

Fundación para la Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA



HONGOS / HONGOS COMESTIBLES



Resultados y Lecciones en

Cultivo de Trufa en Chile

Proyecto de Innovación en
VII Región del Maule



Fundación para la Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA



Resultados y Lecciones en Cultivo de Trufa (*Tuber melanosporum*) en Chile



**Proyecto de Innovación en
VII Región del Maule**

Valorización a agosto de 2009



Agradecimientos

En la realización de este trabajo, agradecemos sinceramente la colaboración de los productores, técnicos y profesionales vinculados al proyecto de trufa y a los participantes en las entrevistas, en especial a Ricardo Ramírez C., Director y Gerente de la Empresa Agrobiotruf S.A.

Resultados y Lecciones en Cultivo de Trufa (*Tuber melanosporum*) en Chile

Proyecto de Innovación en la VII Región del Maule

Serie **Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario**
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Registro de Propiedad Intelectual N° 185.665
ISBN N° 978-956-328-023-4

ELABORACIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Marcela Salinas B. y Fernando Cartes M. – Cartes y Le-Bert Cía. Ltda.
(Capablanca Ltda.)

REVISIÓN DEL DOCUMENTO Y APORTES TÉCNICOS

Francisca Fresno y Gabriela Casanova - Fundación para la Innovación Agraria (FIA)

DISEÑO GRÁFICO

Guillermo Feuerhake

IMPRESIÓN

Ograma Ltda.

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Contenidos

Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas	5
1. Antecedentes.....	5
2. Objetivo del documento.....	7
3. Perspectivas del mercado	7
4. Alcances y desafíos de la opción de negocio.....	10
5. Claves de viabilidad.....	12
6. Asuntos por resolver.....	14

Sección 2. El proyecto precursor	15
1. El entorno económico y social.....	15
2. El proyecto precursor	16
3. Los productores hoy.....	17

Sección 3. El valor del proyecto aprendido e iniciativa precursora	19
---	----

ANEXOS	
1. Aspectos técnicos del cultivo de trufas negras	23
2. Productores y predios de cultivo experimental de trufa.....	28
3. Análisis económico para el establecimiento de una trufera de 1 hectárea	29
4. Macrozona potencial para el cultivo de <i>T. melanosporum</i> en Chile	34
5. Literatura consultada.....	35
6. Documentación disponible y contactos.....	36



SECCIÓN 1

Resultados y lecciones aprendidas

El presente documento tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas a partir de la realización de un proyecto orientado a desarrollar e implementar tecnologías adecuadas para el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Chile, como alternativa productiva y comercial para los productores del sector silvoagropecuario. Se espera que esta información, que se ha sistematizado en este “documento de aprendizaje”,¹ aporte a los interesados elementos relevantes para apoyar la toma de decisiones respecto de su cultivo.

► 1. Antecedentes

Los análisis y resultados que se presentan en este documento han sido desarrollados a partir de la experiencia y lecciones aprendidas de la ejecución del proyecto precursor² “Desarrollo de las bases tecnológicas para el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Chile, como alternativa productiva y comercial para los pequeños y medianos productores del sector silvoagropecuario”. Esta iniciativa fue financiada por FIA y ejecutada por la Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, en asociación con la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), de España, entre los años 2001 y 2005.

El proyecto se desarrolló en su primera fase en el laboratorio de la Universidad Católica del Maule, para, en una segunda etapa, establecerse cultivos pilotos en 10 predios ubicados en la Regiones Metropolitana, del Maule, de Los Ríos y de Aysén. Esta iniciativa contribuyó a definir un procedimiento viable para la inoculación y posterior cultivo de trufas negras en la zona centro-sur, que ha dado origen al cultivo de esta especie en el país, cosechándose a mediados de 2009 las primeras trufas en Chile.

Las trufas corresponden a los cuerpos fructíferos de hongos subterráneos comestibles, principalmente del género *Tuber*, que crecen en simbiosis con distintas especies de árboles, como el encino, roble y avellano europeo. Existen distintas especies de trufas con valor culinario. Las más apetecidas corresponden a las trufas negras o trufas de Perigord (*Tuber melanosporum*) y las trufas blancas o albas (*Tuber magnatum*) (Hall, Brown & Zambonelli, 2007).

¹ “Documento de aprendizaje”: documento que consigna las oportunidades y los desafíos pendientes por abordar, y/o las limitantes que quedan por superar en las opciones de negocio analizadas en los proyectos precursores, de manera que permitan orientar la toma de decisiones de otros usuarios interesados en ellas.

² “Proyecto precursor”: proyecto de innovación a escala piloto financiado e impulsado por FIA, cuyos resultados fueron evaluados a través de la metodología de valorización de resultados desarrollada por la Fundación, análisis que permite configurar este documento que se da a conocer. Los antecedentes del proyecto precursor se detallan en la Sección 2 de este documento.



Tradicionalmente, la producción de trufas se ha basado en la recolección silvestre, principalmente en bosques del sur de Francia, Italia y España. En otras partes del mundo, se recolectan otras especies de trufas de menor valor comercial, tales como la trufa china (*Tuber sinensis*), en China; la trufa negra de verano (*Tuber aestivum*), en Europa Central, Reino Unido y el norte de África; o la trufa blanca de Oregón (*Tuber oregonense*), proveniente de Estados Unidos (Lefevre y Hall, 2001). El agotamiento de las fuentes silvestres de trufas, junto con tratarse de un producto muy apreciado en la gastronomía, cuya demanda ha ido en aumento, hace que sea muy valorado económicamente y que su cultivo sea muy atractivo. Esto ha impulsado su cultivo en distintos países, siendo la trufa negra Perigord la principal especie cultivada, principalmente en Francia, Italia y España (Suárez, 2007).

En la actualidad, las trufas que se comercializan en el mercado mundial proceden, mayoritariamente, de Francia, Italia y España, las que pueden ser de origen silvestre o cultivadas. Las técnicas para el cultivo de trufas fueron desarrolladas en la década de los 70 y en la actualidad permiten el cultivo de este hongo en varios países, motivados por los precios que alcanza en el mercado internacional. En los últimos años Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia se han incorporado al cultivo de trufas, desarrollando técnicas para la inoculación artificial del hongo.

La trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) es una especie de hongo altamente valorada en la gastronomía internacional, debido a su aroma y fino sabor. Esto, sumado a las complejas técnicas que se requieren para su obtención y la escasa oferta del mismo, lo convierten en un producto de alto costo, cuyo consumo está restringido a sectores de alto poder adquisitivo, quienes consumen las trufas y productos derivados principalmente a través de la cocina gourmet, que la utiliza en pequeñas cantidades para aromatizar platos.

Gracias a las favorables condiciones climáticas existentes en Chile y a la ventaja de producir en contraestación, la producción de trufas podría ser una alternativa interesante en el país. Para ello, se requiere incorporar algunos desafíos que se derivan, principalmente, del reciente inicio de la truficultura en el país, lo que incide, por una parte, en la falta de información empírica que permita estimar las reales expectativas de producción de trufa negra bajo las condiciones agroclimáticas de Chile, tanto en cantidad y calidad, como en los plazos previstos para alcanzar el máximo de producción y, por otra, en la organización y gestión del proceso de comercialización.

► 2. Objetivo del documento

Este documento tiene como objetivo dar a conocer los resultados y lecciones aprendidas a partir de la realización del proyecto precursor, a la vez de entregar información respecto de las potencialidades y restricciones para el cultivo de la trufa negra en el país, así como los elementos productivos, comerciales y de gestión para la toma de decisiones de eventuales productores que estén interesados en el cultivo de trufas negras como una opción de negocio.

► 3. Perspectivas del mercado

La palabra trufa hace mención a hongos hipógeos³ de la familia de los Ascomicetes; sin embargo, es usada más comúnmente para referirse a los miembros del género *Tuber*, el cual posee la mayoría de las especies de trufas de importancia culinaria. Varias especies del género *Tuber* son consideradas buenas por la alta gastronomía internacional; sin embargo, existen dos especies que son particularmente preferidas: la trufa negra de Perigord (*Tuber melanosporum*) y la trufa blanca italiana (*Tuber magnatum*). Ambas son altamente demandadas por su fuerte aroma y presentan los mejores precios de comercialización. Por la trufa blanca se han llegado a pagar (en subasta pública el año 2007) 143.000 euros por un ejemplar de 750 g, siendo su precio promedio de 3.000 euros el kilo, mientras que la trufa negra se cotiza en los mercados a 600 – 800 euros el kilo (Muñoz, 2009).

La información que se entrega a continuación hace referencia principalmente a *T. melanosporum*, debido a que es la trufa cultivada con mayor éxito en el mundo. El cultivo de *T. magnatum* ha evidenciado una serie de problemas, entre los que se cuentan la selección de plantas para generar la relación simbiótica y la contaminación de las plantas con otras especies de trufas, como por ejemplo *T. borchii* o *T. maculatum*, razón por la cual *T. melanosporum* se ha mantenido como la especie más cultivada (Lefevre y Hall, 2001).

Durante la primera mitad del siglo XX, la totalidad de las trufas negras de Perigord eran recolectadas silvestres, en bosques de Francia e Italia. Posteriormente, España comenzó a exportar trufas negras, también recolectadas desde sus bosques. A medida que la oferta de trufas negras fue disminuyendo con los años, nuevos países, tales como Inglaterra, Turquía, Marruecos, Estados Unidos y China, comenzaron a ofrecer trufas silvestres; sin embargo, en la mayoría de los casos, los productos ofrecidos correspondían a especies que no correspondían a trufas negras de Perigord.

La menor producción de trufas silvestres, debido a la sobreexplotación y deterioro del hábitat natural de desarrollo de las trufas negras, impulsó en la década de los 60-70 esfuerzos conjuntos entre productores franceses e investigadores italianos, para desarrollar técnicas de cultivo de trufas negras. Esta iniciativa culminó con la producción de trufas alrededor de los años 70 en cultivos a partir de árboles previamente inoculados (Lefevre y Hall, 2001).

Los principales países productores de trufas negras en cultivo son España, Italia y Francia, quienes poseen mayor experiencia en este tipo de cultivo. En la década de 1990, Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos lograron producir trufas negras a partir de cultivos y recientemente nuevos

³ Hongos hipogeos son los que tienen cuerpos reproductivos que forman y completan la maduración de sus esporas debajo del suelo (enterrados). La gran mayoría de los hongos hipogeos son simbioses, formando micorrizas con plantas herbáceas, arbustivas o arbóreas.

países del hemisferio sur han desarrollado técnicas con el mismo fin. Entre estos países se cuentan Argentina, Sudáfrica y Chile.

Francia, España e Italia cubren más del 90% de la producción mundial de trufa negra. Se estima que la producción de España alcanza entre un 30 y 50% de la producción mundial, con un promedio anual de aproximadamente 40.000 kg, que varía entre un mínimo de 5.000 kg y un máximo de 126.000 kilos (Oliach, 2004). En el Cuadro 1 se muestra la producción anual de trufa negra de los tres principales países productores.

CUADRO 1. **Producción anual de trufa negra (toneladas métricas)**

Temporada	España	Francia	Italia	Total
1990/91	30	17	5	52
1991/92	10	20	5	35
1992/93	23	31	3	57
1993/94	9	22	2	33
1994/95	4	12	30	46
1995/96	20	19	25	64
1996/97	25	50	20	95
1997/98	80	30	24	134
1998/99	7	14	4	25
1999/2000	35	40	10	85
2000/01	6	35	4	45
2001/02	20	15	5	40

Fuente: Reyna y García, 2005

La demanda mundial por trufas negras ha presentado un constante aumento a lo largo de los años, debido en parte a que son consideradas un “bien de lujo”, siendo consumidas casi únicamente por sectores de la sociedad con alto poder adquisitivo (Suárez, 2007). Tradicionalmente, las trufas han sido altamente demandadas, en particular por Francia e Italia; sin embargo, en las últimas décadas Estados Unidos y algunos países asiáticos, como Japón, China y Corea, han comenzado a demandar cantidades cada vez mayores de estos productos. Francia concentra alrededor del 70% del mercado de trufas negras, razón por la cual la tendencia en los precios de este producto se explica en base al comercio realizado en ese país.

La producción de trufa fresca en Europa se comercializa entre diciembre y marzo, existiendo variaciones estacionales en su demanda. Los periodos de máxima demanda se observan en las fechas previas a Navidad y entre los meses de abril a noviembre, época en la cual la oferta de productos frescos se reduce considerablemente en Europa (Suárez, 2007). Los productos frescos se ven reemplazados durante estos meses por productos procesados, los que incluyen trufas en conserva, aceites y preparaciones de tipo culinario en mezcla con otras especies de menor valor.

El precio de la trufa en el último tiempo ha tenido una tendencia al alza, en concordancia con el descenso de la producción natural. Los precios pagados a productor por trufa fresca en España fluctúan entre 200 y 800 euros por kilo (Reyna y García, 2005). Sin embargo, la cadena de comercialización existente en Europa hace que el precio de las trufas en el mercado de retail alcance entre 2.000 a 2.500 dólares por kilo (Agrobiotruf, 2009). Los productores venden las trufas frescas en mercados regionales o a intermediarios, que las venden a distribuidores especializados o a empresas procesadoras, los que finalmente ponen los productos a disposición del mercado retail. En el Cuadro 2 se muestran precios pagados a productor en España por kilo de trufa negra.



CUADRO 2. Precios pagados a productor de trufa negra en España

Temporada	Precio productor
	(euros/kg)
2000 - 2001	325 - 500
2001 - 2002	350 - 600
2002 - 2003	500 - 800
2004 - 2005	550 - 900
2005 - 2006	600 - 1000

Fuente: FIA – Universidad Católica del Maule. Informe Técnico Final proyecto precursor

En lo que respecta al mercado francés, según información del Ministerio de Agricultura de Francia, durante la temporada 2006-07 el precio promedio de trufa negra fluctuó entre 120 y 670 euros por kilo, mientras que en la temporada 2007-08 los precios promedio variaron entre 230 y 740 euros por kilo. En el Cuadro 3 se muestra la serie de precios de trufa negra fresca en el mercado francés de Richerenches, en la temporada enero-marzo de 2009. Este mercado es uno de los más importantes de Europa por las cantidades de trufa que se transan, las que representan aproximadamente el 30% de la producción francesa.

CUADRO 3. Precios Trufa negra fresca, mercado de Richerenches. Temporada enero - marzo 2009

Fecha	Precio (euros/kg)			Cantidad transada (kg)
	Promedio	Mínimo	Máximo	
24-01-2009	350	300	370	1.600
31-01-2009	360	330	400	1.100
07-02-2009	400	380	420	700
14-02-2009	450	400	500	550
21-02-2009	480	450	500	500
28-02-2009	500	450	530	400
07-03-2009	420	400	450	230
14-03-2009	500	450	500	90
21-03-2009	500	450	500	30

Fuente: Services des Nouvelles des Marchés. Ministerio de Agricultura y Pesca de Francia. Información de precios por producto.

En lo que respecta a precios de trufas frescas comercializadas en el hemisferio norte, fuera de temporada, se reportan valores en el mercado norteamericano de US\$ 1.200 (800 euros) por kilo de trufa grado 1 producida en Nueva Zelanda, mientras que en el mercado francés alcanzan valores de aproximadamente 900 euros por kilo.

De acuerdo a lo planteado por investigadores del Centro Tecnológico Forestal de Cataluña, actualmente se observa un descenso de la producción silvestre de trufa y un aumento de su demanda, lo que permite suponer que la trufa es uno de los pocos productos agrícolas que tiene un mercado garantizado, en el que los precios debieran tender a mantenerse o incluso aumentar (Oliach, Muxí, y Colinas, 2005). En el Cuadro 4 se muestra la evolución de la producción de trufa negra en los principales países productores de Europa en el período 1990 – 2006.

CUADRO 4. **Producción de *T. melanosporum* (toneladas)**

Año	España	Francia	Italia	Total
1990/91	30	17	5	52
1991/92	10	20	5	35
1992/93	23	31	3	57
1993/94	9	22	2	33
1994/95	4	12	30	46
1995/96	20	19	25	64
1996/97	25	50	20	95
1997/98	80	30	24	134
1998/99	7	14	4	25
1999/2000	35	40	10	85
2000/2001	6	35	4	45
2001/2002	20	15	5	40
2002/2003	40			
2004/2005	22			
2005/2006	14			

Fuente: REYNA D., 2007

Esta evolución se transforma en una oportunidad para Chile, donde se ha introducido el cultivo de la especie *T. melanosporum*, sobre todo si se considera que gran parte de la oferta de países tales como Estados Unidos y Australia incluye otras especies de trufas distintas a ésta, las cuales tienen menor valor culinario y, por ende, menor valor comercial.

► 4. Alcances y desafíos de la opción de negocio

El proyecto precursor logró definir un protocolo de inoculación de plantas con *T. melanosporum*, lo que sumado a investigaciones posteriores financiadas por FIA, ha permitido establecer las bases para el cultivo de la trufa bajo las condiciones de suelo y clima de Chile, de manera tal que en la actualidad existe en el país el conocimiento técnico y la disponibilidad de plantas micorrizadas que posibilita el cultivo de esta especie.

Sin embargo, se debe tener presente que la experiencia en el país es aún reciente y, si bien se han logrado las primeras producciones durante el año 2009, es un cultivo que aún representa un desafío, por cuanto no existe certeza respecto de los rendimientos que se pueden obtener y los plazos de entrada en producción, de modo que las estimaciones sobre su rentabilidad se basan, fundamentalmente, en la experiencia extranjera. Esto, además, se ve acentuado porque



las producciones de trufa pueden presentar una alta variabilidad entre un año y otro, influido por las condiciones climáticas, las que se traducen finalmente, en la disponibilidad de humedad para las plantas y el hongo, y de temperatura del suelo, aspectos que deben ser controlados y manejados a lo largo del cultivo para promover la producción. Es por ello que en general, en Europa, las plantaciones artificiales con árboles inoculados con trufa se establecen cerca de las áreas que producen trufa silvestre, para así ajustarse al máximo a las condiciones ecológicas requeridas por el hongo y especies hospederas.

Por estos motivos, y a diferencia de otros cultivos tradicionales, en el caso de Chile –donde no existe la trufa en forma natural– es importante contar con asesoría especializada que permita orientar las labores de manejo de la trufiera, a fin de mantener las condiciones de pH, temperatura y humedad del suelo en los niveles adecuados para el desarrollo del micelio del hongo y la futura producción de trufa, ya que ellas dependen del sitio y las condiciones microclimáticas locales. Es por ello que resulta importante realizar monitoreos periódicos de raíces y suelo, con el fin de ir constatando el estado de la trufiera y poder aplicar las medidas correctivas que se requieran.

De acuerdo a la información proporcionada por la empresa Agrobiotruf S.A., líder en la producción de plantas micorrizadas y en el cultivo de trufa en Chile, se requiere una inversión inicial estimada en 7,5 millones de pesos por hectárea, sin considerar el valor del terreno, sino sólo el valor de las plantas inoculadas (400 plantas/ha), labores de preparación de suelo y encalado, y establecimiento de un sistema de riego por microaspersión y plantación.

Este nivel de inversión restringe el cultivo a medianos y grandes productores, más aún considerando que la entrada en producción comercial, en promedio, tarda entre 5 y 6 años, lográndose la mayor producción alrededor al año 10, lo que obliga a disponer de capital de trabajo necesario para las labores del cultivo durante esos años. La producción de trufas se podría mantener entre 20 y 40 años dependiendo de la especie de árbol hospederero y del manejo que se dé a la plantación.

De acuerdo a las experiencias logradas en el país, se estima que los rendimientos iniciales podrían bordear los 2 a 4 kg de trufa por hectárea, para llegar en forma gradual hasta un promedio de 40 a 60 kg por hectárea, en plena producción, lo que a juicio de expertos, permite que este cultivo sea rentable incluso en pequeñas superficies (2 a 3 hectáreas). Además, su cultivo tiene la ventaja de presentar bajos requerimientos de mecanización y prácticamente no requiere uso de agroquímicos, por lo que su producción es amigable con el medioambiente (Agrobiotruf, 2009).

Como ejemplo, en el Anexo 3 se presenta un análisis económico y de rentabilidad del establecimiento de una trufera de 1 ha, desde la perspectiva de un agricultor, con una densidad de plantación de 400 árboles por hectárea. Dicha información fue parte del informe final del proyecto precursor y para su estimación se utilizaron supuestos de productividad, dado que no existe información a la fecha respecto de los rendimientos que se pueden obtener y los plazos de entrada en producción.

Una vez obtenida la producción de trufas, el desafío para los productores es establecerse en el mercado, lo cual no debiera ser muy complejo debido a la gran diferencia existente entre la demanda y la oferta en la actualidad. A nivel mundial, los productos mejor pagados son las trufas frescas, las cuales son ofrecidas a través de intermediarios quienes las compran en las ferias locales. La experiencia en Australia y Nueva Zelanda, muestra que su producción de trufas negras se vende directamente a los consumidores finales (restaurantes y plantas procesadoras, principalmente), sin depender de intermediarios entre los meses de abril y noviembre, debido a la escasa oferta actual por este producto fuera de temporada. Es importante, abordar todos los aspectos de la comercialización, desde el establecimiento de los contactos comerciales, hasta la presentación y formato de venta del producto.

En el caso de los productores nacionales, el desafío es ingresar al mercado de exportación, más aún si las superficies plantadas son pequeñas, ya que es importante disponer de mayores volúmenes para lograr mejores condiciones de comercialización. En el caso del mercado interno, es esperable que éste resulte reducido dado el tamaño del mercado gourmet.

Finalmente, una de las claves para ingresar al negocio de la venta de trufas negras es ofrecer productos de la especie *Tuber melanosporum*, lo que puede ser certificado a través de análisis genéticos que realicen laboratorios especializados. En el caso de existir contaminación con otra especie del género *Tuber*, las trufas negras (*T. melanosporum*) deben ser separadas y ofrecidas de manera independiente, debido a que las otras trufas poseen menor valor culinario.

► 5. Claves de la viabilidad

El proyecto precursor demostró la factibilidad técnica de la producción de trufas negras en Chile, obteniéndose las primeras trufas en la temporada 2009, en un predio ubicado en la zona de Panquipulli, después de cinco años de haberse establecido la plantación. Sin embargo, la producción de trufas requiere que se resguarden algunos aspectos que se consideran claves en el éxito de su cultivo. Entre los cuales se encuentran:

- **Asegurar la inoculación de las plantas bajo un estricto control fitosanitario.** Para garantizar la obtención de un producto micorrizado de calidad, es crucial que el proceso de inoculación asegure la simbiosis con el hongo de interés, en este caso *Tuber melanosporum*, controlando que esté libre de micorrizas contaminantes que pudieran afectar negativamente los rendimientos y producción esperada.
- **Selección del lugar a plantar.** Se requiere de un riguroso análisis de las características químicas y físicas del suelo, pendiente, exposición, pluviometría, vegetación circundante e historial de cultivos, ya que todos estos factores inciden en la producción que se pueda obtener. De acuerdo a la información proporcionada por el proyecto precursor, se recomienda utilizar terrenos cuyos cultivos anteriores hayan sido cereales o leguminosas, viñas y algunos frutales. La plantación en terrenos deforestados presenta un alto riesgo, ya que la vegetación arbustiva y forestal mantiene el suelo colonizado por numerosos hongos, competidores potenciales de la trufa, que podrían desplazarla del medio de cultivo.

En definitiva, el predio no debiera situarse cerca de cualquier foco micorrícico, que pudiera competir con la trufa. Entre las especies en Chile que forman asociaciones ectomicorrícicas se encuentran: *Quercus* sp (encino); *Castanea* sp. (castaño); *Corylus avellana* (avellano); *Populus* sp (álamo); *Tillia* sp (tilo); *Eucalyptus* sp (eucalipto); *Pinus* spp (pino); *Salix* sp (sauce) y *Nothofagus* sp.

- La **preparación anticipada del sitio** y los **cuidados post-plantación** son esenciales para un adecuado establecimiento y desarrollo de la trufera, a fin de proveer a las trufas de un ambiente propicio para su desarrollo y evitar la presencia de hongos mejor adaptados al medio que puedan competir con *T. melanosporum*, y sin valor comercial.
- Existen al menos dos aspectos de especial relevancia en el caso de Chile, **el pH y la humedad del suelo**. Debido a las condiciones de génesis de los suelos en Chile, en la zona centro sur la mayoría de éstos presentan un pH entre ligeramente ácido y neutro. Esto obliga a realizar encalados de suelo de manera periódica, ya que la especie en cuestión se adapta a suelos ligeramente alcalinos, con pH entre 7.0 y 8.5, lo que encarece los costos de producción, pudiendo representar una dificultad financiera que, sumado al nivel de inversión inicial, restringe su cultivo.
- Por otra parte, es importante **evitar sequías prolongadas**, de modo que el uso de riego tecnificado es una práctica eficaz para mejorar la producción de trufas. Además, en los primeros años de plantación deben evitarse los excesos de humedad en el suelo, los cuales pueden favorecer el desarrollo de otros hongos competidores con la trufa, perjudicando su establecimiento y producción. Otro aspecto importante, es la calidad del agua de riego, ya que es una de las principales fuentes de micorrizas contaminantes.
- Durante la etapa pre-productiva, es altamente recomendado **realizar controles periódicos de las raíces de los árboles** con el fin de chequear el óptimo desarrollo del hongo, o en caso contrario, tomar las medidas correctivas adecuadas. Para esto es necesario hacer un muestreo de suelo y raíces periódicamente, las cuales deben ser analizadas en laboratorios especializados para confirmar la presencia de *T. melanosporum* y descartar la infección con otros agentes fúngicos sin valor comercial. En este sentido, dado que en Chile es necesario intervenir y corregir el pH del suelo, se estima que este cambio químico puede afectar favorablemente la producción de trufas, impidiendo el desarrollo de otros hongos que pudieran estar presentes en el suelo, cuyo ambiente natural no corresponde a un suelo alcalino.
- De acuerdo a la experiencia internacional de investigadores y truficultores, existen otros aspectos del manejo que también juegan un rol importante en el desarrollo y producción de trufas. Uno de ellos es la insolación del suelo, siendo justamente el aumento de la espesura que se ha registrado en los bosques, en las zonas donde existen trufas naturales, una de las causas de la disminución de su producción. Por otra parte, se reconoce que el riesgo de contaminación de la plantación con otros hongos también aumenta con un exceso de macronutrientes (nitrógeno y fósforo), por lo que la aplicación de fertilizantes durante el cultivo no es recomendable, aún cuando en Europa existen resultados contradictorios respecto de la fertilización, pudiendo recomendarse sólo en suelos muy pobres en fósforo.
- Otro aspecto importante es **la cosecha**, la cual, por tratarse de un hongo subterráneo y que se ubica a profundidades variables, siempre ha sido considerada un problema. Para esta labor se utilizan animales con muy buen olfato, como el perro y el cerdo; sin embargo, por su delicadeza al olfatear, el preferido es el perro. Por lo tanto, se debe considerar disponer de este animal entrenado o la posibilidad de contratar este servicio, el cual debe ser incluido en el flujo de caja del proyecto.

- Finalmente, para que el negocio sea viable, es necesario **generar los canales de comercialización** necesarios para la venta de los productos obtenidos en el futuro. Si bien es cierto la demanda por trufas negras frescas en contra temporada es muy superior a la oferta, debido a lo nuevo del negocio, es importante que los productores definan claramente su mercado objetivo y establezcan, en lo posible, acuerdos comerciales directos que les permita comercializar su producción en forma oportuna, de acuerdo a los requerimientos de calidad que exija el cliente.

► 6. Asuntos por resolver

Aún cuando el proyecto precursor ha proporcionado un gran avance en el conocimiento de la especie y cómo debiera realizarse su cultivo en el país, existen algunos aspectos pendientes sobre los cuales es importante avanzar y obtener mayor conocimiento, con el objeto de poder establecer su real potencial como alternativa de negocio, y apoyar la toma de decisiones.

Estos se derivan, fundamentalmente, porque se trata de un cultivo nuevo en el país, ya que a pesar de haberse obtenido las primeras trufas, no existe certeza respecto del nivel de producción que se puede obtener efectivamente en Chile y de cuán complejo puede resultar su manejo, para mantener las condiciones adecuadas para el desarrollo del hongo y evitar la presencia de otras especies sin valor comercial, que pudieran competir con *T. melanosporum*. En términos generales, se espera que una plantación trufera entre en plena producción a partir del décimo año, plazo que aún no se cumple para las plantaciones que existen en el país, por lo cual los volúmenes que se pueden obtener en Chile en plena producción son aún desconocidos.

De acuerdo a la experiencia extranjera (Reyna, 2007), si bien se conocen los factores ambientales que favorecen a las micorrizas de trufa negra y la supervivencia de los carpóforos⁴ (ver Anexo 1), aún no existe certeza respecto de los factores que desencadenan la formación de los primordios.⁵ Así, mientras en otros hongos se sabe que es necesario que ocurran cambios bruscos de temperatura, oxigenación y/o humedad, ya sea por las condiciones climáticas o por cambios en las características del sustrato, en el caso de la trufa el dilatado periodo de tiempo entre la formación del primordio (a fines de primavera) y su maduración (durante el invierno) dificulta estas investigaciones. Si bien la producción de trufas depende más de la sobrevivencia de éstas durante el verano que de la cantidad de primordios que se generan, los factores que influyen en la producción de primordios podrían explicar por qué, dentro de una misma plantación, unos árboles comienzan a producir a temprana edad y otros muchos después.

Por otra parte, en lo que respecta a la gestión comercial de una potencial producción, debido a lo reciente de este cultivo en Chile, es importante considerar la organización y gestión de la fase de comercialización, principalmente orientada a la exportación, ya que el mercado interno podría resultar reducido dado el tamaño del mercado gourmet. Más aún si se considera que ya en el año 2007 existían 27 ha plantadas para el cultivo de trufa, y en la actualidad la empresa Agrobiofrut cuenta con más de 70 ha dedicadas a este cultivo.

⁴ Corresponde al aparato reproductor de las setas. Está formado por el sombrero, el himenio y el pie.

⁵ El primordio corresponde al estado inicial de fructificación de una seta.

SECCIÓN 2

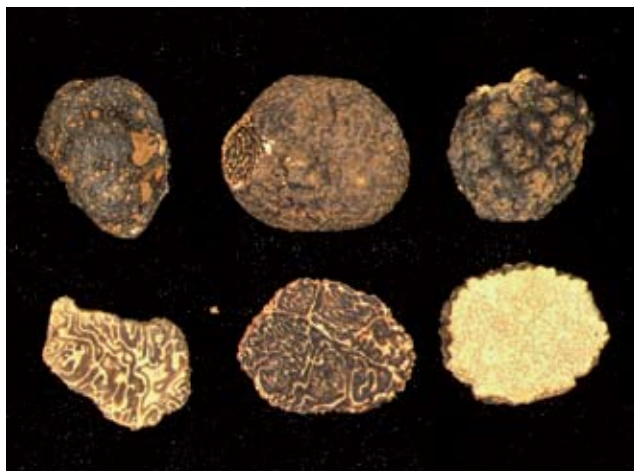
El proyecto precursor

La información evaluada corresponde a los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto financiado por FIA “Desarrollo de las bases tecnológicas para el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Chile, como alternativa productiva y comercial para los pequeños y medianos productores del sector silvoagropecuario”, el cual fue ejecutado por la Universidad Católica del Maule en asociación con la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), de España, y 10 productores y empresas agrícolas donde se iniciaron los cultivos pilotos (Anexo 2).

Este proyecto surge como una iniciativa para desarrollar y evaluar las técnicas de inoculación y establecimiento de cultivos de trufas en la zona centro-sur del país, de manera de proveer una alternativa productiva a los agricultores de dicha zona.

► 1. El entorno económico y social

A partir de las conclusiones del proyecto precursor, se definió como área potencial para el cultivo de trufas en Chile el valle central, desde la V Región de Valparaíso hasta el norte de la IX Región de La Araucanía (Anexo 2). Las condiciones climáticas existentes en esta macro zona son similares a las encontradas en los cultivos de España e Italia, donde el clima, en términos generales, es predominantemente continental mediterráneo, presentando inviernos fríos y veranos calurosos. El régimen de precipitaciones de estas áreas de Europa es el típico mediterráneo, con sequía estival y máximo de precipitaciones en otoño (Reyna, 2000).



En lo que respecta a las características de suelo, su cultivo se recomienda para suelos con escasa pendiente y con bajo contenido de materia orgánica y baja fertilidad natural. La relación entre el hongo y la planta hospedera debe suponer un beneficio para ambos. El árbol, en este caso, se ve beneficiado por una mayor absorción de nutrientes gracias a la asociación simbiótica con el hongo. Sin embargo, bajo condiciones de buena fertilidad de suelos, esta relación no se generará, ya que el árbol percibirá al hongo como una infección no necesaria, por lo cual evitará la colonización de sus raíces.

Finalmente, de acuerdo al nivel de inversión, el cultivo de trufas quedaría restringido a agricultores que tienen la capacidad financiera para invertir en un proyecto que requiere de un alto nivel de inversión inicial, sin considerar el valor del terreno, y que no generará ingresos por lo menos durante seis años.

► 2. El proyecto precursor

El proyecto precursor estuvo orientado a desarrollar técnicas de propagación, inoculación y cultivo de trufas negras en la zona centro-sur del país. Para ello, definió como objetivos específicos el desarrollo e implementación de las técnicas para la inoculación y el cultivo de trufas negras (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Chile, así como el seguimiento y control del proceso de inoculación y posterior calidad de las plantas inoculadas. El desarrollo de los objetivos mencionados anteriormente apuntó finalmente a la evaluación del potencial de desarrollo de la trufa negra como alternativa de cultivo en Chile.

En una primera etapa, en conjunto con la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) de España, los ejecutores del proyecto colectaron e identificaron trufas de la especie *Tuber melanosporum*, en la región de Valencia, España. La identificación se hizo a través de microscopía utilizando claves taxonómicas y contando con la ayuda de expertos en identificación de hongos micorrizos. De esta etapa se obtuvo el inóculo utilizado en las etapas posteriores del proyecto.

Las muestras de trufa negra fueron importadas a Chile el año 2002. Tras cumplir con la regulación impuesta por el Servicio Agrícola Ganadero para la internación de material orgánico al país, el inóculo fue almacenado a 4 °C, con el fin de conservarlo viable y libre de contaminantes hasta el momento de la inoculación de las plantas.

Durante el mismo año 2002, se obtuvieron semillas de las especies seleccionadas para ser inoculadas. Las especies utilizadas fueron: encina (*Quercus ilex*), encino común (*Quercus robur*), avellano europeo (*Corylus avellana*) y roble (*Nothofagus* sp.). Las plantas fueron propagadas en ambiente controlado en invernaderos establecidos en el Campus San Miguel de La Universidad Católica del Maule, Talca. Se realizaron controles periódicos para asegurar que el material estuviera libre de otros microorganismos que pudieran interferir con *T. melanosporum* al momento de la inoculación.

A fines del año 2002, se procedió a inocular plantas seleccionadas desde las propagadas en el invernadero. El inóculo se aplicó a través de una mezcla de trufas secas y molidas mezcladas con talco inerte (coadyuvante) en proporción de 1:4. Seis meses después de la inoculación se realizó el primer control, para evaluar el nivel de micorrización. Los resultados obtenidos demostraron que la técnica utilizada durante la inoculación es apropiada, obteniéndose un buen nivel de micorrización y un bajo porcentaje de infección por otros agentes fitopatógenos.

Finalizada esta primera etapa de propagación e inoculación, se procedió a la evaluación de las plantas micorrizadas en terreno. Las parcelas experimentales estuvieron ubicadas en tres sectores del valle central de Chile (Parral, San Clemente y Curicó). La selección de los sitios se realizó



en base a las características edafoclimáticas, intentando asemejar lo más posible las condiciones existentes en las plantaciones truferas de Europa. Sin embargo, el suelo en todas las parcelas experimentales debió ser encalado con el fin de aumentar el pH hasta los niveles óptimos para el desarrollo de *T. melanosporum*. Una vez finalizadas las labores de suelo, se transplantaron plantas seleccionadas a partir del stock disponible en el invernadero.

Las mismas etapas descritas anteriormente fueron repetidas en la temporada 2003/04, evaluando a la vez distintos sustratos para la propagación de las plantas a ser inoculadas. Durante esta segunda temporada de propagación se obtuvieron conclusiones importantes referentes a la composición de los sustratos, incluyendo fertilizantes de liberación controlada y micronutrientes cuyos niveles aparecieron bajos durante la primera temporada de propagación. En esta segunda temporada del proyecto se decidió también incluir parcelas experimentales en distintas regiones del país, específicamente en los sectores de La Unión, Lanco y Coyhaique (Anexo 2).

Durante los años 2004 y 2005, las parcelas experimentales fueron monitoreadas, evaluando el desarrollo de las micorrizas en las raíces de las plantas y la evolución del pH del suelo. Este seguimiento permitió definir las labores culturales cruciales para un óptimo desarrollo del micelio de *T. melanosporum*.

► 3. Los productores hoy

En la actualidad existen alrededor de 70 ha plantadas con trufas en Chile, distribuidas desde Talca hasta Coyhaique. A la fecha han transcurrido cinco años desde que se establecieron estos predios, por lo cual las plantaciones se encuentran en etapa pre-productiva. Sin embargo, en una plantación ubicada en las cercanías de Panguipulli, este año 2009, se cosecharon las primeras trufas, resultado que genera bastante optimismo, ya que los suelos de la zona fueron considerados no aptos para el desarrollo de este hongo.

Tras la ejecución del proyecto precursor, se formó la empresa Agrobiofrut S. A., que ha continuado con el desarrollo de investigaciones orientadas a consolidar el conocimiento técnico que permita desarrollar la truficultura en el país. Es así como esta empresa actualmente ejecuta el segundo proyecto de cultivo de trufa financiado por FIA (“Desarrollo Tecnológico y Validación de la Truficultura en Chile”). Agrobiofrut se ha especializado en el cultivo de trufas y ofrece la venta de plantas micorrizadas, junto con asesoría técnica para el establecimiento y manejo de huertos truferos, incluidos los servicios de cosecha y compra del producto.

SECCIÓN 3

El valor del proyecto aprendido e iniciativa precursora

El principal logro del proyecto precursor es haber desarrollado una técnica comprobada para la producción de plantas micorrizadas con *Tuber melanosporum* (trufa negra), que ha permitido disponer de plantas inoculadas en Chile, las que pueden ser adquiridas para iniciar nuevas plantaciones truferas.

La ejecución del proyecto precursor demostró la factibilidad técnica para producir trufas negras en Chile. Los predios establecidos durante el proyecto fueron monitoreados constantemente, para evaluar el desarrollo del hongo en las distintas condiciones agroclimáticas en las que fueron establecidos. Este seguimiento ha permitido recomendar el cultivo de la trufa para la zona comprendida entre la Región de Valparaíso y La Araucanía, a la vez que definir algunos aspectos claves para el éxito del cultivo, desde el punto de vista de su manejo agrícola, como son el pH del suelo y el riego.

A nivel mundial, las estadísticas productivas de trufa negra muestran una tendencia a la baja de la oferta de trufas silvestres en las últimas décadas, debido principalmente al agotamiento de dichas



trufas. Es así como el cultivo artificial de trufas se perfila como una alternativa atractiva para países del hemisferio sur, con el fin de satisfacer la demanda de producto fresco de los principales países consumidores, en especial entre los meses de abril a noviembre, época en la cual la oferta de productos frescos se reduce considerablemente en Europa.

No obstante lo anterior, y a pesar de existir en el país la tecnología y el conocimiento técnico que permitiría el desarrollo de la truficultura, las estimaciones que se pueden establecer se basan principalmente en la experiencia externa, ya que las plantaciones presentes en el país aún no alcanzan su etapa de plena producción, que permita conocer con certeza el nivel de complejidad que pueda representar su cultivo, bajo las diversas condiciones de clima y suelo presentes en la zona recomendada para su cultivo. Esto, a pesar de que las primeras cosechas logradas en la zona de Panguipulli, al quinto año de iniciadas las plantaciones, generan optimismo respecto de su cultivo en Chile, sobre todo el que estos resultados se obtuvieron en zonas que no eran las más adecuadas para el desarrollo de las trufas.

Anexos

Anexo 1. Aspectos técnicos del cultivo de trufas negras

Anexo 2. Productores y predios de cultivo experimental de trufa

Anexo 3. Análisis económico para el establecimiento de una trufera de 1 hectárea

Anexo 4. Macro zona potencial para el cultivo de *T. melanosporun* en Chile

Anexo 5. Literatura consultada

Anexo 6. Documentación disponible y contactos

ANEXO 1. Aspectos técnicos del cultivo de trufas negras⁶

Tuber melanosporum Vittadini, comúnmente denominada la trufa negra o de Perigord, es un hongo micorrízico de fructificación subterránea, que crece en simbiosis con diferentes especies de árbol huésped.

Su rango de distribución se restringe a las condiciones edafoclimáticas requeridas por el hongo, exigente en elevados niveles de pH y carbonato de calcio.

Su alto interés se debe a su fuerte y agradable aroma, siendo un complemento ideal para diversas preparaciones gastronómicas.

Aspectos del cuerpo fructífero

El carpóforo es de aspecto globoso, áspero e irregular, a modo de tubérculo negro y subterráneo, de 3 a 6 cm y un peso variable de 20 a 200 gramos.

La consistencia de la carne del carpóforo es como gleba, de color variable según la madurez, conservando un matiz violáceo-rojizo dentro de las tonalidades negruzcas que la caracterizan. Está recorrida por numerosas venas blancas o blanquecinas, muy ramificadas.

Características edafoclimáticas

Especie exigente de suelos calcáreos de 10 a 40 cm de profundidad, pH alto y presencia de carbonato de calcio (piedra caliza).

Además del pH, la textura del suelo y la materia orgánica son factores importantes a considerar, de textura equilibrada y buen drenaje, la presencia de pedregosidad superficial es una característica natural en cultivos de Europa.

Característica de suelo	Rango óptimo
CaO (contenido cal)	4 – 16%
pH	7,5 – 8,5
Materia orgánica	1.5 – 8%
Relación C/N	8 - 15
Estructura	Granular

El rango de distribución natural de *T. melanosporum* en Europa va desde los 40° a 47° de latitud norte.

Se desarrolla en zonas que se sitúan en pendientes suaves a moderadas, con altitudes promedio que comprenden de los 700 a 1.400 m sobre el nivel del mar.

⁶ FIA – Universidad Católica del Maule. Informe Final proyecto precursor “Desarrollo de las bases tecnológicas para el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Chile, como alternativa productiva y comercial para los pequeños y medianos productores del sector silvoagropecuario”.



El rango pluviométrico va de los 600 a 900 mm/año. Soporta inviernos fríos y veranos calurosos con una temperatura media anual de 11 – 14 °C.

Existen condiciones de clima extremas que pueden condicionar la producción de trufas, las que si bien es poco probable que se den en los climas mediterráneos, es importante tener en consideración al momento de seleccionar la zona donde se pretenda implementar su cultivo.

La falta absoluta de lluvias durante la primavera puede reducir la formación de primordios y su supervivencia. Una primavera con fríos intensos y prolongados puede impedir el inicio de la actividad del micelio y la formación de los primordios. Las condiciones de calor intenso y prolongado durante el verano pueden provocar mortalidad en las trufas pequeñas. En otoño el riesgo es al contrario: lluvias torrenciales y continuas pueden provocar un encharcamiento prolongado e impedir la respiración de la trufa. Finalmente, durante el invierno, heladas intensas y prolongadas pueden provocar la pudrición de la trufa. No obstante, se debe tener presente que la influencia de todos estos factores sobre la trufa depende del tipo de suelo y de la profundidad del carpóforo, y sobre todo de que las condiciones climáticas adversas se prolonguen en el tiempo.

Selección del sitio para plantar

Las zonas con potencial para establecer plantaciones, en Chile, pueden encontrarse en la zona centro-sur, principalmente entre la VI Región de O'Higgins y IX Región de La Araucanía.

Se debe tener especial cuidado con la presencia de hongos de ectomicorriza adaptados al medio. El predio no debe situarse cerca de cualquier foco micorrícico, para evitar la contaminación con hongos naturalizados, que pueden competir con la trufa y desplazarla del medio.

Se recomienda siempre la plantación de especies micorrizadas en aquellos terrenos cuyos cultivos anteriores hayan sido cereales o leguminosas, viñas y algunos frutales. La plantación en terrenos deforestados suele plantear problemas

La elección del sitio requiere rigurosos análisis de las características químicas y físicas del suelo, pendiente, exposición, pluviometría, vegetación circundante e historial de cultivos.

Plantación

• Preparación del terreno

La técnica de preparación del terreno depende, en parte, del uso anterior de éste. El objetivo es producir un suelo bien aireado, con características físicas y químicas similares a aquellas donde las trufas crecen naturalmente en Europa. Si el uso anterior era forestal (poco recomendable), aparte de las labores propias de la transformación es muy conveniente cultivar al menos durante dos años algún tipo de cereal o forrajera.

Se debe comenzar con la rotura del suelo, tratando de no modificar los horizontes del mismo. Según algunos autores, se puede hacer una labor poco profunda de hasta 20 cm para romper el suelo (Palazón, 2000); otros recomiendan una labor con arado de vertedera de hasta 40-50 cm de profundidad y dejar reposar el terreno hasta la plantación (Reyna, 2000).

• Correcciones del suelo

El rango de pH ideal de un suelo para la plantación debe estar entre 7,5 a 8,3 con un óptimo de 7,9. Si el pH natural del suelo es menor, se debe corregir mediante la aplicación de carbonato de calcio (cal agrícola). Si el pH del suelo es bajo puede suceder que hongos mejor adaptados al medio colonicen las raíces de los árboles y compitan con la trufa, pudiendo desplazarla.

Los diferentes tipos de cal comercial existentes en Chile tardan en reaccionar como máximo en un año para elevar el pH, pero normalmente el efecto se produce dentro de un período de seis meses después de la aplicación.

• Marcos de plantación

Los marcos de plantación, preferiblemente deben ser amplios, desde 5 x 4 hasta 7 x 7 m, dependiendo de la especie simbiote, condiciones de suelo, clima y de las técnicas de cultivo a utilizar.

Son mejores los marcos reales (de dimensiones iguales) que los desiguales, pero si se opta por estos últimos, la orientación de los pasillos debe permitir que reciban el máximo de insolación en el suelo.

Cultivo y manejo de plantaciones

• Laboreo del suelo

Los objetivos del laboreo en las truferas en producción son:

- Eliminar la vegetación adventicia que compite con el micelio de la trufa y con el árbol, por agua y nutrientes
- Mantener la esponjosidad del suelo para facilitar su aireación, mejorando con ello la oxigenación y permeabilidad del agua de lluvia
- Mejorar la capacidad del suelo para retener agua y la condensación de humedad
- Evitar la pérdida de agua por evaporación al romper los capilares superficiales que se forman entre las partículas del suelo
- Mejorar la infiltración del agua de lluvia en el suelo evitando la escorrentía superficial

• Podas

Los objetivos de la poda en las truferas en producción son:

- Permitir la aireación y la insolación del quemado
- Lograr un crecimiento equilibrado del árbol
- Evitar rebrotes de cepa y de raíz
- Controlar la espesura de la plantación
- Evitar el excesivo desarrollo en altura de algunas especies

La intensidad de la poda debe ser muy baja, a fin de evitar desequilibrios nutricionales y fisiológicos que pudieran afectar a las micorrizas, evitando cortar ramas muy gruesas y por supuesto los desmoches. En plantaciones truferas pueden comenzar a formarse los árboles a partir del cuarto año. Nunca se debe eliminar más de un 15 al 20% de la masa foliar. Cuanto más frecuentes las podas y menos intensas mejor.

Riego

Es uno de los sistemas más eficaces para mejorar la producción de las truferas, ya que con él se evitan las sequías prolongadas.

Como norma, en los meses de verano (enero-febrero) se incorporan al suelo entre riegos y lluvia del orden de 150 l/ m². Deben permitirse periodos de sequía de 15 a 20 días y no superiores a los 25 días, variando con el tipo de suelo.

Los riegos durante los 6 a 10 primeros años tan sólo deben ser de estricto apoyo a las plantas. A partir de ese periodo, cuando ya haya comenzado la producción, pueden darse riegos como los indicados anteriormente.

Evaluación micorrícica

Al plantar árboles micorrizados por *Tuber melanosporum*, es de esperar que las micorrizas se desarrollen con éxito ante condiciones favorables y que ante la entrada de otras micorrizas como proceso natural inevitable, sea la trufa la que perdure. Frente a la entrada de micorrizas contaminantes, la intervención directa es prácticamente imposible, pero hay que conocerla y seguirla para no llevarse sorpresas a futuro.

El seguimiento de la micorrización supone los siguientes pasos:

- Recolección periódica de muestras de raíces
- Identificación de micorrizas (trufa y contaminantes)
- Conservación de muestras
- Posibles intervenciones

La recolección de micorrizas debe realizarse sobre ejemplares elegidos al azar o bien por motivos concretos, como puede ser la aparición de “quemados” y el interés de conocer la especie que lo produce. Para el muestreo se requieren algunas herramientas e insumos básicos, como azadas, tijeras, bidón de agua, bolsa o frascos rotulables, etiquetas, entre otros.

Métodos de muestreo

Método de los sectores. Por la laboriosidad de la recolección, solo es posible aplicarlo a un número reducido de árboles. Este método aporta con precisión el estado de la micorrización de ejemplares concretos y la distribución espacial de las especies de micorrizas presentes.

Método global. Puede aplicarse a cualquier árbol, de cualquier edad. Este método permite conocer la micorrización en un mayor número de ejemplares, lo que da una idea global del estado de micorrización en toda la plantación.

Obtenida la muestra en terreno, se llevan las raíces al laboratorio para realizar el correspondiente análisis de micorrizas.

El análisis de la micorrización consta de uno de tipo cualitativo, donde se identifican las especies formadoras de ectomicorrizas, y otro de tipo cuantitativo para evaluar los niveles de micorrización.

Otros cuidados

- **Acolchado o Mulching**

Se recubre el suelo con restos vegetales u otro material inerte, a fin de conservar la humedad el máximo tiempo posible, sin que exista prácticamente aporte de nutrientes al suelo.

- **Fertilizaciones**

La fertilización, en principio, es desaconsejable sobre todo en las truferas en producción. La simbiosis es capaz de proporcionar al árbol una mayor proporción de fósforo, potasio y nitrógeno. Por ello un abonado podría hacer que el árbol prescindiera de su socio, la trufa, ante un suelo especialmente rico.

- **Plaguicidas y tratamientos fitosanitarios**

La presencia de hongos patógenos no afecta prácticamente a la trufa y rara vez pone en peligro la vida del árbol. Por lo que esta práctica no se aconseja, con el fin de defender la trufa como un producto ecológico.

Cosecha de trufas

La recolección de trufas siempre ha sido un problema, debido a que el cuerpo fructífero de *Tuber melanosporum* se desarrolla bajo el suelo y su profundidad es variable. La trufa se sitúa entre la superficie del suelo hasta 15 - 20 cm de profundidad, variando ésta dentro de la misma especie. Algunos carpóforos se forman casi en la superficie, provocando un levantamiento del suelo.

El principal método para detectar la presencia de trufa es utilizar un animal con muy buen olfato, siendo el perro y el cerdo los que tradicionalmente se utilizan para estos fines. Sin embargo, el perro especialmente adiestrado es el preferido por los truficultores, por su delicadeza al olfatear.

Se debe utilizar herramientas que permitan remover el terreno. Se extrae el fruto evitando romper raíces, volviendo a tapar el hoyo con la misma tierra extraída.

Se debe evitar sacar trufas verdes, sin madurar o excesivamente maduras, que carecen de valor comercial y favorecen el desarrollo biológico del hongo en el suelo por la dispersión de esporas que producen.

La trufa puede ser conservada algunos días, hasta una semana en un lugar fresco, con temperaturas entre 0 y 4 °C.

ANEXO 2. **Productores y predios de cultivo experimental de trufa**

A continuación se señalan los productores y empresas participantes en el proyecto precursor, que se constituyeron en agentes asociados a esta iniciativa y en cuyos predios se realizaron cultivos experimentales de trufas:

- Yves Paul Steinmetz, Predio “Rinconada Maitenes”, San Clemente, VII Región del Maule
- Luis Gilberto Molina Torres, Predio “Hijuela N° 2”, Chequenlemu, Los Niches, Comuna de Curicó, VII Región del Maule
- Salmenes Colbún Ltda., representada por José Arturo Iracheta Cartes, Predio “El Canelo”, Talca, VII Región del Maule
- Ruby Correa Pozo, Fundo “Santa Elena de Chequén”, Duao, VII Región del Maule
- Sociedad Agrícola Rio Chepu Ltda., representada por Juan Guillermo Valenzuela Bosinovic, Fundo “Chainal”, Malalhue, Lanco, Región de Los Ríos
- Donald Filshill Moretón, Predio “Huallerurupu”, Panguipulli, Región de Los Ríos
- Carlos Iribarne Oñate, Fundo “San Isidro”, La Unión, Región de Los Ríos
- Jaqueline Kleinsteuber Wilson, Baguales, Coyhaique, Región de Aysén
- Sociedad Agrícola Rio Puelo Ltda., representada por Manuel Palma Villarroel, Parcela Piwuchen, sector La Poza, La Unión, Región de Los Ríos
- R. Suárez, Predio “Santa Adela”, Maria Pinto, Región Metropolitana
- Predio Universidad Católica del Maule “Santa Elisa”, Parral, Región del Maule

ANEXO 3. **Análisis económico para el establecimiento de una trufera de 1 hectárea**⁷

El modelo de costos a utilizar en el análisis está en relación al costo proyectado para una trufera, desde la perspectiva de un agricultor, y se refiere al establecimiento de un módulo básico de 1 ha, con una densidad de plantación de 400 árboles por hectárea.

Se parte del supuesto de que el agricultor es propietario del terreno a plantar y que el costo de oportunidad de la inversión no es materia a considerar en este análisis.

Se asume que el terreno se selecciona para este cultivo y se deberá realizar una preparación previa del sitio, lo que considera la preparación mecánica (subsulado y rastra de disco) antes de plantar, además de la aplicación de enmiendas a priori con carbonato de calcio.

El agricultor deberá comprar las plantas micorrizadas, además se deberá asesorar técnicamente para el establecimiento del cultivo. El costo de las plantas ascenderá a \$ 9.000/planta más IVA.

De acuerdo a las experiencias en Europa, USA y Nueva Zelanda, producciones significativas en las plantaciones, en general, comienzan a partir del décimo año, aunque en algunos casos pueden comenzar a partir del 6° a 8° año. En forma optimista se asume para el análisis que las producciones comenzarán el 8° año de la plantación.

Debido a las características del cultivo, para el análisis económico se consideró un horizonte de evaluación de 30 años, sin embargo la vida productiva de las plantaciones puede superar con creces los 35 años.

Se asume que la productividad de la plantación irá en aumento a partir del 8° año, llegando a la máxima producción el año 16, manteniéndose constante los años posteriores. De acuerdo a las experiencias en otros países las producciones son muy variables. Existen plantaciones con riego, con producciones regulares y constantes próximas a 100 kg/ha/año y por el contrario otras que apenas superan los 10 kg/ha. En plantaciones sin riego (Europa) la variabilidad es mayor, donde en los mejores años se superan los 120 kg/ha y los peores no llegan a 2 kg/ha, dependiendo de las pluviométricas. Para el análisis se considerará una producción promedio de 35 kg/ha a partir del año 16.

Las producciones de trufa a considerar en el análisis (kg/ha), se describen a continuación:

Año	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17.....
kg/ha	10	15	20	25	30	30	30	30	35	35.....

Desde el punto de vista del factor climático, se asume un déficit hídrico durante 4 meses al año, estimándose necesidades medias de riego de 2000 m³/ha/año. Como sistema de riego se utilizara un sistema de micro-aspersión.

⁷ FIA – UNIVERSIDAD DEL MAULE. Informe Final proyecto precursor “Desarrollo de las bases tecnológicas para el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Chile, como alternativa productiva y comercial para los pequeños y medianos productores del sector silvoagropecuario”.

En cuanto a los gastos de operación, éstos vienen reflejados principalmente en la poda, enmiendas correctivas, labores de cultivo anual (con tractor), gastos en riego, reparaciones y materiales de riego, mano de obra, mantención del perro trufero (al comenzar la producción) y los gastos generales y de administración.

Los ingresos a percibir por el agricultor están en relación a la producción en kg/ha de trufa fresca, para lo cual se ha considerado un valor de mercado de 800 €/kg pagado al agricultor en Chile. Este precio asume que ya se han establecido empresas comercializadoras del producto en nuestro país, las cuales pueden llegar a Europa (Francia) con precios de venta mucho mayores. Estos valores son bastante conservadores, ya que existen ventajas comerciales para Chile al permitir ofrecer trufa fresca fuera de temporada en los mercados europeos, pudiendo alcanzar precios aún mayores. Como ejemplo, en la temporada de cosecha en Europa de noviembre 2005 - marzo 2006, los precios medios por kilogramo de trufa fresca en los mercados tradicionales fluctuaron alrededor de 800 a 1.100 €/kilo.

Por otra parte, se considerará como valor residual de la plantación la venta de la madera al final de la rotación (año 30).

En resumen, los indicadores y supuestos utilizados en el análisis económico de una trufera de 1 ha para el año 2005, se indican a continuación.

a) Ingresos

- Ingreso por venta de trufas: $800 \text{ €/kg} \times 632 \text{ \$/€} = 505.600 \text{ \$/kg}$
- Corta final y venta de la madera (leña):
 $400 \text{ árbol/ha} \times 2 \text{ m}^3/\text{árbol} \times 12.000 \text{ \$/m}^3 = 8.400.000 \text{ \$/ha}$

b) Inversiones necesarias para una plantación trufera de 1 ha

- **Preparación del terreno:** Total = \$ 887.500/ha
 - Preparación mecánica: 3 labores a 20.000 \$/labor = \$ 60.000/ha
 - Enmiendas a priori (carbonato de calcio): $(21 \text{ t/ha} \times 37.500 \text{ \$/t}) + \$ 40.000/\text{aplicación} = \$ 827.500/\text{ha}$
- **Compra de la planta micorrizada:** 400 plantas/ha $\times 10.710 \text{ \$/planta} = 4.284.000 \text{ \$/ha}$, lo cual considera replante.
- **Establecimiento:**
 - Plantación: 180.000 \$/ha
 - Sistema de riego por microaspersión: 1.500.000 \$/ha
 - Cierre de la trufera: 500.000 \$/ha
- **Adquisición de perro trufero:** en el 8º año (comienzo de la producción), con una vida útil estimada de 11 años. Se considera la compra de un perro previamente adiestrado y éste tendrá un costo de \$1.008.000.

c) Gastos de operación

- **Podas anuales:** 2 Jornales/ha $\times 5.000 \text{ \$/jornal/día} \times 4 \text{ días} = 40.000 \text{ \$/ha}$

- **Labores de cultivo:** (aireación del suelo y control de malezas):
 - Antes de la producción: 4 labores /año (tractor) x 18.000 \$/labor = 72.000 \$/año
 - Durante la producción: 2 labores/año x 18.000 \$/labor = 36.000 \$/año
- **Enmiendas correctivas (carbonato de calcio):**
 - 5 kg/árbol x 400 arb = 2000 kg de cal
 - 2 t/ha x 37.500 \$/t + 4 jornadas x 7.000 = \$ 103.000 (el tercer año de la plantación y luego cada 3 años)
- **Irrigación:**
 - Antes de producción: 5 h/riego x 5 l/m²/h x 6 riegos = 150 l/m² x 10.000m² = 1500 m³
 - Durante la producción: 5 h/riego x 5 l/m²/h x 10 riegos = 250 l/m² x 10.000 m² = 2500 m³

De acuerdo a esto se asumirá como valor medio una necesidad de 2000 m³ de agua al año. El costo por metro cúbico se considera en 15 \$/m³ por lo tanto los gastos medios anuales en riego serán: 2000 m³/año x 20 \$/m³ = 40.000 \$/año.
- **Mano de obra:** 40.000 \$/mes x 12 meses/año = \$ 480.000
- **Materiales de riego y reparaciones:**
 - Antes de producción: 20.000 \$/ha/año
 - Durante la producción: 35.000 \$/ha/año
- **Mantenimiento del perro trufero:**
 - Veterinario y alimentación: 140.000 \$/ha/año, considerando que el perro tiene la capacidad para trabajar en la recolección de trufas para 2 ha de plantación.

d) Otros

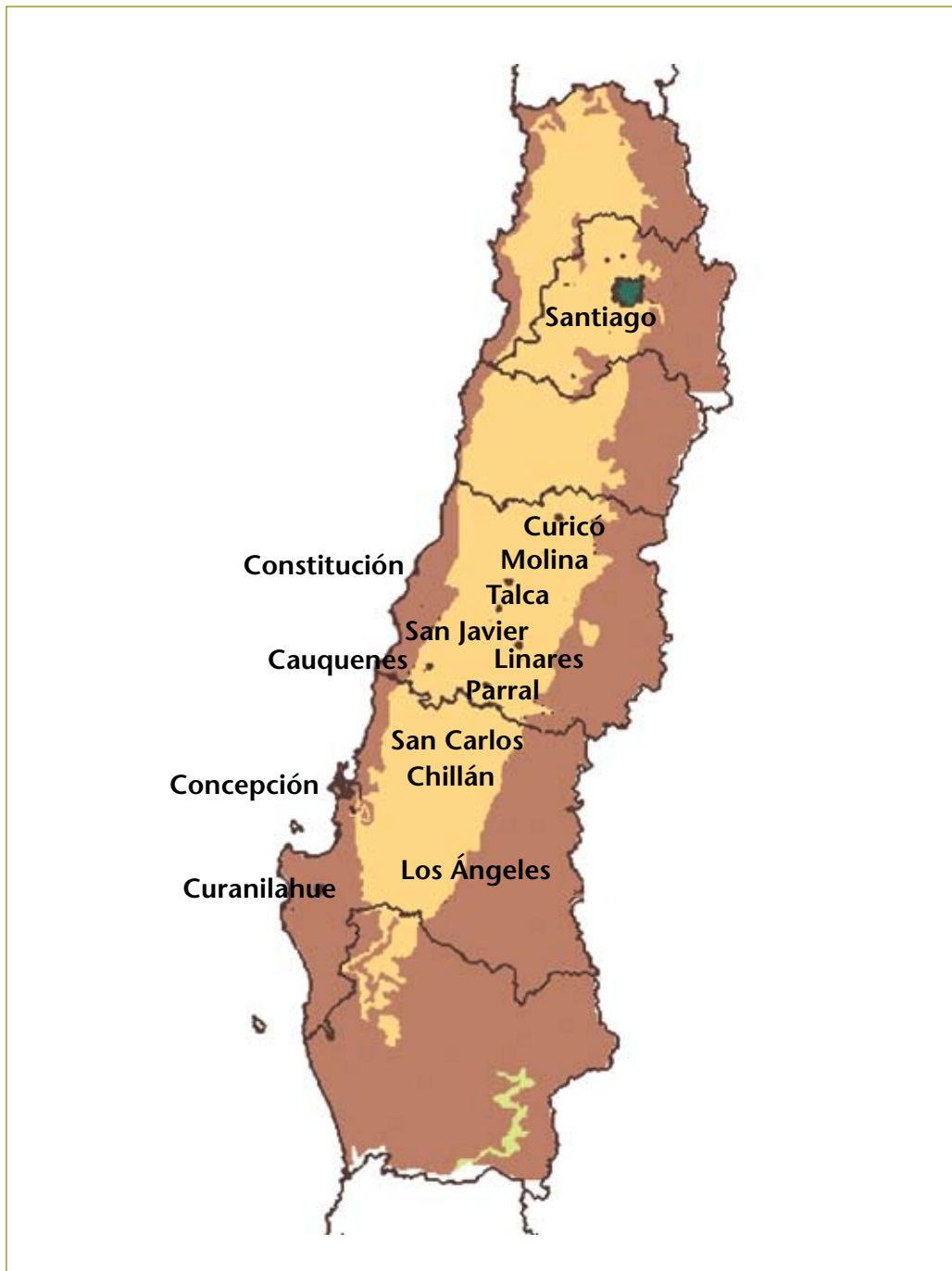
- **Gastos generales y de administración:** se estima en un 10% de los gastos de operación anuales.
- **Asesoría técnica:** diseño y establecimiento de la plantación trufera con un valor de 200.000 \$/ha. Y luego cada tres años un estado de situación de la misma: 120.000 \$/ha.
- **Análisis de laboratorio:**
 - Análisis de la trufera: el muestreo (1%) global de la trufera incluye muestras de micorrizas y suelo, esto tiene un valor de \$160.000 (anualmente)

ITEM	Implementación de una trufera															
	Precio kg/trufa negra en \$							Euro \$ 632								
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Producción hg/ha																
1. ENTRADAS																
Ingreso bruto por venta de trufas																
Venta de la madera (valor residual)																
Subtotal entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	5.056.000	10.112.000	12.640.000	15.168.000	15.168.000	15.168.000	15.168.000	
2. SALIDAS																
2.1. Inversiones																
Planta micorizada	4.284.000															
Sistema de riego/microaspersión	1.500.000															
Cierre de la plantación	500.000															
Perro trufero								1.008.000								
2.2. Gastos de operación																
Asesoría selección de sitio	150.000															
Preparación terreno + enmienda	887.500						194.000						194.000			194.000
Plantación	180.000															
Podas																
Labores de cultivo																
Irrigación + reparación riego	60.000															
Mano de obra	480.000															
Mantenimiento del perro trufero																
2.3. Otros																
Gastos generales y administración	30.600															
Asesoría técnica	200.000															
Análisis de laboratorio																
Subtotal salidas	7.701.500	642.600	844.600	1.158.600	844.600	1.158.600	844.600	844.600	2.008.350	1.276.550	962.550	1.116.550	962.550	802.550	802.550	1.116.554
3. BENEFICIOS NETOS TOTALES	-7.701.500	-642.600	-844.600	-1.158.600	-844.600	-1.158.600	-844.600	-844.600	3.047.650	3.779.450	9.149.450	11.837.450	14.051.450	14.205.450	14.365.450	14.051.446
4. BENEFICIOS NETOS ACUMULADOS	-7.701.500	-8.344.100	-9.188.700	-10.347.300	-11.191.900	-12.036.500	-13.195.100	-14.039.700	-10.992.050	-7.212.600	1.936.850	13.774.300	27.825.750	42.031.200	56.396.650	70.448.096

ITEM	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30	
Producción Ingtha	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	
1. ENTRADAS																
Ingreso bruto por venta de trufas	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	
Venta de la madera (valor residual)															8.400.000	
Subtotal entradas	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	17.696.000	26.096.000	
2. SALIDAS																
2.1. Inversiones																
Planta micorrizada																
Sistema de riego/microaspersión																
Cierre plantación																
Perro trufero		800.000														
2.2 Costos de operación																
Ases. selecc. sitio																
Preparación terreno + enmienda		194.000				194.000			194.000			194.000			194.000	
Plantación																
Podas	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	
Labores de cultivo	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	
Irrigación + reparación riego	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	
Mano de obra	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	480.000	
Mantenimiento del perro trufero	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	
2.3 Otros																
Gastos grales y administración	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	
Asesoría técnica		120.005				120.006			120.007			120.008			120.009	
Análisis de laboratorio	160.000			160.000			160.000			160.000						
Subtotal salidas	962.550	802.550	1.116.555	1.762.550	802.550	1.116.556	962.550	802.550	1.116.557	962.550	802.550	1.116.558	802.550	802.550	1.116.559	
3. BENEFICIOS																
NETOS TOTALES	16.733.450	16.893.450	16.579.445	15.933.450	16.893.450	16.579.444	16.733.450	16.893.450	16.579.443	16.733.450	16.893.450	16.579.442	16.893.450	16.893.450	24.979.441	
4. BENEFICIOS NETOS ACUMULADOS	87.181.546	104.074.996	120.654.441	136.587.891	153.481.341	170.060.785	186.794.235	203.687.685	220.267.128	237.000.578	253.894.028	270.473.470	287.366.920	304.260.370	329.239.811	

Período	A 13 años	A 30 años
Tasa descuento 12%		
VAN (12%)	\$3.613.010	\$27.302.152
TIR	15%	23%

ANEXO 4. **Macro zona potencial para el cultivo de *T. melanosporum* en Chile⁸**



⁸ Las zonas potenciales están coloreadas de un tono más claro. Este mapa es resultado del proyecto precursor.

ANEXO 5. Literatura consultada

- Agrobiotruf**, 2009. “Perfil de Mercado”; “Cultivo de Trufa”. [En línea] <<http://www.trufaschile.cl/cultivo.htm>> [Consulta: julio 2009]
- De Román, M. y Boa, E.**, 2004. Collection, marketing and cultivation of edible fungi in Spain. *Micología Aplicada Internacional* (16) 2: 25 – 33.
- FIA – Universidad Católica del Maule**. Informe Final Proyecto Precursor “Desarrollo de las bases tecnológicas para el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Chile, como alternativa productiva y comercial para los pequeños y medianos productores del sector silvoagropecuario”.
- Hall, I.; Brown, G. & Zambonelli, A.**, 2007. Taming the truffle: The history, lore, and science of the ultimate mushroom. Portland, Or: Timber Press.
- Lefevre, C. y Hall, I.**, 2001. The status of truffle cultivation: A global perspective. *Acta Horticulturae* 556: 513 – 520.
- Muñoz, J.**, 2009. “Criadillas de tierra y otros hongos hipogeos”. Sociedad Micológica de Madrid. [En línea] <<http://www.socmicolmadrid.org/noti/noticias142.html>> [Consulta: julio 2009]
- Oliach, D.**, 2004. “El asociacionismo como vía de desarrollo de nuevos cultivos en el mundo rural: El caso de la trufa negra”. En: *Rural Forest*, Número 2, 2004. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.
- Oliach, D.; Muxí, P. y Colinas, C.**, 2005. “El aprovechamiento de la trufa, una oportunidad para el desarrollo de la explotación forestal de las comarcas de media montaña en Cataluña”. *Catalunya Forestal*; Núm. 76 - Octubre de 2005.
- Palazon, E.**, 2000. Jornadas Internacionales sobre truficultura en Aragón. Documento asociado a Consultoría B-00-16 “Captación de tecnologías de cultivo de Trufa Negra (*Tuber melanosporum*, Vitt.) para determinar el potencial técnico-económico y sus perspectivas de desarrollo en la zona central de Chile”. Huesca, España. 150 p.
- Reyna D., Santiago**. 2000. “Trufa, Truficultura y Selvicultura Trufera”. Ediciones Mundiprensa, Madrid 229 pp.
- Reyna, D., Santiago**. 2007. “Truficultura. Fundamentos y técnicas”. Mundi Prensa Libros S. A., España. 686 p.
- Reyna, D., y García, B.**, 2005. “La truficultura y la silvicultura trufera en la defensa contra incendios forestales”. [En línea] <<http://www.ctfc.es/confeinfor/articles/posters/PAPER%20REYNA.pdf>> [Consulta: julio 2009]
- Suárez, R.** 2007. Perspectivas de Mercado y Comercialización de Trufa Negra. Agrobiotruf S. A. [En línea] <<http://www.trufaschile.cl/archivos/Perspectivas%20de%20Mercado%20y%20Comercializaci%F3n%20de%20Trufa%20Negra.pdf>> [Consulta: julio 2009]

ANEXO 6. Documentación disponible y contactos

La publicación “**Resultados y Lecciones en el cultivo de Trufa (*Tuber melanosporum*) en Chile**” se encuentra disponible a texto completo en el sitio de FIA en Internet (www.fia.gob.cl), en la sección Banco de Negocios FIA.

El Banco de Negocios FIA se implementó durante el año 2008 y su objetivo es transferir un conjunto de opciones de proyectos y negocios factibles desde el punto de vista de su rentabilidad económica y viabilidad técnica, incluyendo además, información de los ámbitos de mercado, gestión y comercialización.

También incorpora el análisis de los resultados de iniciativas y proyectos con bajo potencial de aplicación inmediata por otros usuarios, aunque con resultados valiosos y orientadores, donde se consignan las oportunidades y las limitantes que quedan por superar en las opciones analizadas.

Este servicio técnico comercial es una instancia pionera en Chile, que se inserta en el trabajo que realiza la Fundación y está orientado a difundir y explotar los resultados valorizados de los proyectos que ha cofinanciado.

Para ingresar directamente a las publicaciones, siga los pasos que se detallan a continuación:

1º: entrar a <http://aplicaciones.fia.cl/valorizacion/home.aspx>

2º: en el menú (izquierda) seleccionar “Planes de negocio y modelos aprendidos-Documentos”

3º: seleccionar “Ver Todo”

4º: seleccionar “Ver Ficha”

5º y último: seleccionar “Documentos Asociados”. Aquí se encuentran los libros y fichas correspondientes a cada plan de negocio o modelo aprendido.

En esta misma sección existe el campo “Precusores”, que ofrece vínculos hacia los proyectos precursores que dieron origen a los documentos y que se encuentran en la base de datos de iniciativas apoyadas por FIA. Desde esta base de datos se accede a la ficha resumen de cada proyecto precursor, que contiene información adicional sobre éstos, y a los contactos de los ejecutores y profesionales participantes. Adicionalmente, esta ficha contiene un vínculo al SIG (Sistema de Información Geográfica) de FIA, para identificar con precisión la ubicación del proyecto en particular.

Toda esta documentación puede consultarse también en los Servicios de Información para la Innovación de FIA, ubicados en:

Centro de Documentación en Santiago

Loreley 1582, La Reina, Santiago. Fono (2) 431 30 96

Centro de Documentación en Talca

6 norte 770, Talca. Fono-fax (71) 218 408

Centro de Documentación en Temuco

Bilbao 931, Temuco. Fono-fax (45) 743 348