



Por Luz Marina
Fernández-Toirán
y Beatriz Agueda

5.2 Perspectivas en el cultivo de otros hongos micorrícicos

La producción de carpóforos de hongos saprobios es un éxito desde hace mucho tiempo. Sin embargo, la producción de hongos ectomicorrícicos pasa también por el cultivo de los hospedantes vegetales, potenciando la relación de simbiosis, por lo que nos encontramos todavía en una fase bastante inicial.

En toda repoblación forestal la calidad de la planta que se va a utilizar es muy importante. Esta calidad está determinada por el origen del material vegetal y por el manejo al que se someta durante la fase de producción viverística. Frecuentemente, los criterios para determinar la calidad de una planta se han limitado a evaluar el estado y el tamaño de la parte aérea. De un tiempo a esta parte se presta también una suficiente atención a la calidad del sistema radical, en reconocimiento a su enorme importancia en la captación de agua y nutrientes.

La importancia de las ectomicorrizas en la práctica forestal se estableció hace mucho tiempo. Trappe y Strand (1969) y Pardos (1962) demostraron que los graves problemas de crecimiento de los plantones de algunos viveros estaban asociados a su errática y escasa micorrización. En muchos viveros es necesaria la introducción de hongos ectomicorrícicos ya que no cuentan con una población natural de hongos adecuada que permitan la supervivencia de las plántulas.

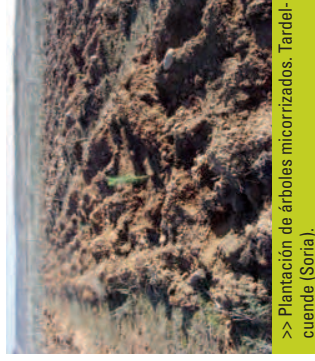
>> Para producir setas de hongos ectomicorrícicos hay que cultivar también vegetales, potenciando la relación de simbiosis.

El objetivo principal de la aplicación de las técnicas de inoculación con hongos ectomicorrícicos en viveros forestales es la mejora sobre todo la calidad de la planta destinada a la repoblación forestal. Las técnicas que se han usado con mayor frecuencia para la producción de inóculo consisten en micelio del hongo crecido en un sustrato enriquecido con solución nutritiva, micelio del hongo encapsulado en polímeros de alginato, o suspensiones de esporas en distintos medios, ya sean sólidos o líquidos (Honrubia et al. 1992, Parladé et al. 1993, Pera et al. 1993). Existen distintos métodos, ampliamente documentados en la literatura internacional, para la producción de inóculo micelial con distintas especies fúngicas (Brundett et al. 1996).

En los últimos 25 años se ha realizado un importante avance en el conocimiento de los hongos ectomicorrícicos asociados a las especies, tanto autóctonas como introducidas, comunes en los bosques de las distintas zonas ecológicas españolas. La mayoría de los trabajos de investigación se han centrado en las coníferas de interés forestal, especialmente del género *Pinus* y han implicado a distintas especies fúngicas, estudiadas también en profundidad a nivel internacional, como: *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Cok. & Couch, especies de los géneros *Hebeloma*, *Laccaria*, *Rhizopogon*, *Suillus* o *Scleroderma*. Diferentes especies arbóreas y arbustos han sido micorrizados en condiciones de vivero, tal y como se refleja en la Tabla 1, aunque comercialmente solamente se producen plantas micorrizadas con trufa negra, trufa de verano y niscalto.



>> Micorrizas de simbiosis entre *Boletus aereus* y *Cistus ladanifer*.



>> Plantación de árboles micorrizados. Tardelcuende (Soria).



>> Jara micorrizada in vitro.

El éxito obtenido en el cultivo de la trufa negra ha impulsado el estudio del cultivo de otros hongos micorrícicos comestibles en España, aunque, desafortunadamente, no siempre se han obtenido grandes éxitos. En la última década, se ha conseguido con éxito el cultivo de las turmas en asociación con cistáceas, estableciéndose plantaciones, ya productoras, en el sur peninsular (Gutiérrez et al. 2003). Asimismo, se producen comercialmente plantas micorrizadas con niscalo.

En cambio, con otros hongos ectomicorrícicos comestibles nos encontramos en fases más iniciales. Tal es el caso del complejo *Boletus edulis*, en las que se ha conseguido con éxito la síntesis in vitro con jaras, aunque todavía no se dispone de plantas micorrizadas (Águeda et al. 2008).

La incorporación de las técnicas de micorrización controlada en las prácticas habituales de la producción viverística forestal necesitará de la adaptación, no sólo a la planta, sino también al hongo, de todos los procesos culturales implicados (Honrubia et al. 1997), la elección de los sustratos utilizados para el crecimiento de las plantas, los riegos y fertilizaciones aportadas a las plantas, entre otros.

Las técnicas de producción y aplicación de distintos tipos de inóculo de hongos ectomicorrícicos se han desarrollado y adaptado para las principales especies utilizadas en proyectos de repoblación o revegetación, y a las condiciones de nuestros viveros.

Las técnicas de micorrización controlada, especialmente con inóculos a base de esporas, están suficientemente desarrolladas y adaptadas a nuestras condiciones como para que la inoculación con algunos hongos seleccionados pueda convertirse en una práctica habitual en los viveros forestales. No obstante en el caso de inóculo micelilar, para integrar la micorrización controlada en la producción viverística forestal se necesitará industrializar un método factible para obtener estos micelios a escala comercial. Esta necesidad no está solucionada, aunque recientemente se han hecho interesantes avances en este terreno.

>> El éxito obtenido en el cultivo de la trufa negra ha impulsado el estudio del cultivo de otros hongos ectomicorrícicos.

ESPECIE VEGETAL

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<i>Pinus halepensis</i> Mill.	<i>Amanita spissa</i> (Fr.) P. Kumm. Torres y Honrubia (1994a)
<i>Hebeloma edurum</i> Métrod ex Bon.	Torres y Honrubia (1994a)
<i>Lactarius deliciosus</i> (L.: Fr.) SF Gray.	Torres y Honrubia (1994a), Rodríguez-Barreal et al. (1994), González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Lactarius sanguifluus</i> (Paulet: Fr.) Fr.	González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Pisolithus tinctorius</i> (Pers.) Cok. & Couch = [<i>Pisolithus arhizus</i> (Pers) Rauschert]	Torres et al. (1991), Torres y Honrubia (1994a), Torres y Honrubia (1994b), Roldán y Albaladejo (1994), Roldán et al. (1996), Honrubia et al. (1997b), Querejeta et al. (1998), García et al. (2000), González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002), Caravaca et al. (2002)
<i>Rhizopogon luteolus</i> Fr.	Parladé et al. (2004)
<i>Rhizopogon roseolus</i> (Corda ex Sturm) Fr.	Torres et al. (1991), Roldán y Albaladejo (1994), Torres y Honrubia (1994b), Honrubia et al. (1997b), González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002), Parladé et al. (2004)
<i>Suillus bellini</i> (Inzenga) O. Kuntze.	González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Suillus collinitus</i> (Fr.) Kuntze	Torres et al. (1991), Roldán y Albaladejo (1994), Torres y Honrubia (1994b), González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002), Barberà et al. (2005)
<i>Suillus granulatus</i> (L.: ex Fr.) Kunt.	Rodríguez-Barreal et al. (1994), Rincón et al. (2005)
<i>Suillus luteus</i> (L.: ex Fr.) SF Gray.	Torres y Honrubia (1994a)
<i>Suillus mediterraneensis</i> (Jacquet & Blum.)	Honrubia et al. (1997b), Morde et al. (2001), González-Ochoa et al. (2003)
<i>Suillus variegatus</i> (Swartz: Fr.) Kuntze.	Torres y Honrubia (1994a)
<i>Tuber melanosporum</i> Vittadini	Rodríguez-Barreal et al. (1994)
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<i>Amanita muscaria</i> (L.) Pers. Pera et al. (1993)
<i>Hebeloma crustuliniforme</i> (Bull.) Quéf.	Pera et al. (1993)
<i>Hymenogaster vulgaris</i> Tul. & Tul.	Pera et al. (1993)
<i>Laccaria bicolor</i> (Maire) Orton.	Pera et al. (1993), Perrin et al. (1994), Parladé et al. (1997), Parladé et al. (1999a)
<i>Laccaria laccata</i> (Scop. ex Fr.) B. & Br.	Pera et al. (1993)
<i>Lactarius deliciosus</i>	González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Lactarius sanguifluus</i>	González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Melanogaster ambiguus</i> (Vittad.) Tul. & Tul.	Pera et al. (1993), Parladé et al. (1996), Parladé et al. (1997)
<i>Pisolithus tinctorius</i>	Pera et al. (1993), Pera et al. (1994), González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Rhizopogon roseolus</i>	Pera et al. (1993), Parladé et al. (1996), Parladé et al. (1997), Parladé et al. (1999a), González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Suillus bellini</i>	González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Suillus collinitus</i>	González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Suillus mediterraneensis</i>	González-Ochoa et al. (2003), De las Heras et al. (2002)
<i>Scleroderma citrinum</i> Pers.: Pers.	Pera et al. (1993), Parladé et al. (1996)
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mitr.) Franco	<i>Hebeloma sinapizans</i> (Paulet: Fr.) Gill. Parladé et al. (1993)
<i>Hymenogaster vulgaris</i>	Parladé et al. (1993)
<i>Laccaria bicolor</i>	Le Jacon et al. (1992), Parladé et al. (1993), Parladé y Álvarez (1993), Álvarez et al. (1994), Parladé et al. (1997), Parladé et al. (1999a), Parladé et al. (1999b), Pera et al. (1999)
<i>Laccaria laccata</i>	Parladé et al. (1993)
<i>Melanogaster ambiguus</i>	Parladé et al. (1996), Parladé et al. (1997), Parladé et al. (1999b), Pera et al. (1999)
<i>Pisolithus tinctorius</i>	Parladé y Álvarez (1993), Pera et al. (1994)
<i>Rhizopogon colossus</i> Smith Meg Smith.	Pera et al. (1999)
<i>Rhizopogon roseolus</i>	Parladé y Álvarez (1993)
<i>Rhizopogon subareolatus</i> Smith	Parladé y Álvarez (1993), Parladé et al. (1993), Parladé et al. (1996), Parladé et al. (1997), Parladé et al. (1999a), Parladé et al. (1999b), Pera et al. (1999)
<i>Tuber maculatum</i> Vittadini.	Parladé et al. (1999b)

<i>Pinus pinea</i> L.	<i>Hebeloma crustuliniforme</i>	Rincón et al. (2001)
	<i>Laccaria bicolor</i>	Rincón et al. (1997), Parladé et al. (1997), Rincón et al. (2001)
	<i>Melanogaster ambigua</i>	Rincón et al. (1997), Parladé et al. (1997), Rincón et al. (2001)
	<i>Pisolithus tinctorius</i>	Rincón et al. (1997), Rincón et al. (2001)
	<i>Rhizopogon luteolus</i>	Rincón et al. (1997), Parladé et al. (1997), Rincón et al. (2001), Parladé et al. (2004)
	<i>Rhizopogon roseolus</i>	Rincón et al. (2001), Parladé et al. (2001), Parladé et al. (2004)
	<i>Scleroderma verrucosum</i> Bull. ex Pers. ss. Gréy.	Rincón et al. (1997)
<i>Pinus radiata</i> D. Don.	<i>Rhizopogon luteolus</i>	Pascual et al. (2001), Duñabeitia et al. (2004a)
	<i>Rhizopogon roseolus</i>	Duñabeitia et al. (2004a), Ortega et al. (2004)
	<i>Scleroderma citrinum</i>	Pascual et al. (2001), Duñabeitia et al. (2004a), Ortega et al. (2004)
<i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>ayacahuite</i> Ehren	<i>Lactarius indigo</i> (Schw.) Fr.	Flores et al. (2005)
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	<i>Lactarius indigo</i>	Flores et al. (2005)
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Shtidl. var. <i>oocarpa</i>	<i>Lactarius indigo</i>	Flores et al. (2005)
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	<i>Lactarius indigo</i>	Flores et al. (2005)
<i>Pinus rudis</i> Endl.	<i>Lactarius indigo</i>	Flores et al. (2005)
<i>Betula celtiberica</i> Rothm. & Vasc.	<i>Lactarius blumii</i> Bon.	Duñabeitia et al. (2001)
	<i>Leccinum scabrum</i> (Bull.: Fr.) Gray	Duñabeitia et al. (2004b)
	<i>Scleroderma citrinum</i>	Duñabeitia et al. (2004b)
<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Scleroderma citrinum</i>	Duñabeitia et al. (2001), Duñabeitia et al. (2004b)
	<i>Scleroderma verrucosum</i>	Duñabeitia et al. (2001)
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	<i>Scleroderma citrinum</i>	Duñabeitia et al. (2001)
	<i>Scleroderma verrucosum</i>	Duñabeitia et al. (2001)
<i>Quercus pyrenaica</i> Willd.	<i>Pisolithus tinctorius</i>	Duñabeitia et al. (2004b)
	<i>Scleroderma citrinum</i>	Duñabeitia et al. (2001), Duñabeitia et al. (2004b)
	<i>Scleroderma verrucosum</i>	Duñabeitia et al. (2001)
<i>Quercus robur</i> L.	<i>Scleroderma citrinum</i>	Hormilla et al. (1997)
<i>Quercus cocifera</i> L.	<i>Pisolithus tinctorius</i>	Maestre et al. (2002), Caravaca et al. (2005)
	<i>Scleroderma verrucosum</i>	Caravaca et al. (2005)
<i>Cistus albidus</i> L.	<i>Pisolithus tinctorius</i>	Alguacil et al. (2003)
	<i>Scleroderma verrucosum</i>	Caravaca et al. (2005)
	<i>Boletus edulis</i> Bull.	Águeda et al. (2008)
	<i>Boletus aereus</i> Bull.	Águeda et al. (2008)
	<i>Boletus reticulatus</i> Schaef.	Águeda et al. (2008)
<i>Cistus ladanifer</i> L.	<i>Laccaria leccata</i>	Torres et al. (1995)
	<i>Boletus edulis</i>	Águeda et al. (2008)
	<i>Boletus aereus</i>	Águeda et al. (2008)
	<i>Boletus reticulatus</i>	Águeda et al. (2008)
<i>Helianthemum almeriense</i> Pau	<i>Terfezia clavaryi</i> Chatin	Gutiérrez et al. (2003)
	<i>Picoa lefebvrei</i> (Pat.) Maire	Gutiérrez et al. (2003)

>> Tabla 1. Recopilación de los resultados obtenidos en España, ordenados según las especies vegetales y las especies fúngicas ectomicorrizas que han sido utilizadas para su aplicación en la micorrización controlada.
Adaptada de Pera y Parladé (2005).