

FERTILIZACIÓN Y TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS EN LOS VIVEROS FORESTALES

Antonio Daza Ortega

Centro de Investigación y Formación Agraria "Las Torres-Tomejil". Apto. Oficial, 41200-Alcalá del Río (Sevilla).

1. Introducción

Entre un 80 y un 90% de la materia fresca de las plantas es agua. Aproximadamente el 90% del peso en seco de las plantas está formado por carbono, oxígeno e hidrógeno, extraídos del CO₂ atmosférico y el agua. Esto indica que todos los otros elementos que existen en la planta son más o menos el 1,5% del peso en fresco de ella. Aún así, la adecuada administración de los mismos en el abonado y, en consecuencia, su equilibrada composición en los vegetales, son fundamentales para la salud de las plantas.

De los más de 90 elementos naturales, sólo 60 han sido encontrados en las diversas plantas, y sólo 16 de ellos están generalmente considerados esenciales para el crecimiento de las plantas. Estos son:

- Macronutrientes o macroelementos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio.
- Micronutrientes o microelementos: hierro, cloro, manganeso, boro, cobre y molibdeno.

Generalmente son escasos los suelos o sustratos que contienen los principios nutritivos suficientes para las plantas. Por eso, desde tiempos muy remotos encontramos formas más o menos simples de abonado. La práctica de abonar es especialmente necesaria cuando la siembra y el cultivo de las plantas tiene lugar en contenedores con diferentes sustratos, como sucede en los viveros.

Ciertos microorganismos del suelo, entre los que destacan las bacterias y los hongos micorrizógenos, interaccionan positivamente con las plantas incrementando su vigor. Estos organismos se comportan como auténticos biofertilizantes y son susceptibles de ser manipulados y utilizados en los viveros.

2. Tipos de sustratos

Existen distintos tipos de sustratos y clasificación de los mismos. Así, según sus propiedades se pueden establecer dos grandes grupos:

- A) Sustratos químicamente activos
- B) Sustratos químicamente inertes

De acuerdo con el origen del material tendremos:

- A) Sustratos orgánicos
- C) Sustratos inorgánicos o minerales

Las turbas son los sustratos orgánicos de origen vegetal más utilizados en los viveros. Se pueden clasificar en dos grandes grupos: turbas rubias y negras. Las primeras están menos mineralizadas teniendo, en consecuencia, un mayor contenido en materia orgánica. Las turbas rubias son más variables que las negras, pero presentan mejores propiedades de aireación. La elección de un tipo u otro, o de una determinada mezcla, dependerá de lo que deseemos obtener en cada momento.

3. La fertilización óptima

La fertilización atiende a reponer o aportar al suelo o al sustrato generalmente N, P y K, y de forma más o menos ocasional los otros macroelementos y micronutrientes.

La fertilización óptima sería aquella que proporcionase a la planta los nutrientes en la forma y cantidad requerida en cada momento, pero esto es difícil porque variará en las distintas fases del crecimiento; además este abonado puede hallarse modulado por las características exigidas a la planta: tamaño grande, pequeño o mediano, más o menos endurecida, etc.

En un vivero forestal el abonado puede hallarse incorporado ya en la turba como fertilizantes estándares o como abonos de liberación lenta, aplicarse a voleo posteriormente o suministrarse como solución nutritiva en el agua de riego. Para la formulación de la solución nutritiva hemos de tener en cuenta el contenido previo de iones del agua, el tipo de sustrato y su composición y aportar los abonos necesarios para alcanzar la concentración final deseada.

Tabla 1. Posible solución nutritiva equilibrada para rosáceas

Elemento	Ión	Concentración (meq/l)
Potasio	K ⁺	4
Calcio	Ca ²⁺	6
Magnesio	Mg ²⁺	1
Amonio	NH ₄ ⁺	1
Nitrato	NO ₃ ⁻	10
Sulfato	SO ₄ ²⁻	1
Monofosfato	H ₂ PO ₄ ⁻	1

4. La calidad del agua de riego

Las aguas de riego contienen a veces cantidades de sales que pueden provocar problemas en las plantas. Estas aguas contienen sobre todo los siguientes iones: calcio (Ca²⁺), sodio (Na⁺), potasio (K⁺), cloruros (Cl⁻), sulfatos (SO₄²⁻), bicarbonatos (CO₃H), carbonatos (CO₃²⁻).

Para medir la concentración de sales se emplean dos procedimientos :

- *Medición del contenido de sales.* Se evapora en una estufa una muestra de agua y se pesa el residuo sólido. El resultado se expresa en g por litro o mg por litro.

- *Medición de la conductividad eléctrica.* Será tanto mayor cuanto mayor sea el contenido de sales solubles ionizadas. La conductividad eléctrica se expresa en milimhos por cm (mmhos/cm) o en el submúltiplo micromhos por cm (μmho/cm).

El contenido de sales y la conductividad están relacionados mediante la fórmula:

$$\text{Salinidad (mg/l)} = 0.64 \times \text{Conductividad eléctrica (en } \mu\text{mhos/cm)}$$

De una manera general en las aguas de riego se puede aceptar la siguiente calificación según la concentración de sales:

Conductividad (mmho/cm)

De 0 a 1

1-3

Más de 3

Calidad del agua

Excelente a buena

Buena a regular

Regular a mala

El comportamiento de las plantas con respecto a la salinidad varía de unas especies a otras. Además la acción de una determinada agua varía mucho dependiendo de cuáles son los iones que le confieren su salinidad. Generalmente los más perjudiciales para las plantas son el sodio y los bicarbonatos.

5. Micorrizas

La micorrización es un proceso simbiótico entre las raíces de las plantas y el micelio de determinados hongos; micorriza significa "hongo-raíz". Es la simbiosis más extendida en la naturaleza; más del 95% de las plantas de todo el mundo están micorrizadas en condiciones naturales. La asociación micorrízica parece ser determinante en la composición de las comunidades vegetales, y muy especialmente en los ecosistemas forestales, en los que opera regulando los flujos de energía y materia. Mediante esta simbiosis la planta incrementa su capacidad para adquirir agua y nutrientes gracias al hongo; esto conlleva un fortalecimiento de las plantas que se pone de manifiesto sobre todo en condiciones de estrés, como sequía y enfermedades .

Aunque se reconocen hasta siete tipos diferentes de micorrizas, se pueden reducir a dos grandes grupos principales:

- Micorrizas endotróficas o endomicorrizas
- Micorrizas ectotróficas o ectomicorrizas

Con respecto a las ectomicorrizas se sabe bien que:

- 1) Algunos hongos establecen simbiosis más efectivas que otros.
- 2) Algunos hongos ectomicorrízicos pueden, a diferencia de los endomicorrizógenos, cultivarse bien en el laboratorio.
- 3) Las plantas se pueden inocular en el momento de su producción en el vivero.
- 4) La micorrización de las plantas forestales es fundamental no sólo para su crecimiento, sino sobre todo para su supervivencia en el monte.
- 5) Existen también estudios iniciales de micorrización controlada en plantaciones de árboles ya establecidas.

La importancia forestal de la micorrización de las plantas forestales es enorme, no sólo por las familias de plantas cuyas especies son todas micorrizadas (Betuláceas, Fagáceas, Pináceas, Salicáceas y Tiliáceas), sino también porque los grupos fúngicos que desarrollan estas simbiosis (trufas, amanitas, nízcalos, bejines, patatas de tierra, etc.) suponen una rentabilidad añadida para los bosques, como productos secundarios.

A pesar de la extensa experimentación existente sobre micorrizas, gran parte de estos trabajos se han centrado en zonas mucho más húmedas que nuestra región y con especies vegetales diferentes de las que existen en nuestros montes. Sin embargo, no existe actualmente un programa de micorrización en los viveros forestales de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Los géneros *Laccaria*, *Rhizopogon*, *Suillus* y *Pisolithus*, entre otros, presentan especies de hongos ectomicorrízicos que pueden tener gran interés para ser utilizados en nuestros viveros forestales. Entre los hongos micorrízicos que producen cuerpos fructíferos con un importante valor como setas comestibles en Andalucía destacan *Lactarius deliciosus* (nízcalo o niscallo), *Boletus aereus*, *Amanita caesarea* (tanás) y *Amanita ponderosa* (gurumelo).

Tabla 2. Inoculación de *P. pinea* con hongos ectomicorrícicos

Cepa	Micorrización (%)			Plantas perdidas	Plantas inoculadas
	< 10	11-30	>30		
<i>L. deliciosus</i> CT1 (micelio)	74	20	26	9	129
<i>L. deliciosus</i> sp. (esporas)	46	3	3	5	57
<i>Suillus bellinii</i> CT1 (micelio)	30	9	9	3	51
<i>R. vulgaris</i> CT1 (micelio)	78	12	7	23	120
<i>L. proxima</i> CT1 (micelio)	20	14	41	1	76

6. Bacterias estimuladoras del crecimiento vegetal

Además de los hongos formadores de micorrizas hay otros organismos que pueden interactuar con las plantas en los ecosistemas forestales. Así, las PGPRs (del inglés *plant-grow-promoting rhizobacteria*) son bacterias rizosféricas no simbióticas que colonizan las raíces de las plantas estimulando su crecimiento. Aunque la mayoría de los trabajos realizados hasta el momento con PGPRs se han centrado en especies agrícolas y hortícolas, existen ya claros indicios de que su utilización puede tener también interés en programas de reforestación.

En general, los mecanismos por los que las PGPRs afectan el crecimiento vegetal se pueden agrupar en dos grandes vías:

- 1.- Una vía directa: sintetizando compuestos que, o bien facilitan la captación de nutrientes, o bien tienen actividad hormonal.
- 2.- Una vía indirecta: evitando o previniendo los efectos perjudiciales de los microorganismos patógenos.

Estas bacterias pueden afectar también a la simbiosis micorrícica, inhibiéndola o estimulándola.

Tabla 3. Efecto de la inoculación de *Bacillus sp. CECT 450* sobre plántulas de *Q. rotundifolia*

TRATAMIENTO	ALTURA(cm)	Ø CUELLO (mm)	PESO SECO DE LA RAÍZ (g)	PESO SECO DE LA PARTE AÉREA (g)
Control	35.11 b	5.589 b	4.158 a	3.697 b
<i>Bacillus</i>	26.51 a	6.320 a	4.403 a	5.201 a
MDS(0.05)	2.2091	0.342	0.6218	0.5308

Se analizaron 30 plantas por tratamiento y todos los valores se refieren a una planta. Los valores seguidos de la misma letra no difieren con un nivel de significación del 5%.

MDS: Mínima diferencia significativa.

Tabla 4. Efecto de la inoculación de *Bacillus sp.* CECT 450 sobre plántulas de *Pinus pinea*

TRATAMIENTO	ALTURA(cm)	Ø CUELLO (mm)	PESO SECO DE LA RAÍZ (g)	PESO SECO DE LA PARTE AÉREA (g)
Control	28.10 b	3.630 b	0.958 b	2.449 b
<i>Bacillus</i>	33.88 a	3.970 a	1.172 a	3.449 a
MDS(0.0)	2.9896	0.283	0.1762	0.4931

Se analizaron 40 plantas por tratamiento y todos los valores se refieren a una planta. Los valores seguidos de la misma letra no difieren con un nivel de significación del 5%. MDS: Mínima diferencia significativa.

Bibliografía

Daza A., Santamaría C., Romero L., Camacho M., Aguilar A., Bernedo M., Díez J., Moreno G., Manjón JL. (2001) "*Amanita ponderosa*, an edible species rooted at the Sierra of Huelva, Spain". 3rd International Conference on Mycorrhizas. Adelaida (Australia)

Daza, A., Camacho, M., Temprano, F., Rodríguez, D.N. y Santamaría, C. "Inoculación en vivero forestal con hongos ectomicorrizicos y bacterias biofertilizadoras".(1999) En "*Micorrización en áreas mediterráneas de la Península Ibérica*". pp 93-99. Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Junta de Extremadura. ISBN 84-8107-033-5.

Daza A., Romero L., Santamaria C., Camacho M., Aguilar A., Megías M., Moreno G., Pérez M., Manjon J.L. "El gurumelo, una seta enraizada en la provincia de Huelva". *Quercus*. En prensa.

Dominguez. A.(1984) Tratado de fertilización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Finck, A (1988) Fertilizantes y fertilización. Ed. Reverté, S.A. Barcelona.

Honrubia M., Torres P., Díaz G. y Cano A.(1992). Manual para micorrizar plantas en viveros forestales. ICONA. MAPA.

Manjón JL, Bernedo M., Pérez M., Santamaría C., Camacho M., Aguilar A., Romero L., Daza A.(2001) "*Lactarius deliciosus* culture conditions and *in vitro* mycorrhization of *Pinus pinaster* plants raised from seeds". 3rd International Conference on Mycorrhizas. Adelaida (Australia).

Ramos B., Lucas J.A., Santamaría C., Camacho M., Daza A. (2001). "Efecto de la inoculación de cuatro bacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre parametros biométricos aéreos de plántulas de *Quercus ilex* spp *ballota*". III Congreso Forestal Español. Granada. España.