

Federico Sánchez Rodríguez

Condiciones de las masas forestales y su relación con las propiedades de los suelos II: Fertilidad y Nutrición

Recibido: 4 Septiembre 2004/ Aceptado: 16 Octubre 2004
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2004

El estudio de la nutrición de especies forestales ha experimentado un gran desarrollo desde la segunda mitad del siglo XX hasta nuestros días. Gran parte del esfuerzo se centró desde un principio en profundizar en las variables que determinaban los niveles de nutrientes en las hojas de los árboles en el monte, o en el laboratorio aplicando soluciones nutritivas en plántulas para determinar niveles carenciales y la sintomatología visual que éstos ocasionaban. Algunos de estos trabajos, realizados en el I.F.I.E. son todavía de referencia en la literatura sobre nutrición forestal pasados más de 30 años de su realización (Bará, 1970; Marcos de Lanuza, 1966, etc.).

A pesar de la ralentización sufrida por la investigación forestal en España en el último cuarto del siglo XX, el indudable interés que presenta el conocimiento de la nutrición forestal para la gestión de las masas de una forma óptima y sostenible ha concentrado el afán de algunos investigadores forestales en esta materia.

El gestor forestal puede aprovecharse de los conocimientos existentes en nutrición forestal para mejorar la productividad en algunos casos, o evitar la comisión de errores en prácticas selvícolas y en la selección de especies o variedades no adecuadas a la estación donde se pretenden introducir.

Existen dos vías sencillas de aplicar los conocimientos de la nutrición forestal a la gestión. Por un lado, reconocer visualmente los síntomas de deficiencias nutricionales permite determinar carencias agudas sin más problemas

que el de adquirir un cierto entrenamiento. Para ello, es posible ayudarse de guías fotográficas y claves específicas para cada nutriente y especie o grupos de especies relacionadas (Will, 1985; Dell, 1996, etc.).

Para no confundir síntomas ocasionados por organismos patógenos o por episodios climáticos como lluvias ácidas, heladas, etc., con carencias nutricionales, existen algunas reglas que pueden ser consultadas. En todo caso, conviene señalar que los síntomas de carencias nutricionales siguen una pauta regular y predecible en el árbol o rodal afectado que una vez recordada permite una fácil identificación.

A pesar de todo, carencias pueden presentarse sin necesidad de una sintomatología visual clara, por lo que la otra vía de aplicar fácilmente la nutrición forestal a la gestión es ayudarse de análisis foliares para determinar el estado nutricional del arbolado. Para ello se requerirá de muestras de hojas que deben tomarse cuidadosamente siguiendo un protocolo preestablecido.

El análisis foliar pretende obtener los niveles de nutrientes en hojas expresados en porcentaje, partes por millón o cualquier otra unidad de concentración sobre materia seca. La información así adquirida tiene inmediatas aplicaciones en el diagnóstico del estado nutricional de las masas forestales, en las medidas a aplicar para alcanzar una óptima producción y una gestión sostenible del recurso, e incluso en la evaluación de impactos medioambientales sobre los ecosistemas forestales (Leaf, 1973; Lambert, 1984; Richards y Bevege, 1972; Oren y Schulze, 1989, etc.).

Se han seguido diversas técnicas para evaluar el estado nutricional de las masas forestales e identificar los nutrientes que limitan la producción de la estación considerada. La determinación de niveles críticos, los cocientes de nutrientes, y el sistema DRIS son, por este orden, los procedimientos más usuales (Lambert, 1984; Sumner, 1978; Schultz y de Villiers, 1988).

El cálculo de niveles críticos es la técnica más empleada en el campo forestal. El concepto de nivel crítico fue definido

por Ulrich (1961), trabajando con remolacha azucarera, como la concentración en la que aparece una reducción del 10% de la producción. De forma similar se ha extendido al campo forestal, definiéndose como aquella concentración asociada con el 90% de la máxima producción (Richards y Bevege, 1972; Prichett, 1979). Según Richards y Bevege (1972), es implícito a dicho concepto el que sólo uno de los nutrientes limita la producción, precisamente aquél cuyo nivel crítico pretende ser determinado.

Se han señalado algunos defectos que restringen la utilidad de esta técnica. Por un lado, dichos niveles se ven afectados por numerosos factores, tantos como los que inciden en el contenido de nutrientes en las hojas (clima, estación del año, orientación, altitud, parte de la planta, estrés, edad del tejido, dotación genética, humedad, etc.), por lo que se requiere un alto grado de estandarización que limita su utilidad (Lambert, 1984).

Por otro lado, los niveles de nutrientes no son independientes entre sí, por lo que se parte, según Prichett (1979), de un concepto mal definido, que no es capaz de revelar desequilibrios, excesos, o el orden de necesidad de los elementos nutritivos. Por ello, es conveniente combinar la técnica de los niveles críticos con otra que relacione los nutrientes entre sí, por ejemplo la de las razones o cocientes de concentraciones.

Una forma práctica de determinar niveles críticos consiste en establecer parcelas de experiencias de fertilización en el campo, relacionar las concentraciones foliares con alguna variable de crecimiento, para finalmente identificar el punto que represente el 90% del crecimiento máximo. En otras ocasiones se ha acudido a realizar mediciones directas sobre masas arboladas ya existentes, relacionando éstas con alguna variable de productividad, por ejemplo el índice de sitio. Los resultados obtenidos de experiencias con plántulas en cultivos hidropónicos, o en muestras de suelo en maceta no son siempre extrapolables a las condiciones de campo (Binkley, 1986).

Nutriente	Deficiente <	Marginal	Satisfactorio >
N	1,20	1,20-1,50	1,50
P	0,12	0,12-0,14	0,14
K	0,30	0,30-0,50	0,50
Ca	0,10	0,10	0,10
Mg	0,07	0,07-0,10	0,10
B	8	8-12	12
Cu	2	2-4	4
Zn	10	10-20	20
Mn	10	10-20?	20?

Tabla 1.- Valores foliares para *Pinus radiata* (macronutrientes en % y micronutrientes en ppm). Fuente Will (1985).

Dadas las dificultades que presenta el cálculo de niveles críticos para cada especie y cada nutriente, no siempre es posible encontrar en la literatura datos de referencia para el problema que se plantea. Así, según el grado de desarrollo

de los estudios de nutrición para la especie, es posible que nos topemos con uno de estos problemas:

En el mejor de los casos se contará con dichos niveles y con otros de deficiencia, bajo los cuales los árboles manifiestan mermas considerables de crecimiento y síntomas visuales de carencia. Tal es el caso por ejemplo, de los valores recogidos por Will (1985) para *Pinus radiata*.

Otros autores solventan este inconveniente agrupando las especies por niveles de exigencia. Bonneau (1995) establece, revisando los estudios realizados en Francia, un grupo de resinosas de acículas grandes (*P. pinaster*, *P. nigra* ssp. *laricio*, etc.), otro de acículas pequeñas (*Picea abies*, *Abies alba*, *P. sylvestris* y *Pseudotsuga menziesii*), un tercero de alerces, uno de frondosas poco exigentes (*Fagus sylvatica*, *Quercus* spp., etc.), y por último uno de frondosas más exigentes (*Populus* spp., *Fraxinus excelsior*, *Juglans regia*, *Alnus glutinosa*, etc.). Este autor indica tres niveles, uno carencial, un segundo crítico y un tercero óptimo.

	N	P	K	Ca	Mg
<i>E. globulus</i>	1.87	0,14	0,79	0,72	0,20
<i>E. nitens</i>	1,99	0,14	0,75	0,40	0,15

Tabla 2.- Niveles de referencia de macronutrientes (%) de plantaciones fertilizadas en distintos lugares de ensayo del Norte de Tasmania (Judd y col., 1996).

En otros, como es el caso de *Eucalyptus globulus* se aportan valores de deficiencia y otros calificados como "adecuados", comparando árboles que presenten síntomas carenciales con los aparentemente sanos, sin una indicación explícita de su asignación a niveles críticos. Estos valores de referencia para plantaciones o masas naturales (Judd y col., 1996) servirán de comparación, pero deben ser tomados con la debida precaución por las diferencias de productividad entre los lugares que se trate, entre otras razones.

Desde que Shear y col., (1948) sugirieron que el crecimiento de las plantas es función de dos variables nutricionales, intensidad y equilibrio, se han realizado numerosos trabajos de evaluación de relaciones de nutrientes. Los trabajos de Ingestad (1979) pusieron de manifiesto que la proporción de nutrientes aprovechada por las raíces debe estar equilibrada de forma precisa para compensar los niveles relativos requeridos, y que las razones de las concentraciones de los nutrientes en hojas ofrecían una gran similitud de unas especies forestales a otras.

Es por ello que resulta indispensable verificar el equilibrio existente entre las concentraciones de los principales nutrientes una vez que se han comparado los niveles analizados con los hallados en las referencias bibliográficas.

Uno de los cocientes que han sido más investigados en masas forestales ha sido la relación N/P. Para un crecimiento adecuado de las masas de *Pinus radiata*, se ha calculado un rango de 6 a 16 (Raupach, 1967; Waring,

1972), en *Eucalyptus* spp. Judd y col. (1996) han precisado un valor óptimo de 15. Otra de las razones de interés es la N/Mg, ya que valores superiores a 17,5 pueden revelar dificultades en nutrición magnésica (Altherr y Evers, 1974).

Kelly y Lambert (1972) calcularon un valor fijo de 0,068 (expresado en peso o 0,03 en átomos-gramos) para la razón de S_{org}/N_{org} , azufre a nitrógeno orgánico en acículas de *Pinus radiata*, ambos componentes de aminoácidos y proteínas. El azufre puede acumularse en forma de sulfato en las hojas, mientras que el N_{total} y el N_{org} presentan pocas diferencias. Valores S_{total}/N_{total} superiores al indicado y concentraciones de N inferiores a la óptima apuntan a la acumulación de sulfato en las hojas. Valores S_{total}/N_{total} iguales a 0,068 pueden indicar insuficiencia en S o en ambos nutrientes.

Otros muchos ratios han sido propuestos para estudiar el estado nutricional del arbolado. Así para *Eucalyptus globulus* se han señalado valores de 0,5 para K/P (Judd y col., 1996) y 3,3 para Ca/Mg (Herbert, 1996).

El sistema DRIS, desarrollado en la década de los 50 por E.R. Beaufils en Estados Unidos de America, ha sido ampliamente empleado en cultivos agrícolas desde que dicho autor publicara su monografía describiéndolo (Beaufils, 1973). Este sistema se fundamenta en el concepto de equilibrio nutritivo antes expresado, siendo la interrelación de todos los nutrientes considerados simultáneamente.

Una de las virtudes de este sistema es señalar el orden probable en el que los elementos nutritivos limitan la producción, por lo que es especialmente útil como herramienta de diagnóstico cuando 2 ó más elementos nutritivos son limitantes.

El menor empleo de este sistema en el campo forestal, comparado con el uso generalizado de niveles críticos y de los cocientes, puede deberse a lo gravoso que resulta el cálculo de las normas para cada especie o variedad. Este esfuerzo generalmente no compensará las ventajas que puede proporcionar en el campo forestal, inferiores a las del agrícola por tratarse de inversiones a largo plazo. Por otro lado, las demandas relativas de nutrientes varían con la edad del arbolado, lo que restringe también su aplicación.

Nutriente	Medias <i>P. radiata</i>	Medias <i>E. globulus</i>
N	1,64	1,52
P	0,08	0,06
K	0,76	0,60
Ca	0,17	0,32
Mg	0,07	0,17

Tabla 3.- Valores medios de las concentraciones de macronutrientes en 46 muestras de masas *Pinus radiata*, y 44 plantaciones de *Eucalyptus globulus* en Galicia (Fuente: Sánchez Rodríguez, 2001; Merino y col., 2003).

Como aplicación de lo referido, pueden considerarse los datos ofrecidos por Sánchez (2001) y Merino y col. (2003) para masas de *P. radiata* y plantaciones de *E. globulus* en Galicia. En el primero de los casos se aprecian bajos contenidos en P y Mg, con desequilibrios en las relaciones N/P y N/Mg; en el segundo, niveles muy por debajo de los de referencia en P y Ca, con desequilibrios en las razones K/P y Ca/Mg.

Bibliografía.

- Altherr E., Evers F.H. (1974). Unerwarteter Dungenuserfolg ber Magnesiummangel in einem jungem Buchenbestand auf mittlerem Bundsandstain des Odenwaldes. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 145 (7): 121-124.
- Bará S. (1970). Estudio en *Eucalyptus globulus* I. Composición mineral de las hojas en relación con la posición en el árbol, composición del suelo y la edad. Evolución del suelo para el cultivo de eucaliptos en el monte Muíño. Anales del IFIE, 67:1-32.
- Beaufils E.R. (1973). Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Soil Science Bulletin nº 1. Department of soil science and agrometeorology, University of Natal, Pietermaritzburg, 132 pp.
- Binkley D. (1986). Forest nutrition management. John Wiley & Sons, New York, 290 pp.
- Bonneau M. (1995). Fertilisation des Forêts dans les pays tempérés. ENGREF. Nancy.
- Dell B. (1996). Diagnosis of nutrient deficiencies in eucalypts. En: Nutrition of eucalypts, P.M. Attiwill y M.A. Adams eds., pp. 417-440. CSIRO, Australia.
- Herbert M.A. (1996). Fertilizers and eucalypt plantations in South Africa. En: Nutrition of eucalypts, P.M. Attiwill y M.A. Adams eds., pp. 303-325. CSIRO, Australia.
- Ingestad T. (1979). Mineral nutrient requirements of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedling. Physiologia Plantarum, 45: 373-380.
- Judd. T.S., Attiwill P.M., Adams M.A. (1996). Nutrient concentrations in *Eucalyptus*: A synthesis in relation to differences between taxa, sites and components. En: Nutrition of eucalypts, P.M. Attiwill y M.A. Adams eds., pp. 123-154. CSIRO, Australia.
- Lambert M.J. (1984). The use of foliar analysis in fertilizer research. Proceedings of I.U.F.R.O. Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations. Pretoria, South África, pp. 269-291.
- Leaf A.L. (1973). Plant analysis as an aid in fertilizing forest. En: Soil Testing and Plant Analysis. L.M. Walsh y J.D. Beaton eds. Soil Science Society of America, pp. 427-454.
- Merino A., Rodríguez López A., Brañas J., Rodríguez Soalleiro R. (2003). Nutrition and growth in newly established plantations of *Eucalyptus globulus* in northwestern Spain. Annals of Forest Science, 60: 1-9.

- Prichett W.L. (1979). Properties and management of forest soils. John Wiley & Sons, New York, 500 pp.
- Marcos De Lanuza J. (1966). Nutrición hidropónica con microelementos I: Manganeso, Boro y Molibdeno en *Pinus radiata*. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid, 399 pp.
- Oren R., Schulze E.D. (1989). Nutritional disharmony and forest decline: a conceptual model. En: Air pollution and forest decline. Schulze E.D., Lange O.L. y Oren R. eds. Ecological Studies, Springer, Berlin, Vol. 77, pp. 425-443.
- Raupach M. (1967). Soil and fertiliser requirements for forests of *Pinus radiata*. *Advances in Agronomy*, 19: 307-353.
- Richards B.N., Bevege D.I. (1972). Principles and practice of foliar analysis as a basis for crop logging in pine plantations I. Basic considerations. *Plant and Soil*, 36: 109-119.
- Sánchez Rodríguez F. (2001). Estudio de la calidad de estación, producción y silvicultura de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. Tesis Doctoral. USC.
- Schultz C.J., De Villiers J.M. (1988). Foliar diagnosis and fertilizer prescription in forestry: The DRIS system and its potencial. En: Forest site evaluation and long-term productivity. Cole D.W. & Gessel S.P., ed. University of Washington, pp. 34-43.
- Shear C.B., Crane H.L., Myers A.T. (1948). Nutrient-element balance: application of the concept to the interpretation of foliar analyses. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 51: 319-326.
- Sumner M.E. (1978). Interpretation of nutrient ratios in plant tissue. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 9 (4): 335-345.
- Ulrich, A. (1961). Plant analysis in sugar beet nutrition. In: Plant analysis and fertilizer problems. Publ. n° 8. Am. Inst. Biol. Sci., Washington D. C., pp. 190-211.
- Waring H.D. (1972). *Pinus radiata* and the nitrogen-phosphorus interaction. En: Australian forest tree nutrition conference. Boardman R. ed., Forestry and Timber Bureau, Canberra, pp. 144-161.
- Will G.M. (1985). Nutrient deficiencies and fertiliser use in New Zealand exotic forests. F.R.I. bulletin n° 97, Rotorua, New Zealand, 53 pp.