
INCORPORACIÓN DE *Boletus edulis* Y *Boletus pinicola* EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* EN CHILE¹

Patricio Chung G.²; Juan Carlos Pinilla S.³; Karoline Casanova D.⁴; Hernán Soto G.⁵

RESÚMEN

Pinus radiata, la especie forestal más plantada en Chile, presenta asociaciones micorrícicas con varias especies, dentro de las cuales se cuentan algunas de importancia económica en el rubro de los hongos comestibles de exportación. Estas corresponden a las especies *Suillus luteus*, *Suillus granulatus* y *Lactarius deliciosus*, cuyas fructificaciones se venden muy por debajo de los precios alcanzados por otras especies, como las pertenecientes a los Géneros *Tuber*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Tricholoma* o *Morchella*.

Sin duda la incorporación al mercado nacional de nuevas especies de hongos micorrícicos comestibles y de alto valor económico, ayudaría a generar una mayor rentabilidad de las plantaciones de pino, otorgando una mayor atracción en la inversión en forestación y un mayor beneficio social.

Por ello, el Instituto Forestal realizó la introducción de dos especies micorrícicas de importancia, *Boletus edulis* y *Boletus pinicola*, para ser aplicadas en *Pinus radiata*, logrando incorporar estos hongos en plantas de vivero. Finalmente, se estableció ensayos en terreno, que abarcaron sitios de la VII y VIII Regiones, para evaluar a corto plazo la eficiencia de estos hongos en el crecimiento y sobrevivencia de las plantaciones y, más a largo plazo, la obtención de fructificaciones.

Se presenta los resultados luego de 24 meses de establecido los ensayos, demostrando que aún persisten las asociaciones micorrícicas establecidas en las raíces. Los datos en terreno han destacado el aporte de estos hongos en el crecimiento de las plantas, presentándose un mayor crecimiento en las plantas con estas asociaciones.

Palabras claves: *Pinus radiata*, *Boletus edulis*, *Boletus pinicola*, inoculación, crecimiento

¹ Trabajo realizado en el marco del proyecto "Hongos Micorrícicos Comestibles: Una Alternativa Para Mejorar la Rentabilidad de las Plantaciones Forestales", con aportes de FONDEF de CONICYT y entidades públicas y privadas

² Instituto Forestal, Chile, pchung@infor.gob.cl

³ Instituto Forestal, Chile, jpinilla@infor.gov.cl

⁴ Instituto Forestal, Chile, kcasanova@infor.gob.cl

⁵ Instituto Forestal, Chile, hsoto@infor.gob.cl

INCORPORATION OF *Boletus edulis* AND *Boletus pinicola* IN PLANTATIONS OF *Pinus radiata* IN CHILE

SUMMARY

Pinus radiata, the most planted forest species in Chile, presents mycorrhizal associations with several species, within which some of economic importance in the group of edible fungi for foreign markets are counted. These correspond to the species *Suillus luteus*, *Suillus granulatus* and *Lactarius deliciosus*, whose fruitions are sold very below the prices reached about other species, like the pertaining ones to the Genus *Tuber*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Tricholoma* or *Morchella*.

The incorporation of new products to the national market, with the introduction of new species of edible mycorrhizal mushrooms of high economic value, could generate a greater yield in pine plantations, granting a greater attraction in the investment in forestation and a greater social benefit.

For that reason, the Forestry Institute of Chile introduced two mycorrhizal species, *Boletus edulis* and *Boletus pinicola*, to be applied in *Pinus radiata*, establishing in addition, the techniques to incorporate these fungi in breeding ground, being obtained to produce inoculated plants. Finally, land tests settled down, that included sites in the VII and VIII Regions, to determine the efficiency of these fungi.

The results 24 months after establishing the tests, demonstrated that the introduced fungi species still persist in the roots. Field data are highlighting the contribution of these fungi to the growth of the inoculated seedlings, appearing a greater growth in them.

Key words: *Pinus radiata*, *Boletus edulis*, *Boletus pinicola*, inoculation, growth

INTRODUCCIÓN

La producción de hongos comestibles en bosques y matorrales constituye una de las principales riquezas forestales, aunque con frecuencia es ignorada o poco valorada (FAO, 1992). En general, al mencionar los productos forestales, se piensa exclusivamente en la madera lo cual carece muchas veces de sentido al comparar las rentas que se puede obtener con otras producciones como son los hongos comestibles (Oria 1989, 1991).

Los hongos silvestres comestibles constituyen un recurso natural renovable que actualmente ha adquirido importancia en varias regiones de Chile. Dentro de estos, una buena parte presenta asociaciones micorrícicas, es decir, además de formar hongos para consumo humano, mantienen una asociación simbiótica con las raíces de ciertas plantas, particularmente con árboles forestales.

Estos hongos presentes en los bosques de Chile, en sí, constituyen una riqueza forestal y su comercio adquiere cada día mayor importancia. Su producción en el bosque es variable y la posibilidad de obtener una producción en forma controlada de alguno de éstos mediante plantaciones de árboles micorrizados, ha hecho que actualmente muchos se hayan planteado la posibilidad de su cultivo.

Por su parte, los hongos por sí solos ya son importantes tanto para la generación de ingresos estacionales y como alimentos para los habitantes de zonas marginales, puesto que estos son un producto altamente proteico, además de ser un alimento natural con bastante fibra, vitaminas, minerales y escasa cantidad de grasas y colesterol. En el último tiempo, el consumo de hongos comestibles se ha intensificado en respuesta al mayor interés de las personas por una dieta más sana. La preocupación por consumir productos naturales, más fibras, más vitaminas, minerales y menos grasas y colesterol, han hecho que los hongos ocupen un lugar importante en la alimentación.

La incorporación de hongos micorrícicos comestibles de alto valor económico como son los del Género *Boletus*, podría generar mayores ingresos adicionales durante gran parte de la rotación de una plantación de *Pinus radiata*, haciendo más atractiva la inversión en silvicultura. Adicionalmente, la naturaleza micorrícica de estos agentes tiene una positiva repercusión en el desarrollo de las plantas y pueden afectar positivamente los costos de establecimiento y manejo del recurso. Estos efectos, al igual que el flujo de ingresos adicional, también contribuyen a mejorar la rentabilidad de las plantaciones y pueden aumentar el interés de propietarios por invertir en el establecimiento de nuevas plantaciones forestales (Chung, 2005).

En los últimos años el auge de los hongos silvestres es consecuencia del alto interés internacional por los hongos comestibles. Esto ha permitido vivir y obtener ganancias a personas, familias y empresa en diversas partes del mundo, incluyendo a Chile.

En el segmento de los hongos silvestres, Chile tiene un potencial interesante para desarrollar una actividad de mayor envergadura comercial que la actual, lo que no sólo significaría mayores ingresos por concepto de exportaciones, sino que también una contribución notable al empleo (Gysling *et al*, 2005).

Para Chile es clara la oportunidad para iniciar líneas de investigación y de desarrollo innovativo, que permitan conjugar aspectos como la recuperación de suelos degradados y el mejoramiento de las condiciones de establecimiento y sobrevivencia de las plantaciones, con la generación de productos intermedios de alto valor económico, ecológico y social como son los hongos micorrízicos comestibles.

OBJETIVOS

Mejorar la rentabilidad de las plantaciones de *Pinus radiata* mediante la utilización de hongos micorrízicos comestibles a través de la generación de productos intermedios comercializables y el aumento de la productividad mediante el éxito de las plantaciones.

ANTECEDENTES GENERALES

Las micorrizas (*mycos* = hongo, *rhiza* = raíz) constituyen entidades simbióticas entre un hongo y las raíces de una planta, cuya importancia, en la actualidad, está fuera de toda duda. El nombre fue dado por el botánico alemán Frank en 1885, aunque estas asociaciones fueron estudiadas a partir de 1910 (Vasco, 2003).

Se estima que alrededor del 95% de las plantas vasculares participan en este tipo de asociaciones y sólo algunas familias son las excepciones, las cuales no llegan a formar simbiosis (Honrubia, citado por Reyna, 2000).

Las micorrizas contribuyen a superar la acidez, baja fertilidad del suelo, altas temperaturas y el estrés hídrico. Su presencia en el sistema radicular cumpliendo el papel de protector es considerada como esencial para la supervivencia, calidad y crecimiento de la mayoría de las plantas, siendo de gran importancia en especies forestales, debido a su ayuda al establecimiento de las plantaciones gracias al incremento en la resistencia a los factores adversos, lo que permite, finalmente, aumentar las ganancias por concepto de disminución en los costos de manejo y una reducción en la rotación.

Las asociaciones de tipo ectomicorrízicas son las más importantes dentro de las coníferas, siendo además muy importantes para la principal especie de interés forestal en Chile, *Pinus radiata*, y sus representantes pertenecen mayoritariamente a la clase *Basidiomycetes* y, algunos, a la clase *Ascomycetes* (Montecinos, 2000).

El pino radiata en Chile presenta asociaciones con alrededor de 32 especies micorrízicas (Garrido, 1986). Varias de ellas han sido utilizadas con el objetivo de aumentar el crecimiento y la supervivencia de las plantaciones. Dentro de las ectomicorrizas asociada a esta especie maderera, existen sólo 3 de importancia en el comercio de los hongos comestibles. Estos son *Suillus luteus*, *Suillus granulatus* y *Lactarius deliciosus*, cuyos precios distan mucho de los obtenidos por especies como *Boletus edulis*, *Tricholoma matsutake* o *Tuber melanosporum*.

Respecto de *Boletus edulis*, es una de las de mayor preferencia en el mercado internacional, creciendo en condiciones similares a las que se encuentran las plantaciones de pino del país, debido a lo cual cabe la posibilidad de introducirla, pudiendo competir en los mercados internacionales con un producto de similares características, aumentando la producción de hongos silvestres y los ingresos actuales por exportación de este tipo de producto (INFOR, 1989).

Boletus fructifica en zonas de gran diversidad ecológica, asociado a bosques adultos. Principalmente en suelos ácidos, pobres, no muy profundos, de textura variada, creciendo tanto bajo bosques abiertos de hoja caduca como coníferas. La producción de sus cuerpos fructíferos llega a perderse si el bosque se cierra en exceso. El inicio de la fructificación se sucede después de un choque de frío (Morcillo, 2005).

De datos obtenidos en trabajos realizados en esta temática, se puede destacar la importancia que la producción de hongos puede tener en una mayor rentabilidad de las plantaciones de *P. radiata*. La productividad de un bosque de pino se puede incrementar en un 30% cuando en este se encuentran algunos hongos comestibles como *Boletus edulis* (Dans et al, 1999).

Alrededor de la mitad de las setas comestibles que se transan en el mundo pertenecen a los hongos ectomicorrízicos. Cinco de éstos: *Boletus edulis* (porcini), *Cantharellus cibarius* (chanterelle), *Tricholoma matsutake* (matsutake), *Tuber melanosporum* (trufa negra de Périgord) y *Tuber magnatum* (trufa blanca italiana) presentan en conjunto montos en los mercados mundiales por sobre los US \$ 2 billones, habiendo muchos otros de importancia comercializados a nivel local (Wang, 2000).

Para el caso de *Tuber* y *Tricholoma*, los valores alcanzados en los mercados son bastante altos, por lo que las plantaciones son destinadas principalmente a la producción de hongos. Sin embargo, los precios alcanzados por *Boletus edulis*, son mucho menores por lo que se podrían considerar como un cultivo secundario dentro de las plantaciones forestales.

La producción de hongos de *Boletus spp.*, a través del establecimiento de plantaciones con plantas micorrizadas y la obtención de productos fuera de estación para el hemisferio norte, es una de las metas que se persigue a futuro con esta línea de investigación desarrollada por el Instituto Forestal.

MATERIAL Y MÉTODO

Importación del Material

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó antes de comenzar los trabajos de inoculación la importación desde España de material fúngico, consistente en inóculos esporales liofilizados de las especies *Boletus edulis* y *B. pinicola*, la que fue preparada por la empresa Micología Forestal & Aplicada, de España. Su introducción al país se llevó a cabo según las normas y reglamentos vigentes para la importación de material vegetal, procedimiento que es regulado en Chile por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Este



contempla la cuarentena, la toma de muestras y su análisis para verificar la ausencia de agentes con prohibición de entrada al país. Una vez analizadas estas muestras por especialistas del SAG y verificada la ausencia de agentes patógenos, la cuarentena fue levantada, lográndose el libre uso del material, tras su previo almacenamiento bajo ambiente controlado.

Producción de Plantas

En forma paralela, se realizó la producción de plantas en el vivero perteneciente a la Sede Bio Bio del Instituto Forestal en Concepción. Esta actividad se realizó bajo un ambiente controlado dentro de un invernadero. Los trabajos iniciales consistieron en la desinfección de semillas, contenedores, sustrato y superficies del recinto que sería utilizado para la producción de las plantas. La desinfección se realizó, utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 10%, junto con asegurar un suministro de agua limpia y un acceso restringido. Estas precauciones permitieron aminorar la contaminación de la plantas con otros tipos de hongos simbioses.

El sustrato utilizado para la producción de plantas fue corteza de pino compostada y tamizada, dejando partículas iguales o menores a los 3 mm. Esta fue desinfectada, para luego ser puesta sobre bandejas de 24 cavidades de 310 cc de volumen cada una. Posteriormente, se realizó la siembra colocando tres semillas por contenedor para asegurar una planta en cada una de los recipientes.

Inoculación de la Plantas

Una vez germinadas las semillas e iniciada la aparición de las raíces secundarias, se realizó la inoculación esporal, mediante la aplicación con jeringa de 15 ml de solución esporal. Cada dosis por planta contempló una carga promedio de 5×10^6 esporas viables, las cuales fueron analizadas según test de MTT y contadas en una cámara Neubauer. Luego de realizar la inoculación de las plantas, estas fueron evaluadas después de 8 meses de crecimiento bajo ambiente controlado.

Instalación de los Ensayos

Verificada la micorrización de las plantas, estas fueron llevadas a terreno. La selección de los sitios donde se instaló los ensayos consideró asegurar ciertas condiciones que pudieran favorecer esta relación simbiótica, como son el tipo de uso de los suelos, pH, clima, entre otros.

El tratamiento al suelo consistió en un subsolado en las hileras de plantación, a una profundidad de 50 a 60 cm. Durante el crecimiento de las plantas en terreno, las malezas fueron controladas a través de 2 formas; vía manual a 1 metro desde las planta y mediante la aplicación entre hileras de un herbicida sistémico concentrado soluble (Round-Up en dosis de 4 a 5 litros de producto por hectárea y disuelto en aproximadamente 250 litros de agua). Además, se realizó la fertilización con NPK (14-14-14), adicionando 120 gramos por planta.

Se instaló 3 ensayos, utilizándose para tal efecto un diseño en Parcelas Divididas. Estos se sitúan en las localidades de Pelarco (VII Región), Yumbel (VIII Región) y Reputo (VIII Región). En el diseño se consideró tres bloques, dentro de los cuales se dispuso los factores a evaluar; asociación micorrízica (*Boletus edulis*; *B. pinicola*); espaciamiento (3 x 3 m; 3 x 2 m y 4 x 2 m); más los correspondientes testigos.

Evaluación de los Ensayos

Se realizó mediciones a un mes de la plantación y a los 24 meses de desarrollo, tomando las variables altura, diámetro a la altura del cuello y sobrevivencia. Por otro lado, se realizó una evaluación a los 12 y 24 meses, con respecto al estado de avance de la micorrización en terreno y los contaminantes que presentaban las raíces de las plantas. El análisis para la identificación de las especies micorrízicas fue realizada por el Equipo de Micología de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción. Para efectuar la toma de muestras, se extrajo una porción de las raíces, realizando una extracción no destructiva de la masa radicular. Esta fue dividida en cuadrantes, dentro de las cuales se extrajo una porción igual de cada una, para posteriormente formar una muestra compuesta, la que fue utilizada para extraer un mínimo de 300 raíces para su análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de Plantas Micorrizadas en Vivero

Los resultados obtenidos de las inoculaciones realizadas en plantas de pino en vivero arrojaron un promedio de 30,5 y 33,2% de raíces micorrizadas con *B. edulis* y *B. pinophilus*, respectivamente. El porcentaje de contaminación alcanzó un nivel cercano al 7%, con presencia de algunos géneros como *Descolea*, *Amanita*, *Tomentella*, *Suillus*, *Telephora* y *Cenococcum*. Los porcentajes obtenidos de la micorrización con estas especies, se sitúan por sobre lo mencionado por Morcillo (2003, com. pers.), el cual menciona un promedio de 25% de micorrización para este tipo de inoculantes sobre *Pinus radiata*, mientras que Zuccherelli (1988), sitúa los porcentajes de micorrización entre 122 y 80%. Las metodologías de producción de plantas inoculadas, si bien es cierto dieron resultados alentadores, son factibles de ser mejorados, lo que permitiría obtener plantas con mayores niveles de micorrización.

Evaluación de Plantas en Terreno

Análisis de Micorrización en Ensayos Instalados

Los porcentajes obtenidos en una primera evaluación, a los 12 meses de instaladas las plantas en terreno, dieron valores bastante dispersos, cuyos promedios dieron como resultado porcentajes para *B. edulis* y *B. pinicola* de: 37,49 y 37,65 para Pelarco (VII Región); 11,36 y 18,51 para Cañete (VIII Región) y; 19,99 y 3,75 para Yumbel (VII Región), respectivamente. Posteriormente, se realizó una segunda evaluación, a los 24 meses, observándose también una gran dispersión de los valores porcentuales, con porcentajes



promedio para *B. edulis* y *B. pinicola* de: 17,1 y 11,6 para Pelarco (VII Región); 11,6 y 16,7 para Cañete (VIII Región) y 17 y 10,8 para Yumbel (VII Región), respectivamente.

Respecto de los contaminantes, estos se presentaron en gran cantidad. De las raíces analizadas, casi todas presentaban asociaciones con alguna micorriza, siendo las especies contaminantes las que presentaban el mayor porcentaje de micorrización. Entre las especies contaminantes se encontró a los géneros *Descolea*, *Tomentella*, *Telephora*, *Cenococcum*, *Suillus*, *Scleroderma*, algunos *Basidiomycetes* y *Coracoides*, entre otros.

Transcurrido un período de 24 meses, los resultados obtenidos permiten afirmar que aún persiste la micorrización de las dos especies de *Boletus*. La competencia que se ha producido entre los hongos introducidos y los hongos micorrízicos nativos presentes en el lugar de la plantación podría ser un factor que pudiera haber causado las variaciones porcentuales del grado de micorrización de las plantas con los *Boletus* entre las dos mediciones. Es de esperar que las especies micorrízicas introducidas puedan permanecer en las raíces hasta edades mayores, donde las probabilidades de crecer y producir fructificaciones son superiores.

Evaluación del Crecimiento y Supervivencia

Las evaluaciones en estos primeros años fueron dirigidas principalmente a los parámetros para medir crecimiento y supervivencia de las plantas en base al factor asociación planta- hongo micorrízico. Respecto al factor espaciado, en los primeros dos años de crecimiento no ha ejercido ninguna influencia. Sin embargo, este último factor podría ser gravitante en los próximos años respecto a futuras producciones de hongos comestibles, pues la influencia de la cobertura juega un importante papel en la presencia y montos de producción de los hongos del bosque, al influenciar factores tales como penetración de la luz y del viento, temperatura y humedad ambiental y del suelo entre otros (Bonet *et al.*, 2004).

Respecto de la influencia de las plantas micorrizadas y de los testigos sobre la supervivencia de las plantas, no hubo diferencias estadísticamente significativas (Cuadro N° 1). De esta nula diferencia de los testigos con las plantas micorrizadas, se podría deducir que la rápida contaminación de las plantas por otros hongos micorrízicos al momento de establecerse las plantas en terreno, pudiera influir en su supervivencia y crecimiento, lo cual puede verificarse en los análisis realizados para determinar el avance de la micorrización con *B. edulis* y *B. pinicola*. Sin embargo, esta invasión con especies foráneas hasta el momento no ha llegado a desplazar a las introducidas.

Cuadro N° 1
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SOBREVIVENCIA

Tratamiento	Yumbel (%)	P= $<0,05$ (*)	Cañete(%)	p= $<0,05$ (*)	Pelarco(%)	p= $<0,05$ (*)
<i>Boletus edulis</i>	90	A	99	A	97	A
<i>Boletus pinicola</i>	91	A	99	A	98	A
Testigo	88	A	99	A	92	A

(*) Letras distintas indican diferencias significativas

Las evaluaciones en crecimiento realizadas a los ensayos instalados con plantas de *Pinus radiata* inoculadas en los tres ensayos, a los 24 meses de edad, según los análisis realizados y cuyos resultados se aprecian en los gráficos de las Figuras N°s 1 y 2, muestran diferencias en el incremento del crecimiento promedio en altura y diámetro de las plantas inoculadas respecto de las testigo. Los análisis estadísticos de estas, son indicados en el Cuadro N° 2.

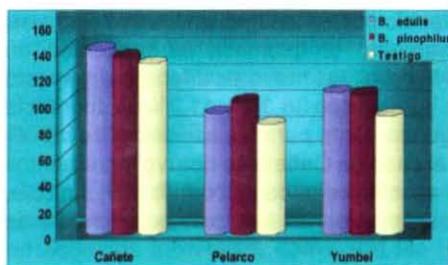


Figura N° 1
INCREMENTO EN ALTURA
PROMEDIO (cm)

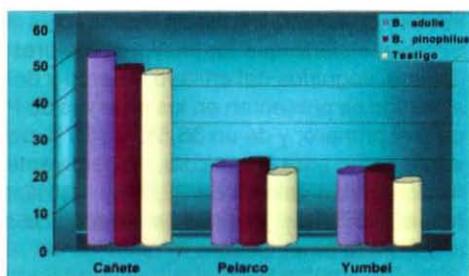


Figura N° 2
INCREMENTO EN DIÁMETRO
PROMEDIO (mm)

Cuadro N° 2
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS INCREMENTOS EN ALTURA (cm) Y DIÁMETRO (mm)
PROMEDIOS

Incremento de altura promedio						
Tratamiento	Yumbel (cm)	p=<0,05(*)	Cañete(cm)	p=<0,05(*)	Pelarco(cm)	p=<0,05(*)
<i>Boletus edulis</i>	70,8	A	140,6	C	94,94	B
<i>Boletus pinicola</i>	70,51	A	134,76	B	101,04	C
Testigo	67,94	A	130,27	A	83,67	A
Incremento de diámetro promedio						
Tratamiento	Yumbel (mm)	p=<0,05(*)	Cañete(mm)	p=<0,05(*)	Pelarco(mm)	p=<0,05(*)
<i>Boletus edulis</i>	19,62	B	50,92	B	21,18	B
<i>Boletus pinicola</i>	20,31	B	47,63	A	22,18	C
Testigo	17,09	A	46,34	A	19,34	A

(*) Letras distintas indican diferencias significativas

Los incrementos en volumen obtenidos (Figura N° 3) en plantas micorrizadas con *B. edulis* y *B. pinicola* muestran ser mayores que el obtenido por los testigos en los tres ensayos. Si bien es cierto que los mayores valores de incremento en biomasa se presentan en Cañete, seguidos del ensayo Pelarco y del ensayo Yumbel; las mayores diferencia respecto al testigo se presentan en los ensayos de Pelarco y Yumbel con 38,3% y 41,2% de diferencia para el primero; y de un 36,5% y 35,7% para el segundo, tanto para las asociaciones con *B. edulis* como para *B. pinicola*, respectivamente. En el caso de Cañete se obtuvo incrementos menores, con valores de 22,6% y 11,6%, para las asociaciones con *B. edulis* y *B. pinicola*, respectivamente. El análisis estadístico de los incrementos en la biomasa promedio es presentado en el Cuadro N° 3.

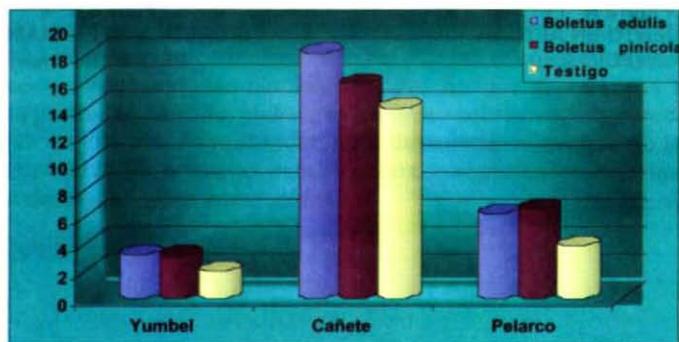


Figura N° 3
INCREMENTOS RESPECTO AL ÍNDICE DE BIOMASA PROMEDIO D³H
(m³x10⁻³)

Cuadro N° 3
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS INCREMENTOS EN VOLUMEN D²H (m³x10⁻³)

Tratamiento	Yumbel (m ³ x10 ⁻³)	p=<0,05(*)	Cañete(m ³ x10 ⁻³)	P=<0,05(*)	Pelarco(m ³ x10 ⁻³)	p=<0,05(*)
<i>Boletus edulis</i>	3,179	B	18,158	C	6,273	B
<i>Boletus pinicola</i>	3,144	B	15,899	B	6,575	B
Testigo	2,017	A	14,059	A	3,870	A

(*) Letras distintas indican diferencias significativas

De los resultados obtenidos, se podría mencionar que existiría una importante influencia de los hongos *B. edulis* y *B. pinicola*, en el crecimiento, tanto en altura y diámetro, como también en el volumen, obteniéndose incrementos mayores en plantas que cuentan con estas asociaciones micorrícicas.

En estos análisis se deja ver la influencia en el crecimiento de los hongos micorrícicos en relación a los diferentes tipos de sitio, presentando un efecto positivo en sitios con limitaciones, traduciéndose en mayores incrementos en sitios con restricción de precipitaciones y fertilidad de sitio. Es el caso de Pelarco y Yumbel, cuyos sitios bajos en fertilidad y precipitaciones presentan incrementos mucho mayores que Cañete, con suelos muy fértiles y con mayores precipitaciones.

CONCLUSIONES

En el ámbito mundial, numerosos autores han demostrado la importancia de la simbiosis ectomicorrícica para el crecimiento, desarrollo y supervivencia de muchas familias de especies forestales, como son las *Pinaceas*, las cuales no crecen ni se desarrollan normalmente, si su masa radicular no se encuentra infestado por hongos ectomicorrícicos.

La presencia de plantaciones forestales en un sitio determinado, unido a la deficiencia nutricional que afecta a muchos suelos de Chile y el alto costo de los fertilizantes químicos, hacen necesario el estudio y el desarrollo de fertilizantes no contaminantes y de bajo costo como son los de origen biológico, que en este caso, corresponde a los hongos ectomicorrícicos que pueden garantizar un aumento en la disponibilidad de nutrientes a un bajo costo para la forestación y reforestación con especies maderables.

La introducción de estos fertilizantes biológicos, llamados también biofertilizantes, y de métodos de inoculación más efectivos, aportaría grandes beneficios en el establecimiento de plantaciones en sitios degradados, permitiendo que las plantaciones forestales industriales sean sostenibles, además de la producción de hongos comestibles.

Asegurar un producto silvestre que sea comestible, de alta demanda y de comprobada calidad nutritiva, podría ejercer un fuerte impacto en la rentabilidad de las plantaciones forestales, además de generar un impacto social por la generación de empleos.

Los medianos y pequeños propietarios forestales serían beneficiados directamente con el uso de plantas inoculadas con hongos comestibles en áreas erosionadas o sitios sin uso que pueden ser recuperados, generando, conjuntamente con la madera, otro recurso forestal de interés económico que les permita incrementar sus ingresos con un producto intermedio cosechable a mediano plazo.

Las exportaciones de hongos presentan atractivas posibilidades en los mercados internacionales europeos, norteamericano y asiáticos, para lo cual se hace necesario elevar los rendimientos en la producción de hongos silvestres comestibles, a través de la utilización de plantas micorrizadas con especies de importancia económica, permitiendo entregar mayores áreas para la producción de los hongos deseados.

Todos estos resultados son difíciles de generalizar debido a que los efectos de los distintos tratamientos sobre ciertas especies micorrízicas y su posterior fructificación sólo pueden apreciarse a largo plazo.

En el país existe falta de investigación en esta área, lo que para aprovechar la oportunidad que significa el constante crecimiento de la demanda mundial por estos alimentos, debe ser abordado con urgencia.

Las restricciones en el uso de productos químicos, cuyo objetivo es la mantención de la calidad ambiental (producción limpia), y la grandes superficies que posee el país para forestación, en áreas de secano o con algún grado de degradación, llevará finalmente al camino del uso de tecnologías alternativas, como el empleo de micorrizas.

El comportamiento en terreno y la mejor asociación hongo comestible - especie forestal se presenta como uno de los principales desafíos tecnológicos, en términos de plazos para obtener el producto comestible. A esto se suman los cuidados necesarios para mantener la calidad de la micorrización y poder obtener el producto final y, también, acrecentar la magnitud de la respuesta en crecimiento de la planta, asociados a la futura cosecha de madera.

Finalmente, se espera que esta línea de trabajo llevada a cabo por el Instituto Forestal (INFOR), sea una puerta que permita el surgimiento de nuevas iniciativas de investigación en esta área para colaborar con la innovación y desarrollo del sector forestal chileno.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento del proyecto FONDEF D011168 "Hongos Micorrízicos Comestibles: Una Alternativa para Mejorar la Rentabilidad de Plantaciones Forestales", así como al personal de las empresas y propietarios particulares, sin los cuales esta investigación no se hubiera materializado.

REFERENCIAS

- Bonet, J.; Fischer, C.; Colinas, C.L., 2004.** The Relationship between Forest Age and Aspect on the Production of Sporocarps of Ectomycorrhizal Fungi in *Pinus sylvestris* Forests of the Central Pyrenees. *Forest Ecology and Management* 203:157–175
- Chung, P., 2005.** Hongos Micorrízicos Comestibles. Opción Productiva Aplicada a las Plantaciones Forestales. Aspectos Generales. INFOR. Sede Bio Bio. 55 p.
- Dans, F; Fernández, F. y Romero, A., 1999.** Manual de Selvicultura del Pino Radiata en Galicia. <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/pinoradiata/indice.html>
- FAO, 1992.** Productos Forestales no Madereros: Posibilidades Futuras. Estudio FAO Montes, n° 97. 36 pp.
- Garrido, N., 1986.** Survey of Ectomycorrhizal Fungi Associated with Exotic Forest Trees in Chile. Berlin - Stuttgart. *Nova Hedwigia* 43. 3-4. 423-442.
- Gysling, J.; Aguirre, J.; Casanova, K. y Cheng, P., 2005.** Estudio de Mercado. Hongos Silvestres Comestibles. INFOR. Sede Bio Bio. 83 p.
- INFOR – CORFO, 1989.** Exportaciones de Hongos Silvestres. Boletín de Mercado Forestal. Año VIII, n. 104. pp: 2-4.
- Montecinos, M., 2000.** Cepas Fisiológicamente más Adaptadas. Santiago, Chile. Bioplanet, biotecnología para sus negocios. Año 1, n. 5. pp.22
- Morcillo, M., 2005.** Ectomicorizas. Aplicaciones en restauración del paisaje y en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Terralia* N°16. Pp: 22-32. <http://www.terralia.com/revista16/>
- Oria de Rueda, J. A., 1989.** Silvicultura y Ordenación de Montes Productores de Hongos Micorrízicos Comestibles. *Bol. Soc. micol. Madrid*, 13: 175-188.
- Oria de Rueda, J. A., 1991.** Bases para la Selvicultura y Ordenación de Montes Productores de Hongos Micorrízicos Comestibles. *Montes*, 26: 48-55.
- Reyna, S., 2000.** La Trufa, Truficultura y Selvicultura Trufera. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 229 pp.
- Vasco, F., 2003.** Aspectos Biológicos de la Unión Hongo-Planta (Micorizas). *Boletín de ARBA*. N°12. Pp: 27-30.
- Zuccherelli, G., 1988.** First Experiences with Production of Forest Plants Inoculated with *Boletus edulis*. *Monti e Boschi* n1 39 (3) 11-14. Italia.
- Wang, Y. and Hall, I., 2000.** Edible Mycorrhizal Mushrooms. Australasian Mycological Society Conference. 8 de Mayo de 2000. Te Anau, New Zealand. ABSTRACTS 2000. http://bugs.bio.usyd.edu.au/AustMycolSoc/Conferences/2000/2000_abstracts.html

