



Nutrición

John G. Mexal y Thomas D. Landis

INTRODUCCIÓN

La fertilización es la práctica de manejo más importante utilizada por los viveros para modificar positivamente la calidad y el crecimiento de los plantines. Las plantas requieren 17 elementos esenciales para crecer, de los cuales el carbono, el oxígeno y el hidrógeno se obtienen desde la atmósfera y la hidrólisis del agua. Estos elementos constituyen hasta el 95% del peso seco de los plantines. Sin embargo, otros nutrientes que están presentes en menores concentraciones no son menos importantes. Los elementos presentes en cantidades significativas, llamados macronutrientes, son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio,

magnesio y azufre. Los micronutrientes, presentes en proporciones de mg/kg o ppm son: hierro, manganeso, cobre, boro, zinc, molibdeno, cloro y níquel.

El contenido de nutrientes de los plantines varía entre especies, tejidos, órganos, estación y condiciones de crecimiento. La Tabla 1 presenta una guía general de niveles suficientes e insuficientes. La Tabla 2 muestra concentraciones y contenidos de nutrientes reales de plantines de pino taeda (*Pinus taeda*) cultivados a raíz desnuda. El estudio presenta el mínimo, la mediana y el máximo para plantines en crecimiento de apariencia normal cultivados en el sudoeste de EE.UU.

Tabla 1. Contenido de nutrientes en tejidos normales y tejidos deficientes de plantines forestales (Hartman et al. 2000, Landis et al. 1989).

Nutriente	Tejidos normales		Tejidos deficientes	
Nitrógeno	2,0-4,0%	>20.000 mg/kg	<1,5%	<15.000 mg/kg
Potasio	0,75-2,5%	>7.500 mg/kg	<0,3-0,6%	<6.000 mg/kg
Calcio	0,7-2,5%	>7.000 mg/kg	0,2-0,5%	<5.000 mg/kg
Magnesio	0,2-0,6%	>2.000 mg/kg	<0,05-0,2%	<2.000 mg/kg
Fósforo	0,12-0,5%	>1.200 mg/kg	<0,08-0,1%	<1.000 mg/kg
Azufre	0,2-0,5%	>2.000 mg/kg	<0,12-0,14%	<1.400 ppm
Hierro	0,04%	40-400 mg/kg	<0,003%	<33 mg/kg
Zinc	0,01%	30-150 mg/kg	<0,0008%	<8 mg/kg
Manganeso	0,02%	100-250 mg/kg	--	--
Boro	0,01%	20-100 mg/kg	<0,0006%	<6 mg/kg
Cloro	0,01%	100 mg/kg	--	--
Cobre	0,002%	4-20 mg/kg	--	--
Molibdeno	0,0005%	1-5 mg/kg	<0,0001%	<1 mg/kg

Tabla 2. Concentración y contenido de nutrientes en plantines de pino taeda (*Pinus taeda*) cultivados a raíz desnuda (Boyer y South 1985).

Tejido	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	S (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Al (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Follaje													
Mínimo	0,92	0,12	0,82	0,03	0,22	0,05	0,01	107	340	85	10	2	30
Medio	1,64	0,21	1,12	0,10	0,30	0,08	0,02	412	650	518	17	6	55
Máximo	2,24	0,30	1,47	0,23	0,66	0,16	0,12	2.150	6.380	1.350	65	10	87
Tallos													
Mínimo	0,45	0,10	0,82	0,05	0,14	0,02	0,01	85	130	65	8	2	32
Medio	0,95	0,20	1,12	0,11	0,22	0,06	0,02	274	460	329	16	8	59
Máximo	1,79	0,37	1,46	0,16	0,33	0,19	0,13	880	2.770	1.020	33	24	97
Raíces													
Mínimo	0,53	0,12	0,87	0,03	0,10	0,04	0,01	395	780	63	13	3	26
Medio	0,85	0,20	1,14	0,10	0,20	0,08	0,03	1.470	3.460	304	23	9	47
Máximo	1,66	0,39	1,53	0,16	0,31	0,49	0,22	3.410	15.270	733	47	26	94

Tejido	N (mg)	P (mg)	K (mg)	Mg (mg)	Ca (mg)	S (mg)	Na (mg)	Fe (mg)	Al (mg)	Mn (mg)	B (mg)	Cu (mg)	Zn (mg)
Follaje													
Mínimo	12,0	1,3	6,6	0,3	2,3	0,5	0,1	0,1	0,3	0,1	0,01	0,00	0,03
Medio	21,6	2,7	14,5	1,2	4,3	1,0	0,2	0,6	0,9	0,7	0,03	0,01	0,07
Máximo	30,7	4,5	26,2	3,1	7,3	2,4	1,5	3,9	11,4	1,5	0,08	0,02	0,14
Tallos													
Mínimo	1,7	0,5	2,0	0,2	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,01
Medio	6,4	1,2	7,3	0,6	1,4	0,4	0,1	0,2	0,3	0,2	0,01	0,01	0,04
Máximo	12,5	2,5	12,2	1,4	3,0	1,4	0,9	0,7	2,0	0,5	0,03	0,02	0,06
Raíces													
Mínimo	1,2	0,3	1,5	0,1	0,3	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,00	0,00	0,01
Medio	4,5	0,9	5,4	0,5	1,0	0,4	0,2	0,8	1,7	0,1	0,01	0,00	0,02
Máximo	7,9	2,4	11,6	1,7	2,6	2,3	1,2	2,8	12,5	0,5	0,03	0,02	0,06
Total													
Mínimo	16,2	2,1	10,1	0,7	3,7	0,7	0,2	0,2	0,4	0,2	0,02	0,00	0,06
Medio	32,5	4,8	27,2	2,3	6,7	1,9	0,5	1,7	3,4	1,1	0,05	0,02	0,13
Máximo	50,4	9,4	50,0	5,2	12,0	4,4	3,4	6,8	26,0	2,3	0,14	0,06	0,25

El nitrógeno está presente en la concentración más alta (entre 2% y 4%), seguido por el potasio, el calcio y el magnesio. Como regla general, el fósforo se encuentra en los tejidos en un 10% de la concentración del nitrógeno. Estos macronutrientes constituyen entre un 4% y un 10% del peso seco de una planta. Los micronutrientes, incluyendo el hierro, considerado por otros autores como un macronutriente, conforman el 0,1% del peso seco.

Nitrógeno: El nitrógeno, absorbido como iones amonio (NH_4^+) y como nitrato (NO_3^-), forma parte de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y reguladores de crecimiento vegetales (Hopkins 1999). Móvil en la planta, la deficiencia de nitrógeno se observa como clorosis general de los plántines. Deficiencias leves pueden reducir el crecimiento con poco o ningún cambio evidente en el color de las acículas. La deficiencia severa se observa en forma de hojas cortas, rígidas y amarillentas, y puede producir mortalidad temprana de acículas maduras (Figura 1A). Niveles de nitrógeno entre 1,7% y 2,5% son suficientes, mientras que se considera que hay deficiencia por debajo de 1,5%.

Fósforo: El fósforo está disponible primariamente como anión monovalente o divalente de ácido fosfórico (H_3PO_4) en la solución del medio de crecimiento. La disponibilidad del fósforo depende del pH, y es típicamente baja en los suelos. Los medios de crecimiento de turba o de cortezas suelen ser ácidos, lo cual mejora la disponibilidad de este elemento. El fósforo es parte de los nucleótidos -tanto de ADN como de ARN-, de las membranas y del ATP, el cual está involucrado en la fotosíntesis y el metabolismo de la energía. Los síntomas de deficiencia incluyen clorosis de acículas jóvenes, mostrando una decoloración violácea a medida que la situación empeora (Figura 1B). Si la deficiencia continúa aumentando, el violeta se vuelve marrón, con necrosis de tejidos. Los niveles suficientes de fósforo están alrededor del 10% del contenido de nitrógeno, o sea 0,2% a 0,3%; se observa deficiencia por debajo de 0,1%.

Potasio: El potasio, disponible como catión monovalente (K^+), es muy soluble y fácilmente se lixivia del medio de crecimiento. Se necesita en grandes cantidades (~1% en peso), y está involucrado en la transpiración, la traslocación de los hidratos de

carbono, la síntesis de almidón y proteínas y la activación de enzimas, especialmente aquellas relacionadas con la fotosíntesis y la respiración. El potasio es muy móvil y los síntomas son observables primero en las acículas maduras. Los síntomas incluyen la clorosis del ápice de las acículas, clorosis general y ante deficiencias severas necrosis (Figura 1E). Los niveles suficientes están por encima de 0,6% y los deficientes, por debajo de ese valor.

Magnesio: El magnesio es absorbido como catión divalente (Mg_2^+). Es necesario que esté presente en un tercio o la mitad de la cantidad del calcio. Es un componente de la molécula de clorofila; está involucrado en la estabilización de los ribosomas y es un catalizador para varias enzimas fundamentales, incluyendo dos que están involucradas en la fotosíntesis. El magnesio es muy móvil y los síntomas de su deficiencia se ven primero en las acículas maduras, como una clorosis de color amarillo brillante en la punta de las mismas (Figura 2A). La deficiencia severa puede causar necrosis del ápice de las acículas, con mortalidad ocasional de yemas. Los niveles suficientes están alrededor de 0,10% y las deficiencias se evidencian por debajo de 0,2%.

Calcio: El calcio es absorbido como un catión divalente (Ca^{2+}), que rara vez está en deficiencia en los suelos. La deficiencia del calcio causa deformación de yemas y, en casos severos, mortalidad de tejidos meristemáticos. Las deficiencias de calcio son raras. La concentración adecuada está entre 0,10% y 0,20%; la deficiencia ocurre por debajo de 0,2%.

Azufre: El azufre es absorbido como el anión sulfato (SO_4^{2-}). Es parte de ciertos aminoácidos y contribuye a la estructura terciaria de las proteínas (enzimas). También está involucrado en la reacción de transferencia de electrones de la fotosíntesis. Así como sucede con la deficiencia de nitrógeno, la deficiencia de azufre produce clorosis de acículas. Sin embargo, a diferencia del nitrógeno, el azufre es inmóvil y los síntomas se observan primero en las acículas jóvenes, las cuales pueden verse delgadas y frágiles. Los niveles suficientes están entre 0,13% y 0,20%, mientras que las deficiencias se observan por debajo de 0,13%.

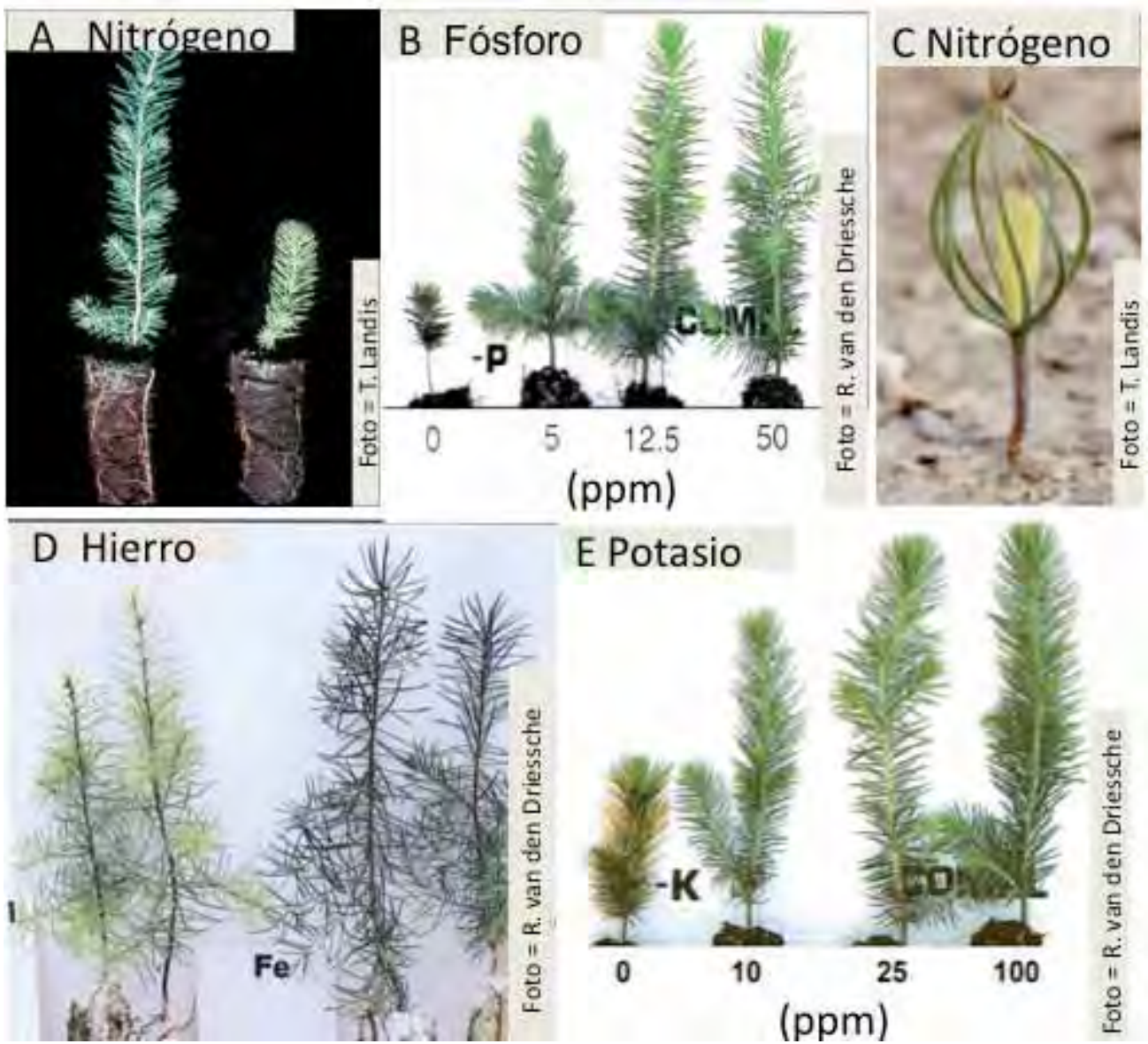


Figura 1. Ejemplos de deficiencias de nutrientes en plantines de coníferas (Landis, sin publicar, van den Driessche 1988, 1991).

H Hierro: El hierro es absorbido tanto en su forma ferrosa (Fe^{2+}) como férrica (Fe^{3+}), siendo la forma Fe^{2+} más soluble. Es parte de la catalasa y la peroxidasa, y es necesario para la síntesis de clorofila. También participa en la catálisis de muchas enzimas redox. La deficiencia de hierro lleva a la pérdida de clorofila y degeneración de cloroplastos. El hierro es inmóvil y las deficiencias se evidencian primero en las nuevas acículas (Figura 1C y D). Las deficiencias son especialmente probables en medios de crecimiento con pH alto (>7.5) o en condiciones demasiado cálidas en primavera. El nivel suficiente se encuentra entre 100 y 400mg/kg, y las deficiencias ocurren por debajo de 33mg/kg.

M Manganeso: El manganeso (Mn^{2+}) es cofactor de varias enzimas, especialmente aquellas involucradas en la respiración. La deficiencia de manganeso puede agravarse por pH bajo y alto contenido de materia orgánica, y es difícil de distinguir de la deficiencia de hierro y magnesio (Figura 2B). El nivel suficiente está entre 50 y 200mg/kg.

C Cobre: El cobre (Cu^{2+}) es cofactor de varias enzimas oxidativas. Los síntomas de deficiencia incluyen falta de crecimiento y deformación de acículas jóvenes. Las acículas exhiben "ápices quemados" con bordes amarillentos. Acículas aparentemente saludables pueden mostrar cierto espiralamiento (Figura 2C). Los niveles suficientes están entre 2 y 5 mg/kg.

B Boro: El boro se encuentra en la solución del suelo como ácido bórico (H_3BO_3), y participa en la estructura de la pared celular, la división celular, la elongación y la traslocación. Los síntomas de deficiencia incluyen raíces romas y entrenudos acortados, lo que da a las plantas apariencia arbustiva o de rosetas (Figura 2D). En casos severos, hay necrosis de tejidos meristemáticos, a veces precedido por marchitamiento o crecimiento anormal. Los niveles suficientes están entre 10 y 40 mg/kg, y hay deficiencias por debajo de 6 mg/kg.

Z Zinc: El zinc (Zn^{2+}), como el cobre, es cofactor de varias enzimas pero también está involucrado en el metabolismo del ácido indolacético y probablemente en la síntesis de triptófano, un pre-

cursor de la auxina. Los síntomas de deficiencia incluyen entrenudos acortados y acículas pequeñas y cloróticas (Figura 2E). Ocasionalmente se observa bronceado de ápices de acículas. Niveles por encima de 15 mg/kg son suficientes, mientras que la deficiencia se observa por debajo de 8 mg/kg.

M Molibdeno: El molibdeno está presente como MoO_4^{2-} , y participa en el metabolismo del nitrógeno. Los síntomas de deficiencia incluyen clorosis que comienza por el ápice de las acículas, seguido de necrosis. Concentraciones de 1 a 5mg/kg son suficientes.

C Cloro: El cloro (Cl^-) se encuentra en muchas soluciones, especialmente en el agua potable, y rara vez es escaso. De hecho, las plantas absorben cloro en cantidades que exceden los requerimientos mínimos. Participa en reacciones de la fotosíntesis, en la neutralidad eléctrica a través de las membranas y la división celular. Los síntomas de deficiencias incluyen crecimiento reducido, marchitamiento y clorosis, pero son raros. No se conoce el nivel óptimo de este elemento.

N Níquel: El níquel (Ni) es un elemento esencial recientemente descubierto. Raramente o nunca está en niveles insuficientes. Sin embargo, los niveles bajos de níquel pueden reducir la producción de semillas y la germinación. Los niveles adecuados son desconocidos.

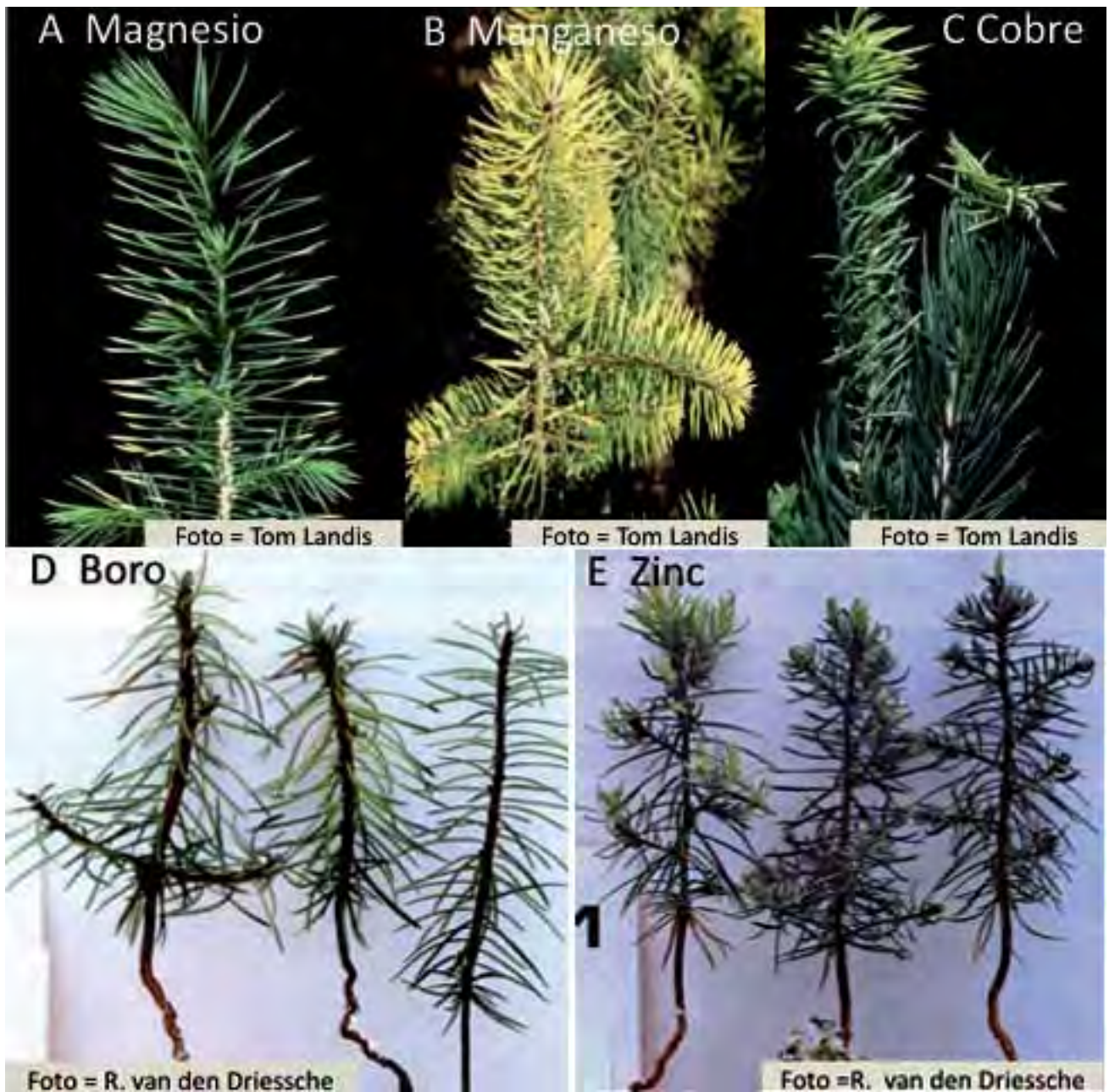


Figura 2. Ejemplos de deficiencias de nutrientes en plantines de coníferas (Landis, sin publicar, van den Driessche 1988, 1991).

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN

Los plantines cultivados en medios de crecimiento sin suelo, necesitan recibir externamente los nutrientes minerales que requieren para crecer. A medida que crecen los plantines necesitan distintos niveles de nutrientes (Figura 3). Cuando la concentración es muy baja, los plantines frecuentemente exhiben síntomas de deficiencia. A medida que la disponibilidad de nutrientes aumenta, los plantines pasan por un nivel de necesidad oculta, donde no hay síntomas de deficiencia; pero sin embargo, si se aumenta la concentración de nutrientes, el crecimiento aumenta. Por lo tanto, el nivel suficiente de nutrientes es la concentración a la cual un aumento en la disponibilidad de los mismos no es acompañado con un aumento

adicional en el crecimiento. Éste suele ser un rango de concentración relativamente amplio (meseta), especialmente para nutrientes como el nitrógeno o el fósforo. En el vivero lo ideal es mantener los niveles de nutrientes de los plantines, y el crecimiento concomitante, en el límite entre necesidad oculta y suficiencia (mostrado por la flecha). Hay poco beneficio en mantener niveles de fertilidad de lujo, por encima de este punto, porque el gasto adicional no se refleja en un mayor crecimiento, y la acumulación de sales en el sustrato constituye un riesgo. Finalmente, la concentración de nutrientes llega a niveles de toxicidad en los cuales el crecimiento, así como el contenido de nutrientes de los plantines, se reduce. En este punto, las membranas celulares dañadas producen la muerte celular y, eventualmente, la muerte de los plantines.

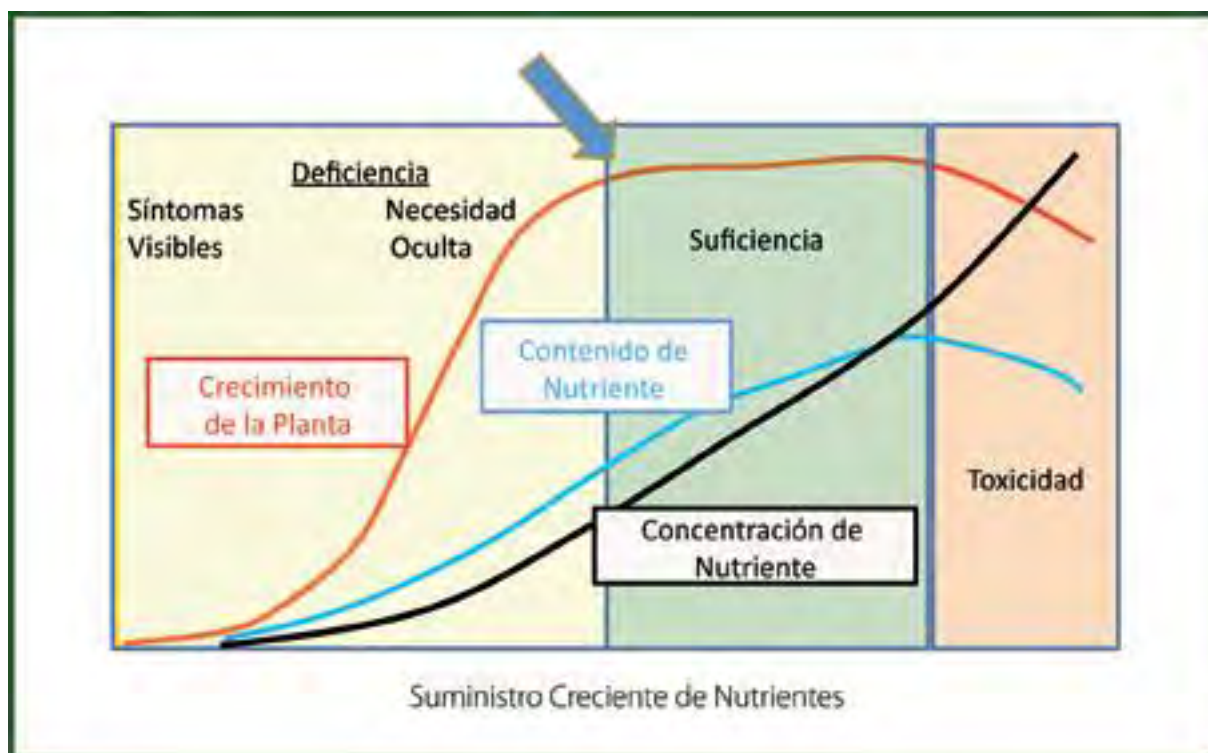


Figura 3. Etapas en la disponibilidad de nutrientes, donde la flecha indica niveles óptimos (Timmer 1991).

En los ensayos de fertilidad, el crecimiento suele medirse en respuesta a la cantidad de nitrógeno aplicado a los plantines. Por ejemplo, para pino taeda cultivado a raíz desnuda, el peso seco de los plantines aumenta con el aumento del nitrógeno (Figura 4). Sin embargo, la respuesta empieza a declinar con tasas de aplicación por encima de 200 mg N/planta (Switzer y Nelson 1963).

Los plantines de *Picea* cultivados con fertilización líquida constante parecen tener una tasa de aplicación óptima de 100 mg N/L (Figura 4). Aumentar la dosis a 200 mg N/L no produce un aumento ni del diámetro de los plantines ni del peso seco. De hecho, aumentar la dosis a más de 300 mg N/L parece producir toxicidad en los plantines (Phillion y Libby 1984).

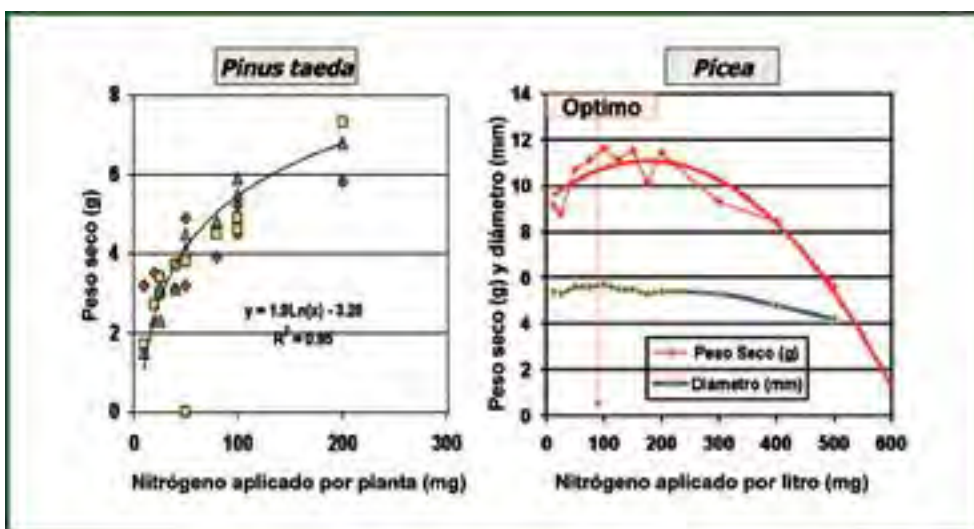


Figura 4. Efecto de fertilización con nitrógeno en plantas de pino taeda (*Pinus taeda*) (Switzer y Nelson 1963) y *Picea* (Phillion y Libby 1984).

La respuesta máxima a la fertilización requiere que no haya otros factores que limiten el crecimiento (por ejemplo, el agua). Squire y colaboradores (1987) probaron que el crecimiento de pino radiata (*Pinus radiata*) es sensible a los niveles de nitrógeno, pero sólo con potenciales hí-

dricos altos (estrés hídrico mínimo) (Figura 5). A medida que disminuye el potencial mátrico, la respuesta a la fertilización con nitrógeno disminuye; incluso, cuando el potencial mátrico es bajo, el nitrógeno parece disminuir el crecimiento.

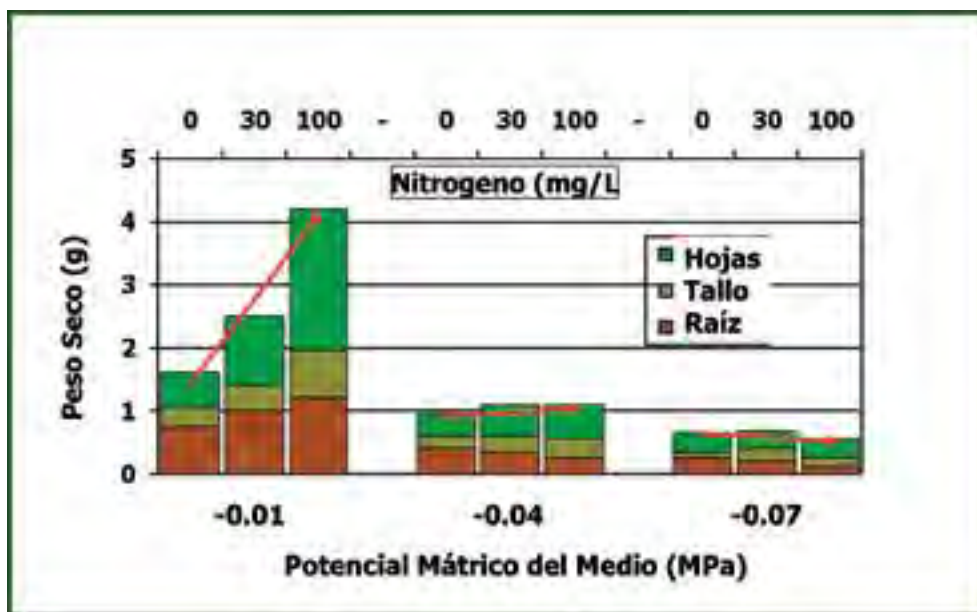


Figura 5. Crecimiento en respuesta a la fertilización con nitrógeno de plantas de pino radiata (*Pinus radiata*) según diferentes potenciales hídricos (Squire et al. 1987).

El contenido de nutrientes de los plantines no sólo afecta el crecimiento en el vivero, sino también la supervivencia y el crecimiento en plantación. Sin embargo, las prácticas culturales para producir plantines en contenedor suelen requerir un período de endurecimiento en el cual se reducen los niveles de fertilización (para mayor detalle ver el capítulo Fases de cultivo: Endurecimiento). Desafortunadamente, una menor fertilización reduce los niveles de nitrógeno foliar durante este período (Irwin et al. 1998). Un nivel bajo de nitrógeno foliar puede afectar la capacidad de los plantines para endurecerse al frío (Rikala y Repo 1997, Timmis 1974), sobrevivir y crecer (van den Driessche et al. 1988). El nivel de nitrógeno foliar óptimo para los plantines de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*)

es de alrededor de 2% (Figura 6). Por ende, una vez que se completa la fase de endurecimiento, los viveros suelen realizar una recarga de nutrientes para volver a alcanzar estos niveles. En la Figura 7 se muestran plantines de pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) recargados durante la fase de endurecimiento. La recarga de minerales evita la dilución de nutrientes y aumenta el crecimiento en diámetro más de un 40%. En consecuencia, los plantines con el mayor contenido de nitrógeno y el mayor diámetro deberían tener la mayor supervivencia y crecimiento en plantación (para mayor detalle sobre este aspecto ver el capítulo Calidad de plantines: atributos fisiológicos); de hecho, se ha comprobado que la recarga de nutrientes mejora el desempeño postrasplante de los plantines (Rikala et al. 2004, Xu y Timmer 1999).

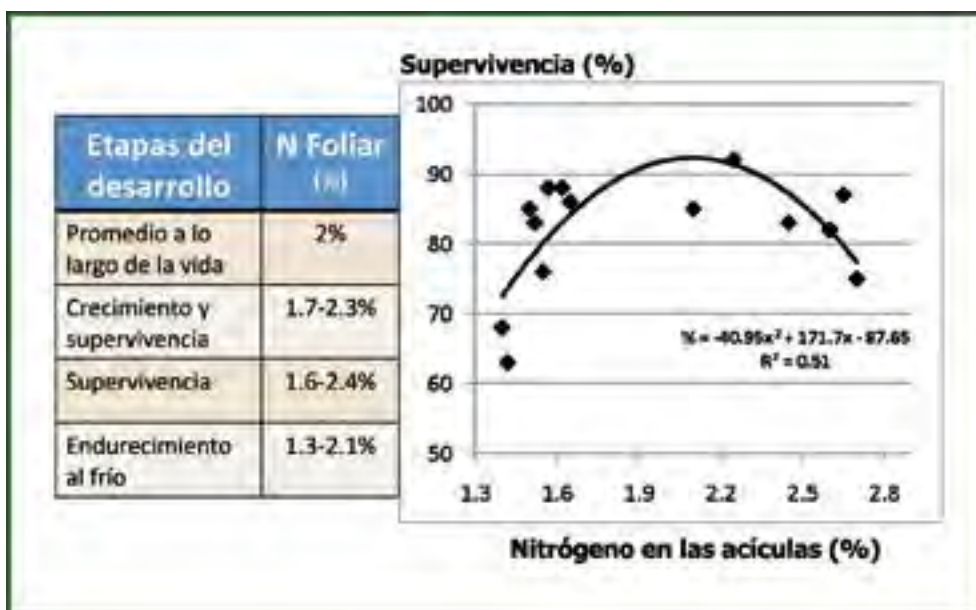


Figura 6. Porcentaje de nitrógeno recomendable en las distintas etapas de desarrollo (izquierda) y supervivencia en función del contenido de nitrógeno en el follaje (derecha) de plantas de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) (van den Driessche et al. 1988).

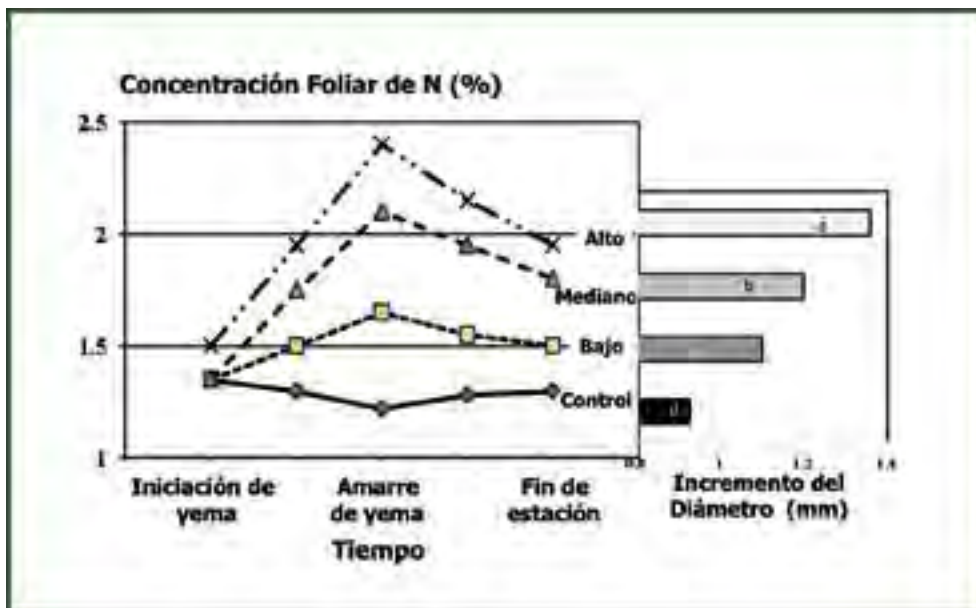


Figura 7. Concentración foliar de nitrógeno a lo largo del periodo de formación de las yemas y diámetro del cuello alcanzado en función de distintos niveles de fertilización en plantas de pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) (Montville et al. 1996).

Método de fertilización

Los viveros pueden cubrir sus necesidades de fertilización de plantines tanto por medio del uso de fertilizantes de liberación lenta que se aplican antes de establecer los plantines o a través de la adición continua de fertilizantes líquidos (fertilirriego). Ambos tienen ventajas y desventajas.

Si se utilizan fertilizantes de liberación lenta, es importante que el viverista comprenda la dinámica de esa liberación. En algunos fertilizantes los elementos minerales se liberan en forma rápida, en función de su solubilidad, mientras en otros fertilizantes, la tasa de liberación de los distintos elementos está dada por la temperatura y la solubilidad (Mickler y Ruter 2003). En forma ideal, un fertilizante de liberación lenta, debería liberar los nutrientes a lo largo de todo el período de crecimiento. Pero en la realidad, los fertilizantes que liberan la mayor parte de los nutrientes tempranamente en el ciclo de crecimiento necesitarán un suplemento adicional de fertilización en algún momento.

La fertilización líquida, o fertilirriego, tiene la ventaja de que puede planificarse un régimen de nutrientes diferente para cada especie (Ingestad 1979) y para el ciclo de crecimiento de cada cultivo. Esto significa que puede aumentarse la concentración de nutrientes a medida que aumenta el tamaño del cultivo y puede modificarse fácilmente al llegar a la etapa de endurecimiento. El fertilirriego puede adaptarse fácilmente a sistemas de riego móviles, los cuales tienen la mayor uniformidad de aplicación. Los sistemas de riego fijos y el riego manual tienen los coeficientes de uniformidad más bajos y son menos adecuados para el fertilirriego. Los sistemas menos uniformes no sólo aplican más agua a algunos plantines, también entregan más cantidad de nutrientes, aumentando las diferencias en el crecimiento. Los sistemas de irrigación fijos deben tener un coeficiente de uniformidad de 80% o más para minimizar los efectos de la fertilización.

CONCLUSIONES

Los plantines cultivados en contenedor deben recibir todos los nutrientes a través de un plan de fertilización. Los nutrientes pueden ser suministrados a través de la incorporación de fertilizantes de liberación lenta antes de establecer las plantas o por fertirriego. El fertirriego es la técnica recomendada si se utiliza un sistema de riego móvil. Pueden suministrarse nutrientes para cubrir las necesidades cambiantes del cultivo, desde el establecimiento, a través de la etapa de rápido crecimiento, hasta el endurecimiento.

El nitrógeno, el elemento necesario en mayor cantidad, es el nutriente que más afecta el crecimiento en el vivero y el desempeño en plantación. Pueden desarrollarse deficiencias para la mayor parte de los minerales, aún aquellos que se requieren en cantidades ínfimas. Aunque el manejo de los nutrientes es básico y sencillo, es también, un eslabón crítico en la producción de plantines.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Boyer, J.N. y D.B. South. 1985. Nutrient content of nursery-grown loblolly pine seedlings. Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn, AL. Circular 282, 27p.

Hartman, J.R., Pirone, T.P. y M.A. Sall. 2000. Pirone's Tree Maintenance, 7th edition. Oxford University Press, Inc., New York, NY. 545 p.

Hopkins, W.G. 1999. Introduction to Plant Physiology (2nd edition). John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 512 p.

Ingestad, T. 1979. Mineral nutrient requirements of *Pinus silvestris* and *Picea abies* seedlings. *Physiologia Plantarum* 45:373-380.

Irwin, K.M., Duryea M.L. y E.L. Stone. 1998. Fall-applied nitrogen improves performance of 1-0 slash pine nursery seedlings after outplanting. *Southern Journal of Applied Forestry* 22:111-116.

Landis, T.D., Tinus, R.W., McDonald, S.E. y J.P. Barnett. 1989. Seedling nutrition and irrigation, Vol. 4. The Container

Tree Nursery Manual. Agriculture Handbook 674. Washington, DC: US Department of Agriculture, Forest Service, 191 p. Disponible en http://rngr.net/Publications/ctnm/Folder.2003-06-11.4947/vol_4_intro.pdf/file.

Mickler, K.D. y J.M. Ruter. 2003. Slow-release comparisons. How 5 long-term fertilizers stacked up in container production tests. *NMPRO* 19(3):51.

Montville, M.E. Wenny, D.L. y R.K. Dumroese. 1996. Foliar fertilization during bud initiation improves container-grown ponderosa pine seedling viability. *Western Journal of Applied Forestry* 11:114-119.

Phillion, B.J. y M. Libby. 1984. Growth of potted black spruce seedlings at a range of fertilizer levels. *The Plant Propagator* 30(2):10-11.

Prasad, M., Simmons, P. y M.J. Maher. 2004. Release characteristics of organic fertilizers. *Acta Horticulturae* 644:163-170.

Rikala, R., Heiskanen, J. y M. Lahti. 2004. Autumn fertilization in the nursery affects growth of *Picea abies* container seedlings after transplanting. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19:409-414.

Rikala, R. y T. Repo. 1997. The effect of late summer fertilization on the frost hardening of second-year Scots pine seedlings. *New Forests* 14:33-44.

Squire, R.D., Attiwill, P.M. y T.F. Neals. 1987. Effects of changes of available water and nutrients on growth, root development, and water use in *Pinus radiata* seedlings. *Australian Forest Research* 17:99-111.

Switzer, G.L. y L.E. Nelson. 1963. Effects of nursery fertility and density on seedling characteristics, yield and field performance of loblolly pine. *Soil Science Society of America Proceedings* 27:461-464.

Timmer, V.R. 1991. Interpretation of seedling analysis and visual symptoms, p. 113-134. En: van den Driessche, R. (Editor), Mineral nutrition of conifer seedlings. CRFC Press, Boca Raton, FL, 274 p.

Timmis, R. 1974. Effect of nutrient stress on growth, bud

set and hardiness in Douglas-fir seedlings, p. 187-193. En: Tinus, R.W., W.I. Stein y W.E. Balmer (Editores), Proceedings of the North American Containerized Forest Tree Seedlings Symposium, Denver, CO. Great Plains Agriculture Council Publication 68.

van den Driessche, R. 1988. Nursery growth of conifer seedlings using fertilizers of different solubilities, and application time, and their forest growth. Canadian Journal of Forest Research 18:172-180.

van den Driessche, R. 1989. Nutrient deficiency symptoms in container grown Douglas-fir and white spruce seedlings. B.C. Min. Forests, Research Branch, Victoria, B.C. Canada V8W 3E7", 29 p.

van den Driessche, R. (Editor). 1991. Mineral nutrition of conifer seedlings. CRC Press, Boca Raton, FL, 274 p.

Xu, X.J. y V.R. Timmer. 1999. Growth and nitrogen nutrition of Chinese fir seedlings exposed to nutrient loading and fertilization. Plant and Soil 216:83-91.