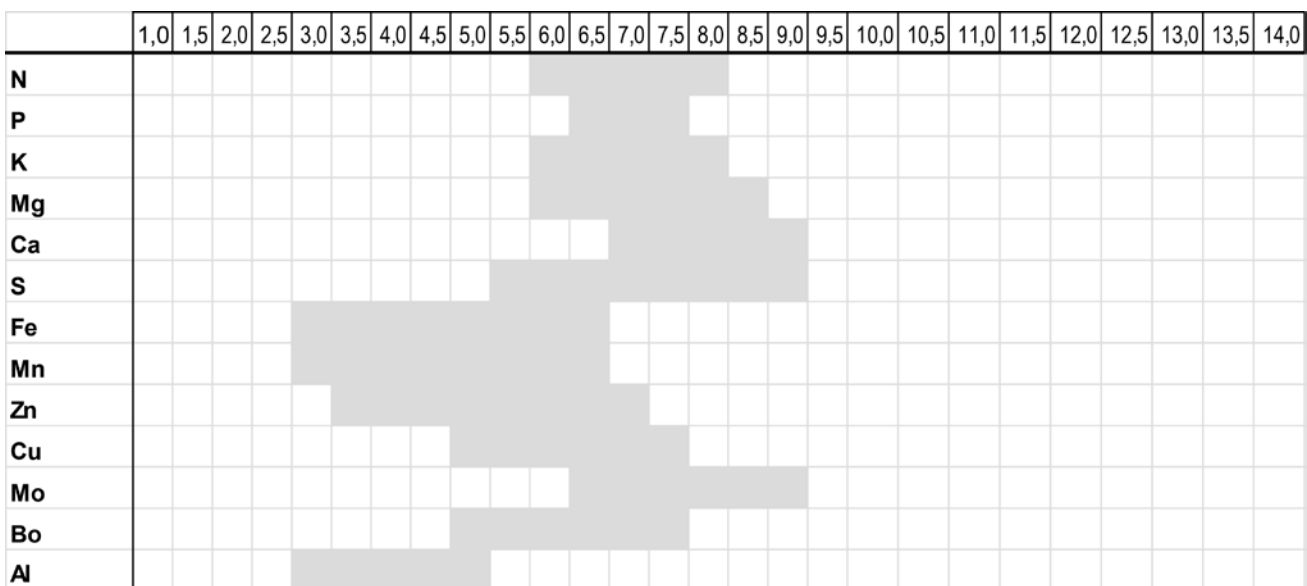


Figura 2. Rango óptimo de pH para la disponibilidad de distintos nutrientes en el suelo.

Adicionalmente, cabe la posibilidad que excesos de K estén alterando la absorción y las relaciones de los otros dos elementos, por lo que es importante evaluar los cationes de intercambios en forma integral, a partir de la tabla 4 (pág.141).

Una vez definidos los probables déficits, deben llevarse los niveles o contenidos en el suelo a los valores óptimos señalados por los estándares. Para esta tarea no existe una metodología única y certera, por lo que se recomienda apoyarse en un profesional especialista en nutrición y, en paralelo, realizar pruebas de validación a nivel de campo.

A diferencia de lo que sucede con el fósforo y el potasio, con el nitrógeno es difícil lograr aumentos estables en su concentración en el suelo durante todo el período fenológico del cultivo y si a esto se suma su efecto negativo sobre la calidad de la fruta, es preferible mantener un baja concentración de este nutriente (Hirzel, 2008). Sin embargo hay coincidencia que en la mayoría de los suelos se presentan bajas reservas de nitrógeno y, dada la alta extracción anual realizada por los árboles, es necesario fertilizar sistemáticamente con este elemento y controlar los niveles con el análisis foliar. También es importante considerar que el nitrógeno se ve sujeto a lixiviación y pérdidas por volatilización, lo que obliga a estar atento a las condiciones edafoclimáticas y prácticas de manejo y revisar su contenido por vía del análisis de suelo.

El fósforo total en el suelo es muy variable y se encuentra bajo distintas formas, entre las que predominan las estables y de baja solubilidad, por lo que su disponibilidad para las plantas está sujeta a distintos mecanismos de inmovilización y reversión que determinan su frecuente déficit.

Los factores más importantes que influyen sobre la disponibilidad de P son los siguientes:

- a. pH del suelo: la máxima disponibilidad se registra entre pH 6,0 y 7,5, disminuyendo por encima y por debajo de dichos valores.

- b. Materia orgánica: al descomponerse la materia orgánica libera su P. Las sustancias húmicas forman complejos fosfohúmicos que son más asimilables, impidiendo la fijación del P.
- c. Calcáreo del suelo: la menor concentración de P se registra en suelos con alta actividad de Ca, gran cantidad de CO_3Ca finamente dividido y alto tenor de arcilla.

El potasio es, junto con el nitrógeno, el nutriente que se exporta en mayores cantidades a través de los frutos; no obstante, su déficit no es tan frecuente como el del nitrógeno y el fósforo, esto se debe a su mayor contenido en los suelos y a sustanciales diferencias respecto de los mecanismos de reposición en la solución suelo.

El potasio no es un componente estable de la materia orgánica edáfica, y el que se incorpora al suelo con los residuos vegetales y animales se libera rápidamente por difusión y/o lavado. La mayor parte del K del suelo (98% o más) está bajo formas no intercambiables y sólo el 1 a 2%, o menos, está como intercambiable y en solución; sin embargo, los mecanismos de cambio de una forma a otra son muy dinámicos.

Aproximación a la determinación de la dosis de corrección

En general, existe una vasta información disponible acerca de los fundamentos de la analítica de suelo y el agua de riego, del comportamiento químico de los nutrientes en el suelo y de los factores que afectan su disponibilidad para la planta.

Sin embargo, se debe entender que aún no existe un mecanismo exacto que permita definir la cantidad de fertilizante requerido para suplir el déficit que señala el análisis de suelo, lo que obliga a utilizar las metodologías propuestas teniendo conciencia de que hay un margen de error. La experiencia muestra que la determinación de la dosis de fertilización a través de

estos métodos requiere, sí o sí, que se validen en el tiempo observando el comportamiento del monte frutal.

Lo rescatable de hacer el esfuerzo de implementar una metodología que define una cantidad determinada y cuantificada, fruto del análisis de parámetros medibles, es que frente al comportamiento productivo (rendimiento y calidad) y el análisis foliar, los cambios de los programas podrán tener un mayor grado de control y responder a un análisis coherente y, en gran parte, medible, permitiendo evaluar los cambios en el tiempo. De lo contrario, las alteraciones de los programas de fertilización responderán a un análisis subjetivo, basado solamente en la mera intuición.

Uso de tablas de referencias para fósforo y potasio

Respecto al fósforo, en Chile y en Mendoza se utilizan dos metodologías diferentes para su determinación, según las condiciones de suelo de cada lugar. En Chile se usa como referencia el método P-Olsen y en Mendoza la disponibilidad de P se evalúa por el Método Arizona. La relación entre los resultados obtenidos por ambas determinaciones es lineal, depende del tipo de suelo y según Lipinski (1987) sólo da estimaciones aceptables ($r^2=0.53$) en suelos con contenidos de CO_3Ca , mayores al 1%, lo que sucede en la mayoría de los suelos de Mendoza. Este autor, trabajando en el Valle de Uco, determinó que la relación entre los valores entre-

gados por ambos métodos de extracción de P responde a la siguiente ecuación: $P_o = 3.78 + 1.14 P_a$. Su aplicación hace posible establecer la relación entre ambas escalas (tabla 5).

Adicionalmente en Mendoza, según la disponibilidad de fósforo en el suelo, se ha indicado la factibilidad de que el suelo aporte el fósforo al cultivo, como una manera de orientar y facilitar las fertilizaciones (tabla 6); en cierta medida, esta recomendación es una combinación entre el aporte del suelo y lo que demandaría el cultivo, aspecto que se tratará con más detalle más adelante, en este capítulo.

Tabla 6. Probable aporte de P al cultivo, de acuerdo con su disponibilidad, en base a análisis por técnica Arizona.

P intercambiable (ppm) ó mg/kg	Calificación	Probable aporte de P
Menos de 1,5	Muy pobre	0%
1,5-3,5	Pobre	10-20%
3,5-4,4	Medio	20-40%
4,4-6,5	Bueno	40-50%
Mas de 6,5	Alto	50-70%

Fuente: Cátedra de Química Agrícola. Facultad de Cs. Agrarias, UNCUYO.

El potasio se determina en su fracción intercambiable, expresado en ppm y para la formulación de la dosis de corrección, se deben considerar su contenido en el suelo y el porcentaje de arcillas presentes (tabla 7, pág. 144).

Tabla 5. Disponibilidad de P estimada de acuerdo su contenido en el suelo según métodos Arizona y Olsen.

Calificación del suelo	P intercambiable - Estándar Mendoza (mg/kg ó ppm)	P-Olsen - Estándar en Chile (mg/kg ó ppm)	P ₂ O ₅ (mg/kg ó ppm)
Muy pobre	Menos de 1,5	5,5	12,5
Pobre	1,5 – 3,5	7,8	17,7
Medio	3,5 – 4,4	8,9	20,4
Bueno	4,4 – 6,5	11,2	25,6
Alto	Más de 6,5	más de 11,2	más de 25,6

Fuente: Elaboración en base a la ecuación de regresión obtenida por Lipinski (1987).

Tabla 7. Guía para la corrección de K en frutales (Ruiz y Sadzawka, 2005).

K disponible	Categoría	Fijación	% arcilla	Dosis (kg K ₂ O/ ha)
<80 mg / kg	Muy bajo	Alta	>40	600
		Media	20-39	500
		Baja	<20	400
80-150 mg / kg	Bajo	Alta	>40	400
		Media	20-39	300
		Baja	<20	200
150-250 mg / kg	Medio	Alta	>40	200
		Media	20-39	150
		Baja	<20	100

Un concepto importante de entender, se refiere a la “eficiencia de recuperación del nutriente aplicado al suelo”, lo que afecta directamente el costo financiero de implementar un programa de fertilización. Esta eficiencia variará dependiendo del sistema de riego, de la calidad operacional del sistema presurizado, fijación del elemento en el suelo, no quedando disponible para la planta, riesgo de pérdida por lixiviación, etc. Hirzel (2008) propone una escala de eficiencia basado en lo señalado por varios autores (tabla 8).

Tabla 8. Eficiencia de recuperación de N, P y K (%) para dos condiciones de riego.

Nutriente	Eficiencia de recuperación del nutriente según sistema de aplicación	
	Tradicional (%)	Fertirrigación (%)
N	25 - 50	60 - 70
P	oct-20	25 - 40
K	40 - 50	50 - 60

(Hirzel (2008), adaptado de varios autores.

Dosis de corrección calculada a partir del análisis de suelo

Otro enfoque para la determinación de la dosis de corrección, o a la de base (antes de la implantación), es su abordaje desde lo que señala el análisis de suelo. Con este objetivo, Hirzel (2008) propone fórmulas que pueden ser utilizadas para estimar la dosis de fósforo y potasio. Luego, según las condi-

ciones de suelo de cada región, se deberá iniciar un proceso de validación de esta metodología a través de ensayos prácticos en los montes frutales.

Para fósforo se propone:
Dosis de P₂O₅ para corrección de P (kg/ha)
= (Déficit x Prof. x DA x 10) / Efc

donde:

Déficit = (Valor adecuado – Valor de la muestra), en mg/kg (ppm)

Prof. = Profundidad de muestreo u horizonte del suelo (m)

DA = Densidad aparente (g/cm³ = t/m³)

10 = Factor de corrección de unidades

Efc = Eficiencia de corrección del nutriente, equivalente al incremento de la concentración del nutriente en el suelo frente a la aplicación de dosis crecientes del mismo nutriente o de alguno de sus estados oxidados. En suelos aluviales de la zona central de Chile tiene un valor de 0,03 y para su aplicación en Mendoza, la Efc debe ser validada en ensayos de campo.

Para completar estos cálculos se debe considerar la superficie que efectivamente se va a fertilizar y que corresponde a la que explorarán las raíces. Si la plantación es a 5 x 3 m, y se estima que en los primeros tres años desde la implantación las raíces ocuparán sólo un ancho de 1.50 m (0.75 m a cada lado de la hilera de plantas), se aprecia que el espacio de extracción de nutrientes es sólo un 30 % de la superficie real, aproximadamente, valor que corrige el cálculo anterior.

En base a datos de un análisis de suelo de Mendoza y utilizando la equivalencia entre el método Olsen y Arizona (ver tabla 5, pág. 143) se presenta el siguiente ejemplo:

Valor adecuado de P- Arizona 5.5 ppm (= 10 ppm Po)

La muestra tiene un valor de 2.5 ppm Pa = 6.5 ppm Po

Déficit = (Valor adecuado – Valor de la muestra) = 10 – 6.5 = 3.5 ppm

Profundidad de muestreo u horizonte a explorar por las raíces = 25 cm

Densidad aparente = 1,1

Dosis de P₂O₅ para corrección de P (kg / ha) = (3,5 × 0,25 × 1,1 × 10) / 0,03

Dosis de P₂O₅ para corrección de P (kg / ha) = 320

Dosis de P₂O₅ para corrección de P (kg / ha efectiva) = 320 × 0,3 = 96,2 kg/ha de P, equivalentes a 220 kg de P₂O₅

Sin embargo y tal como lo propone Hirzel (2008), se debe revisar el nivel de P sugerido como adecuado, pues en condiciones de cultivo de la zona central de Chile, no se han observado deficiencias, ni disminuciones de la productividad con valores menores a 15 ppm P₂O₅ por Olsen (6,5 ppm Po). Esta situación sugiere una capacidad de las especies frutales para absorber P nativo desde el suelo, en aquellas condiciones en las que la concentración de P disponible es baja.

Las fórmulas presentadas para P y K, también puede utilizarse para calcular la dosis de corrección en un monte ya implantado. En este caso, la dosis total por ha, se afecta por un coeficiente de ocupación de las raíces. Por ejemplo, si el marco es de 5 m x 3 m, y si por medio de la lectura de calicatas se observó una ocupación de raíces de un metro a cada lado de la línea de plantas, entonces el K será de 0,4 (2 m / 5 m) y por ese valor se multiplicará la dosis total calculada en base a la fórmula de Hirzel.

Para calcular la dosis de K₂O en la corrección del K (kg/ha) y que no ocurra un desequilibrio con las demás bases de intercambio, se recomienda realizar un cálculo previo para el componente de la fórmula, denominado “déficit del elemento”.

Así:

(A) Déficit de K (mg / kg) = CIC × (% de déficit / 100) × 390 (mg de K / cmol)

Posteriormente, se realiza el mismo cálculo que para el fósforo, considerando que para el potasio, la eficiencia de corrección del nutriente en un suelo aluvial de la zona central de Chile es igual a 0,32 y para que su aplicación en Mendoza, esta Efc debe ser validada en ensayos de campo.

(B) Dosis de K₂O para corrección de K (kg/ha) = (Déficit × Prof. × DA × 10) / Efc

Ejemplo: en un monte de duraznero se detecta que la CIC de la muestra de laboratorio = 12,5; el porcentaje de K sobre la CIC de la muestra es = 2,5 %; el porcentaje adecuado de K sobre la CIC es 3%.

De acuerdo con la fórmula (A) para potasio, se tiene:

Déficit de K (mg/ kg) = CIC × (% de déficit/ 100) × 390 (mg de K/ cmol)

Déficit de K (mg/ kg) = 12,5 × (0,5/ 100) × 390

Déficit de K (mg/ kg) = 24,4

De acuerdo con la fórmula (B) para potasio, se tiene:

Dosis de K₂O para corrección de K (kg/ ha) = (Déficit × Prof. × DA × 10)/ Efc

Dosis de K₂O para corrección de K (kg/ ha) = (24,4 × 0,5 × 1,1 × 10)/ 0,32

Dosis de K₂O para corrección de K (kg/ ha) = 167,6 kg/ ha

De la misma forma que para el fósforo, es importante dimensionar el volumen efectivo del suelo ocupado por las raíces de los árboles. Si se asume el mismo 40% que para P, el cálculo arroja una necesidad de 167,8 kg/ha para llevarlo a un nivel óptimo, sin afectar el balance de los otros cationes en el suelo.

Si los cálculos determinan importantes dosis de corrección, se sugiere realizar un plan de recuperación de los niveles en 2 ó 3 años, realizando un gasto racional en la corrección de este elemento, de manera de no provocar problemas de exceso de sales, producto de la fertilización, y racionalizar el gasto en que se debe incurrir.

Como se señaló anteriormente, es importante reiterar que todos estos cálculos y supuestos deben ser validados a nivel de campo, de manera de ir generando una herramienta práctica que permita un uso eficiente de los fertilizantes, maximizando las utilidades del negocio y acercando la toma de decisiones a metodología objetivas.

En resumen, el análisis de suelo permite corregir los déficits de nutrientes, llevando los niveles a los óptimos que requiere el árbol para desarrollarse en la temporada de crecimiento y balanceando elementos como Ca, Mg y K. Una vez corregidos los déficits, se procede a definir la estrategia de fertilización anual, la que debe determinarse en función de la extracción de la fruta, pues ésta debe procurar reponer la extracción de la fruta que es vendida y que sale de la unidad productiva. Si bien se pueden considerar como pérdidas solamente lo consumido por la fruta, es importante evaluar año a año las pérdidas desde el suelo, debido a exceso de riego, especialmente en suelos sueltos y muy permeables, por lo que se aconseja periódicamente realizar análisis de suelo en el monte frutal.

DOSIS Y ÉPOCA DE FERTILIZACIÓN

Una vez corregidos los posibles déficits de nutrientes en el suelo, ya sea con el uso de tablas de referencia o por medio de los cálculos basados en el análisis de suelo, es necesario preocuparse de los aportes de nutrientes requeridos por la planta. Respecto de esto, no sólo es importante saber cuánto de este elemento necesita la planta, sino también, conocer el momento de mayor demanda del mismo. De esta manera, conociendo la demanda y sabiendo que se necesita de un tiempo y temperatura en el suelo para su transformación y penetración, y teniendo en cuenta la eficiencia de aplicación o recuperación, puede lograrse una planificación más adecuada de la fertilización.

Al definir un programa anual de fertilización, hay dos importantes preguntas que se hace un fruticultor: ¿cuánto fertilizar? y ¿cuándo fertilizar?

¿Cuánto fertilizar?

Para la fertilización de mantención, que reponga los nutrientes perdidos en el proceso productivo, es importante determinar el mecanismo

de cálculo en función del sistema productivo implementado en el monte. Si el monte frutal se maneja bajo un sistema integrado, en el que todos los residuos (exceptuando la fruta que sale de la unidad), tales como hojas, brotes, restos de frutas, restos de podas, restos de materia verde, etc., se incorporan en el suelo, las estimaciones se deben realizar en función de la extracción efectiva realizada por la fruta (fotos 7 y 8). Si el monte es manejado bajo un sistema en el cual los residuos se eliminan y no se incorporan, las estimaciones se deben realizar en función de la demanda anual ejercida por el árbol, para lo cual se aconseja utilizar tablas previamente publicadas por especialistas.

En función de lo anteriormente señalado, existirían dos caminos para el caso del nitrógeno:

- a. Manejo integrado: hay que definir la extracción por unidades productivas. Para esto se recomienda registrar la producción, por cuartel, sector de riego, etc., y, durante la cosecha, se analizan los principales nutrientes que constituyen una muestra aleatoria de fruta, además del peso fresco y el peso seco. Con esos datos se pueden calcular los kg de cada nutriente que deberán proveerse durante la temporada de crecimiento. Normalmente, para el caso del duraznero se utilizan valores de 2 a 2,5 kg/t de fruta producida.
- b. Sin incorporación de residuos o reciclaje: se pueden utilizar guías pre-establecidas, que sirven como base para realizar la primera aproximación (tablas 9 y 10, pág. 147). El problema es que no necesariamente corresponden a las variedades de durazneros que pueden existir en la finca, pero son útiles en ausencia de información obtenida por el procedimiento anterior. En este caso, se indican valores de 4,5 a 5,2 kg/t de fruta producida, que corresponde a todo el nitrógeno contenido en tallos, hojas y frutos, y que la planta requiere para su crecimiento.

Tabla 9. Demanda total de nitrógeno (kg/ha) para durazneros de diferente nivel de producción.

Rendimiento (t/ha)	N (kg/ha)
20	100
25	130
30	155
40	180

Fuente: Gil (2000).

Nota: la demanda total se refiere a todo el nitrógeno consumido por los órganos del árbol en el año.

En Mendoza, una manera de orientar la dosis de reposición es tomar en consideración el contenido del N en el suelo, su aporte estimado (tabla 10), y el volumen de sedimentación que se relaciona con la eficiencia de uso del nitrógeno (tabla 11).

Tabla 10. Aporte estimado de N según su contenido en el suelo.

N total (ppm)	Calificación	Probable aporte de N
Menos de 400	Muy pobre	0%
400-600	Pobre	10-20%
600-800	Medio	20-40%
800-1000	Bueno	40-50%
Mas de 1000	Alto	50-70%

Fuente: Catedra de Química Agrícola (FCA) – UNCuyo

Tabla 11. Eficiencia de uso de N en el suelo según su VS.

VS	Textura	Eficiencia
70-80	Arenoso	45%
80-90	Fco-Aren.	55%
90-110	Fco-Arci.	65%
110-140	Arcilloso	70%

Fuente: Catedra de Química Agrícola (FCA) – UNCuyo

Ejemplo: producción de 40 t/ha, que demandarán 100 kg de N. El análisis de suelo muestra un contenido de 500 ppm de N y un volumen de sedimentación (VS) igual a 95.

1) *Cálculo de la dosis de N para suplir la extracción.*

Al aplicar los criterios indicados en la tabla 10, cabe suponer que el suelo aportará el 15%.

Si se demandan 100 kg de N, el suelo aportará 15 kg; los 85 kg restantes se suministrarán con un fertilizante a elección.

Si se considera la eficiencia de uso del N según la textura del suelo, se toma un 65%, y entonces se necesitarán 130 kg de N / ha, los que deberán aportarse por el fertilizante elegido.

El mismo criterio debe ser utilizado para el resto de los nutrientes; sin embargo, no siempre se encuentra información con base científica que respalde los valores que se publican en tablas de referencia.

Para el caso del potasio, Ruíz y Sadzawka (2005) indican extracciones en función de la producción de duraznos (tabla 12). En el mismo sentido, Silva y Rodríguez (1995) señalan una extracción de 2,7 kg/t de fruta, que si se le suma el material de poda retirado del monte asciende a 3,2 kg/t y, finalmente, una demanda total de K por los árboles equivalente a 4 kg/t.

Tabla 12. Extracción de K según el rendimiento (t/ha) de durazneros.

Rendimiento (t/ha)	K (kg/ha)
10	29,9
20	59,8
30	89,7
40	119,6

Fuente: Ruíz y Sadzawka (2005).

Para el caso del fósforo, distintos autores coinciden en que la extracción es baja, con valores cercanos a los 15 kg/ha, para una producción entre 25 y 30 t/ha.

A continuación se presenta un ejemplo para el cálculo del P de reposición del consumo anual a partir de datos entregados por el análisis de suelo.

Ejemplo: Un monte con un rendimiento de 40 t/ha, que demandarán 55 kilos de P₂O₅, equivalentes a 24 kg de fósforo. El análisis de suelo según método Arizona indicó 5.8 ppm

1) Cálculo de la dosis de P para suplir la extracción.

Al aplicar los criterios indicados en la tabla 6, cabe suponer que el suelo aportará el 45%.

Si se demandaran 55 kg P₂O₅/ha (100%), el suelo aportará el 45% (25 kg); los 30 kg P₂O₅ restantes se suministrarán con un fertilizante a elección.

Si se considera la eficiencia usualmente aplicada a las condiciones de suelo de Mendoza, se toma un 50%, y entonces se calcula que se necesitarán 60 kg P₂O₅ por ha, los que deberán aportarse por el fertilizante elegido.

Se debe hacer hincapié en que no existe un mecanismo exacto que defina la cantidad de fertilizante requerido para suplir los déficits, debiendo tener conciencia de que hay un margen de error, que debe ser suplido con experiencias locales que se validen con el comportamiento del monte frutal.

Eficiencia de fertilización

Tal como se mencionó anteriormente, la dosis de fertilizante a aplicar en el monte requiere considerar la eficiencia de la fertilización (Eff).

Tradicionalmente, se ha estimado que la eficiencia podría variar entre un 40 a 70%, dependiendo de las condiciones en que se realiza esta labor. A modo de ejemplo, para el caso del nitrógeno, Sánchez (1999) menciona valores de eficiencia relacionados con el sistema de riego empleado: 25% para riego por inundación, 40% para surco y 60% en fertirrigación (fotos 3 a 6).

Lo anteriormente expuesto manifiesta que gran parte de los esfuerzos que se realicen en la determinación de las dosis de corrección y mantención de un monte frutal se puede perder, si la estimación de la eficiencia de la fertilización es incorrecta. Para muchos casos este punto es más relevante que lo anteriormente realizado, pues si se ha estimado que la dosis de referencia es de 50 kg/

ha, y la Eff es 50%, la cantidad a fertilizar debe ser igual al doble, o sea 100 kg/ha (Dosis a fertilizar = (50 kg/ha)/0,5).

Lo importante es considerar aquellos aspectos que aumenten la eficiencia de la fertilización (recuperación por parte de la planta), de manera que la cantidad final de fertilizante sea lo más cercano a la demanda efectiva realizada por el monte frutal. Entre estos aspectos se puede mencionar:

- a. La dosis del nutriente debe ajustarse a la demanda real por la planta.
- b. Los fertilizantes amoniacales deben incorporarse, para evitar pérdidas por volatilización de amoníaco.
- c. Para el caso del nitrógeno, la dosis total debe subdividirse en tantas aplicaciones parciales como sea necesario, para minimizar las pérdidas por lixiviación, especialmente en suelos delgados, pedregosos y/o arenosos.
- d. Considerar fertilizantes de entrega lenta si es necesario, de acuerdo con el sistema de manejo (fertirrigación o tradicional) y características físicas del suelo.
- e. Considerar el sistema y funcionamiento del riego empleado.
- f. Debe promoverse la exploración de raíces, evitando aquellos factores que inhiban o restrinjan la actividad radical (déficit o exceso de agua, compactación).
- g. Deben mantenerse las raíces sanas.
- h. Debe considerarse el crecimiento anual de las raíces.
- i. Deben evitarse los antagonismos entre los elementos aplicados. Por ejemplo, fertilizaciones excesivas con fósforo inmovilizan el hierro, o excesivas o concentradas cantidades de K evitan que la planta adquiera Ca y Mg.
- j. Elección del fertilizante más adecuado según las características químicas del suelo en el cual está implantado el monte frutal.

Dado que el pH del suelo en las condiciones de Mendoza afecta la disponibilidad de nutrientes, como el magnesio, cinc, manganeso, parte de

la aplicación de estos nutrientes debe realizarse por vía foliar, tema que se aborda en el ítem “cuándo fertilizar”.

Una vez implementada la fertilización en la temporada, solamente queda por realizar el seguimiento del comportamiento de las plantas a través del análisis foliar y la observación visual de su comportamiento.

¿Cuándo fertilizar?

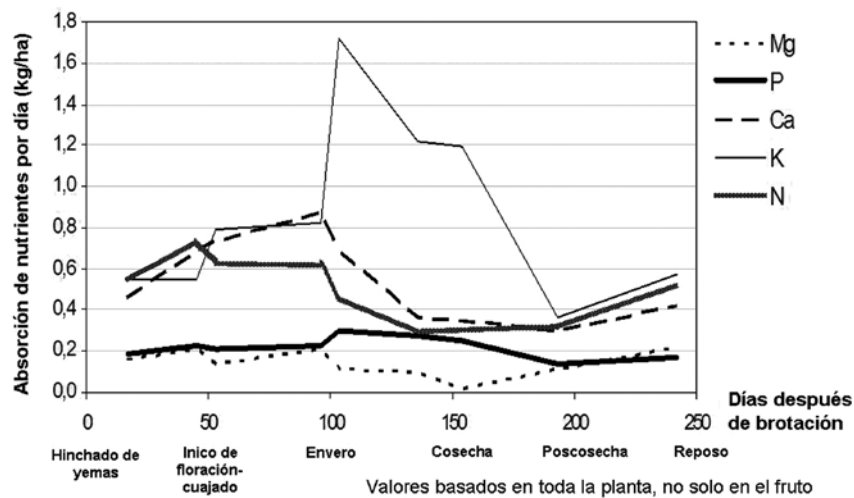
El cuándo es una decisión muy importante para el desarrollo del potencial productivo y la calidad de la cosecha a obtener. Para responder a esta pregunta, se debe considerar la dinámica de consumo de los nutrientes durante la temporada de crecimiento, en árboles completos, en diferentes estados fenológicos y edad, a los cuales se les analiza la composición química de cada una de sus estructuras, como lo muestra la figura 3, para el caso de uva de mesa.

Esta información debe definir la estrategia de parcialización (cantidad y momento), aunque en la práctica se afectará fuertemente por los sistemas de riego que el monte tenga establecido. En general, sistemas tradicionales, por melgas y surco, li-

mitarán esta parcialización a pocas oportunidades en la temporada, en especial cuando se considera el aporte de nutrientes que deben localizarse en el suelo, como el P y el K, disminuyendo la eficiencia de aplicación. Por el contrario, la fertirrigación permite una mayor eficiencia y acople entre las necesidades de la planta y la fertilización a realizar.

Lamentablemente, esta información no se encuentra disponible en la literatura científica o aplicada, lo que obliga a estimar los momentos de mayor requerimiento de cada elemento a partir de los conceptos básicos del uso de los diferentes nutrientes en la planta durante la temporada de crecimiento. Al respecto, es importante tener presente que estos aspectos básicos del manejo de frutales aún presentan un vacío, lo que obliga al Estado y al sector privado a financiar, a través de sus instituciones especializadas, la determinación de los parámetros que puedan ser utilizados como una herramienta por los productores.

Por lo tanto, para efectuar recomendaciones sobre la época de aplicación de los distintos nutrientes resulta muy importante considerar su ciclo en la planta, y los momentos en que ésta los demanda en mayor cantidad, y su dinámica en el suelo.



Fuente: Adaptado de Yara Internacional

Figura 3. Dinámica de la absorción de nutrientes en uva de mesa durante la temporada con un rendimiento de 35 t/ha.

Nitrógeno

Las plantas lo demandan en alta cantidad a inicios de la primavera, ya que los principales sumideros son los brotes y frutos en crecimiento activo. Se debe considerar que la brotación de las plantas y el crecimiento inicial de los frutos se cumplen a expensas del nitrógeno almacenado en “reservas”, proveniente de la migración desde la madera y raíces. Una vez establecida la carga frutal, la demanda de nitrógeno por los frutos es bastante constante, en el orden de 1,15 mg/fruto/día (Batjer y Westwood, 1958, citado por Ruiz, 2010).

Otro factor que juega un rol importante en la decisión de la época de fertilización nitrogenada es la calidad de la fruta, pues un alto nivel de este elemento en frutos, por la tardía aplicación del fertilizante, desmejora la calidad de los mismos, disminuyendo su consistencia. En el caso de duraznos para industria, el aporte de N en primavera puede aumentar el porcentaje de frutos con carozo partido, en especial en variedades propensas a este fenómeno, como Loadel y Fortuna, en las cuales el momento de máxima sensibilidad al problema es a fines de la etapa I, inmediatamente antes de inicio de endurecimiento del carozo.

Es posible, entonces, precisar tres momentos críticos en la provisión de nitrógeno a las plantas:

1. En otoño, cuando todavía las hojas están activas y se inicia el proceso de migración de carbohidratos y compuestos nitrogenados hacia los puntos de reserva: raíces, tronco, ramas y brindillas.
2. En la etapa I de crecimiento de frutos, antes o después del inicio del endurecimiento de carozo, evento que sucede entre los 55 y 65 días después de plena floración en todas las variedades.
3. En el período de pre-cosecha.

La fertilización de otoño tiene como objetivo aumentar los niveles de reserva y, según la época de cosecha de las diferentes variedades, será la participación de la dosis anual estimada. A modo orientativo, en las variedades que maduran desde la tercera semana de enero en adelante, la proporción de la fertilización otoñal puede estar entre 30 y 40%, y en aquellas tempranas, como Pavie Catherine, Loadel, Fortuna y Carson, que tienen un ciclo más corto desde floración a cosecha, la porción debe ser mayor, pues es necesario contar con un gran desarrollo vegetativo que sustente la fruta muy

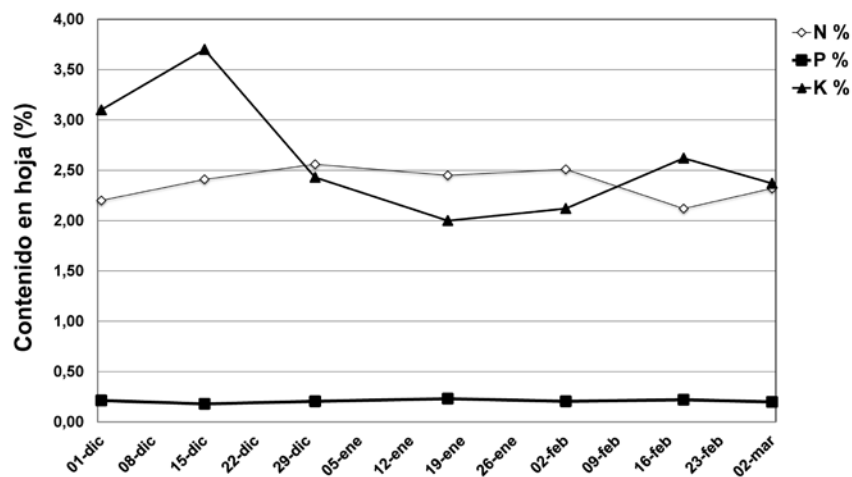


Figura 4. Evolución de macronutrientes en hojas de durazneros, var. Dr. Davis, Departamento Tunuyán, con riego por goteo.

tempranamente, pudiendo aplicarse un 60 a 70% del N a fines de verano, con el fin de incrementar reservas, y la porción restante aplicarla en primavera, con brotes de 10 cm, aproximadamente.

Fósforo y potasio

El duraznero tiene una demanda de potasio entre cinco y ocho veces mayor que la de fósforo, aproximadamente, y a diferencia del nitrógeno es máximo durante la etapa III de crecimiento de frutos y, por ello, es sustancial vincular el aporte de la segunda partición de K a la carga frutal que se definió con el raleo de frutos. La migración de K desde las hojas hacia los frutos y su correspondiente disminución en hojas puede observarse en la figura 4. Esta información se obtuvo en los oasis Valle de Uco y Noreste, a lo largo de cinco años, y en ese período, la dinámica de nutrientes se ha mostrado consistente.

Tanto el fósforo como el potasio son poco móviles en el suelo, por lo que las aplicaciones deben ser localizadas y concentradas allí donde se encuentran las raíces. Por ello, muchas veces su aplicación provoca rotura de raíces, especialmente en aquellos montes que se riegan por superficie. Esta situación condiciona la partición de los aportes a lo largo del ciclo y en función de ello, la totalidad del fósforo y una parte muy importante del potasio (2/3 del total, aproximadamente), deben aplicarse en otoño. Luego, en la primavera, y después de la etapa II de crecimiento de frutos se debe complementar el aporte, vía foliar y/o al suelo, el tercio restante del aporte total de potasio. Mayores facilidades para esta parcialización la brindan los sistemas de riego localizado, en los que la disolución de los fertilizantes en el agua de riego permite distribuirlos de manera eficiente y ponerlos al alcance de las raíces, sin el inconveniente que significa la rotura de éstas.

Magnesio

Los suelos de Mendoza tienen, en la mayoría de los casos, altos contenidos de calcio y potasio, siendo este último elemento altamente demanda-

do y absorbido por la planta en presencia de los frutos. Por lo tanto, dado que el magnesio tiene una fuerte competencia con el potasio, bajo condiciones de alta carga se pueden manifestar déficits de magnesio, los que deben ser controlados vía foliar en primavera, sin esperar la aparición de síntomas. Una práctica muy usual y con buenos resultados es aplicar en forma conjunta los pesticidas con nutrientes, como magnesio, cinc, etc., prestando atención a la compatibilidad entre ellos y al momento de aplicación.

Cinc

Este elemento está directamente correlacionado con la expansión de tejidos, afectando el área fotosintéticamente activa del árbol y consecuentemente el tamaño de frutos. Dado el alto pH de los suelos de Mendoza, que no permiten una adecuada disponibilidad de algunos microelementos, su déficit en los frutales de carozo es habitual, generalmente asociado a déficit de manganeso. Esta situación hace que la mayoría de las aplicaciones al suelo sean inefectivas, debiendo ser aplicado vía foliar, temprano en la temporada (brotes de 5 cm), durante la expansión del follaje, y luego más tarde, durante las etapas I y II de crecimiento de frutos.

Boro

Este elemento está asociado a la optimización de los procesos de polinización, fecundación y cuaje, y por ello se lo aplica en variedades como Ross, Dr. Davis y Sullivan's Late, con baja densidad floral. Se recomienda su aplicación vía foliar en otoño, para que migre a reservas y esté disponible para la floración de la siguiente temporada. También suele aplicarse temprano, inmediatamente antes de la apertura floral, pero los resultados logrados por los productores con mayor índice tecnológico (IT; ver capítulo 1) señalan la conveniencia de aplicarlo en otoño.

Hierro

Las deficiencias de hierro se producen generalmente en suelos calcáreos (pH 7,4 a 8,5), en presencia de exceso de fósforo y bicarbonatados,

en el suelo. Se produce también por desbalances iónicos, especialmente excesos de cobre y/o manganeso que interfieren en su absorción. Su disponibilidad aumenta con la materia orgánica.

En Mendoza, en algunas ocasiones, su deficiencia se asocia a bajos niveles de hierro en el suelo, pero en la mayoría de los casos se debe a que los suelos tienen alto contenido de calcáreo, lo que hace que el hierro quede bajo una forma no disponible para la planta.

En otros casos lo que sucede es que hay un mal manejo del riego, que conlleva largos períodos de anegación, lo que implica una falta de oxígeno en la zona de raíces y esto también impide su disponibilidad.

La clorosis férrica genera un “círculo vicioso” de menor fotosíntesis, menos carbohidratos, menos reservas, plantas menos vigorosas y en casos severos o sin tratamiento se puede llegar a la muerte de los árboles. El manejo de la deficiencia debe enfocarse con una mirada integral que permita la creación de un “círculo virtuoso”: adecuada fotosíntesis para generar reservas, que a su vez sirvan para lograr un buen desarrollo del sistema radicular, acorde a las necesidades de la planta. Esto se logra con aplicación de materia orgánica (con la finalidad de mejorar la estructura del suelo), laboreo vertical, correcto manejo del riego y uso de fertilizantes quelatados a base de hierro.

Las épocas de aplicación de estos fertilizantes al suelo son: desde inicio de brotación y durante 15 a 30 días según la intensidad de la clorosis y luego con el segundo período de crecimiento de brotes (post-raleo y/o endurecimiento de carozo).

Respecto de las recomendaciones para la solución de este problema por la vía de la fertilización foliar, se debe hacer un análisis crítico:

- Alta inmovilidad del nutriente (en las hojas aparece como manchas verdes en un fondo amarillo).

- Generalmente los diámetros de las partículas del fertilizante son superiores a los poros, razón por la cual gran parte del fertilizante no ingresa a la planta.
- La mayoría son fotolábiles.

Por último, en los análisis foliares se debe observar la cantidad de hierro reducido (realmente útil en la planta) y diferenciar éste del análisis tradicional que coloca el hierro total (tabla 13).

Tabla 13. Contenido de hierro recomendado para durazneros.

	Primavera (ppm)	Verano (ppm)
Total (soluble + insoluble)	90 - 150	90 - 130
Soluble (reducido)	55 - 85	55 - 85

ASPECTOS GENERALES Y VISIÓN CRÍTICA DEL ANÁLISIS FOLIAR

En la actualidad, el estudio nutricional de las plantas se ve enfrentado a los siguientes problemas:

- Inexistencia de estudios sistemáticos para la determinación de estándares foliares locales para cada especie y/o variedad.
- Las metodologías tradicionales no definen si un nutriente es más limitante que otro, como tampoco definen la magnitud del balance o desbalance nutricional y no toman en cuenta las interacciones entre los nutrientes.
- No existe una herramienta práctica para los productores que permita entender y dar uso a los datos entregados por los análisis tradicionales.
- No siempre existe una buena correlación entre el potencial productivo, calidad de fruta y los análisis foliares tradicionales.
- El éxito de los análisis depende, en gran medida, de que el muestreo se realice siguiendo las pautas de muestreo. Un muestreo mal realizado provoca inconsistencias y errores en la interpretación del análisis.
- Al tomarse las muestras a fines de verano, muchas veces se encuentran muy contami-

nadas por las aplicaciones foliares, especialmente de microelementos o pesticidas que los contienen.

Dado que, en general, no se han realizado estudios para el desarrollo de estándares foliares locales, las decisiones de fertilización se realizan con parámetros desarrollados bajo otras condiciones edafoclimáticas, lo que, según Marschner (1995), sería un error, pues se requieren referencias para regiones y localidades, ya que existirían diferentes niveles óptimos para cada elemento, dependiendo de la situación en que se encuentre el cultivo. Es por eso que las “normas foliares” son aceptadas, con algunas reservas.

Adicionalmente, existe una necesidad creciente de controlar el exceso de nutrientes que se descargan en el suelo y, por lo tanto, en las napas freáticas. Por estas razones es que se plantea la necesidad de mejorar la metodología de evaluación y control del estatus nutricional de los durazneros.

Los productores mendocinos no son ajenos a esta realidad y, generalmente, ponen menos atención en el manejo de fósforo y potasio, y fertilizan con cantidades excesivas de nitrógeno, lo cual incrementa considerablemente, de modo directo e indirecto, los costos de producción. En el primer caso, por el costo del fertilizante y en el segundo, porque incrementa el vigor, lo que genera la necesidad de incurrir en costos mayores por podas “en verde”.

Análisis secuencial: una alternativa a nivel de campo

El análisis secuencial de muestras foliares es una metodología que consiste en el muestreo periódico, desde la brotación hasta después de la cosecha. Esta metodología se emplea para establecer la dinámica de la absorción, esto es, determinar cuáles son las concentraciones de nutrientes que se observan en distintas fases del desarrollo de la planta y las demandas particulares de cada nutriente (cantidad de nutrientes presentes en la

parte área) en los diferentes estados fenológicos de las plantas. Esta metodología ya es utilizada por dos de las empresas más importantes del sector.

Plantas indicadoras o testigo finca

Antes de iniciar la toma de muestras es importante determinar los mejores sectores de la finca (cuarteles) que tengan un alto potencial productivo y calidad, para buscar el “estándar de campo”. Idealmente, este sector debería estar ausente de la contaminación con aplicaciones foliares, debiendo aplicarse sólo lo estrictamente necesario.

En estos sectores se selecciona, al azar, un grupo de 50 plantas que se denominan “plantas testigo”, “testigo finca” o “plantas indicadoras”. Estas plantas deben ser sanas, representativas del sector y con una carga adecuada al ser elegidas; en ellas se debe llevar a cabo todos los años la toma de muestras. Si las plantas son elegidas en invierno, es importante reevaluar las escogidas en plena flor, de manera de eliminar aquellas que tengan algún problema.

Para una mejor interpretación de los resultados del laboratorio, se sugiere realizar una caracterización anual de las plantas, aunque sea en una menor cantidad de árboles, por ejemplo, 5 plantas. En ellas debería medirse el peso de poda; la disponibilidad de material reproductivo (DMR), a través del método propuesto en el Capítulo 8; el diámetro del tronco y la producción. Otras evaluaciones complementarias aconsejables son la descripción general del color de las hojas, presencia de toxicidades, desórdenes fisiológicos, etc. Por el factor costo, se aconseja realizar esta evaluación detallada en menor número de puntos. En resumen, es mejor ser sistemático en pocos lugares que aumentar el volumen de muestras, sin ningún orden.

Momentos para la toma de muestras

El análisis secuencial considera, al menos, seis evaluaciones durante la temporada de crecimiento, desde fruto cuajado hasta el final de la temporada de crecimiento, cuando las hojas están aún activas.

Las pautas de fertilización están basadas en un concepto dinámico, en el cual la dosis de referencia de los nutrientes depende de la respuesta de las plantas. Con un programa nutricional base y la interpretación de la información obtenida se reestructuran los programas de fertilización y los criterios empleados.

Una vez conocida la dinámica de los nutrientes en las distintas variedades, puede reducirse el número de muestreos a las épocas críticas en el manejo del duraznero: cuaje, definición de la carga inicial, inicio de endurecimiento de carozo y cosecha.

Toma de muestras

Para la toma de muestras debe seguirse una secuencia adecuada:

1. Elegir una zona representativa del monte (el sitio), de la misma variedad, similar tamaño de planta, que estén sobre el mismo portainjerto.
2. Tomar la muestra en árboles situados sobre la diagonal del terreno.
3. La muestra se toma alrededor de toda la planta y a la altura de la vista del operador, de la cuarta hoja verdadera contando desde el ápice del brote del año.
4. Las muestras se colocan preferentemente en bolsas de papel, y en su defecto de polietileno (estas últimas deben trasladarse en heladera, para evitar su descomposición).
5. El traslado al laboratorio debe ser lo más rápido posible.

Los resultados del laboratorio debe interpretarlos un especialista, considerando información regional, bibliografía existente, información anterior (suelo, agua, sistema de riego etc.), y quien podrá programar una fertilización más eficiente, mejorando la relación costo-beneficio.

Nutrientes a solicitar en el análisis

En una primera etapa, se aconseja el análisis foliar completo, estándar en cualquier laboratorio. Una vez conocido el comportamiento de la unidad productiva y adquirida la experiencia del uso

de la información, es posible solicitar solamente aquellos elementos que son factibles de ser rectificadas vía fertilización (Ej: N, P, K, Ca y Mg) y, con el objetivo de bajar más los costos, solamente realizar análisis de N, P y K. Por condiciones particulares del suelo y agua de riego, se puede requerir la mantención de algunos microelementos, tales como boro, Zn y Cl. De la misma manera, se aconseja un sitio de muestra anual con el análisis estándar, a modo de control.

Los sistemas de interpretación

La interpretación de los resultados analíticos de nutrientes se puede realizar por medio de una simple comparación entre la concentración de un elemento y su norma, métodos denominados estáticos. Entre ellos se encuentran el Sistema del Nivel Crítico, el Sistema del Rango de Suficiencia (SRA), el Sistema de Desviación del Óptimo Porcentual y el Sistema del Balance del Nutriente Evolutivo.

Otros métodos usan relaciones entre dos elementos o incluso relaciones multicomponentes (métodos dinámicos), entre los que se encuentran el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) y el Diagnóstico de Composición Nutricional (CND). Considerando que los sistemas DRIS y CND utilizan el concepto de balance nutricional (relación entre los nutrientes), se presume que ellos debieran ser más representativos que los tradicionales en la detección de déficits o excesos nutricionales.

Sistema del Rango de Suficiencia (SRA)

El método del Rango de Suficiencia se basa en la comparación individual de la concentración foliar del nutriente en la muestra con un intervalo predefinido de carencia, normalidad o exceso del nutriente, tal como se muestra en el tabla 14 (pág. 155).

El uso del Rango de Suficiencia para la evaluación del estatus nutricional es cuestionable, puesto que no define si el déficit y/o exceso de un

determinado elemento es agudo o no, tampoco si un determinado nutriente es más deficiente que otro (Baldock & Schulte, 1996), y no considera las posibles interacciones entre los nutrientes.

Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación. Nueva proposición.

Dado que actualmente se sugiere la conveniencia de no evaluar los nutrimentos en forma individual, sino mediante relaciones entre ellos, para detectar el balance nutricional, el método

DRIS utiliza los análisis foliares para determinar cuál es el nutriente más limitante en un sistema productivo. La evaluación se realiza mediante la comparación del balance relativo del contenido de un nutriente contra normas de diagnóstico nutricional DRIS establecidas para ese cultivo, bajo condiciones de alto rendimiento.

Este sistema fue propuesto originalmente por Beaufils (1973). Posteriormente, diversos autores han generado normas de diagnóstico para

Tabla 14. Interpretación nutricional basada en el sistema del Rango de Suficiencia, utilizando normas de concentraciones en hojas a mediados de verano para duraznero.

Especie: duraznero									
Época: mediados verano									
Tejido: Hoja central del brote									
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	B	Zn
		(%)				(mg / kg) ó ppm			
Concentración del nutriente en la muestra		3,32	0,16	2,58	2,05	0,82	100	55	61
Rangos de:	carencia	2,4	0,13	1,3	1,3	0,28	22	21	19
	normalidad	2,4-3,4	0,13-0,3	1,3-3,0	1,3-2,8	0,28-0,8	22-160	21-70	19-60
	exceso	3,4	0,3	3,0	2,8	0,8	160	70	60
Diagnóstico		normal	normal	normal	normal	alto	normal	normal	alto

Tabla 15. Ejemplo de interpretación nutricional basada en el sistema DRIS, utilizando normas para duraznero (Sanz, 1999).

Especie: duraznero											
Época: 120 días después de plena flor											
Tejido: hojas											
		N	P	K	Ca	Mg					
Concentración del nutriente en la muestra (%)		2,5	0,16	2,58	3,8	0,94					
Relaciones seleccionadas		N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/P	P/Ca	P/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Datos Muestra	A/B	15,63	0,97	0,66	2,66	16,13	0,04	0,170	0,679	2,745	4,043
Normas DRIS	Medias (a/b)	21,09	1,32	1,67	4,14	16,31	0,08	0,19	1,29	3,19	2,51
Normas DRIS	C.V (a/b)	14	19	26	21	20	29	24	25	24	22
Funciones		-25,0	-19,1	-59,2	-26,5	-0,6	-31,0	-4,8	-36,0	-6,8	27,8
Diagnóstico		N	P	K	Ca	Mg					
	IN-DRIS	-32	-3	-6	38	3					
	IBN-DRIS	82									
Secuencia de carencia a exceso		N < K < P < Mg < Ca									

una gran variedad de cultivos extensivos, cultivos forrajeros, especies frutales, hortalizas y especies forestales. Kania y Callejas (2011) publicaron una completa recopilación de las investigaciones disponibles del sistema DRIS, con las especies que cuentan con normas de diagnóstico DRIS. Las normas DRIS son relaciones de nutrientes seleccionadas, en una población de alta productividad, denominada de referencia.

Después de establecida la norma, se calcula un índice para cada nutriente, que será negativo, positivo o cero, de acuerdo con la magnitud del óptimo balance. Un valor cero indica que el nutriente, en particular, manifiesta el mejor balance nutricional

dentro de la planta, contra todos los demás elementos bajo diagnóstico. Los valores positivos indican un exceso relativo de ese elemento, mientras que los negativos indican una carencia relativa del elemento. La última fase en el diagnóstico envuelve la determinación del Balance Nutricional, valor que se relaciona adecuadamente con el rendimiento de los cultivos (tabla 15, pág. 155).

El sistema DRIS ha sido utilizado exitosamente a partir de 1980 en muchos cultivos, incluidos árboles frutales y, según Righetti et al. (1988), es un complemento para diagnosticar el rango de suficiencia, ya que proporciona información adicional cuando se detectan desequilibrios severos.

Los análisis de suelos son un elemento muy valioso para interpretar déficits por causas edáficas. Además, cuando la aplicación del abono es por vía suelo, el conocimiento del estado nutricional actual y los factores edáficos que influyen sobre la dinámica de nutrimentos son fundamentales para tomar decisiones.

Es evidente que el diagnóstico foliar es una valiosa herramienta para el diagnóstico de problemas nutricionales, pero es necesario tener presente que se requiere de información básica para su aplicación. La correcta interpretación de los estados nutricionales de las plantas no es fácil; son numerosos los factores que pueden influir sobre su variabilidad, tanto en lo referente a la planta como al medio donde ella crece, por lo que es imprescindible llevar un registro cuantificado y actualizado de lo ocurrido en la propiedad.

En el caso de los cultivos perennes es posible hacer un seguimiento de su estado nutricional mediante muestreos anuales y verificar la efectividad de las recomendaciones de fertilizaciones. La interpretación de los resultados es difícil, y debe hacerla un especialista que considere toda la información relacionada, antes de realizar la fertilización, sin duda una de las labores culturales más importante en los cultivos perennes. Por lo mismo, no existen recetas; las recomendaciones deben efectuarse para cada caso en particular y haciendo uso de toda la información disponible.

La recomendación de un programa de fertilización debe tener en cuenta el objetivo del cultivo y las características de calidad a las que apunta, de manera tal de lograr una producción de bajo impacto ambiental y sustentable en el tiempo.

LECTURA ADICIONAL

- Baldock, J.; E. Schulte. 1996. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agron. J.* 88: 448-456.
- Bassiri Rad, H. Nutrient acquisition by plants. Springer. Germany. 347 p.
- Beaufils, E. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Science Bulletin - University of Natal (Sudafrica)*. 1: 1-132.
- Benavides, C. 1992. El suelo como sistema físico. En: *Suelos, una visión actualizada del recurso*. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38. Universidad de Chile. p. 121-153.
- Bennie, A. 1996. Growth and mechanical impedance. In: *Plant Roots, The Hidden Half*. Edited by Waisel, Y.; A. Eshel; U. Kafkafi. Marcel Dekker, Inc. Eds. p. 453-470.
- Burt, C.; K. O'Connor; T. Ruehr. 1998. Fertigation. Irrigation Training and Research Center California Polytechnic State University San Luis Obispo, CA 93407. United States of America. 320 p.
- Cadahía López, C. 2000. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. 2ª edición. Mundi-Prensa, Madrid, España. 475 p.
- Cadahía López, C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa, España. 681 p.
- Cadahía López, C. 2008. La savia como índice de fertilización. Cultivos agroenergéticos, hortícolas, frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa, España. 256 p.
- Fernández-Escobar, R. 1988. Plantación y diseño de plantaciones frutales. Mundi-Prensa, Madrid, España. 205 p.
- Gil, G. 2000. La producción de fruta. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile. 583 p.
- Gurovich, L. 2001. Riego superficial tecnificado. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile. 616 p.
- Hirzel, J. 2008. Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. Colección Libros INIA N° 24. INIA, Santiago, Chile. 294 p.
- Hofmann, U.; P. Köpfer; A. Werner. *Ökologischer Weinbau*. Ulmer. Deuchland. 260 S.
- Junta de Extremadura. Consejería de Agricultura y Comercio. 1992. Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. Consejo de abonado. Edit. Mundi-Prensa, Madrid.
- Kania, E.; R. Callejas. 2011. Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación. Herramienta para la interpretación del análisis foliar. Serie Ciencias Agronómicas N° 19, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 68 p.
- Lorenz, O. A.; D. N. Maynard. 1988. *Handbook for Vegetable Growers*. 3rd ed. A Wiley-Intersciencr Publication, John Wiley and Sons. United States of America. 456 p.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academia Press, London. 889 p.

- Nolting, J. T. 1976. Estudio sobre la distribución radical del manzano y peral en el Alto Valle de Río Negro. Investigación Agropecuaria, N° 2. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle de Río Negro. 49 p.
- Pinochet, D. 1988. Modelo simple par la fertilización fosforada. Tesis de Magister. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. --- p.
- Razeto, B. 1993. La nutrición mineral de los frutales. Deficiencias y excesos. SQM. Santiago, Chile. 105 p.
- Razeto, B. 2006. Para entender la fruticultura. Bruno Razeto, Edición y Comercialización de Libros. Santiago, Chile. 518 p.
- Razeto, B. 2009. Symptoms of nutrient imbalances in fruit trees. SQM. Santiago, Chile. 187 p.
- Redl, H.; W. Rockenbauer; H. Traxler. 1995. Weinbau Heute. Leopold Stocker Verlag. 612 S.
- Righetti, T.; O. Alkoshab; K. Wilder. 1988. Diagnostic biases in DRIS evaluations in sweet cherry and hazelnut. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 19: 1429-1447.
- Rodríguez, J. 1993. La fertilización de los cultivos. Un método racional. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile (eds). Facultad de Agronomía. 291 p.
- Ruiz, R.; A. Sadzawka. 2005. Nutrición y fertilización potásica en frutales y vides. Colección Libros INIA N° 14. INIA, Chile. 80 p.
- Ruiz, R. 2010. Estrategias de fertilización en carozos con especial referencia al nitrógeno y efecto de algunas prácticas de manejo. En: Jornadas de Riego y Fertirriego, 5, Mendoza, 11-13 agosto 2010 INTA EEA Mendoza (Disponible en: http://www.inta.gov.ar/mendoza/V_Jornadas/Conferencias/Ruiz%20Shneider-1.pdf) [Consulta: 20 oct. 2010].
- Sadzawka, A.; M. A Carrasco; R. Grez; M. Mora; H. Flores; A. Neaman. 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Serie Actas INIA N° 34. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. 164 p.
- Sánchez, E. 1999. Nutrición mineral de frutales de pepita y carozo. INTA, Alto Valle de Río Negro, Macroregión Patagonia Norte. Argentina. 195 p.
- Sanz, M. 1999. Evaluation of interpretation of DRIS system during growing season of the peach tree: Comparison with DOP method. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 30: 1025-1036.
- Silva, H.; J. Rodríguez. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Colección en Agricultura, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. 519 p.
- University of California. 1981. Prune Orchard Management. Division of Agricultural Sciences, Special Publication 3269. 156 p.
- Viguera, J.; A. Albarrán; F. Llera; E. Ferrera; T. García. Estudio de suelos y su analítica. I.C.E. Faustino Hermoso Ruis (ed. lit.) Universidad de Extremadura. España. 119 p.
- Wainstein, P. 1969. Clasificación de las aguas de riego de Mendoza. Informe científico y técnico N° 15. Instituto de Suelos y Riego, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.
- Weir, R. G.; G. C. Cresswell. 1993. Plant Nutrient Disorders 1. Temperate and Subtropical Fruit and Nut Crops. Inkata Press, Melbourne, Sydney. 93 p.



1. Efecto del grado de compactación sobre el crecimiento total de raíces en plantas de vid. T1=0,9-1,0 MPa; T2=1,2 -1,3 MPa; T3=1,7-1,8 MPa y T4=1,9-2,0 MPa.

2. Efecto del umbral de riego sobre el crecimiento de raíces de vid. T1= 10 %; T2= 18%; T3=22% (óptimo) y T4=30%. Las fotos 1 y 2 son gentileza de Mariana Díaz, tesis magíster U. de Chile.



3



4



5



6



7



8

3 a 6. Sistemas de riego. 3, 4. Superficial. 5. Por aspersión. 6. Por goteo. 7, 8. Manejo integrado del monte frutal.