



CAPÍTULO 6 MANEJO DEL SUELO Y FERTILIZACIÓN

6.1. SUELOS

Las plantas de pera tienen una marcada plasticidad para crecer en diferentes ambientes, incluidos diversos tipos de suelos. Sin embargo, las plantaciones comerciales de este cultivo requieren de una adecuada selección de tierras que garantice longevidad, buen estado sanitario, productividad y calidad de los frutos.

En este sentido, es necesario realizar un examen pormenorizado de los suelos de acuerdo con los siguientes criterios referidos a sus propiedades físicas y químicas.

6.1.1. Propiedades físicas

El cultivo de peras necesita en general texturas (tamaño de partículas) medias a medias finas, aunque si el riego se efectúa por sistemas presurizados soporta las texturas franco arenosas a arenosas. El contenido de fragmentos gruesos (piedras) al 20% del volumen del perfil del suelo comienza a limitar el cultivo.

Los horizontes (capas) superficiales sufren las modificaciones más constantes, producto de la acción de factores naturales tales como humectación, desecamiento y actividades biológicas o antrópicas como la labranza. Dichas transformaciones de los horizontes superficiales afectan principalmente a las estructuras de los suelos. Estas últimas, al mantener un sistema poroso equilibrado, con poros pequeños que retienen agua y poros grandes que facilitan la aireación, favorecen el enraizamiento de las plantas, la oxigenación, la infiltración de agua (ingreso

de agua al suelo) y una adecuada circulación del agua en el perfil del suelo.

La pérdida de estructura (agregados) de los horizontes superficiales se relaciona con valores de baja infiltración de agua y con la compactación de los suelos. Esta se origina principalmente por el sucesivo paso de la maquinaria por el mismo sector del terreno. La compactación ocasiona cambios en la porosidad interna de los agregados y es de difícil corrección.

Las limitaciones por humedad excesiva para el cultivo de la pera son evaluadas cuando se observan las condiciones de drenaje interno del suelo y el encharcamiento. El defecto del drenaje depende también de la profundidad y de la característica de la capa freática. Por encima de 0,8 dS/m de conductividad eléctrica (CE) disminuye la calidad del agua de la freática. Las clases naturales de drenaje de los suelos: imperfectamente drenado o pobremente drenado son evidentemente un factor limitante, en particular cuando la capa freática presente es salina.

Los suelos bien drenados son preferidos para desarrollo del cultivo ya que la pera no soporta encharcamientos.

Otra particularidad presente en la región de los Valles Inferior del río Neuquén y Alto Valle del río Negro es la existencia de suelos (aproximadamente 18.000 ha reconocidas) que en profundidad (entre los 40 y los 120 cm) suelen presentar capas altamente compactadas (densificadas, endurecidas) que limitan la profundidad de enraizamiento, la aireación y la circulación del agua. Dichas capas no son generadas por el hombre sino que obedecen a procesos naturales de la formación de los suelos.

Dependiendo de la profundidad de éstas, las plantas de pera ven limitado su crecimiento. Así, por ejemplo, se ha observado que cuando se encuentran a menos de 50 cm de profundidad, las raíces no pueden atravesarlas y se horizontalizan extendiéndose hacia el espacio interfilas.

Materia orgánica

En los suelos del Alto Valle que son de origen aluvial y de zonas áridas, el contenido de materia orgánica del suelo (MOS) es menor al 1% en los primeros 25 cm de suelo.

La agricultura de regadío consume un alto contenido de la materia orgánica del suelo, y para mantener valores adecuados para los cultivos deben producirse aportes de biomasa.

Una de las formas de incrementar el contenido de MOS al suelo no sólo en superficie sino también en profundidad es la implantación de coberturas permanentes (asociación de leguminosas y gramíneas), debido a la regeneración de raíces en forma continua. La segregación de sustancias mucilaginosas a través de las raíces ayuda a la agregación de las partículas del suelo. En consecuencia, éste

se beneficia con una mayor aireación y retención de agua y se incrementa notablemente la disponibilidad de nutrientes.

Experiencias realizadas en el Alto Valle después de cuatro años de implantadas las coberturas sobre el espacio interfilas arrojaron un efecto positivo. Los datos que se observan en la Tabla 6.1 son muy representativos de los beneficios que genera el empleo de las coberturas verdes, aumentando los tenores de MOS en profundidad. Para el caso de la MOS y el nitrógeno total (Nt), en las coberturas permanentes de alfalfa, festuca y trébol (A+F y Tr) se duplican los valores en comparación con el suelo con vegetación espontánea.

La mayor acumulación de MOS en la capa superficial del suelo es el resultado de la deposición de los sucesivos cortes realizados durante el ciclo del cultivo y no está sujeta a la incorporación mecánica, siendo el principal propósito preservar el horizonte superficial del suelo. La vegetación espontánea que se desarrolla en el interfilas está compuesta por especies muy variables en cuanto a su hábito de crecimiento, cobertura del suelo y aporte de biomasa.

Tabla 6.1. Concentraciones medias de materia orgánica y nitrógeno total del suelo en las diferentes coberturas, analizada para tres profundidades.

Profundidad (cm)	Tratamientos							
	A+F	Tr	V	T	A+F	Tr	V	T
	MOS g kg ⁻¹				Nt g kg ⁻¹			
0-7.5	28,4	27,7	19,3	9,0	1,2	1,2	0,9	0,5
7.5-15	20,2	23,5	11,6	8,5	0,8	0,9	0,6	0,4
15-30	12,1	6,9	7,7	6,9	0,5	0,3	0,4	0,3

A+F: alfalfa + festuca; Tr: trébol; V: vicia; T: vegetación espontánea

6.1.2. Propiedades físico-químicas de los suelos

Las partículas del suelo adsorben y retienen cargas positivas (cationes) a consecuencia de las cargas eléctricas que existen en su superficie. Estos cationes adsorbidos pueden ser reemplazados por otros que se encuentran en el suelo. Esta reacción, según la cual un catión en solución reemplaza a un catión adsorbido, se llama intercambio de cationes. Los cationes intercambiables del suelo son calcio, magnesio, sodio y potasio.

La capacidad de un suelo para adsorber e intercambiar cationes se puede medir y expresar en equivalentes químicos. Se denomina capacidad de intercambio catiónico (CIC) y se expresa en miliequivalentes por 100 gramos de suelo (meq/100gr).

Las propiedades físico-químicas requeridas por el cultivo del peral son alta capacidad de intercambio catiónico, CIC mayor a 24 meq/100 gr, dada por el contenido y el tipo de arcillas presente. CIC mayor a 24 meq/100gr, dada por el contenido y el tipo de arcillas presente. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) puede estar totalmente ocupada o saturada por los cationes intercambiables. En este caso, su saturación con bases (%S) es 100. El %S también puede ser menor a 100. El cultivo del peral requiere suelos con más del 80% de saturación con bases de intercambio.

Reacción del suelo (pH)

La reacción del suelo se refiere a las condiciones en relación con su acidez o su alcalinidad. En la práctica agrícola sucede con frecuencia que uno de los factores limitantes para obtener la cosecha máxima de los cultivos es la reacción del suelo (pH), el exceso de acidez, la alcalinidad o la salinidad. Así, por su reacción, los suelos se dividen en:

- Suelos ácidos: Valores de pH menores a 6,5 y %S < 90.
- Suelos neutros: Valores entre 6,5 – 7,5 y %S de 90 a 100.
- Suelos calcáreos entre 7,9 – 8,3 %S: 100%.
- Valores superiores a 8,5 pueden indicar problemas de sodicidad en el suelo (ver suelos sódicos).

6.1.3. Condiciones de salinidad de los suelos

6.1.3.1. Suelos salinos

La salinización es un proceso de aumento del contenido de sales de un suelo, originado por un cambio en el medio físico, particularmente en el drenaje, provocado por la actividad humana, que modifica el balance de agua y sales alcanzado en condiciones naturales.

Estos cambios se producen en tierras bajo riego, ya que los suelos regables reciben cierta cantidad de sales con el agua. En el caso del Alto Valle el mayor problema se presenta por la presencia de capas freáticas de agua salina cerca de la superficie del terreno, es decir, en situaciones de drenaje deficiente.

Cuando los niveles freáticos se encuentran entre 0,3 metros -para los suelos con texturas gruesas- y 2 metros - si las texturas son finas- se acumulan sales en el perfil, debidas al flujo capilar ascendente del agua freática. Posteriormente, la evaporación del agua concentra las sales en los horizontes superiores.

La medida utilizada en el laboratorio para determinar el grado de salinidad se obtiene midiendo la intensidad de corriente que atraviesa la solución de un suelo saturado de agua. Se denomina Conductividad eléctrica y su unidad de medida es el S/m (Siemens por metro), siendo el dS/m (diecisiemens por metro) el rango más utilizado. A mayor concentración de sales, mayor será el valor de su conductividad.

La Tabla 6.2. muestra la calificación dada al suelo en relación con el valor de conductividad eléctrica (CE).

Tabla 6.2.

CE (dS/m a 25°C)	Característica del suelo
Menor a 2	No salino
Entre 2 y 4	Moderadamente salino
Mayor a 4	Salino

El exceso de sales en la zona radicular afecta el desarrollo de las plantas, aunque cada especie posee una tolerancia específica a la salinidad.

Para el caso de los frutales, las pérdidas relativas de rendimientos comienzan con valores de conductividad mayores a 2 dS/m y se vuelven importantes cuando son superiores a 4 dS/m dentro de los primeros 50 cm de profundidad. En este último caso, las disminuciones del rendimiento son mayores al 20%.

Manejo de los suelos salinos

Los suelos salinos mejoran mediante el lavado, esto es, haciendo pasar agua de buena calidad a través del perfil, en cantidad tal que permita el desplazamiento de la solución salina del suelo. Para ello, una condición básica a cumplir es que, natural o artificialmente se cuente con un drenaje de profundidad y capacidad tal que garantice la evacuación de los excedentes, de manera que no se revierta el proceso produciendo resalinización.

6.1.3.2. Suelos sódicos

Acumulación de sodio intercambiable en los suelos

Existe una relación de proporcionalidad entre la concentración de los cationes adsorbidos -explicada al inicio de este capítulo- y su concentración en la solución del suelo.

El calcio y el magnesio son los principales cationes de la solución del suelo y del complejo catiónico de los suelos normales. Cuando en estos suelos se acumula un exceso de sales solubles, generalmente es el catión sodio el que predomina en la solución del suelo. Bajo tales condiciones, una parte del calcio y del magnesio intercambiable son reemplazados por el sodio.

Si el porcentaje de sodio intercambiado (PSI) es mayor a 15 en relación a la CIC del suelo, estamos en presencia de un suelo sódico. Otra forma de caracterizar este tipo de suelos es relacionar la concentración de sodio respecto al calcio y el magnesio en la solución del suelo (relación de absorción con sodio o RAS).

Otro valor indicativo de esta situación es el pH, que en general varía entre 8,5 y 10. En los suelos altamente sódicos la materia orgánica disuelta puede depositarse en la superficie debido a la evapora-

ción, causando así un ennegrecimiento y dando origen al término “álcali negro o salitre negro”.

La Tabla 6.3 muestra la calificación dada al suelo en relación al porcentaje de sodio intercambiado (PSI) y a la relación de absorción con sodio (RAS).

Tabla 6.3

PSI (%)	(RAS)	Característica del suelo
Menor a 15	< 15	No sódico
Igual o mayor a 15	≥ 15	Sódico

Manejo de los suelos sódicos

En general, la recuperación de los suelos sódicos no salinos resulta más difícil que la de los suelos salinos. Sobre todo cuando tienen un alto contenido de sodio intercambiable (PSI) pero baja salinidad total ($CE < 4$ dS/m). En este caso los suelos se presentan en estado disperso (sin estructura) y tienen baja permeabilidad.

La recuperación implica la sustitución del sodio de intercambio (PSI) por calcio. Esto puede lograrse siempre que la permeabilidad del suelo no sea demasiado baja para permitir un drenaje económico. Aún cuando labores mecánicas como la arada profunda combinada con el subsolado, pueden aflojar estratos impermeables, la solución está en el uso de enmiendas. El yeso es el producto más utilizado, ya sea disuelto en el agua de riego o esparcido sobre el terreno y posteriormente enterrado mediante arado de disco.

Existen técnicas para calcular las dosis de yeso para recuperar estos suelos. Los cálculos se basan en el porcentaje de sodio de intercambio (PSI) que posee el suelo que presenta esta problemática, en relación a su capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Se debe agregar un exceso de yeso debido a la falta de uniformidad en la aplicación y lavado hacia el subsuelo y a la impureza de la enmienda. Luego de realizar este procedimiento se procede a lavar inmediatamente, porque el agua lo disuelve y transporta hacia abajo, eliminando también las sales solubles de sodio que se forman a consecuencia del intercambio catiónico.

El mejoramiento de la condición física de los suelos sódicos comprende el reacomodo y la agregación de las partículas del suelo, así como la sustitución del sodio por calcio intercambiable.

6.1.3.3. Suelos salinos - sódicos

Son aquellos que presentan conductividad eléctrica del extracto de saturación mayor a 4 dS/m y porcentaje de sodio intercambiable mayor a 15. Este tipo de suelos se forma como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de sodio. Siempre que contengan un exceso de sales, su apariencia y propiedades son similares a las de los suelos salinos. Cuando hay exceso de sales el pH raramente es mayor a 8.5 y las partículas permanecen floculadas (estructuradas). Si el exceso de sales solubles es lavado, las propiedades de estos suelos pueden cambiar notablemente, llegando a ser idénticas a las de los suelos sódicos no salinos.

El problema principal en los suelos salinos-sódicos consiste en mejorar las condiciones estructurales del suelo, de manera tal que permitan el flujo de agua a través del perfil.

El riego con agua que contiene calcio es una forma de evitar que decline la estructura del suelo.

Los suelos salino-sódicos se manejan en forma similar a los sódicos, agregando generalmente yeso, y calculando las láminas de lavado tal cual se explica en el apartado correspondiente a los suelos salinos.

6.2. FERTILIZACIÓN

La fertilización es una práctica cultural obligada en la producción intensiva de frutales. A pesar de que los suelos de la región son en general de buena fertilidad natural, la elevada demanda nutricional hace que sea necesario recurrir tarde o temprano al uso de fertilizantes, principalmente nitrogenados.

Como se ha señalado, los suelos de los valles irrigados de la Norpatagonia son de bajo contenido de materia orgánica y en consecuencia no pueden aportar la cantidad de nitrógeno requerida por los frutales.

Por otra parte, existen a menudo limitantes físicas y químicas que imposibilitan la correcta absorción mineral, por lo que se debe mejorar el suelo con el fin de poner los nutrientes a disposición de las plantas.

Confeccionar racionalmente un programa de manejo nutricional requiere llevar a cabo un diagnóstico que permita evaluar el estado de situación del monte frutal. Para ello el productor y el técnico asesor cuentan con una serie de herramientas. Las más importantes son la observación visual del monte y los análisis de suelo y foliar, todos ellos de suma relevancia porque integran datos del suelo y la planta.

La observación del monte a lo largo del año es de gran utilidad. En la poda, la cantidad de madera de renuevo que la planta tiene da una idea del vigor. En la floración se puede analizar si ésta es buena, mala o regular y permite efectuar una primera estimación del rendimiento potencial del cultivo. Más adelante se puede observar si la cantidad de hojas, su tamaño y la longitud de los brotes aseguran el vigor que necesita la variedad. Cabe recordar que Williams requiere de una buena relación hoja/fruto, es decir, que exista un buen follaje que no sea limitante del calibre final de la fruta. En cosecha se puede ver el calibre de los frutos y evaluar el rendimiento por hectárea. Estos datos son esenciales para confeccionar el diagnóstico nutricional.

Por otra parte, el análisis del suelo, el cual conviene efectuarlo aproximadamente cada tres años de no existir limitantes, proporciona información muy valiosa.

Los análisis foliares, en tanto, cuando son correctamente informados, ayudan a completar la trílogía que se necesita para realizar las recomendaciones.

Para interpretar los análisis de suelo existen tablas con valores de referencia. Estos permiten encasillar los valores analíticos dentro de rangos que denotan deficiencia, normalidad o exceso (Tablas 6.4 y 6.5)

Tabla 6.4. Valores de referencia de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible en suelos

Valores	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno total (%)	Fósforo (ppm) Método Olsen
Bajo	Menor a 1,7	Menor a 0,07	Menor a 5
Medio	Entre 1,8 a 3	Entre 0,08 a 0,21	Entre 5 y 10
Alto	Mayor a 3	Mayor a 0,21	Mayor a 10

El potasio está relacionado con la clase textural. Así, para las texturas gruesas (arenosas, arenosa franca y franco arenosa) los valores son menores, para las texturas medias (franco, franco limosas, limosas y arcillo arenosas) los contenidos son intermedios y para las texturas finas (franco arcillosas, franco arcillo limosas, arcillo limosa y arcillosas) los contenidos son más elevados.

Tabla 6.5. Valores de referencia de potasio intercambiable correspondientes para cada clase textural

Texturas	Potasio intercambiable (ppm)		
	Baja	Media	Alta
Gruesas	50-70	70-100	100-150
Medias	70-85	86-125	125-200
Finas	85-100	100-150	150-250
Mayor 40 % arcilla	125-175	175-300	400

Los contenidos nutricionales hallados en suelos del Alto Valle de Río Negro con historia frutícola mostraron valores de fósforo muy variables dependiendo de las fertilizaciones realizadas por el productor. El potasio en su mayoría se encuentra en contenidos suficientes y los micronutrientes superan los valores límite considerados para suelos (Tabla 6.6)

Tabla 6.6. Nutrientes disponibles (mg kg⁻¹) en suelos del Alto Valle de Río Negro para dos profundidades de suelo.

Nutriente	0-25 (cm)			25-50 (cm)		
	Media	Min.	Max.	Media	Min.	Max.
	mg kg ⁻¹					
Fósforo	30,7	5,2	100	1,4	0,44	3,7
Potasio	351	156	1775	312	117	1794
Hierro	9	2,5	35,2	13,1	5,0	58,4
Cobre	1,6	0,4	3,8	1,3	0,4	2,0
Manganeso	5,1	2,4	11	2,9	1,4	6,2
Cinc	2,1	0,6	5,6	0,6	0,1	1,5

En tanto, en la Tabla 6.7 se pueden apreciar los valores críticos de nutrientes en hojas de Williams para el muestreo de verano en montes de alto rendimiento comercial, según parámetros elaborados por el INTA Alto Valle, que son de utilidad para interpretar los análisis foliares. La toma de muestras se realiza entre el 15 de enero y el 15 de febrero, seleccionando hojas medias del brote del año en 10 a 15 plantas. Una muestra se compone de aproximadamente 40 hojas y debe ser enviada al laboratorio en bolsas de plástico dentro de las 24 horas.

Tabla 6.7. Concentración de macronutrientes (en %) y micronutrientes (en ppm) sobre base seca en hojas medias de brotes del año en pera Williams.

Nitrógeno (%)	2,20 - 2,50
Fósforo (%)	0,13 - 0,45
Potasio (%)	1,20 - 2,00
Calcio (%)	1,10 - 2,50
Magnesio (%)	0,24 - 0,50
Manganeso (ppm)	30 - 200
Boro (ppm)	30 - 60
Cobre (ppm)	5 - 15
Zinc (ppm)	18 - 60

Los frutos son un destino importante de nutrientes como N, P, K, Mg (magnesio) y Zn (cinc) y se alimentan a expensas de las hojas que disminuyen su concentración foliar. En consecuencia, un rendimiento alto suele corresponderse en las hojas con valores nutricionales bajos desde el punto de vista interpretativo del análisis foliar, situación que no debería preocupar al productor. Si esta tendencia se repite en varios años sin afectar el rendimiento y la calidad, puede afirmarse que la planta no presenta deficiencia alguna y el programa anual de fertilización no debería considerar un agregado extra de fertilizantes.

6.2.1. Requerimiento de nutrientes

El requerimiento de nutrientes minerales para que la planta pueda realizar sus procesos fisiológicos depende mucho de la edad del cultivo y, posteriormente, cuando se llega a la etapa adulta, de los rendimientos alcanzados. Este requerimiento forma parte de una ecuación donde intervienen la oferta y la demanda mineral. Los nutrientes, para ser absorbidos por las raíces deben estar en estado de disponibilidad en cuanto a su forma química y en la cantidad que en ese momento la planta demande. Es oportuno destacar que durante el ciclo de crecimiento la demanda no es constante para todos los minerales, sino que hay momentos de mucha absorción y otros estados fenológicos que requieren de menor cantidad. Un resumen de las necesidades aproximadas de macroelementos de cada uno de los principales compartimentos de la planta (hojas, ramas, tronco, raíces y frutos) se ilustra en la Tabla 6.8.

Tabla 6.8: Demanda anual de macronutrientes de los distintos componentes del crecimiento para un rendimiento de pera Williams de 60 toneladas por hectárea. Los valores están expresados en kilos por hectárea, asumiendo que se trata de una plantación en espaldera tradicional.

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Hojas	45	4	16
Ramas	12	2	6
Tronco	15	2	8
Raíz	8	2	3
Frutos	30	5	60
Total	110	15	93

6.2.2. Fertilización con macronutrientes

Nitrógeno: Como se aprecia en la Tabla 6.8, la demanda anual de nitrógeno para una producción de pera Williams es elevada y ronda los 110 kilos por hectárea y por año. Las hojas son las más demandantes con aproximadamente unos 45 kilos, mientras que los frutos a lo sumo requieren 30 unidades.

Al ser los suelos de bajo contenido de materia orgánica, el aporte nitrogenado natural no es elevado. Por lo tanto, es necesario recurrir a la fertilización ya sea orgánica, química o combinada.

Todos los fertilizantes nitrogenados son de alta solubilidad y el nitrógeno se encuentra bajo las formas nitrato (como el nitrato de potasio o nitrato de calcio), amonio (como el sulfato de amonio o la urea que cuando se descompone en el suelo pasa primeramente a la forma amonio) o ambos como el nitrato de amonio o el sulfonitrato de amonio.

En Williams es conveniente realizar la fertilización nitrogenada en al menos dos épocas: la primera aplicación después de la cosecha y la segunda en la primavera siguiente, una vez definida la carga de fruta en la planta. Las dosis dependen del rendimiento esperado y del vigor de las plantas, pero rondan entre 80 a 140 kilos de nitrógeno por hectárea. Si el vigor es excesivo puede llegar hasta a obviarse la fertilización en una temporada. Es importante rescatar que en esta variedad se necesita un buen vigor de la planta para que los calibres sean comerciales.

El correcto manejo del agua de riego es fundamental para maximizar la eficiencia de aplicación de los fertilizantes nitrogenados. Los nitratos se mueven en el suelo disueltos en el agua; por lo tanto, se deben extremar los cuidados cuando se riega, principalmente en la primavera. No está de más recordar que la eficiencia de aplicación de los fertilizantes nitrogenados cuando se emplea el riego por escorrentía no supera en el mejor de los casos el 40%.

En el mercado existen en la actualidad fertilizantes de liberación controlada que permiten una mejor dosificación del nitrógeno frente al manejo del riego. Si bien el costo es más elevado que el de los fertilizantes comunes, el mayor aprovechamiento puede justificar su compra.

Igualmente, los estiércoles ya sean de chivo o cama de pollo son de liberación lenta por contener nitrógeno orgánico. En general, se estima que durante el primer año no más del 30% del nitrógeno del estiércol se encuentra disponible para las plantas.

Fósforo (P): En sistemas de cultivo convencionales donde se riega toda la superficie del suelo, la respuesta a la fertilización fosforada es más bien rara. En estas condiciones, y de no mediar limitantes físicas o químicas, la raíz es capaz de explorar a discreción un gran volumen de suelo. En cambio, la situación es totalmente distinta para sistemas con riego por goteo, donde las plantas no exploran un gran volumen de suelo y el crecimiento radical se restringe principalmente al espacio ocupado por el bulbo húmedo. En estos casos, el P debe ser parte del programa anual de fertilización.

Desde el punto de vista fisiológico, el papel del P en el fomento del crecimiento radical es muy importante en el primer año de plantación. En suelos “de replante”, la fertilización con P suele mejorar el crecimiento inicial de la planta.

En la plantación se aconseja fertilizar con 100-120 g de fertilizante superfosfato triple de calcio (0-46-0) en el pozo de plantación. En suelos con pH alcalino, el superfosfato triple crea condiciones de acidez en la zona cercana a los gránulos, las cuales facilitan la disponibilidad de micronutrientes.

En situaciones de suelos con escaso volumen útil y bajo contenido de P es aconsejable el abonado de base con P en cantidades elevadas, con el fin de que la planta disponga del nutriente durante los primeros años.

En el vivero, la aplicación de P se justifica ampliamente, debido a su papel en el momento del desarrollo radical para lograr la formación de una planta más equilibrada. Cuando se esteriliza el suelo y se inhibe la asociación con hongos (micorrizas), la respuesta al P es muy marcada.

Además del superfosfato triple de calcio, con frecuencia se utilizan otros fertilizantes fosfatados como el superfosfato simple, el monofosfato de amonio o el fosfato diamónico. En estos casos, la respuesta favorable de la planta puede deberse a la conjunción de nutrientes como el N y el P. Lo

cierto es que en cualquiera de sus formas fertilizantes, el agregado de P en la plantación es una excelente medida de manejo.

Tratándose del P, es clave el momento y el modo de aplicación. En plantaciones tradicionales se aplica antes de la brotación o luego de la cosecha. Ambos períodos son igualmente efectivos. No se justifica dividir la aplicación, ya que por tratarse de un elemento inmóvil en el suelo es muy poca la variación de disponibilidad en un período breve. En el caso del fertirriego la situación es completamente diferente, siendo racional repartir el fertilizante acorde a la demanda de la planta.

El modo de aplicación depende de la textura del suelo y de la localización del sistema radical: siempre se debe verificar dónde se sitúan las raíces. De poco sirve aplicar este nutriente en lugares donde no las hay. En suelos de textura franca a franco limosa y en montes con manejo de la línea de plantación con herbicidas, la aplicación en una superficie localizada de suelo, ya sea por debajo de la línea de goteo o en el área de influencia del microaspersor, es suficiente para garantizar la absorción ya que existen raíces a escasos 2 cm de profundidad. Si, por el contrario, las raíces se ubican a 10 o más centímetros, resulta imprescindible su incorporación mecánica.

La dosis de aplicación depende mucho del tipo de suelo y del monte frutal. En términos generales, para sistemas de riego gravitacional (por manto o por surco) resultan razonables las dosis de 30 a 60 kg de P por hectárea.

El fósforo no constituye *a priori* uno de los nutrientes más fácilmente aprovechable a través de la fertirrigación, por ser un elemento inmóvil en el suelo. Sin embargo, los resultados en los diversos estudios coinciden en mostrar que la movilidad depende de la textura.

En suelos de textura ligera es posible, a través de esta forma de distribución localizada, lograr la penetración del P a una profundidad de 30-40 cm en unos pocos meses. La difusión del P es primero vertical y luego lateral. Lo opuesto ocurre en suelos pesados. La dosificación se realiza, como es común para cualquiera de los nutrientes, de acuerdo con la demanda en cada momento del ciclo anual de crecimiento.

Los fertilizantes tradicionales que tienen como base al fosfato de calcio no son lo suficientemente solubles. Por esta razón, en el fertirriego se emplea el ácido fosfórico. Un fertilizante excelente y no demasiado usado en fertirriego, posiblemente por razones de costo, es el fosfato monopotásico (0-52-35). Además de ser el fertilizante con mayor concentración de nutrientes, presenta un índice salino muy bajo y es de muy fácil manipulación.

Potasio (K): El potasio es el mineral que se encuentra en mayor concentración en el fruto. La elevada demanda total de K por parte de los componentes del crecimiento anual (hojas y principalmente frutos) obliga a que el suministro del suelo deba ser constante. En los frutos tiene la función de mantener la turgencia de las células, condición fundamental para que éstas aumenten de tamaño. Es decir que ante una deficiencia de potasio, un síntoma característico es la falta de calibre. Para evitar posibles efectos negativos en el calibre de la fruta es importante mantener los niveles de potasio en las hojas entre 1,2 y 2%.

Durante las primeras semanas que siguen a la brotación, el contenido total de K en madera y raíz disminuye debido al gran consumo de las reservas. A medida que se agotan las reservas, la demanda del nuevo crecimiento hace que el K absorbido por las raíces se particione hacia las hojas y los frutos. Una vez que la planta entra en dormición, se restablecen las reservas en los órganos perennes, ya sea por la absorción de las raíces como por el reciclaje interno de K antes de la caída de las hojas.

Si el nivel de potasio en el suelo es bajo se debe fertilizar luego de la cosecha o antes de la brotación. Entre los fertilizantes más comunes se encuentran el cloruro de potasio (60% K₂O) y el nitrato de potasio (44% K₂O). Sin embargo, este último es muy costoso por unidad de potasio. Otras fuentes son las mezclas físicas como el 15-15-15 o las mezclas químicas que se diferencian de las físicas porque cada gránulo de fertilizante contiene los nutrientes que indica el marbete. En una mezcla física se pueden diferenciar los fertilizantes, mientras que en una mezcla química no, porque los gránulos son iguales en su aspecto (mismo tamaño y color).

El cloruro de potasio es un excelente fertilizante y las dosis de aplicación varían entre 200 y 400 kilos

por hectárea. La única recomendación en cuanto a su uso es evitar la aplicación en suelos salinos. Obviamente, en dichos suelos otros son los manejos que se deben realizar previos a la aplicación de fertilizantes, cualquiera sea su tipo. Por lo tanto, no es necesario ahondar en mayores detalles.

La fertilización a base de potasio se debe localizar en profundidad, aproximadamente a los 15 cm, con el fin de mejorar la absorción por parte de la planta.

6.2.3. Fertilización foliar

La fertilización foliar es una herramienta muy útil para el productor, siempre y cuando éste sepa como emplearla. Debe entenderse como un complemento a la fertilización por suelo. Jamás puede reemplazar a esta última cuando se trata de macronutrientes (N, P, K). Tiene fundamento si lo que se quiere es fertilizar con micronutrientes o es usada para superar periodos cortos de estrés. En Williams, es común reforzar la aplicación nitrogenada con algunas aplicaciones foliares de urea durante la primavera, cuando se sospecha que la relación hoja/fruto no es suficiente en virtud de la carga de fruta. Después de la cosecha, la fertilización foliar con urea a una concentración de alrededor del 3 ó 4% incrementa notablemente las reservas nitrogenadas de las plantas y contribuye a un mejor desarrollo de las yemas de flor.

La importancia de la nutrición con elementos menores es evidente cuando se considera su papel en el metabolismo de la planta. Buena parte de los micronutrientes (cobre, manganeso, hierro, cinc y cloro) se hallan asociados a enzimas que regulan diversos procesos metabólicos relacionados a la fotosíntesis y a la transferencia de energía.

Los nutrientes menores, a diferencia del N y el K, cuya presencia se requiere en cantidad para que el frutal pueda crecer y desarrollarse con plenitud, actúan en concentraciones del orden de las partes por millón. En consecuencia, la demanda anual es muy baja. Para ejemplificar, basta citar que una cosecha de 70 toneladas por hectárea de pera requiere aproximadamente 200 gramos de B, 120 gramos de Zn y apenas 30 gramos de cobre (Cu). A pesar de estos consumos minúsculos, a veces la disponibilidad del micronutriente en el suelo no es suficiente y el frutal presenta deficiencias.

El factor de mayor importancia en la nutrición de los micronutrientes es la disponibilidad en el suelo y no la cantidad presente en ésta, que por otro lado es abundante, como se citó. A excepción del molibdeno, cuya disponibilidad es muy buena a pH alcalino, para el resto de los metales pesados la máxima absorción por las raíces se produce a un pH entre 5,5 y 6,5. A pH inferior a 5, la disponibilidad de hierro (Fe) o Zn es elevada, pero desafortunadamente las plantas no prosperan bien en condiciones de alta acidez.

Por encima de la neutralidad, cada incremento del pH en una unidad disminuye cientos de veces la solubilidad de los metales pesados en el suelo. Por tal motivo, en suelos con pH cercanos a 8 es de esperar deficiencias de microelementos, sobre todo en condiciones de alta carga de fruta.

Otros factores del suelo que condicionan la correcta nutrición de la planta con micronutrientes son la compactación y el estrés por defecto o por exceso de agua en el perfil del suelo. En términos generales, todo factor que restrinja el crecimiento radical afecta en forma negativa la absorción de nutrientes, en especial de aquellos que son inmóviles en el suelo.

En síntesis, las aplicaciones foliares resultan útiles si se persiguen los siguientes propósitos:

- nutrir a la planta con micronutrientes;
- incrementar reservas nitrogenadas;
- corregir rápidamente desbalances nutricionales;
- complementar el trabajo de la raíz en situaciones de estrés.

6.3. MANEJO DEL SUELO EN MONTES EN PRODUCCIÓN

Éste es un aspecto central en la producción frutícola y lamentablemente no se le asigna la importancia que reviste. Manejar bien el suelo es clave para asegurar aspectos tan medulares como:

- el crecimiento de las raíces;
- la provisión de nutrientes;
- minimizar la competencia entre el frutal y la vegetación competitiva;
- optimizar la operación de riego;
- crear microclimas en el monte frutal.

La labranza es uno de los factores que mayor incidencia ejerce sobre la distribución radical. Estudios locales han demostrado el efecto nocivo de la rastra de discos en eliminar las raíces superficiales como así también en crear condiciones de compactación severas que afectan tanto el crecimiento de las raíces como la aireación del suelo.

No solo la labranza influye en la distribución radical de los frutales. Otro factor es el paso reiterado de la maquinaria agrícola (pulverizadoras, cosechadoras, etc.) por el mismo sector del terreno. Esto ocasiona un gran deterioro de las propiedades físicas y químicas del suelo, con aumento en la densidad aparente, compactación y disminución en la porosidad, lo cual afecta el crecimiento y la distribución de las raíces del frutal. Cuando el suelo no se encuentra en el estado óptimo de humedad para llevar a cabo estas tareas, su realización ocasiona compactación, con mayor gravedad en suelos de texturas finas y libres de cubierta vegetal que en aquellos de texturas más gruesas y con vegetación.

Se sabe que las coberturas verdes, en especial los cultivos perennes, ayudan a conservar el suelo (minimizan la compactación, incrementan los nutrientes y mejoran la estructura) y benefician el desarrollo de los frutales. No obstante, a pesar de las múltiples ventajas que ofrece un sistema más conservacionista que el empleo de la rastra de discos, se mantiene la costumbre del laboreo continuo.

En zonas de riego es frecuente la presencia de una capa freática alta que, aunque sea de naturaleza temporal, crea condiciones anaeróbicas que limitan con seriedad el desarrollo de raíces permanentes. Si la capa freática elevada es temporaria (30-60 días), las raíces tienen oportunidad de desarrollarse pero mueren cuando permanecen mucho tiempo en condiciones de anaerobiosis. En caso de que el agua de la freática sea de naturaleza salina, las raíces se ven imposibilitadas de crecer. Por lo tanto se limita el volumen de suelo explorado por el sistema radical. En el Alto Valle de Río Negro es muy común medir conductividades eléctricas de más de 2 dS m⁻¹. Bajo estas condiciones no se observa abundancia de raíces en la zona de fluctuación de la tabla de agua.

Otro de los factores que afectan al desarrollo de los cultivos es el manejo ineficiente del riego, sobre todo al comienzo de la primavera, época en la que los productores riegan con mayor frecuencia para luchar pasivamente contra las probables heladas tardías. Esto no solo incrementa la freática sino que produce lavado de nutrientes, en particular los nitratos que son muy móviles en el suelo. Se ha comprobado que la disponibilidad de los nitratos después de la fertilización es muy efímera en el tiempo, y para evitar su pérdida de la zona ocupada por las raíces debe agregarse en el momento que la planta lo requiera y ajustar la lámina de riego.

6.3.1. Enmiendas orgánicas

En el pasado, la aplicación de estiércoles y la siembra e incorporación de abonos verdes al suelo eran de uso común. La aparición de los fertilizantes químicos desplazó en gran medida el uso de enmiendas y, por consiguiente, algunas propiedades del suelo como el contenido de materia orgánica y la infiltración del agua de riego se vieron afectadas.

Las emmiendas orgánicas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los estiércoles o guanos más empleados en la región son la cama de pollo y el de chivo. Nutricionalmente lo que importa es el contenido de nitrógeno total, que no suele superar el 1-2% sobre base seca. En este contexto es posible incorporar 100 unidades de N con dosis de guano seco de 5-10 toneladas por hectárea. Las dosis mencionadas no aportan gran cantidad de materia orgánica al suelo, salvo que se apliquen anualmente.

Los abonos verdes pueden sembrarse en cualquier época del año. Los que se siembran en febrero-marzo, como leguminosas (vicia) o gramíneas (avena, cebada, centeno) deben ser incorporados en la primavera. Bajo este manejo, es preciso realizar la siembra en febrero, con el fin de agregar al suelo un buen volumen de forraje. Durante los primeros años de la plantación es muy importante mantener el espacio interfilar con abonos verdes o, incluso, una pastura perenne para mejorar las propiedades del suelo. Si se dispone de control activo contra las heladas tardías, la cobertura verde del suelo es alta-

mente recomendable, sobre todo si está compuesta por especies de gramíneas y leguminosas.

6.3.2. Control de malezas

La eliminación de toda posible competencia por agua y nutrientes en los primeros años de vida del frutal es crítica para permitir el desarrollo rápido de la estructura de la planta. Existen ensayos donde la reducción del crecimiento de los frutales por esta causa es mayor al 50%.

El impacto de las malezas está condicionado por la disponibilidad hídrica y el tipo de suelo. Si el suelo es pobre o de poca profundidad útil, el control de toda competencia es decisivo en la productividad de la plantación.

El control de las malezas se puede realizar mediante laboreo mecánico o herbicidas. El empleo de desbrozadoras mantiene el riesgo latente de lesiones en el tronco de las plantas, y no impide la competencia ya que ésta no se elimina totalmente. Se debe tener especial cuidado en evitar causar lesiones a los troncos de plantas jóvenes.

Los herbicidas más usados son el glifosato o similares de acción sistémica cuando se quiere controlar malezas perennes como la gramilla o el sorgo de alepo. Por razones de seguridad, no es conveniente utilizar este tipo de herbicidas en los dos primeros años de la plantación, y se aconseja el empleo de pantallas protectoras para evitar todo contacto con el tallo.

La aparición de malezas anuales en la primavera o el verano puede controlarse con herbicidas de contacto como el Paraquat o graminicidas selectivos, de ser necesarios.

El *mulching*, ya sea de paja o producto del material desbrozado en el espacio interfilar, cuando es aplicado en la línea de plantación reduce el efecto nocivo de las malezas. También contribuye a conservar el agua, mejorar la nutrición de la planta y atenuar la temperatura del suelo. Su efecto es mayor en las plantas jóvenes y cuando el suelo presenta limitaciones.

6.4. ANÁLISIS DE SUELOS

El análisis del suelo es una herramienta muy importante para elaborar una recomendación de fertilización. Permite cuantificar la oferta de nutrientes del suelo o detectar problemas de salinidad o alcalinidad. La fidelidad de sus resultados dependerá de la toma de muestra, porque a través de una escasa cantidad de suelo se pretende representar la disponibilidad de nutrientes de miles de toneladas, agravado aun más por la variabilidad de suelo que existe en el Valle. La muestra puede ser simple o compuesta.

- ❖ **Muestra simple:** Es la que se obtiene con una sola extracción de suelo y se efectúa cuando se tiene certeza de que éste es homogéneo.
- ❖ **Muestra compuesta:** formada por 15-20 sub-muestras por parcela de muestreo. Está en relación con la variabilidad del terreno.

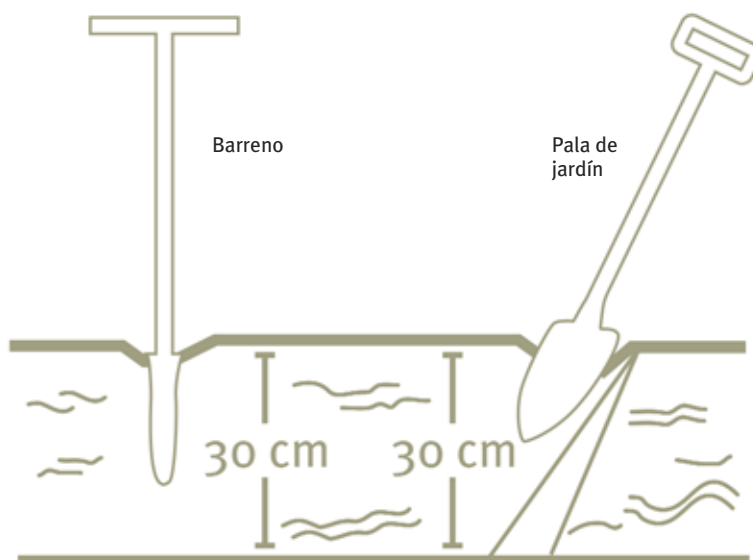
Es conveniente realizar la toma de muestras con un barreno o pala, para cumplir con dos condiciones

importantes: que se tome una capa uniforme de suelo desde la superficie hasta la profundidad determinada y que se pueda obtener el mismo volumen de suelo en cada extracción, como se muestra en la Figura 6.1.

En el laboratorio, el resultado del análisis representa un valor promedio de las sub-muestras (media) que coincide con el valor más frecuente. La forma de atenuar la variabilidad en la distribución de los nutrientes en el lote es llevando a cabo un muestreo intenso, es decir, un elevado número de sub-muestras que van a constituir una muestra compuesta representativa del lote.

La profundidad del muestreo está determinada por el nutriente o propiedad del suelo que se pretende cuantificar. Así, la materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y el pH se miden habitualmente en capa superficial (0-25 cm), que es la profundidad donde ejercen mayor influencia. Si lo que se quiere analizar es el contenido salino y/o alcalino, deberá extraerse la muestra del sector salino en todo el perfil del suelo y no mezclarlo con el sector normal.

Figura 6.1. Extracción de muestras de suelo



Extracción de la muestra: Si el suelo es homogéneo se divide el lote en cruz y se muestrean los extremos y la parte central. Un método de muestreo más intensivo es en zigzag, donde se recorre el campo regularmente, de forma de cubrir todo el lote. Otro método intensivo es en grilla, donde las muestras son tomadas a intervalos regulares en todas las direcciones y se toma una muestra de cada cuadrícula (Figura 6.2).

Si la muestra es extraída con pala de los primeros 20 ó 30 cm de profundidad, se quitan los bordes dejando una porción de 5 cm de ancho. Si es con barreno, la muestra es lo que queda en la parte

hueca. Las sub-muestras se colocan en una balde, luego se homogeneizan y de ahí se extraen 0,5 ó 1 kg de suelo y se llevan al laboratorio ((Figura 6.3.).

Una vez bien homogeneizadas, se envasan en bolsa plástica. La muestra de suelo debe estar debidamente identificada, con informaciones de la parcela (cultivo, ubicación geográfica, topografía, nombre de la persona responsable, dirección, localidad, teléfono, profundidad del muestreo, etc.). En caso de suelos o cuadros no homogéneos, la operación se debe repetir en cada sector diferente. Nunca se deberán mezclar las muestras de zonas diferentes.

Figura 6.2. Esquema para realizar el muestreo de suelos.



Figura 6.3. Esquema de extracción de muestras de una pala o barreno

