



FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA



**FUNDACIÓN  
PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

**INFORME TECNICO  
PROGRAMA DE  
CONSULTORES CALIFICADOS**

**AÑO 2001**



## INFORME TECNICO PROGRAMA CONSULTORES CALIFICADOS

### 1. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Título

“Captación de tecnologías de cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum*, vitt.) para determinar el potencial técnico-económico y sus perspectivas de desarrollo para la zona central de Chile”.

Código: B-00-16

Entidad Responsable:

Universidad Católica del Maule

Coordinador

Francisco Javier Pérez Muñoz

Nombre y Especialidad del Consultor

Santiago Reyna Domenech (Dr. Ingeniero de Montes, especialidad Silvopascicultura)

Lugar de Origen del Consultor (País, Región, Ciudad, Localidad)

España, Comunidad Valenciana, Valencia.

Lugar (es) donde se desarrolló la Consultoría (Región, Ciudad, Localidad)

Talca (VII Región); San Felipe, San Esteban (V Región); Chada, Hospital (Región Metropolitana); Teno, Piedra Blanca (VII Región), Coyhaique (XI Región).

Fecha de Ejecución

10 al 22 de Enero del 2001

Proponentes: presentación de acuerdo al siguiente cuadro:

| Nombre             | Institución/Empresa            | Cargo/Actividad                                 | Tipo Productor (si corresponde) |
|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| Francisco Pérez M. | Universidad Católica del Maule | Académico/Director Dpto. de Ciencias Forestales |                                 |
| Ricardo Ramírez C. | Universidad Católica del Maule | Asistente de Investigación y proyectos.         |                                 |



### **Problema a Resolver:**

En nuestro país, existe un interés demostrado para desarrollar el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum*, vitt.) como una alternativa productiva y de negocio para el sector silvoagropecuario. La truficultura ofrece buenas perspectivas de desarrollo, principalmente en zonas marginales para la agricultura tradicional, donde esta ya no es rentable. Sin embargo, existe el problema de acceso a la información y conocimientos tecnológicos necesarios que permitan adaptar e incorporar este cultivo al sistema productivo Nacional. Las técnicas de inoculación y producción muchas veces son tratadas como secretos comerciales en los países de origen, además las producciones en Europa están rodeadas de cierto aire de misterio lo cual dificulta aún más la obtención de información. La presente propuesta pretende resolver estas barreras, mediante la captura de conocimientos tecnológicos actualizados, que a la vez puedan ser difundidos para su posterior incorporación al sector productivo.

### **Objetivos de la Propuesta**

#### **Objetivo general (técnico y económico)**

- Captar conocimientos tecnológicos, que permitan determinar el potencial técnico-económico de introducir y desarrollar la truficultura, para la diversificación productiva de pequeños y medianos productores del sector silvoagropecuario en la zona central de Chile.

#### **Objetivos específicos (técnicos y económicos)**

- Conocer antecedentes de producción y del mercado de la trufa negra, que permitan determinar las oportunidades de negocio y las perspectivas para desarrollar su cultivo en la zona central de Chile.
- Determinar la factibilidad técnica de introducir y desarrollar el cultivo de trufa negra, (*Tuber melanosporum*, Vitt.), en relación a sus requerimientos edafoclimáticos.
- Captar tecnologías y conocimientos necesarios para desarrollar un sistema efectivo de producción, evaluación y certificación de planta micorrizada con trufa en vivero.
- Conocer antecedentes técnicos de cultivo, esquemas de manejo y seguimiento de plantaciones de árboles productores de trufa.
- Transferir los resultados obtenidos para facilitar su adopción en el corto-mediano plazo y posterior incorporación al sector productivo nacional.

## 2. ANTECEDENTES GENERALES:

De todas las especies de trufa, la de mayor interés comercial es *Tuber melanosporum*. Es la trufa por excelencia, especialmente apreciada en Francia, país que absorbe casi toda la producción mundial, tiene un aroma muy intenso lo cual le confiere sus excepcionales condiciones para la cocina.

*Tuber melanosporum* se produce principalmente en Francia, Italia y España, pero también en Portugal, Suiza, Alemania, Hungría, Bulgaria, Grecia y la antigua Yugoslavia. Se desarrolla en Europa en terrenos calcáreos situados entre 100 y 1600 m. De altitud, situándose las áreas de mayor altura en las regiones más meridionales.

Las producciones de trufa en la actualidad tienen en España (también Francia e Italia) dos orígenes claramente diferenciados, Por una parte las que proceden de áreas productoras naturales y por otra las plantaciones truferas, las que vienen realizándose desde hace unos 25 años con planta micorrizada, muchas de las cuales están en plena producción. Cabe destacar que es muy difícil evaluar la producción total de trufa en España dado que existe poca transparencia en los mercados locales y un cierto oscurantismo que suele rodear al sector. Reyna, 1999 hace una estimación de la producción de trufa Española, la que estaría comprendida entre los 7.000 y 126.000 Kg con una media de 40.240 Kg, donde casi el 90% de la producción se exporta a Francia.

Las condiciones ecológicas en las que se desarrolla la trufa en la mayor parte de las regiones españolas y particularmente en el sistema ibérico son las correspondientes al piso supramediterráneo, que unido a la calidad deficiente de los suelos implica que la potencialidad agrícola de estas zonas sea extremadamente limitada. Como ejemplo, para el caso de la comunidad Valenciana una de las principales zonas productoras de trufa en España, la actividad agrícola de las zonas truferas se ciñe, casi en exclusiva, al cultivo del cereal, con producciones que no suelen sobrepasar para la cebada los 2000 Kg por ha, y que por tanto se encuentra en el límite de los rendimientos económicos positivos. Otro tipo de cultivos de secano como el almendro, algarrobo y olivo están descartados por el régimen térmico y los viñedos están fuera de las áreas protegidas por las denominaciones de origen. Esta situación se refleja en casi todas las áreas truferas españolas.

La contribución de la producción de trufa a la detención de los procesos de erosión demográfica de las zonas del interior de España es muy notable y ha permitido la supervivencia de pequeños municipios y de parte de la población dispersa en sectores rurales. Por otra parte se ha ido desarrollando una cultura gastronómica de calidad que complementa los esfuerzos en la potenciación del sector turístico, con el que es perfectamente compatible. En definitiva la trufa es para estas zonas una de las pocas alternativas, si no la única de carácter agroforestal que posee viabilidad económica.

La producción de trufa en Europa ha ido en constante descenso, por ejemplo en Francia se citan producciones de hasta 1900 toneladas en el año 1889, las que descienden hasta menos de 100 ton. En la actualidad. El descenso de la producción es atribuido al exceso de espesura en las plantaciones truferas realizadas entre 1870 y 1880 en áreas de viñedo atacadas por la filoxera y la falta de mantenimiento de las truferas debido al éxodo rural. Se señala para Francia una producción de tan solo 10 Ton. En 1992. Los motivos de este declive se atribuyen a la modificación del medio rural, la expansión de los bosques y los ataques de defoliadores de robles durante la Primera Guerra Mundial. Este descenso en la producción Francesa se produce a pesar de que las plantaciones con planta



micorrizada comienzan bastante antes que en España, pero tampoco parece que, por el momento, han podido compensar los descensos de la producción natural.

Recientemente, se está atribuyendo el significativo descenso de la producción y del tamaño de hongos de ectomicorriza en Europa central a factores de contaminación ambiental, del agua y del aire, lo que repercute en el incremento masivo de nitratos en el suelo.

En las plantaciones Europeas hechas con plantas micorrizadas, la producción no suele comenzar antes de los 8-10 años. Los datos referentes a producciones por hectárea son muy variables y desgraciadamente no se puede asegurar 100% los resultados como sucede en los cultivos tradicionales. 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 la variabilidad es mayor, donde en los mejores años se superan los 120 kg/ha y los peores no llegan a 2kg/ha. En general los datos de producción media más utilizados se sitúan entre los 10 y 50 kg/ha/año.

En plantaciones con riego, desde el punto de vista financiero, el límite de la rentabilidad económica (para España) estaría en los 15 kg/ha a partir del año 12 de la plantación. Se debe insistir que no hay absoluta seguridad en la producción, hay plantaciones que no producen nada, o prácticamente nada (Los fracasos en las plantaciones habría que analizarlos uno por uno, además muchas veces se hacen cosas poco coherentes). De cualquier forma si se utiliza planta de calidad, terreno y climas adecuados y cuidados culturales bien dirigidos, la producción se podría asegurar para más de un 95% de los casos.

Los precios aproximados del kilogramo de trufa en los últimos años han sido los siguientes:

|                |                                                      |
|----------------|------------------------------------------------------|
| Años 60:       | 800-1000 pesetas/kg                                  |
| Años 70:       | 1000-5000 pesetas/kg                                 |
| Años 80:       | 5000-24000 pesetas/kg                                |
| Años 90-95:    | 30000 pesetas/kg                                     |
| Campaña 95-96: | 35000 pesetas/kg                                     |
| Campaña 96-97: | 19000 pesetas/kg con variaciones entre 10000 y 30000 |
| Campaña 97-98: | 19000 pesetas/kg oscilando entre 8000 y 30000        |
| Campaña 98-99: | 30000 pesetas/kg alcanzándose las 85000 pesetas/kg   |

En la campaña actual en Europa los precios han alcanzado los US\$600/kg

La truficultura en España es un complemento de rentas para los agricultores que poseen terrenos marginales y en especial en áreas de media montaña que, además de ser zonas posibles para implantar el cultivo, no existen otras alternativas que substituyan a las tradicionales.



### 3. ITINERARIO DESARROLLADO POR EL CONSULTOR:

| Fecha    | Ciudad y/o Localidad   | Institución/Empresa            | Actividad Programada            | Actividad Realizada           |
|----------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 10/01/01 | Talca                  | Universidad católica del Maule | Reunión de trabajo              | Reunión de trabajo            |
| 11/01/01 | Talca                  | Universidad Católica del Maule | Reunión de trabajo              | Reunión de trabajo            |
| 12/01/01 | Talca                  | Universidad Católica del Maule | Reunión de trabajo              | Reunión de trabajo            |
| 13/01/01 | Talca                  | Universidad Católica del Maule | Reunión de trabajo              | Reunión de trabajo            |
| 15/01/01 | San Felipe/San esteban | Indap área San Felipe/         | Reunión/ visita a productores   | Reunion/ visita a productores |
| 16/01/01 | Chada/Hospital         |                                | Reunión visita a productores    | Reunión visita a productores  |
| 17/01/01 | Teno/ Piedra Blanca    |                                |                                 |                               |
| 18/01/01 | Providencia/Santiago   | FIA                            | Reunión de Trabajo en UCM/Talca | Reunión/Presentación          |
| 19/01/01 | Talca                  | Universidad Católica del Maule | Charla/Presentación             | Charla/Presentación           |
| 20/01/01 | Coyhaique              | Infor/Productor                | Reunión de trabajo en UCM       | Visita a productor y Reunión  |
| 22/01/01 | Talca                  | Universidad Católica del Maule | Reunión en FIA                  | Reunión final en UCM          |
|          |                        |                                |                                 |                               |

Por disponibilidad de tiempo y en acuerdo con FIA se realizó la reunión en la Fundación el día 18 de Enero del 2001, además para agregar una actividad de difusión al programa se realizó una visita a Coyhaique (Previo acuerdo con FIA) donde se visitó a productores interesados en el cultivo y se realizó una reunión con profesionales de INFOR.

### 4. RESULTADOS OBTENIDOS: Descripción de las tecnologías

#### 4.1. ASPECTOS TÉCNICOS GENERALES

La trufa negra de perigord (*Tuber melanosporum*, Vitt.) es uno de los pocos hongos micorrícicos que ha sido cultivado. Los primeros éxitos se obtuvieron en la década de los 70 después de 15 años de investigación por grupos en Francia e Italia y posteriormente España. Parte de la tecnología Europea ha sido transferida a Estados Unidos, donde ya existen cultivos en producción. Sin embargo, la mayoría de las técnicas fueron y aún son tratadas como secretos comerciales. Consecuentemente a finales de los 80 comenzaron las investigaciones de truficultura en Nueva Zelanda y luego en Australia, donde se trabajó partiendo desde los principios básicos para desarrollar métodos de inoculación de plantas en vivero y formular los esquemas de manejo para las truferas, lo cual hoy día ya tiene resultados productivos con buenos resultados.

Hoy en día se ha obtenido en laboratorio la síntesis micorrícica de *T.melanosporum*, *T.blotii*, *T.magnatum* y otras especies sin importancia culinaria. Esto ha permitido la creación de truferas artificiales a gran escala, especialmente en huéspedes como robles



(*Quercus pubescens*), avellanos (*Corylus avellana*) y encinas (*Quercus ilex*), Cada uno con un inicio y duración de producción diferente.

A *grosso modo*, la aplicación práctica de las micorrizas mediante técnicas de micorrización controlada, se realiza inoculando en forma controlada las plantas en vivero. Los pasos a seguir son los siguientes: desinfección del sustrato, aplicación del inóculo, técnicas de cultivo para favorecer la planta y el conjunto hongo-planta (riego, fertilización, luz, temperatura). Por último el trasplante destaca como etapa decisiva para la supervivencia del vegetal y la micorriza.

#### 4.2. ESPECIES HUESPED (SIMBIONTES)

El establecimiento de la relación simbiótica entre *Tuber melanosporum* y su árbol huésped es la primera barrera que debe superarse antes de la implantación de una trufera. Este punto resulta ser clave para el éxito en la producción de trufas. Es de máxima importancia comprender la asociación simbiótica entre el hongo y el árbol huésped. Esta asociación llamada literalmente una ectomicorriza, considera el envolvimiento de las raicillas del árbol por el hongo, formando una especie de manto que cubre estas raicillas, desde donde emanan hifas que penetran en los espacios intercelulares del cortex radical, formando una estructura denominada red de Hartig. Mediante esta asociación *Tuber melanosporum* facilita la captación de iones minerales para el árbol, principalmente fósforo, y a la vez este recibe carbohidratos desde el árbol huésped. Cuando esta relación es incompleta o perturbada por algún factor, la producción de trufas puede verse comprometida.

**Especies conocidas que forman asociaciones ectomicorrícicas con *Tuber melanosporum***

| Nombre común                                                      | Nombre científico          |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| roble pubescente*                                                 | <i>Quercus pubescens</i>   |
| roble negro*                                                      | <i>Q. sessiflora</i>       |
| encino o Roble común*                                             | <i>Q. robur</i>            |
| encina carrasca*                                                  | <i>Q. ilex</i>             |
| coscoja*                                                          | <i>Q. coccifera</i>        |
| avellano europeo*                                                 | <i>Corylus avellana</i>    |
| tilo                                                              | <i>Tilia sp</i>            |
| carpe                                                             | <i>Carpinus sp</i>         |
| álamos                                                            | <i>Populus sp</i>          |
| castaño                                                           | <i>Castanea</i>            |
| pinos                                                             | <i>Pinus spp</i>           |
| (desconocido)                                                     | <i>Cistus sp</i>           |
| cedros                                                            | <i>Cedrus spp</i>          |
| hayas                                                             | <i>Fagus spp</i>           |
| nogal                                                             | <i>Juglans spp</i>         |
| Rosal silvestre                                                   | <i>Helianthemum spp</i>    |
| olivos                                                            | <i>Olea spp</i>            |
|                                                                   | <i>Ostrya carpinifolia</i> |
| saúces                                                            | <i>Salix spp</i>           |
| * Especies usadas normalmente para producción comercial de trufas |                            |

#### 4.2.1. DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESPECIES HUESPED

- ENCINA (*Quercus ilex* subesp. *ilex*, *Q ilex* subesp. *ballota*) Nombres comunes: Encina, encino, carrasca, chaparro, maticán, mataparda, *alzina*, *ariza*.

La encina es sin duda la especie arbórea más representativa y emblemática de la Península Ibérica, estando presente en todo el territorio debido a su amplitud ecológica. Ocupa en España una superficie próxima a los 2.500.000 de ha, bien en masas puras o como predominante en masas mixtas. Las zonas donde se asientan las encinas son de diversa ecología pudiendo darse los siguientes límites:

- Precipitación anual mínima: 300-350 mm
- Precipitación anual media: 500 - 600 mm
- Precipitación anual máxima: 2500 mm (Grazalema)
- Precipitación estival: 50 - 250 mm
- Precipitación estival media: 75 - 150 mm
- Altitud : 0 - 2200 m.
- T. medias de enero de - 3°C a 11°C
- T. media de agosto 14° a 28°.

Se adapta prácticamente a todo tipo de suelos silíceos, calizos y yesosos, exigiéndolos más profundos a medida que disminuyen las precipitaciones.

- ROBLE PUBESCENTE (*Quercus humilis* = *Q pubescens*)  
nombres comunes: Roble pubescente, rebollo, redoleda, *roure*.

En España se extiende por Cataluña, Pirineos y alto Ebro, formando casi siempre masas mixtas con otros robles y los pinos silvestre y laricio. Árbol de hasta 20 m de altura se presenta muchas veces como arbusto. Sus hojas son marcescentes, es decir después de secarse en invierno, en vez de caer permanecen adheridas al árbol hasta el comienzo de la primavera.

Relativamente exigente en humedad, necesita más de 600 mm al año de los que 150 deben recibirse en verano. Las temperaturas medias del mes de Enero están comprendidas entre 10 -3°C y 8°C.

En España ocupa las cotas comprendidas entre los 400 y los 1500 m de altitud. Prefiere los suelos calizos adaptándose mal a los silíceos.

Especie adecuada para las zonas más norteñas de Europa donde se pretende introducir la trufa. En Francia e Italia es la principal especie trufera.



- AVELLANO EUROPEO (*Corylus avellana*)

Arbusto de 2 - 5 m de altura, rara vez con porte arbóreo, emite numerosos brotes dando un aspecto amacollado y compacto. Su hoja es caediza. El sistema radical es muy abundante, raíz en cabellera, por lo que es especie muy susceptible de micorrizar. Está silvestre en el tercio norte; como especie cultivada, está presente en toda la península

Vive desde el nivel del mar hasta los 1500 m de altura, soportando muy bien las bajas temperaturas. Exigente en humedad, sólo se adapta bien a zonas secas con técnicas de cultivo agrícolas, siendo necesaria, al menos, una labor de arado anual. Indiferente en cuanto al tipo del suelo, se adapta tanto a los calizos como a los silíceos. Por su facilidad para ser micorrizada, es una especie muy interesante en muchas de las áreas donde se cultiva y que coincidan con la presencia natural de trufa (Tarragona, Castellón). De forma natural estos cultivos, para avellana, dan producciones de trufa sí bien existe una clara predisposición en el avellano a producir trufa machenca (*Tuber brumale*), de menor valor comercial que la trufa negra (*Tuber melanosporum*).

Los truficultores franceses hablan del avellano como “precoz e infiel”). Tiende a utilizarse cada vez con menos frecuencia.

Otras especies forestales de interés para la truficultura son *Quercus robur* (Encino) y *Quercus coccifera* (Coscoja). *Quercus robur* crece en condiciones similares a *Quercus pubescens*, siendo una especie higrófila, mientras que la coscoja es una especie arbustiva que presenta gran resistencia a la sequía (xerofítica), creciendo en forma natural con precipitaciones de alrededor de 250 mm anuales.

#### 4.3. CONDICIONES REQUERIDAS PARA EL DESARROLLO DE LA TRUFA

##### 4.3.1. CLIMA

###### **Pluviometría:**

- Necesidades pluviométricas entre los 500-900 mm. anuales.
- Las primaveras no deben ser secas.
- Los inviernos sin lluvias excesivas.
- *Las lluvias en verano son básicas para lograr una buena producción.*
- Sequía estival no muy intensa, entre julio y agosto (Europa) lluvias por encima de los 100 mm.



En áreas con déficit pluviométrico las necesidades de agua deben solventarse mediante riego.

| <b>Tabla comparativa de requerimientos climáticos según diversas fuentes</b> |               |                |              |                  |          |              |                                   |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|--------------|------------------|----------|--------------|-----------------------------------|
| Parámetro                                                                    | Delmas (1983) | Pacioni (1987) | Reyna (1992) | Hernandez (1994) | Q. robur | Q. coccifera | Sólo C. Valenciana (Reyna 1999 d) |
| Precipitación. anual                                                         | 600 a 900     | 600 a 900      | 500 a 900    | 425 a 650        | >600     | 200 a 300    | 485 a 843                         |
| Sequia estival                                                               | si, corta     | si             | si           | si               | no       | si           | si                                |
| Precipitación. estival                                                       |               |                | 100          | 28 a 54          | >200     | 0            | 72 a 185                          |
| T media anual                                                                |               |                | 11 a 14      | 9 a 12           |          |              | 8.6 a 14.8                        |
| T media mes mas cálido                                                       |               | < 22 °C        | 20 a 22      |                  | 10 a 25  | >20          | 17.4 a 23.2                       |
| T media mes más frío                                                         |               | > 2°           | >2°          |                  | -15 a 10 | >3           | 2.3 a 8.2                         |
| T. mínima y máxima absoluta                                                  |               |                | -25 y 42     |                  | -22 y 44 |              | -19 y 43                          |

### Temperaturas:

- Áreas templadas moderadamente continentales, Temperatura media anual entre los 11- 14 °C
- Media de las máximas del mes más cálido entre 23-32 °C
- Media de las mínimas del mes más frío entre -2 a -6 °C

### 4.3.2. FISIOGRAFIA

Altitud: En Europa la trufa se sitúa entre los 100 y 1.400 m sobre el nivel del mar. En España se suele encontrar siempre por encima de los 600 m. Siendo normal que en las zonas más sureñas de su distribución, las mejores truferas se sitúen entorno a los 1.000 m.

### Pendiente:

**Óptimo en zonas de ligera pendiente, menor o igual al 10%**

Situación en España:

Pendientes >30% : 33%

Pendientes medias 5-30%: : 62%

Pendientes escasa <5% : 5%

**Zonas con buen drenaje sin riesgo de encharcamiento**



### **Orientación:**

- En general las mejores truferas suelen tener orientación Sur,
- sin embargo, cuando la estación es muy seca y calurosa esta orientación puede girar hacia el Norte en busca de un mejor balance hídrico.

**Para Chile la situación óptima sería con orientaciones Norte.**

### **4.3.3. CONDICIONES EDAFOLOGICAS**

Durante la década de los 70 el INRA de Burdeos (Francia) trabajó intensamente para determinar las características físico-químicas de los suelos truferos. Después de numerosos análisis se llegó a demostrar la importancia de ciertos factores: textura, estructura, contenido de calcio, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, relación C/N.

Los resultados de sus investigaciones han servido para definir las características que debe reunir un suelo calificado como apto para la producción de trufa negra. Las principales características son las siguientes:

La trufa se desarrolla sobre suelos calcáreos de 10-40 cm de profundidad del tipo rendzina, calcosoles y calcisoles. Para cultivar trufa en suelos ácidos sería necesario aportar enmiendas para aumentar el pH.

### **Textura:**

Es junto con la caliza y la materia orgánica, uno de los actores que determinan la naturaleza de la estructura y, por lo tanto, los caracteres de aireación e hidrodinamismo del suelo. La textura por tanto deberá ser equilibrada.

Deben desecharse los suelos muy arcillosos por su compactación excesiva; los suelos limosos, limo-arcillosos o limo-arenosos, por su carácter muy desfavorable al apelmazamiento; y los suelos excesivamente arenosos, por su poca capacidad de retención de agua.

### **Estructura:**

La mejor estructura es la que asegura el máximo de aireación y, al mismo tiempo, la mayor facilidad para la penetración de las raíces del árbol y el micelio de la trufa. Esta descripción corresponde a la llamada estructura granulosa o grumosa, resultante de un equilibrio entre arena, limo y arcilla.



Resumen de las características de los terrenos recomendados para el cultivo de trufa negra, según diversos autores.

| PARÁMETRO                               | RANGO                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH                                      | <ul style="list-style-type: none"><li>• 7,5 - 8,5</li><li>• 7 - 8,5</li><li>• En Francia, a pH &lt;7,9 crece mejor <i>Tuber brumale</i> y a pH&gt;7,9 <i>T. melanosporum</i></li></ul>                |
| Materia orgánica oxidable (%)           | <ul style="list-style-type: none"><li>• 1,5 - 8</li><li>• 1 - 8</li><li>• 2 - 8</li><li>• Óptimo estaría próximo a 3</li><li>• En Italia, las zonas truferas tienen un máximo entre 1,5 - 3</li></ul> |
| Calcio intercambiable (% óxido cálcico) | <ul style="list-style-type: none"><li>• 0,5</li><li>• 0,4 - 1,6</li></ul>                                                                                                                             |
| Caliza total (%)                        | <ul style="list-style-type: none"><li>• 10 - 75</li><li>• 1 - 70 con media entre 20 - 56 y mínimo del 8</li><li>• En Italia entre 4 - 40</li></ul>                                                    |
| Nitrógeno (Kjeldahl) (%)                | <ul style="list-style-type: none"><li>• 0,1 - 0,3</li></ul>                                                                                                                                           |
| Fósforo                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Fósforo total (%)</u> 0,1-0,3</li><li>• <u>Fósforo asimilable (Olsen) (ppm)</u> 12 - 18</li></ul>                                                          |
| Potasio (% óxido potásico)              | <ul style="list-style-type: none"><li>• 0,01 - 0,03</li></ul>                                                                                                                                         |
| Magnesio intercambiable (%)             | <ul style="list-style-type: none"><li>• 0,01 - 0,03</li><li>• Nunca menor de 0,01</li></ul>                                                                                                           |
| Textura                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• No muy arcillosos ni excesivamente arenosos, limosos, limo-arcillosos o limo-arenosos</li></ul>                                                               |
| Estructura                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Granulosa o grumosa</li></ul>                                                                                                                                 |
| Ratio C/N                               | <ul style="list-style-type: none"><li>• 8 - 12</li><li>• Hasta 14</li><li>• 8 - 15 con óptimo 10-11</li></ul>                                                                                         |



## 4.4. LA TRUFICULTURA

### 4.4.1. GENERALIDADES

El cultivo de trufa negra a partir de plantaciones con planta micorrizada se presenta como una alternativa agroforestal muy viable para zonas que cumplan con los requerimientos ecológicos del hongo y las especies simbiotes.

#### **Diferencias frente a un cultivo tradicional:**

- Una de las cuestiones en las que se debe insistir es que la trufa se cultiva indirectamente mediante un árbol interpuesto.
- Cultivaremos árboles (encinas generalmente) para que en sus raíces crezca un hongo de micorriza, la trufa.
- Es un cultivo sobre un cultivo y esto dará lugar a situaciones un tanto raras en comparación con la agricultura de tipo tradicional.

#### **Inconvenientes del cultivo:**

- Cultivo de un hongo sobre las raíces de una planta.
- Subterráneo: no se ve la evolución.
- Periodo largo sin producción.
- Secretismo.
- Inseguridad en la producción

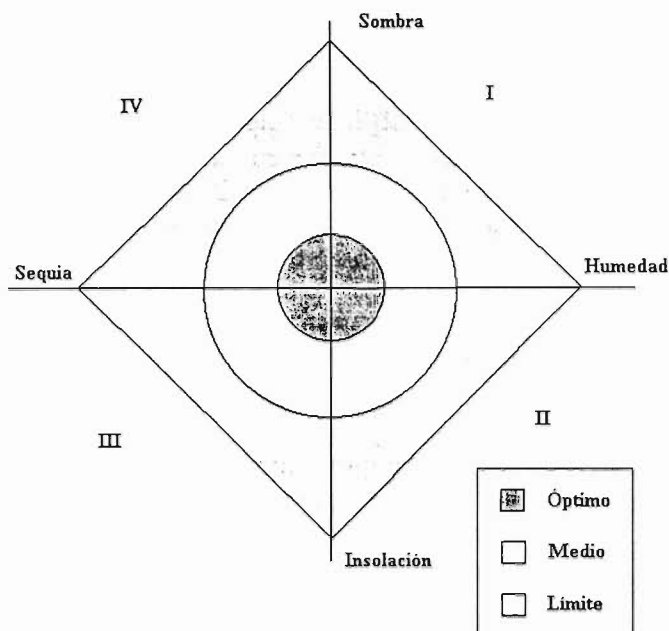
Cuando se realiza una plantación de un cultivo tradicional hay una serie de cosas claras que no suceden en el caso de la trufa. Se puede apreciar si la planta ha arraigado y se desarrolla, si hay floración o no, si los frutos crecen bien, si la planta necesita agua etc. En la truficultura esto no es así, ya que se trata de un cultivo indirecto. Podremos comprobar in situ que una planta esta vigorosa que crece y se desarrolla bien pero no podemos ver lo que está pasando con el sistema radical.

Desconocemos si las micorrizas que llevaba la planta al ser establecida en campo, se mantienen aun o han sido desplazadas por otras indeseables, si la trufa tiene déficit o exceso de agua (la encina *Quercus ilex* tolera mucha sequía y vive muy bien con más agua de la normal).

Al cabo de 4 a 7 años empezaremos a ver algo, la formación del quemado, que será un magnifico indicador pero aun con incertidumbres. A los 6 a 12 años empezaremos a sacar las primeras trufas, pero tampoco veremos como se forman, crecen y maduran.

La truficultura debe ajustarse al máximo a las condiciones ecológicas exigidas por el hongo según las fases de desarrollo.

Con los cuidados culturales de las truferas se manejan básicamente dos parámetros la humedad y la insolación en el suelo de la trufera. En el gráfico diana se presenta un esquema en el que se produce una situación óptima para la producción de trufa, rodeada de una situación media y otra límite:



Se indican cuatro sectores I, II, III y IV. El sector I representa las zonas en donde no existen problemas de disponibilidad de agua en el suelo aunque sí de falta de insolación. Este sector coincidiría, básicamente, con el área francesa e italiana de la trufa y la parte más norteña de su distribución en España. El sector III representa la mayor parte de la zona trufera española donde los límites fundamentales son relativos a la falta de agua en el suelo.

Mediante las distintas prácticas culturales (riego, acolchado, laboreo etc) podemos desplazarnos de un sector a otro del gráfico, compensando las déficits o los excesos.

### Periodo de colonización:

Es el período en el que se produce la extensión del micelio y la invasión de micorrizas de trufa en el suelo y el sistema radical del árbol.

Es importante otorgar las condiciones adecuadas de suelo y clima dentro de los rangos indicados para la presencia de trufa, sin realizar acciones fuertemente modificadoras de la ecología, además "Ponérselo difícil" a las micorrizas competidoras.

Interesa mantenernos estrictamente en la zona central del gráfico anterior tendiendo en todo caso al sector III: fuertes insolaciones y respetar las sequías sin suprimirlas totalmente con riegos.



### Período de asentamiento:

La trufa ha alcanzado una masa crítica de micelio y micorrizas:

Por tanto la estabilidad es mayor y existe suficiente potencia como para poder comenzar la fructificación. La competencia de otras micorrizas es menos preocupante por que han debido ser desplazadas de forma muy intensa por las de trufa. Aquí interesará una mayor disponibilidad de agua en el suelo, para que los carpóforos comiencen a formarse y engorden, aunque tampoco en este periodo la humedad debe ser excesiva.

De acuerdo con lo explicado en el ciclo vital de la trufa durante los meses de verano se produce el aislamiento de los carpóforos que comienzan una etapa saprófita independiente de las micorrizas. Durante ella, el agua que requieran, deberán obtenerla del suelo directamente, no pueden ya obtenerla a través de las micorrizas, y por tanto de las reservas del árbol, por ello necesita más agua (lluvias de julio y agosto para Europa).

### 4.4.2. PRODUCCION DE PLANTA MICORRIZADA

#### 4.4.2.1. Producción

- La producción de planta micorrizada requiere la intervención directa (producción) o indirecta (controles y certificación) de organismos del estado.
- El truficultor (o agricultor) normal no puede determinar por si mismo, sin una experiencia específica y sin material de laboratorio, si las micorrizas de la planta adquirida corresponden a la trufa o a otros hongos y, en general, cual es la calidad de la planta y su garantía de éxito. Por esta razón es clave establecer controles de calidad que nos permitan validar protocolos para la certificación de las plantas a distribuir.

### HAY QUE SER RIGUROSOS SOBRE TODO EN EL CONTROL DEL MATERIAL INOCULANTE

Dado que la producción de carpóforos en las plantaciones comienza entre el 6º y 12º año, queda todo a la “buena fe”, ya que difícilmente se podrá reclamar, a los 12 años, si la culpa era de la planta o de las prácticas de cultivo, adecuación del terreno etc. Por tanto de no existir este tipo de controles, el futuro truficultor queda expuesto al riesgo de productores de planta incompetentes o desaprensivos, que le proporcionan planta escasamente micorrizada, o con especies sin valor comercial, lo que va en detrimento del propio truficultor como de la competitividad de los viveristas de calidad.

La futura producción de trufa de una plantación depende básicamente de 2 factores:

- Que la planta utilizada esté correctamente micorrizada.
- Que las condiciones ecológicas del terreno sean adecuadas

La técnica para micorrizar se basa en facilitar el contacto entre el hongo, la trufa, y las raíces de la planta, la encina preferentemente, a la vez se evita al máximo cualquier tipo de competencia de otros hongos. Por ello se esteriliza la tierra o sustrato a emplear mediante un generador de vapor, solarización, bromuro de metilo, etc.



La semilla, se lava en agua corriente desechando las que flotan y se desinfectan convenientemente con una disolución de hipoclorito sódico (lejía), nunca utilizar fungicidas residuales. Las semillas procederán, preferiblemente, de una zona trufera, no es imprescindible que sean de una planta trufera productora.

Las bellotas se estratifican sobre sustrato de perlita (octubre – noviembre, Europa) y se mantienen en invernadero hasta que alcanza la parte aérea del orden de 4 a 5 cm (marzo –abril, Europa). A partir de este tamaño el cultivo se realiza en bandejas de contenedores. *Para todas las modalidades de inoculación que se indican a continuación los procedimientos descrito hasta aquí pueden ser comunes.*

- En marzo-abril (Europa) puede prepararse la solución esporífera triturando muy finamente las trufas y batiendo el triturado en agua. La mayor parte de los viveristas utilizan algún tipo de aditivo para espesar la suspensión y hacerla más adherente como por ejemplo los **alginatos**
- En las inoculaciones es fundamental utilizar trufa bien madura, incluso casi podrida (Asegurase que son de *TUBER MELANOSPORUM*), recogida a partir del 15 de enero.
- Normalmente se utilizan contenedores de unos 500 a 1000 cc de tipo autorrepicante y con estrías para evitar el arrollamiento de la raíz, es conveniente que sean nuevos y si son reciclados deben lavarse bien y desinfectarse en el correspondiente baño de hipoclorito

#### 4.4.2.2. Técnicas de inoculación

##### **Inmersión de raíces**

- Las plantas se sacan de la cajonera una a una y se sumerge su sistema radical en la suspensión esporífera. Cada poco tiempo conviene remover la suspensión esporífera para evitar la decantación de las esporas en el fondo. Se introducen las plantas en los contenedores y se rellena con el sustrato previamente esterilizado. Las primeras micorrizas se podrán ver al cabo de 3-4 meses.
- Todo el cultivo debe desarrollarse en el interior de un invernadero que evitará en gran medida la entrada de esporas de otros hongos de micorriza. Con este sistema son necesarios entre 1 y 3 gr de trufa por planta
- **Inyección de solución esporífera:** Las plantas se cultivan directamente en contenedor y se inyecta o riega a los 3 ó 4 meses de cultivo con una solución esporífera. Suele ser menos efectivo y es necesaria mayor cantidad de trufa, llegando a utilizarse hasta 6 y 7 gr por planta. Esta técnica es muy útil para reforzar inoculaciones hechas por el primer procedimiento.
- **Inoculación en masa:** Análogo al primer procedimiento pero la inoculación se realiza en la propia cajonera de estratificado y se mantienen las plantas en ella 4 o 5 meses hasta el transplante a contenedor. La micorrización es menor pero el coste disminuye al utilizarse menos de 1 gr por planta, por otra parte en el transplante a los contenedores de cultivo se pierden muchas micorrizas.
- **Inoculación en pañales de cultivo:** existe un sistema de cultivo en el que las plantas que se sacan de la cajonera se envuelven con una especie de pañal de material



celulósico (nombre comercial *Melfert*) con el que se rodea la planta y al que se incorpora la solución esporífera.

Todo el cultivo se desarrolla en el pañal por lo que el sistema radical no suele adquirir una buena conformación. El posterior transplante a campo presenta dificultades debido a la lentitud en la descomposición del material celulósico que dificulta a las raíces la colonización del suelo.

- **Inoculación en seco :** El mismo procedimiento inicial pero en vez de preparar la solución esporífera se deshidrata la trufa, lo que puede hacerse cortando en láminas de 1 o 2 mm la trufa y dejándola secar en un lugar seco y ventilado. Una vez seca se muele hasta convertirla en polvo. y se espolvorea el sistema radical antes de situar la planta en el contenedor. El polvo de trufa puede mezclarse con alguna sustancia inerte, como el talco, para conseguir una mejor distribución.
- **Inoculación del sustrato:** La inoculación se realiza mezclando el sustrato de cultivo con solución o polvo esporífero y rellenado de los contenedores con la mezcla donde se pondrán las plantitas de la cajonera.

#### 4.4.2.3. Sustratos de cultivo

Los sustratos de cultivo para la planta de vivero pueden tener infinitas variaciones por ello tan sólo damos algunos consejos generales (todos los % que se indican se refieren a volumen):

- La composición del sustrato debe llevar al menos de un 40 a un 60 % de tierra franca de origen calizo, Es conveniente incorporar arena gruesa de caliza al menos un 5%, si no lo lleva de origen.
- Ajustar el pH de 7 a 8, (se puede utilizar ceniza)
- Debe tener al menos un 10 % de materia orgánica
- Son desaconsejables los basados en turbas por su gran permeabilidad que facilitará el lavado de esporas, su acidez que es necesario controlar continuamente y su difícil rehidratación cuando se han secado, cosa que pone en riesgo las plantas recién puestas en el campo. La turba no debería sobrepasar nunca el 20 o 30% del volumen.
- Pueden incorporarse componentes inertes como vermiculita o perlita para mejorar la aireación siempre por debajo del 20 % en volumen.

#### 4.4.2.4. Control de la micorrización y calidad en planta inoculada con *Tuber melanosporum*

##### A) Controles de los métodos de cultivo e inoculación

##### A.1. Controles sobre los sustratos de cultivo

- Los sustratos a utilizar se someten a un proceso de desinfección para evitar la presencia de propágulos de otros hongos de micorriza que puedan competir o desplazar *T. melanosporum*. Generalmente se utiliza la esterilización con vapor de agua a 120 °C mediante los generadores vapor Suficientes 3 horas cuando la masa de tierra a esterilizar ha alcanzado los 90°C.
- También se utiliza, con buenos resultados, un proceso de pasteurización mediante calor solar captado dentro de un invernadero. Para ello se extiende el sustrato

en una capa separada del suelo y protegido con film de polietileno transparente. El sustrato alcanza temperaturas de 60-70°C durante la mayor parte de los días del verano, lo que es considerado suficiente para eliminar la mayor parte de los hongos de micorriza que contenga.

- La última y más complicada alternativa es la fumigación mediante biocidas totales como bromuro de metilo y cloropicrina. Este sistema tiene el grave inconveniente de su alta toxicidad (la cloropicrina es un gas de origen bélico) lo que requiere el manejo por parte de personal autorizado. Este tipo de desinfectantes son peligrosos si se sigue la reglamentación. De hecho en algunos países su uso es extremadamente limitado e incluso prohibido con carácter general.
- Para controlar la calidad de la desinfección se dejarán entre 50 plantas, como mínimo, y hasta un 0.5% de las plantas sin inocular comprobándose posteriormente la ausencia de micorrizas. Esta reserva tiene la utilidad, también, de poder comprobar en que momento del cultivo comienzan a producirse contaminaciones con otros hongos de micorriza.

#### A.2. Controles sobre las semillas

La semillas deben lavarse con agua corriente clorada y desinfectadas antes de estratificarlas sobre sustrato mineral estéril con un desinfectante superficial (como hipoclorito sódico o dicromato potásico). El origen de la semilla (regiones de procedencia) debe ser conocido, y preferiblemente de la zona trufera a la cual se destinan las plantas, con mayor frecuencia.

#### A.3. Controles sobre el método de cultivo

El cultivo debe realizarse en invernadero con contenedores autorrepicantes levantados del suelo más de 20 cm. El suelo debe estar cubierto con una lámina de plástico que contribuye al mayor aislamiento de las raíces de las plantas para evitar la entrada de otros hongos de micorriza, desde el suelo.

Condiciones de Invernadero: deberán ser las adecuadas para el desarrollo normal de las plantas y de las micorrizas asociadas a sus sistemas radicales. Para ello las variables a controlar en el invernadero son: temperatura, humedad, iluminación y ventilación.

Durante los primeros meses después de la germinación, la temperatura se mantiene entre los 18 y 25° C para favorecer el desarrollo inicial de las plántulas. Luego de 3 a 4 meses se somete las plantas al proceso de inoculación y su traspaso a cultivo en contenedores.

La humedad del sustrato deberá ser tal que aún estando húmedo, no rezume agua, por lo que deberá regarse a capacidad de campo. El riego conviene realizarlo con microaspersores y con agua tratada, tras reposar en un depósito durante cierto período de tiempo para que disminuya la cantidad de cloro.

Las condiciones de cultivo deben ir ajustándose de acuerdo a las condiciones meteorológicas y a las etapas de desarrollo de las plantas y el hongo. El aire de ventilación del invernadero debe ser filtrado para así limitar la presencia de esporas contaminantes.



Las plantas deben mantenerse en invernadero hasta que cumplan al menos 10-12 meses. Se debe evaluar la calidad morfológica, fisiológica y biológica de las plantas y las micorrizas, con todo ello se logra tener un buen control del proceso, única manera de lograr una planta micorrizada de calidad.

#### A.4. Controles sobre el agua de riego

El riego preferiblemente será por microaspersión utilizando agua de pozo o clorada que antes de regar se reposará en un depósito abierto durante 48 horas para que pierda el cloro. Se evitará el empleo de agua que circule por conducciones o canales abiertos.

#### A.5. Controles sobre los contenedores

Sistemáticamente se deben utilizar contenedores nuevos, por lo que no es posible que se produzcan contaminaciones por esta vía.

#### A.6. Controles sobre el material inoculante

- Los carpóforos deben ser lavados y cepillados rigurosamente
- Uno por uno debe comprobarse que la especie corresponde a *Tuber melanosporum*. Será rechazada cualquier trufa sobre la que exista la menor duda. Se pueden hacer preparaciones de esporas para observar al microscopio y comprobar con mayor precisión la especie. Esto es de especial importancia cuando existan dudas, ya que hay especies de trufas (*Tuber hymalayensis* e *indicum*) muy parecidas morfológicamente a *Tuber melanosporum*
- Conviene que la trufa utilizada sea de gran calibre con el fin de evitar esfuerzos inútiles
- Preferiblemente recolectada a partir del 15 de enero (en Europa) para que la madurez sea adecuada

Otra técnica complementaria es eliminar el peridio (parte externa de la trufa) en **cámara de flujo laminar**, seguida de una desinfección con agua oxigenada durante un tiempo no superior a 5 minutos, seguido de un lavado con agua.

### B) Control cualitativo de las micorrizas

A lo largo del proceso productivo, la planta inoculada con el hongo *Tuber melanosporum* Vitt. , puede sufrir el desplazamiento por otros hongos micorrizógenos competitivos, produciéndose infecciones. Por ello, presenta gran interés el comprobar la presencia, tanto del hongo de inoculación, como la de otras especies oportunistas de infección en vivero.

Para el reconocimiento e identificación de *Tuber melanosporum* es necesario material de laboratorio de cierta calidad y que por tanto tiene un costo elevado. Es imprescindible una lupa binocular de 40 a 50 aumentos y un microscopio óptico de al menos 400 aumentos, además de algunos reactivos para las preparaciones microscópicas.

La determinación cualitativa presenta una fase de observación global seguida por otra observación en detalle.

## B.1. Preparación y observación de las muestras

La toma de muestras para plantas de vivero se realiza cortando unas cuantas raicillas finas y se remojan en agua por algunas horas, con una mínima cantidad de detergente para desprender el máximo de partículas de tierra que quedan adheridas. Como detergentes suelen dar buenos resultados los utilizados como lavalozas, que además tienen la ventaja de producir poca espuma. Las raíces, tras dejarse unas 24 horas en esta situación, se enjuagan bien con agua corriente, con cuidado de no usar un chorro fuerte que pueda dañar las micorrizas. Se coloca en placa "Petri" con agua para su observación en lupa binocular. Si se comprueba que aún existe tierra adherida se puede utilizar un pincel fino para limpiar, siempre con gran cuidado para evitar el desprendimiento de hifas de micorrizas que resultarán decisivas en la identificación.

### Observación global:

Se realiza en las raíces del cepellón con ayuda de lupa binocular, siendo las características a tener en cuenta la forma, disposición y ramificación del sistema radical y por tanto de las micorrizas presentes en el.

- Formas de las micorrizas: ramificadas, dicotómicas, coraloides, tubercularioides, etc.
- Color de las micorrizas: variable según especies.

Al respecto se debe indicar que tanto el color como el aspecto morfológico de las micorrizas de una determinada especie de hongo pueden variar según la estación y el grado de desarrollo. Se cita a modo de ejemplo:

- Cambio de color pardo (primavera) a marfil (otoño) y a oscuro (invierno).
- Espínulas hifales claras (primavera) a oscuras (verano-otoño)
- Presencia de rizomorfos (cordones miceliares): determinan, caso de existir el color y la forma externa de las micorrizas.

Observación en detalle: Para esto se requiere el uso de microscopio óptico

Se analizan principalmente:

- Características del manto fúngico: Se consideran preferentemente dos tipos principales de manto fúngico:

Manto plectenquimatoso, es decir, con células alargadas que semejan hifas.

Manto pseudoparenquimatoso, es decir con células no alargadas, de forma poligonal o redondeada, semejando piezas de puzzle. (*Tuber melanosporum*)

- Caracterización de las hifas salientes del manto fúngico (espínulas): se estudian entre otros los siguientes aspectos:

Color, grosor, forma de colocación respecto al manto, forma de los tabiques con presencia de uniones en fíbula o hebilla (característica de hongos Basidiomicetos) o ausencia de estas (característica de Ascomicetos).



- Características de los rizomorfos: se determina la presencia o ausencia de:
  - presencia de hifas sueltas parecidas a las del manto.
  - Hifas apretadas semejantes a las del manto
  - Formas y colores

Todas estas características se analizan contrastando con claves morfológicas para la determinación de las especies.

Algunas micorrizas se reconocen con facilidad otras son muy difíciles de diferenciar. Las de *Tuber melanosporum* se caracterizan por:

- Color : miel, ambar, marrón.
- Manto con dibujo en puzzle (Pseudoparenquimático)
- Espínulas tabicadas, rectas, largas, de 200 a 300  $\mu$  y hasta 600  $\mu$ , con ramificaciones en ángulo recto

### C) Control cuantitativo de las micorrizas

De forma general, se pueden considerar distintas formas de enfocar este tipo de evaluación: La visualización, la citoquímica, y la de estimación por medios bioquímicos.

Visualización : Se realiza mediante la ayuda de aparatos de microscopía (Lupa binocular y microscopio), que permiten contabilizar las raicillas que presentan micorrizas del hongo inoculado o de otras especies invasoras de infección.

Procedimientos citoquímicos: Son aquellos en los que las raicillas se someten a tinción con reactivos químicos (Rojo ponceau, Azultrypan, etc.) de manera que se tiñen en forma diferencial determinados componentes de las micorrizas y sólo ellos. Entre estos se cita el procedimiento de oxidación con permanganato potásico, que produce una tinción más efectiva en las raíces micorrizadas.

### Procedimientos basados en técnicas moleculares (Bioquímicos):

Se citan al respecto:

**Espectrofotometría**: Se utiliza preferentemente para hongos pigmentados (No es este el caso).

**Hidrólisis de la quitina**: Mediante la extracción de quitosanos y glucosamina, y su posterior absorción por espectrofotometría

**Método del Ergosterol**: es muy preciso y se basa en la aplicación de cromatografía líquida de alta definición.

**Estimadores enzimáticos**: se basan en la estimación de la quitinasa y la peroxidasa principalmente.

De forma específica para la evaluación de micorrizas de *Tuber melanosporum*, se citan los siguientes métodos (Visualización, Microscopía):

**Método IRTA (Cataluña, 1996).** Aplica la fórmula porcentual:

$$\frac{\text{Nº de raicillas micorrizadas}}{\text{Nº de raicillas no micorrizadas}} \times 100$$

Se examinan las raicillas existentes en los tercios superior, medio e inferior del cepellón. Considera cuatro niveles de micorrización: del 1 al 25%, del 26 al 50%, del 51 al 75% y del 76 al 100%.

**Método de la Universidad de Perugia (Italia):** Se suele aplicar a plantas de dos savias y tras cortar el cepellón en tres partes correspondientes a los tercios superior, medio e inferior del sistema radical. Se aplica en cada caso la fórmula:

$$I_m = (5A_m - 10A_c) / A_t$$

Donde  $A_m$  es el número de ápices micorrizados con *Tuber melanosporum*,  $A_c$  es el número de ápices micorrizados con otros hongos y  $A_t$  el Número total de los ápices con y sin micorrizar.

**Método de la Universidad de Lérida (1996):** Tras separar la planta del cepellón y cortar éste longitudinalmente en dos partes iguales, posteriormente se trozan las raicillas en segmentos de 2 a 3 cm. De longitud, que tras ser colocados sobre una cuadrícula se someten a conteo óptico, de puntas micorrizadas, contando en cuadros elegidos al azar, según aparezcan: segmentos sin micorrizas o con micorrizas viejas o muertas (N), con micorrizas de *Tuber melanosporum* (T) o con micorrizas de otros hongos contaminantes (C), y se calcula porcentualmente:

T/N+C que indica el % de micorrización con *Tuber melanosporum* y C/T que indica el % de contaminación.

Para certificar que la planta está adecuadamente micorrizada con trufa negra, debe cumplirse que:

- Existan al menos 250 raicillas micorrizadas con *T. Melanosporum*.
- Que el % de raicillas micorrizadas con *T. Melanosporum* sea al menos del 33%.
- Que el máximo de raicillas micorrizadas con hongos contaminantes no supere el 25%

El procedimiento a seguir consiste en tomar 12 plantas de un lote y examinarlas; si a la quinta no existen problemas, considera el lote válido y si esto no sucede así, se van tomando más plantas a analizar.

**Método de Bencivenga (1996):** se realiza un conteo total del cepellón y se aplica la fórmula siguiente, en relación con los criterios que tiene para certificar la planta.

$$\frac{\text{Nº ápices radicales con } T. \text{ Melanosporum}}{\text{Nº de ápices no micorrizados}} \times 100$$

Luego se debe obtener un valor superior a 30% para certificar la planta. También se considera que el % de raicillas micorrizadas con *T. Melanosporum* menos el % de ellas micorrizadas con otros hongos deberá ser superior al 20%.



**Método CEAM (Valencia, 1999):** Indica el grado de micorrización de la planta, no como tasa sino en función del volumen. La metodología considera el empleo de un sacabocados de 1,7 cm de diámetro y 6 cm de longitud, con el que se obtiene una muestra del sistema radical de la parte central del cepellón. La muestra obtenida, tras un delicado lavado, se somete al conteo del número de ápices micorrizados con el hongo *T. Melanosporum*. Se indica si el número de ápices micorrizados para un volumen dado del cepellón, lo que permite estimar el número correspondiente al volumen total.

Para poblaciones grandes de 5.000 plantas o más, se toma una muestra de 35 de ellas, lo que permite con un nivel de confianza del 95% estimar la tasa de plantas micorrizadas adecuadamente con un error del 10% (Mediante el programa C4-SPD 1.1. para cálculo de muestras).

El método establece la siguiente escala de calidad de planta micorrizada:

| Calidad      | Nº de micorrizas de T.m. / planta |
|--------------|-----------------------------------|
| Insuficiente | 1 - 100                           |
| Escasa       | 101 - 250                         |
| Aceptable    | 251 - 500                         |
| Buena        | 501 - 1500                        |
| Muy buena    | 1500 - 3000                       |
| Excelente    | Más de 3000                       |

Este método también evalúa la presencia de hongos de micorrización de infección del sustrato, considerando que el grado admisible de micorrización con otros hongos, supone que no debe superar el 25% sobre el número de ápices micorrizados con *Tuber melanosporum*, Vitt.

Ese sistema tiene un gran interés ya que da resultados en función del volumen y no como porcentaje y permite comparar sistemas radicales entre sí. Por ejemplo: ¿que planta presenta un mejor grado de micorrización, una con 500 raicillas y un grado de micorrización del 40% u otra con 4000 raicillas y un grado de micorrización del 20%?

**Método ETSIM (Madrid):** Se analiza el 5% de las plantas de cada lote y el grado de micorrización de la planta micorrizada con *Tuber melanosporum* se da en función del conteo total de raicillas de la planta analizada, considerando los tercios superior, medio e inferior. Se obtiene un valor en porcentaje, aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Nº de ápices micorrizados con } T. \text{ Melanosporum}}{\text{Nº ápices totales del cepellón}} \times 100$$

Se estima que un 35% o más corresponde a un grado de micorrización con T.m. aceptable. Se ha comprobado este método con el sistema de sacabocados empleado por el CEAM de Valencia, y los resultados no difieren significativamente.



#### 4.4.3. PLANTACION Y CULTIVO INICIAL

##### 4.4.3.1. Elección del terreno:

La truficultura se ha desarrollado, casi siempre, en aquellos terrenos que por sus características de situación, superficie, poca fertilidad, pedregosidad y escasa profundidad de suelo, no aseguraban la obtención rentable de otros productos. Así, las mejores tierras de la explotación se dedicaban a cultivos más rentables y productivos a corto plazo, dejando para la truficultura las peores parcelas.

En la actualidad este criterio está cambiando y ha desaparecido la creencia de que las características de un suelo trufero correspondían a aquellos terrenos poco profundos, pedregosos, pobres en materia orgánica y elementos minerales. Hoy en día se están usando para plantaciones truferas, suelos profundos, fértiles y con posibilidad de riego, donde la producción, regularidad y calidad de las trufas obtenidas será más importante.

La selección del sitio a plantar debe ajustarse al máximo a las condiciones ecológicas exigidas por la trufa, lo cual aseguraría en gran medida el éxito de la producción futura de una trufera.

##### 4.4.3.2. Cultivos precedentes:

Se recomienda siempre la plantación de especies micorrizadas en aquellos terrenos cuyos cultivos precedentes hayan sido cereales o leguminosas. Se admite también como buenos precedentes las viñas y frutales.

La plantación en terrenos deforestados suele plantear problemas, ya que la vegetación arbustiva y forestal deja el suelo contaminado por numerosas micorrizas (ectomicorrizas) competidoras potenciales de *Tuber melanosporum*, pudiendo desplazarlas. Los cultivos extensivos, cereales y leguminosas, también presentan micorrizas, pero del tipo Endomicorrizas que no compiten con la trufa.

##### 4.4.3.3. Preparación del terreno:

- La preparación del suelo para la plantación depende, en parte, de cual era el uso anterior del terreno.
- Si el uso anterior era forestal, (poco recomendable) a parte de las labores propias de la transformación, muy conveniente cultivar al menos durante dos años algún tipo cereal o planta forrajera
- Favorable la quema de los restos *in situ* en vez de eliminarlos. La ceniza sube el pH del suelo y el calor lo esteriliza superficialmente. De hecho es muy frecuente la aparición natural de truferas en antiguas carboneras y caleras en las que se producía, de forma muy parecida el proceso propuesto, la incorporación de cenizas al suelo, la esterilización por calor de las capas superiores y además se aportaba bastante materia orgánica.



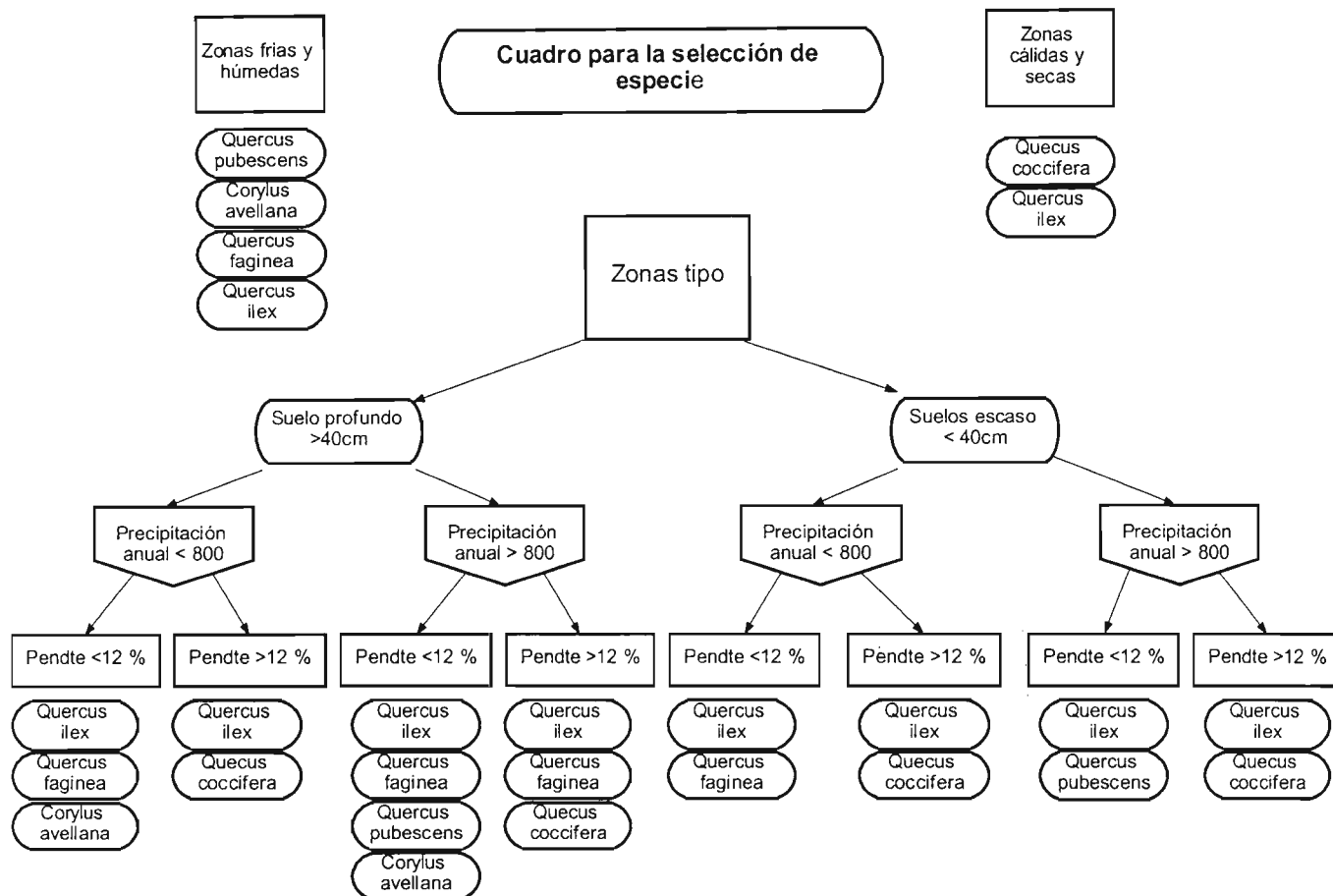
- Si partimos de un cultivo de cereal (lo más recomendable) se dará en primer lugar una labor de desfonde con arado de vertedera a unos 40- 50 cm de profundidad, preferiblemente tras las primeras lluvias de otoño, así los hielos del invierno meteorizarán los terrones y el suelo quedará mejor para la siguiente labor.

Puede resultar interesante el realizar un subsolado a 60-80 cm de profundidad para romper la “suela de labor” que se forma con cierta frecuencia en los cultivos como consecuencia de las labores continuadas año tras año a la misma profundidad.

- Si el suelo es poco profundo o pedregoso puede acondicionarse igualmente con un subsolado lineal que rompa los estratos más profundos facilitando la infiltración del agua en los horizontes inferiores donde como consecuencia del mullido del suelo podrá ser retenida en mayor proporción.
- Tras el desfonde se pasará una grada de cultivadores (tipo golondrina o discos) para igualar el terreno y acabar de deshacer terrones, este trabajo es preferible hacerlo al final del invierno principios de primavera.
- En principio no se recomienda realizar ningún abonado de fondo o enmienda por los motivos ya indicados.

#### 4.4.3.4. Elección de la especie arbórea:

- Los diferentes requerimientos de desarrollo, de las especies arbóreas comerciales usadas en truficultura, proporcionan una oportunidad para seleccionar una especie huésped adaptada a condiciones locales de crecimiento, manteniéndose dentro de los rangos específicos de *Tuber melanosporum*.
- Si se trata de una zona trufera, lo más práctico será observar cual es la especie que naturalmente está dando mejores producciones en la zona y utilizarla en la plantación, en la mayor parte de España se tratará de la encina (*Quercus ilex*). En ocasiones, bien porque se intenta implantar la trufa fuera de su área natural, o bien, porque se va a realizar una plantación en una zona agrícola que tiene condiciones ecológicas algo diferentes a la media de las áreas productivas que la rodean, puede ser de gran interés la selección de otra especie diferente.
- En principio los criterios que se ofrecen parten del supuesto de que la plantación no se va a regar y que se labrará si el terreno tiene una pendiente inferior al 12 %.



#### 4.4.3.5. Marcos de plantación:

- Preferiblemente amplios depende de la especie simbiote, condiciones de suelo y clima y de las técnicas de cultivo a utilizar. Pueden oscilar desde 5x4 a incluso 8x8.

Depende fundamentalmente de varias cuestiones:

- El desarrollo que previsiblemente tendrán los árboles, si se trata de avellanos que rara vez pasan de 3 o 4 m de altura el marco puede ser menor que si se trata de robles que fácilmente sobrepasan los 6 o 7 m.
- Si la plantación no se va regar y la zona es seca, cada planta necesitará mayor superficie, por ello, también en este caso, el marco debe ser mayor que si se trata de una zona húmeda o se va regar.
- El precio de la unidad de superficie del terreno también influye, en general se tiende a marcos pequeños cuanto más caro es el terreno.
- El costo de la planta. Plantaciones densas suponen una costosa inversión a veces muy poco recompensada.
- Cuando se realizan plantaciones muy densas, además de aumentar el costo, se planteará en el futuro la necesidad de eliminar árboles al objeto de permitir la insolación del suelo, encontrándonos con el grave problema de tener que decidir cuales son los pies a cortar de modo que no eliminemos ninguno de los que está produciendo



- El marco de plantación ideal sería aquél en el que en todo momento la separación entre pies fuera siempre el doble de la altura del árbol. A medida que van creciendo los plantones se irán aclarando de forma que se mantenga constante la relación separación de plantas (l) y su altura (h)
- En terminología forestal esto significa que el índice de Hart es 2,). Es poco viable por que implicaría un coste elevadísimo ya que, por ejemplo, partiendo de plantas de 1 m de altura serían necesarias 2.500 plantas por ha.
- En principio son más recomendables los marcos reales (aquellos que sus 2 dimensiones son idénticas) que los desiguales, pero si se opta por estos últimos la orientación de las calles anchas deberá ser Norte- Sur para que reciban el máximo de insolación en el suelo. Una solución intermedia, pero también cara, es la plantación a marco desigual para trasplantar a los 3 - 4 años las plantas intermedias a otra zona donde se podrán utilizar como planta definitiva.

En general se va tendiendo cada vez más a plantaciones claras, una recomendación es la siguiente:

| Marcos de plantación sugeridos según especies y tipo de cultivo |                                      |                    |                                      |                    |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|
|                                                                 | Sin riego                            |                    | Con riego                            |                    |
| Especie                                                         | Superficie<br>m <sup>2</sup> /planta | Marcos m           | Superficie<br>m <sup>2</sup> /planta | Marcos m           |
| Encina                                                          | 30 a 50                              | 6x5 6x6<br>6x7 7x7 | 25 a 35                              | 5x5 5x6 6x5<br>7x5 |
| Avellano                                                        | 20 a 30                              | 4x5 5x5<br>6x5     | 20 a 25                              | 4x5 5x5            |
| Roble y<br>quejigo                                              | 30 a 60                              | 6x5 6x6<br>6x7 7x7 | 30 a 50                              | 6x5 6x6 6x7 7x7    |

#### 4.4.3.6. Colocación de las plantas:

- Marcación con cañas o listones de madera para señalar los puntos de plantación
- La planta que debe llevarse al terreno bien regada, normalmente vendrá en contenedores de 0,5 a 1 lt de capacidad se irá distribuyendo por el terreno para facilitar el trabajo de plantación
- El suelo, debe estar bien mullido, y suelen ser suficientes 3 o 4 golpes de azada para abrir un hoyo suficiente para la colocación de la planta
- **Tubos** protectores fomentan el crecimiento en altura, evitan la pérdida de agua por transpiración y defienden la planta de los posibles daños del ganado o la fauna silvestre.



#### 4.4.3.6. Cuidados culturales de la plantación:

##### **Los primeros años:**

- Durante los 3 primeros años deben hacerse desmalezados, poco profundos, a mano con azada alrededor de las jóvenes plantas esto evita la competencia de las malas hierbas y contribuir a retener la humedad.
- Deben darse las labores de reja que sean necesarias (normalmente 1 o 2 al año en primavera) para mantener la sazón y evitar la invasión de malezas en todo el cultivo. Estas labores nunca superan los 15 - 20 cm de profundidad, para ello son adecuados los cultivadores de golondrina o las gradas de disco, teniendo siempre en cuenta que deben ser aperos robustos, puesto que lo normal es que nos encontremos en zonas muy pedregosas.
- La labor no debe aproximarse mucho a las plantas para no deshacer la zona de los quemados ni afectar la expansión incipiente de los sistemas radicales.
- Si se instalaron tubos protectores a las plantas conviene quitarlos en cuanto la planta comience a asomar por encima teniendo la precaución de tutorarla para que no se tumbe debido a la altura excesiva en relación al escaso grosor del tallo.
- En los primeros años no es aconsejable la instalación de riego por aspersión o microaspersión dado que obligará a continuas labores de reja para quitar malas hierbas (aunque en esta fase, por el contrario, el riego por goteo puede ser muy útil).
- Recordar que un exceso de agua puede fomentar la aparición de otras micorrizas de tipo más higrófilo lo que irá en detrimento de las producciones futuras, (estamos en pleno periodo de colonización). Insistimos que con los riegos excesivos se corre el riesgo de modificar la ecología hasta un extremo en que la trufa deje de ser competitiva.
- Si las raíces crecen más deprisa que el hongo la micorrización no se propaga y existen muchas mas posibilidades de que se formen micorrizas de otras especies.
- Entre el 4º y el 8º año de plantación pueden empezar a aparecer los primeros síntomas de la producción trufera con quemados alrededor de alguna de las plantas; en este caso deben interrumpirse el labrado en los quemados o hacerlo muy superficialmente con una simple rotura de la primera capa del suelo que no profundice mas allá de los 10 cm.
- Puede en estos primeros años dar podas muy ligeras de formación a fin de ir conduciendo las plantas hacia portes arbóreos que permitan la insolación y aireación del suelo así como eliminar los rebrotes basales.
- Poco a poco los quemados irán desarrollándose y a partir de los 8 años es posible que ya puede producirse alguna trufa. Sin embargo en condiciones óptimas de cultivo las producciones pueden comenzar antes (6 años).



#### 4.4.4. LABORES DE MANTENIMIENTO Y MANEJO DURANTE LA FASE PRODUCTIVA:

##### 4.4.4.1. Laboreo del suelo:

Los objetivos del laboreo de las truferas en producción son :

- Eliminar la vegetación adventicia que compite con el micelio de la trufa y con la encina, por el agua y los nutrientes del suelo.
  - Mantener la esponjosidad del suelo para facilitar su aireación y con ella la oxigenación y permeabilidad del agua de lluvia.
  - Mejorar la capacidad del suelo para retener agua y la condensación de humedad (precipitación intrasolar).
  - 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.
- 
- El laboreo en las truferas realizado inadecuadamente (demasiado profundo) tiene el grave riesgo de destrucción del micelio extendido por el suelo y de las micorrizas más superficiales. En consecuencia es necesario tener en cuenta esta limitación a la hora de decidirse a dar una labor a truferas en producción cuando se labra por primera vez.
  - La profundidad de la labor no superará nunca los 10-15 cm en las zonas del quemado próximas a la encina donde aun crece algo de vegetación adventicia y son abundantes los rebrotes. En las zonas más activas del quemado la profundidad se limitará más reduciéndose a 10 cm.
  - Los primeros años en los que se trabaja la tierra las profundidades anteriormente indicadas deben reducirse a la mitad a fin de lograr una adaptación progresiva al laboreo. Si el suelo es muy pedregoso o muy escaso es preferible no dar ningún tipo de labor.

##### 4.4.4.2. Laboreo del suelo: época

- La experiencia de los truficultores, especialmente franceses donde el laboreo es bastante corriente, aconseja dar una sola labor al año al finalizar la campaña de recolección.
- De esta forma se retiene el tempero de la tierra logrado con las lluvias de la primavera, en un momento en el que la actividad vegetativa apenas se ha iniciado.
- En función de cómo vaya el año de lluvias y malezas y de la edad de la plantación pueden llegar a darse hasta 3 labores.

##### 4.4.4.3. Aperos utilizados

- Se puede utilizar los típicos cultivadores de golondrinas quitándoles las aletas a fin de realizar un simple escarificado que no arrastre tierras de un lugar a otro.
- Evitar compactaciones que el tractor produce en el quemado, no utilizar si el suelo tiene excesiva humedad. En Italia se utilizan cultivadores a los que se acopla un limitador de profundidad consistente en un rodillo intercalado que impide que el apero profundice más de 10 o 15 cm. Se ensayan motoazadas modificadas que no producen ni arrastre del suelo ni volteo de horizontes.

No son recomendables las fresadoras tipo “rotovator” ya que además de voltear el suelo pueden producir una compactación en profundidad (suela de labor). Tampoco se deben utilizar aperos que puedan producir arrastres de tierra.

En cualquier caso los aperos que se empleen serán de construcción robusta, ya que van a trabajar en terrenos normalmente bastante pedregosos.

#### 4.4.4.4. Podas:(objetivos)

- 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 las mutilaciones de ramas muy gruesas y por supuesto los desmoches. En plantaciones truferas pueden comenzar a formarse los árboles a partir del 4º año.

Nunca debe eliminar más de un 15 al 20% de la masa foliar. Las podas son mejores cuanto más frecuentes y menos intensas. Pueden recomendarse las siguientes cifras orientativas:

#### **Edad de la planta**

3 a 10 años

10-20 años

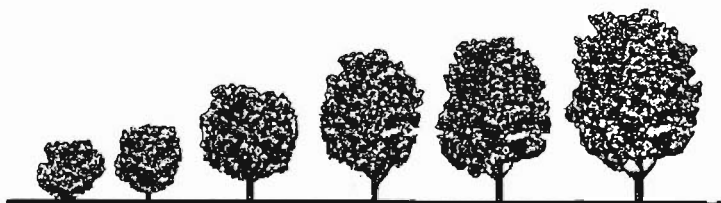
> 20 años

#### **Frecuencia de la poda**

Anual

Cada 2 años

Cada 3 a 5 años (según necesidad)

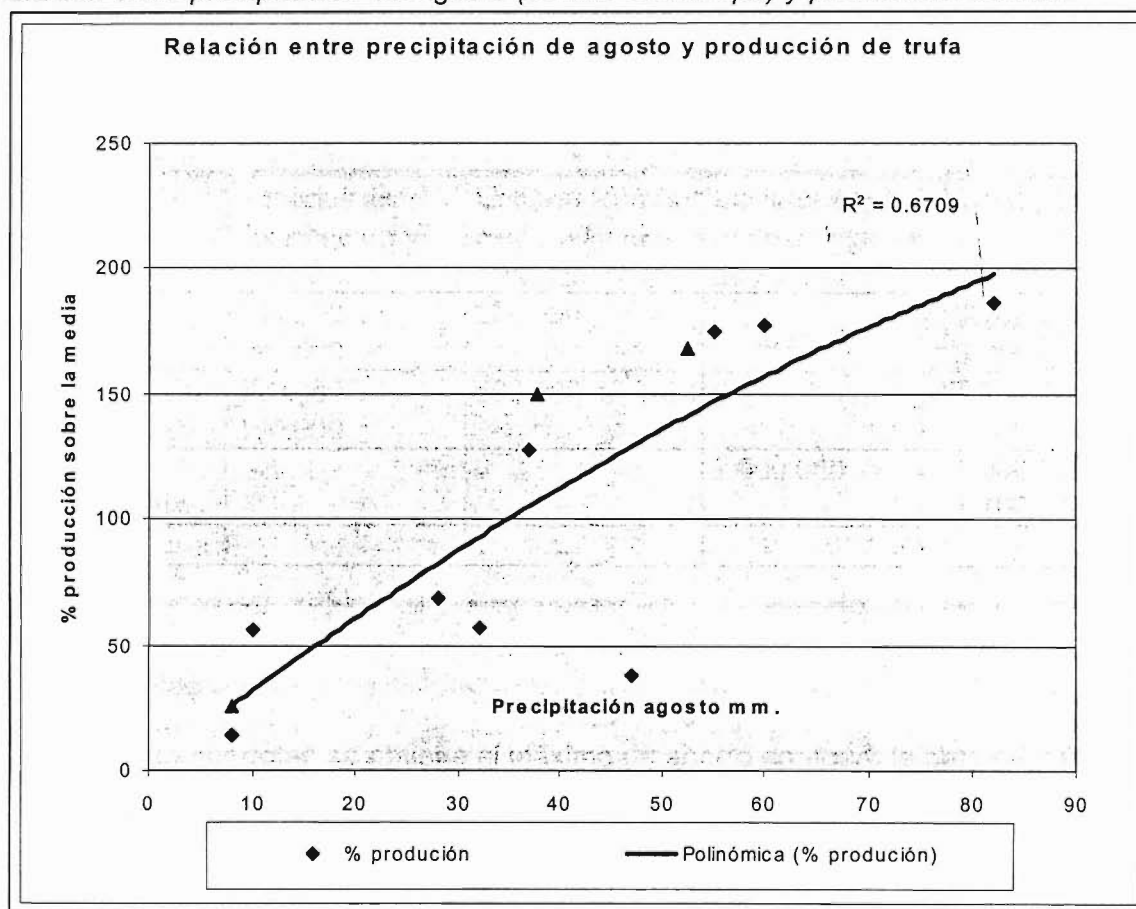


Formación del árbol trufero en plantaciones

#### 4.4.5. RIEGO EN TRUFICULTURA

- El riego es uno de los sistemas más eficaces para mejorar la producción de las truferas, ya que con él se evitan las sequías prolongadas.
- Existe una correlación clara entre las precipitaciones estivales y los buenos años de producción. Puede darse como norma que en los meses de verano (Julio - Agosto) se incorporan al suelo entre riegos y lluvia del orden de 150 l/ m<sup>2</sup>,
- Deben permitirse periodos de sequía de 15 a 20 días y no superiores a los 25 días. Esto lógicamente variará con el tipo de suelo

*Relación entre precipitación de Agosto (verano en Europa) y producción de trufa*



- Se aprecia que en general los años de buena cosecha con producciones superiores a la media ( media =100) se producen cuando las lluvias de agosto superan los 40-50 mm y que el óptimo tiende a situarse cuando las lluvias de agosto alcanzan los 80 mm.
- Ante la imposibilidad de prever la lluvia anticipadamente con una seguridad suficiente es preferible disminuir la frecuencia entre riegos y hacerlos algo más abundantes en agua, de esta forma se corre menos riesgo de que un se produzcan muchos días consecutivos con el suelo saturado de agua debido a las imprevisibles tormentas de verano.

- Esta forma de regar es más parecida al régimen tormentoso estival de las mejores zonas truferas
- Los riegos durante los 6 a 10 primeros años tan sólo deberían 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..

El control del agua incorporada es fundamental en truficultura, lo cual se puede llevar a cabo mediante un pluviómetro.

#### Sistemas de riego:

Los datos de costo (pesetas, España) que se aportan a continuación se han estimado para una explotación de 10 ha en la que se cuenta con el agua necesaria a la presión de trabajo correspondiente.

| Sistema/<br>Concepto    | Tuberías de<br>distribución y<br>pta/ha | Cabezal (filtros,<br>electroválvulas,<br>programador) | Carrete con 250<br>m de manguera<br>de 75 mm | Total para 10 ha             |
|-------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|
| Goteo                   | 250.000 a<br>300.000                    | 500.000                                               | 0                                            | 3.100.000 a<br>3.490.000 pta |
| Microaspersión          | 320.000 a<br>390.000                    | 500.000                                               | 0                                            | 3.750.00 a<br>4.400.000      |
| Cañon<br>autoenrollable |                                         | 0                                                     | 1.000.000                                    | 1.000.000 a<br>1.100.000     |
|                         |                                         |                                                       |                                              |                              |

#### Riego por goteo:

- En el riego por goteo se obtiene el máximo de ahorro en agua, la presión de trabajo es mínima, normalmente son suficientes 0.5 a 1 Kg/cm<sup>2</sup>.
- El caudal instantáneo puede ser muy bajo si se sectoriza el riego, así con 10 sectores, uno por ha de superficie, se precisarían del orden de 30 a 60 l/minuto.
- Las instalaciones de goteo son convertibles a microaspersión.
- Como inconveniente del goteo hay que citar la gran localización del agua que generalmente no suele mojar más de un 25 % del suelo
- Hace dificultosas las labores de reja y retirada de restos de poda, siendo necesario a veces retirar las mangueras y luego volverlas a extender.

#### Riego por microaspersión:

- En la microaspersión se requiere algo más de presión que en el goteo, de 1 a 1,5 Kg/cm<sup>2</sup> con caudal instantáneo máximo, también contando con 10 sectores, del orden de 100 a 150 l/minuto.
- Como inconvenientes hay que indicar la dificultad en las labores de reja y poda en mayor proporción que el goteo



- Obligatoriedad de regar sin viento dada la deriva de las gotas que son de pequeño tamaño.

Riego por cañón:

- En el caso del cañón se precisaría una presión de trabajo de 5 Kg/cm<sup>2</sup> y un caudal instantáneo del orden de los 500 a 600 l/minuto, lo que nos permitiría regar entre 30 y 50 ha.
- La instalación de riego no dificulta los trabajos de labrado como sucede en las otras dos alternativas.
- Inconveniente de este sistema es que las fincas deben ser grandes y que si no están bien ajustados la distribución de agua puede ser bastante irregular

Riego por aspersión:

El riego por aspersión con aspersores de caudal medio es otra alternativa de mayor costo que el cañón. En general no está muy extendido su uso en las plantaciones truferas.

#### **Recomendaciones:**

- Como orientación general se puede recomendar para explotaciones de menos de 10 ha comenzar con riego por goteo y pasar a microaspersión a los 6 u 8 años.
- Si la superficie es superior a 30 ha claramente interesa el cañón de aspersión

#### **4.4.6. OTRAS TÉCNICAS DE CULTIVO**

##### **4.4.6.1. Acolchado o Mulching**

Con este nombre se conoce técnicamente la práctica de recubrir un suelo con despojos vegetales u otro material inerte a fin de conservar la humedad el máximo tiempo posible, sin que exista prácticamente aportación de nutrientes al suelo.

En muchas truferas naturales esta función la realiza la pedregosidad superficial que recubre el quemado y que según la mayor parte de los truferos suele coincidir con los rodales de mejor producción.

Muchos recolectores de trufa acostumbran a ir tapando las truferas con piedras relativamente gruesas a fin de lograr el mismo objetivo. Esta practica está bastante extendida entre los truferos tanto españoles como del resto de Europa para lo cual prefieren utilizar piedras planas. Posiblemente sea el método más seguro, en el sentido de no tener efectos negativos, pero sólo es válido en el caso de truferas que no se labren.

En la zona de Perigueux y Provenza, en Francia, durante el verano se tapan muchas truferas con ramas de enebro retirándose al principio del otoño el grado de recubrimiento del quemado no suele sobrepasar el 50% de la superficie.



#### 4.4.6.2. Poda en verde

- Algunos trufficultores practican la poda en verde en las truferas. El método no está contrastado
- Es observación común en muchas zonas truferas que los años en los que las tormentas de verano descargan lluvias en forma de granizo suelen producirse buenas cosechas. Animados con esta idea tratan de imitar la naturaleza vareando las encinas truferas a fin de provocarle una defoliación dando a continuación un riego abundante.
- La cuestión está en saber hasta donde influye el riego y hasta donde la defoliación, incluso se apunta a que pudiera tener un efecto positivo el rápido enfriamiento del suelo provocado al fundirse el granizo. No se debe utilizar si no es con carácter experimental.

#### 4.4.6.3. Fertilizaciones

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

Los resultados de experiencias de abonado que conocemos son contradictorios y tan solo podría recomendarse en zonas especialmente pobres en fósforo un abonado con superfosfato de cal a razón de 150 kgr/Ha (15gr/m<sup>2</sup>). Los abonos orgánicos, estiércol, compost etc, son también desaconsejables ya que además de los elementos minerales que aportan incorporan una gran cantidad de micoflora de efectos desconocidos en las truferas.

El abonado únicamente puede plantearse como primordial cuando se trata de plantaciones nuevas. Tras los correspondientes análisis puede procederse a enmendar los suelos antes de dar comienzo a la plantación.

Puede ser de interés particular las enmiendas con calcio a fin de compensar la posible decarbonatación de suelos muy permeables en zonas calizas lluviosas en las que no existe caliza activa como consecuencia del lavado.

Se realizará preferiblemente con carbonato cálcico y si fuera además necesario incorporar fósforo se utilizará el superfosfato de cal.

La incorporación de calcio puede ser vital en plantaciones con riego en las que se produce un lavado del perfil del suelo.

#### 4.4.6.4. Plaguicidas, herbicidas y tratamientos fitosanitarios

La utilización de herbicidas se realiza en Francia, con relativa normalidad, por los seguidores de modelos intensivos trufficultura. En Italia no se recomiendan con el fin de defender la trufa como un producto plenamente compatible con el medio ambiente.

En España se utilizan muy poco ya que la salida de hierba suele estar bastante limitada por las sequías. Entre los más utilizados se encuentra el glifosato.



Lo más razonable es evitarlos al máximo, coincidiendo plenamente con la postura italiana.

La presencia de hongos patógenos, como el oidio o blanquilla, las fumaginas, royas etc no afecta prácticamente a la trufa y rarisima vez pone en peligro la vida del árbol.

En general ataques intensos de estas enfermedades sólo se producirán en situaciones de desequilibrio grave como: sequías muy intensas, exceso de humedad, podas excesivas etc. La única recomendación en caso de considerar inevitable un tratamiento es no utilizar fungicidas sistémicos que circulan por la savia y podrían alcanzar las micorrizas

En cuanto a ataques de insectos los ataques no son virulentos, tan solo la lagarta peluda (*Lymantria dispar*) puede producir defoliaciones de alguna consideración, que previamente pueden ser prevenidas con un insecticida de contacto poco persistente. También el *Coroebus* puede producir el secado de algunas ramas pero en general carece de importancia, aunque un eventual tratamiento es más difícil por ser un perforador que vive bajo la corteza de ramillas jóvenes.

El máximo perjuicio que sufren las truferas en Europa es el producido por el jabalí y los robos, y ninguno de los dos se tratan con pesticidas.

#### 4.4.7. SEGUIMIENTO DE LA PLANTACIÓN

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

El seguimiento de la micorrización supone:

- La recolección periódica de muestras
- Identificación de micorrizas
- Conservación de muestras
- Posibles actuaciones

##### Toma de muestras

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.

Existen dos métodos sencillos, recogidos por trabajos generales de algunos autores: el método de los sectores y el método global. El método de sectores se aplica principalmente a árboles de cierta edad y con quemados muy aparentes. 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.

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

Para el muestreo se requieren algunas herramientas e insumos básicos como hacha, tijeras, bidón de agua, bolsa o frascos rotulables, etiquetas, etc.

Elegido el ejemplar a muestrear, se inicia la búsqueda de raíces superficiales cavando a poco para no alterar considerablemente la tierra en torno al árbol. Luego 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. Los instrumentos necesarios son principalmente equipos de microscopía y algunos reactivos básicos.

#### 4.4.8. COSECHA DE TRUFAS

La recolección de trufas siempre ha sido problemática debido a que el cuerpo fructífero de *Tuber melanosporum* se desarrolla bajo el suelo. Las trufas se reproducen por medio de esporas las cuáles para su dispersión necesitan de algún agente externo ya que crecen bajo tierra. Por esta razón su estrategia de dispersión se basa en la emisión de un fuerte olor el que atrae a animales principalmente mamíferos y algunos insectos. Estos se alimentan de los carpóforos y dispersan las esporas. *Tuber melanosporum* emite un fuerte olor característico y este puede ser detectado incluso por humanos, sin embargo para localizar la ubicación exacta de cuerpos frutales en una trufera es necesario la asistencia de cerdos o perros adiestrados para la recolección. Otro método sorprendente, es la búsqueda de trufas mediante la mosca *Helomyza tuberifera*, la cual pone sus huevos en trufas maduras. La presencia de estas moscas sobre el suelo evidencia la presencia de trufas. Este sistema tiene adeptos en Francia, más en aficionados que profesionales ya que no es un sistema efectivo.

También hay que citar el uso de sensores electrónicos de aromas, se trata de aparatos aún en fase experimental basados en análisis de gases, la funcionalidad no está plenamente comprobada y su precio es muy alto. Por el momento este sistema no parece recomendable.

La búsqueda o “caza” de trufas con **perros** es la práctica más conveniente, así como la más adecuada en todos los sentidos y la única legalmente permitida. El perro puede ser de cualquier raza. Al igual que en la caza auténtica, el perro debe ir retenido por los órdenes del amo, no debe alejarse excesivamente y debe repasar cada uno de los sectores de la trufera cuando se le indique. Cuando el perro encuentra una trufa se detiene, olfatea el suelo, lo rasca un poco con las patas delanteras y espera moviendo la cola, que se acerque el amo solicitando una recompensa (algo de comer). El trufero con una especie de puñal especial, cuidadosamente desentierra la trufa, deja oler al perro y se le recompensa adecuadamente. Una vez extraída la trufa se vuelve a tapar el hoyo o pozo, siendo práctica normal enterrar un puñado de hojas o poner una piedra encima sin compactar excesivamente. Hay truferos que preparan su propio “compost” para incorporarlo en los hoyos de recolección.

La forma de adiestrar al perro no tiene ninguna complicación, es preferible entrenarlos desde jóvenes y especialmente para la búsqueda de trufas. En Europa se utilizan bastante perros pastores especialmente entrenados, aunque este puede ser de cualquier raza y tanto hembras como machos.

#### 4.4.9. ASPECTOS COMERCIALES

##### 4.4.9.1. Producto

Una desafortunada tendencia en la industria internacional de la trufa es el aumento de la sustitución de *Tuber melanosporum* con trufas de menor calidad tal como: *T.brumale*, *T.uncinatum*, *T.indicum*, *T.sinense* y *Tuber himalayense*. La diferencia de precio, la cual está en función de las cualidades organolépticas y el suministro son las fuerzas que motivan este aspecto indeseable de la industria.

Un ejemplo de esto es el mercado de trufas de origen Asiático (*T.indicum*, *T.sinense* y *Tuber himalayense*). Estas trufas procedentes principalmente desde China tienen muy poco valor culinario y por ende un precio mucho más bajo. El problema radica en que estas trufas están siendo utilizadas por algunos comercializadores y compañías procesadoras obteniendo cuantiosas ganancias financieras ya que éstas son muy difíciles de diferenciar morfológicamente de *T. melanosporum*. Por ejemplo, en productos tales como el foie gras, procesadores de alimentos para gourmet usan estas trufas chinas en trozos o enteras y le adhieren esencias sintéticas de trufa negra como aromatizante. Un etiquetado engañoso hace pasar estos productos como productos de *tuber melanosporum* con valor agregado los cuales logran muy altos precios. También sucede lo mismo con productos en conserva, en los cuales se usan también las trufas chinas y estas son aromatizadas con productos sintéticos o con licor preparado con *Tuber melanosporum*. En el mercado de producto fresco, una trufa (*T.melanosporum*) es usada para imbuir 1 Kg de trufa china con su aroma característico, el cual es perdido inmediatamente después del proceso de cocción.

Existen diferentes productos de *Tuber melanosporum*, uno de estos es la trufa negra entera y en fresco, la cual se vende embalada de diferentes formas según la distancia de envío y el cliente/mercado quién recibe el producto. Normalmente se embala dando una apariencia rústica, lo cual es muy considerado. Para esto se usan paja y canastos plásticos o en pequeñas cajas de madera selladas en plástico. Debido a su fuerte aroma y su alto precio las trufas son mayormente usadas como condimentos por los chefs y gourmets en trozos muy finos. Cualquier plato condimentado con trufa como mínimo dobla el precio de un plato normal en Europa.

Otros productos son las trufas en conserva las cuales son usadas principalmente en el mercado fuera de estación de Europa (Marzo a Diciembre), donde el producto fresco no está disponible. La venta y consumo fuera de estación de trufas en conserva constituye alrededor del 60% del volumen del mercado de trufas consumidas. También existen otros productos derivados de trufas, tal como el foie gras, terrines, aceites, pastas y salsas, donde *T.melanosporum* es utilizado como aromatizante y condimento. Todos estos productos derivados y en conserva alcanzan muy altos precios en comparación al producto fresco.

##### 4.4.9.2. Demanda

La demanda por *T. Melanosporum* y otras trufas ha aumentado considerablemente desde la última parte del siglo XX. La combinación entre el aumento de la demanda y la caída de la producción ha provocado que se mantengan altos precios para este producto. Es interesante apuntar que en años de real escasez el precio promedio no aumenta



necesariamente. Esto se debe principalmente a las condiciones subóptimas lo que resulta en una baja calidad de trufas.

Debido a que casi el total de la producción mundial proviene de Francia, España e Italia, el total producido por estos países puede ser usado para estimar el tamaño del mercado mundial. Sin embargo es muy difícil estimar la demanda debido a la falta de información fidedigna y la poca transparencia de los mercados principalmente en España e Italia, además existe un gran secretismo en el sector.

La producción de trufa silvestre se reduce cada año por causas mencionadas anteriormente, por lo cual se necesitarán producciones para abastecer el mercado que solo podrán venir de las plantaciones, por ello a diferencia de otros sectores, el futuro pasa por producir más, pues el mercado absorbería mayores producciones sin ningún problema, manteniendo precios razonablemente altos, de hecho Francia podría absorber mayores cantidades de trufa, sin tener en cuenta que existen potenciales mercados de alto poder adquisitivo como U.S.A. y Japón.

#### 4.4.9.3. Precios

Desde año a año, los precios pagados a truficultores varían debido a la disponibilidad y calidad de las trufas.

Los precios aproximados del kilogramo de trufa fresca en los últimos años han sido los siguientes:

|                |                                                      |
|----------------|------------------------------------------------------|
| Años 60:       | 800-1000 pesetas/kg                                  |
| Años 70:       | 1000-5000 pesetas/kg                                 |
| Años 80:       | 5000-24000 pesetas/kg                                |
| Años 90-95:    | 30000 pesetas/kg                                     |
| Campaña 95-96: | 35000 pesetas/kg                                     |
| Campaña 96-97: | 19000 pesetas/kg con variaciones entre 10000 y 30000 |
| Campaña 97-98: | 19000 pesetas/kg oscilando entre 8000 y 30000        |
| Campaña 98-99: | 30000 pesetas/kg alcanzándose las 85000 pesetas/kg   |

En la campaña (2000/2001) actual en Europa los precios han oscilado alrededor de US\$600/kg.

Una oferta de trufa fresca fuera de temporada desde el hemisferio sur podría lograr en Europa un precio mayor. 1000 US\$/Kg podría ser una cifra bastante alcanzable, dependiendo de la disponibilidad y calidad. La producción de trufa fresca fuera de temporada competiría por precios directamente con la trufa en conserva usada en Europa, además la calidad es muy superior.

#### 4.4.9.4. Comercialización

Tradicionalmente, la distribución de trufas fué iniciada por truficultores, quienes entregaban en mercados claves tales como Lalbenque, carpentras, Richerenches, Valréas y Aups en Francia. En estos mercados, agentes, Propietarios de Restaurants, Distribuidores y Gourmets compran directamente a los vendedores siendo las transacciones con pago en efectivo. El producto fresco es presentado en canastos, no permitiéndose la manipulación de las trufas y el comprador solo puede ver la apariencia y



oler el aroma del producto. Los mercados más tradicionales en Francia, España e Italia funcionan casi de la misma forma, sin embargo hay una tendencia a comprar a suministradores individuales, donde los contratos son negociados con los truficultores preferidos.

Por otra parte en otros países fuera de Europa, donde no existen mercados tradicionales, las trufas importadas o las pequeñas cantidades cultivadas localmente (Ej: Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia) son normalmente manejadas por Empresas de alimentos para gourmets.

A nivel internacional el comercio de trufas está controlado casi totalmente por Francia, absorbiendo prácticamente toda la producción española y parte de la italiana.

En España el sector trufero está en pleno auge, debido en parte a que es el mayor productor mundial. El comercio se realiza entre buscadores e intermediarios que compran para exportadores, aunque estos últimos también compran directamente a los buscadores. En Italia también ocurre algo parecido, ya que la exportación está totalmente controlada por muy pocas empresas, incluso la importación en Italia, se puede decir que está controlada por una sola empresa, como es Urbani.

La mayor parte de la comercialización en España es realizada en su totalidad por nueve empresas siendo las comunidades de Valencia y Cataluña las que más volumen de comercialización registran, siendo Cataluña la región más avanzada con respecto a la legislación vigente de este producto.

#### **4.4.10. TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS**

Es preciso indicar que la producción en España sufre considerables variaciones de un año a otro debido, a que está sujeta a la variación climática (excepto alguna excepción), ya que se obtiene casi totalmente de la producción silvestre. Esta situación no ocurre en Francia e Italia debido a que la truficultura es una actividad ya constituida y en producción controlada, teniendo un gran apoyo tanto técnico como financiero por parte de los poderes públicos; así nos encontramos como los avances más importantes en truficultura son llevados a cabo por el INRA francés, aunque hay que reconocer que en España, desde hace unos 4 años, se están llevando a cabo muchos estudios por parte de Universidades y centros de investigación. También las plantaciones en España se han desarrollado bastante desde hace unos cuatro años, destacando las provincias de Tarragona, Castellón, Valencia, Teruel, Soria y Navarra, donde se han implantado truferas artificiales con superficies que varían entre 1 a 8 has. Cabe destacar en España la plantación trufera de Arotz-Catesa en Soria con una superficie de 680 has, siendo actualmente la plantación más grande del mundo.

La truficultura a nivel mundial está atravesando por un período crítico, debido principalmente a problemas de carácter legislativo, técnico y científico. Hasta ahora, la ciencia ha permitido dar dos grandes pasos adelante: el primero se remonta a principios del siglo pasado, a raíz de descubrirse la dependencia y relación de la trufa con la planta simbiote y, el segundo, cuando se consiguió producir artificialmente las plantas micorrizadas. El tercer paso adelante se dará cuando la ciencia permita evitar los errores en la selección de los ambientes aptos para plantaciones y cuando se hayan validado las técnicas de cultivo trufero apropiadas para las distintas condiciones de suelo y clima. Sólo entonces se podrá garantizar el éxito en la producción de las truferas de cultivo.

La experiencia en Europa muestra que las mismas plantas cultivadas de distinta forma y en distintos ambientes pueden comportarse de manera diametralmente opuesta. Esto significa que el ambiente y las técnicas de cultivo son decisivos para el éxito de la producción. Las investigaciones en materia de requisitos bioclimáticos y de cultivo de la trufa son sin embargo complejas y deben abordarse con el mayor rigor científico, actuando de manera coordinada.

Es extremadamente importante que los investigadores se interesen en los problemas relativos a la ecología y a las técnicas de cultivo de las diversas especies trufas con vistas a afrontar y resolver los actuales problemas de la truficultura.

Los planes para dar un nuevo impulso a la truficultura, han definido las bases de la truficultura del futuro, admitiendo como pilares básicos de dicha actividad la investigación y la experimentación. Se puede esperar en Europa una mejora importante de las plantas trufas del futuro, basada en la selección y multiplicación de plantas “campeonas” y de ecotipos de trufas. Dentro de unos años se conseguirán los primeros resultados de las primeras plantaciones de clones micorrizados. Además, la mejora de los métodos de control permitirá, obviamente, contar con una mayor calidad de las plantas trufas.

La truficultura del siglo XXI se fundamenta también en la cooperación nacional e internacional. En el congreso celebrado en Aix en Provence en 1999, Francia tomó la iniciativa para la puesta en marcha de un programa de cooperación, en el que se integrasen España, Italia y Francia. Dicha cooperación ofrece perspectivas interesantes para el progreso del cultivo de trufa, que se desarrolla fundamentalmente en Europa del sur, aunque también últimamente se ha introducido en países como Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia donde hoy en día su producción comienza.

## **5. APLICABILIDAD**

Actualmente en Chile, la truficultura es una actividad no desarrollada pero con grandes proyecciones, de hecho existe un denotado interés por parte de agricultores, instituciones públicas y privadas, profesionales y técnicos para su posible adaptación e incorporación al sector productivo como un nuevo rubro. Actualmente en nuestro país ya existen algunas plantaciones piloto de avellano europeo micorrizado con trufa, en la VI y VII Región, sin embargo esta iniciativa privada aún no tiene resultados productivos, además las tecnologías utilizadas permanecen bajo secreto comercial.

El desarrollo de estas iniciativas en Chile, al igual que otras desarrolladas en países como Nueva Zelanda, Estados Unidos y Australia, donde actualmente ya se está produciendo trufa, nos da buenos precedentes para determinar la factibilidad de adopción en nuestro país de las tecnologías involucradas, su transferencia y posterior incorporación al sector productivo con énfasis en los pequeños y medianos agricultores.

Cabe destacar, que el primer paso crítico para establecer y desarrollar la truficultura en Chile, es la adaptación y desarrollo de tecnologías para implementar un sistema de producción de plantas inoculadas con trufa negra. Este punto es de vital importancia ya que la entrada en producción de una plantación trufera tarda entre 6 y 10 años, por lo cual se debe asegurar la calidad en el proceso de inoculación en vivero, donde es factible que se contamine la producción con especies sin interés comercial. Debido a esto, es de vital importancia desarrollar un proceso de inoculación y producción en vivero, que sea capaz



de evitar estas contaminaciones, protegiendo la integridad del rubro, ya que cualquier producto con una inadecuada calidad podría ser antieconómico para los agricultores.

Existen actualmente las tecnologías disponibles para estos procesos, sin embargo la mayoría de las técnicas permanecen bajo secreto comercial en algunos países, principalmente bajo patentes de algunas empresas privadas y viveros especializados en Europa. Por otra parte existen instituciones y centros de investigación en Europa (España) que trabajan en estas líneas, donde ya se han establecido contactos y compromisos de cooperación, asegurando los apoyos técnicos para adoptar y desarrollar las tecnologías en nuestro país.

El proceso de adaptación, desarrollo e incorporación de las tecnologías de producción de planta micorrizada debe proyectarse a mediano plazo. Esta etapa resulta ser la menos rentable pero a la vez la más crítica, siendo la que requiere de mayor inversión, por lo cual se requerirá de apoyo del gobierno para asistir en su establecimiento.

Al igual que el desarrollo de un proceso de inoculación, para establecer y desarrollar la truficultura en Chile, resulta de gran importancia seleccionar las zonas más adecuadas, de acuerdo a las exigencias ecológicas tanto del hongo como de las especies simbiotes. Esto requiere de un estudio detallado de las condiciones climáticas y edáficas encontradas en Chile, ajustando las áreas de cultivo a las condiciones encontradas en los lugares de origen en Europa. De acuerdo a información preliminar, zonas con potencial para la truficultura en Chile pueden encontrarse en la zona central, principalmente entre la VI y VIII Región, Aunque también puede extenderse a áreas más al sur (XI Región) y hacia el norte (Región Metropolitana). En cuanto a los requerimientos de suelo para la trufa, los cuales obligadamente deben ser calizos, estos pueden encontrarse en la región Metropolitana (Valle del Maipo) y VI Región, sin embargo las necesidades pluviométricas en estas zonas deben ser complementadas mediante riego. Más al sur VII y VIII región se encuentran zonas con una climatología más adecuada, pero difícilmente encontraremos suelos calcáreos, por esta razón cualquier cultivo trufero debe considerar enmiendas calizas para corregir este déficit. Cabe destacar que la truficultura es muy poco exigente en cuanto a fertilidad de suelos, además se puede desarrollar en un rango amplio de temperaturas y pluviometría, Esto resulta interesante ya que se pueden establecer cultivos en zonas más cordilleranas y en suelos marginales para la agricultura tradicional, no compitiendo por suelos con cultivos intensivos.

Nuestro país presenta una flora única, con sólo algunas especies que forman ectomicorrizas, principalmente especies del género *Nothofagus* y algunas otras especies nativas. La expansión de plantaciones industriales como el pino radiata y eucaliptus, podría aumentar la incidencia de hongos ectomicorrícicos, los cuales pueden competir con nuevas especies introducidas, pero aún hay muchas áreas donde la flora fúngica es escasa o nula, principalmente en los suelos utilizados por la agricultura tradicional. La elección exacta de las áreas con potencial para desarrollar la truficultura en Chile requerirá de un estudio edafoclimático más detallado, lo cual debe considerarse a la hora de establecer cualquier cultivo trufero.

Los diferentes requerimientos de desarrollo, de las especies arbóreas comerciales usadas en truficultura, proporcionan una oportunidad para seleccionar las especies huésped adaptadas a condiciones locales de crecimiento, manteniéndose dentro de los rangos específicos de *Tuber melanosporum*. En cuanto a este punto, cabe destacar que en Chile existen algunas especies ya adaptadas a nuestras condiciones ecológicas como por



ejemplo *Quercus robur*, esto nos podría asegurar la disponibilidad de semillas para una producción de planta micorrizada con ecotipos locales.

El desarrollo de técnicas de cultivo adaptadas a condiciones locales, es un factor fundamental para desarrollar la truficultura en Chile, que podría asegurar en cierta forma el éxito de las plantaciones. La mayoría de las técnicas que han sido desarrolladas principalmente en Europa, están disponibles hoy en día, y su factibilidad de adopción en nuestro país es alta. Sin embargo, es primordial un proceso de adaptación donde deben ensayarse las distintas técnicas en función de distintos factores, como las condiciones ecológicas encontradas y las especies simbiotes a utilizar. Este proceso de adaptación debe realizarse con el mayor rigor científico y técnico, lo cual debe ser proyectado a largo plazo para poder establecer con éxito las bases tecnológicas para un cultivo comercial en Chile.

Será imprescindible en nuestro país el apoyo financiero por parte del gobierno, principalmente en las primeras etapas de desarrollo, además se requerirá de apoyo por parte de Instituciones privadas, Investigadores, Agricultores y profesionales, actuando de manera coordinada para canalizar los esfuerzos, con miras al establecimiento exitoso de una nueva industria rural.



## 6. CONTACTOS ESTABLECIDOS:

| Institución/Empresa                   | Persona de Contacto    | Cargo/Actividad                             | Fono/Fax                | Dirección                               | E-mail                       |
|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|
| Particular                            | Bernardo Parra Leiva   | Académico/retirado U.católica de Valparaíso | 34-502499               | Los alamos Norte s/n casilla 8 Putaendo |                              |
| Indap/Linares                         | Octavio Medel          | Asistente Técnico                           | 73-                     |                                         | fmedel@indap.cl              |
| Indap/San Bernardo                    | Mireya Gonzalez        |                                             | 02-273885               |                                         |                              |
| Indap/San clemente                    | Flavio Vega            |                                             | 71-621710               |                                         | fvega@indap.cl               |
| Indap/San clemente                    | Julio Cáceres          |                                             | 71-621710               |                                         | jcaceres@indap.cl            |
| Indap/San Felipe                      | Myriam Fernandez       |                                             | 34-510392               |                                         | myfernandez@indap.cl         |
| Indap/San Felipe                      | Omar Gonzalez F.       | Jefe provincial                             | 34-510392<br>34-518414  | Merced 219 San Felipe                   | ogonzalez@indap.cl           |
| Coinpec Chile Ltda.                   | Ana María Noda         |                                             |                         |                                         | yuminoda@cyberplanet.cl      |
| Particular/Consultor                  | Hector Flores          | Gerente                                     | 09-8839264<br>2-2873885 |                                         | n_aedo@uol.cl                |
| Univ.de Talca/Inst. Biología Vegetal  | Carlos Cisterna        | Académico/Investigador                      | 71-200275               | Avda Lircay S/N                         | ccistern@pehuenche.otalca.cl |
| Serv.Pucalán Sur Ltda                 | Juvenal Bravo          | Representante de Ventas                     | 71-262941               |                                         | Puctalca@tnet.cl             |
| Infor/Coihaique                       | Raul Morales           | Director Sede                               | 67-233585               |                                         | rmorales@infor.cl            |
| Soc. Agrícola y Frutícola San Esteban | Julio Figueroa         | Director                                    | 481157                  | Los Camus 250 San Esteban (Los Andes)   |                              |
| Inia/Quilamapu                        | Pablo Gran Beretta     |                                             | 42-209700               |                                         | PGran@quilamapu.inia.cl      |
| Inia/Quilamapu                        | Mónica Cortés          |                                             | 42-209736               |                                         | mc@quilamapu.inia.cl         |
| Particular                            | Jaqueline Kleinstorber |                                             | 67-232756               | Coihaique                               |                              |
|                                       |                        |                                             |                         |                                         |                              |
|                                       |                        |                                             |                         |                                         |                              |

## **7. DETECCIÓN DE NUEVAS OPORTUNIDADES Y ASPECTOS QUE QUEDAN POR ABORDAR:**

De acuerdo a los objetivos planteados, se considera de gran importancia para el desarrollo de la truficultura en Chile establecer convenios de cooperación con instituciones extranjeras que trabajen en estas líneas, además de realizar esfuerzos cooperativos con investigadores y profesionales de otros países para intercambiar experiencias y a la vez obtener información actualizada de los avances en el rubro. Otro punto de interés es la participación de productores, investigadores, profesionales y técnicos en giras tecnológicas, congresos y ferias relativas a este rubro.

Uno de los aspectos principales que queda por abordar para el desarrollo de la truficultura en Chile es conseguir la participación directa de productores en un proyecto I+D cooperativo, donde se canalicen todos los esfuerzos y sinergias posibles para incorporar las tecnologías al ámbito productivo. De gran importancia es realizar un estudio para determinar las mejores áreas de cultivo en Chile en relación a los requerimientos ecológicos de la trufa y las especies simbióticas, además de la adaptación de técnicas de cultivo a condiciones locales de crecimiento.

## **8. RESULTADOS ADICIONALES:**

Además de los conocimientos tecnológicos capturados, se consiguió mediante el desarrollo de la consultoría establecer un convenio de cooperación entre la Universidad Católica del Maule y el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) (Ver Anexo 1). Este convenio respaldará un acuerdo de cooperación tecnológica y científica suscrito entre ambas partes para el desarrollo y ejecución de un proyecto I+D sobre truficultura.

También se logró establecer importantes contactos con Instituciones Públicas y Privadas en Chile, además de los contactos establecidos con Agricultores y profesionales para realizar acuerdos de cooperación con miras al desarrollo de un proyecto en Chile. Este proyecto actualmente está en la etapa de formulación por parte de la Universidad Católica del Maule y el CEAM (España), lo cual pretende ser el primer esfuerzo serio para impulsar y desarrollar la truficultura en Chile.

## 9. MATERIAL RECOPIADO:

| Tipo de Material       | Nº Correlativo | Caracterización (título)                                                                                                       |
|------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Artículo               | 1              | Control de Calidad en la planta micorrizada con <i>Tuber melanosporum</i> producida por viveros comerciales                    |
| Artículo               | 2              | Un nuevo método de inoculación de <i>Quercus ilex</i> por <i>Tuber melanosporum</i> Vitt.                                      |
| Artículo               | 3              | Estudio de las ectomicorrizas en una trufera cultivada situada en Oloriz (Navarra)                                             |
| Artículo               | 4              | Ectomycorrhizae occurring in hazel, oak and evergreen oak in a cultivated truffle bed along 4 sampling years                   |
| Artículo               | 5              | Ectomycorrhizal morphotypes identified in two sites in a <i>Quercus ilex</i> Subsp. <i>Ballota</i> . Forest in Navarra (Spain) |
| Artículo               | 6              | Aspectos sobre truficultura en Navarra, España.                                                                                |
| Artículo               | 7              | Análisis de micorrizas en trufieras cultivadas de Navarra, España.                                                             |
| Libro (Tesis Doctoral) |                | Aproximación a una selvicultura trufera                                                                                        |
| Libro                  |                | 1as Jornadas Internacionales sobre Truficultura en Aragón                                                                      |
| Libro                  |                | Jornadas de Truficultura (Viver, El Toro, Castellón)                                                                           |
| Libro                  |                | La truffe, la terre, la vie                                                                                                    |
| Libro                  |                | La truffe: Guide pratique                                                                                                      |
| Libro                  |                | Trufa, Truficultura y Selvicultura trufera                                                                                     |
| Libro                  |                | Guía práctica de truficultura                                                                                                  |
| CD (Compact Disc)      |                | Presentaciones Powerpoint con Fotografías e imágenes (CEAM/S.Reyna)                                                            |
| Dípticos               |                | Truficultura: Desarrollo y Perspectivas del cultivo de trufa negra ( <i>Tuber melanosporum</i> ) para la zona central de Chile |



## 10. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### 10.1. Organización antes de la llegada del consultor

a. Conformación del grupo proponente

\_\_\_\_\_ muy difícil \_\_\_\_\_ ☒ sin problemas \_\_\_\_\_ algunas dificultades

(Indicar los motivos en caso de dificultades)

b. Apoyo de la Entidad Responsable

☒ bueno \_\_\_\_\_ regular \_\_\_\_\_ malo

(Justificar)

c. Trámites de viaje del consultor (visa, pasajes, otros)

☒ bueno \_\_\_\_\_ regular \_\_\_\_\_ malo

d. Recomendaciones (señalar aquellas recomendaciones que puedan aportar a mejorar los aspectos administrativos antes indicados)

### 10.2. Organización durante la consultoría (indicar con cruces)

| Ítem                                        | Bueno                               | Regular | Malo |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|---------|------|
| Recepción del consultor en el país o región | <input checked="" type="checkbox"/> |         |      |
| Transporte aeropuerto/hotel y viceversa     | <input checked="" type="checkbox"/> |         |      |
| Reserva en hoteles                          | <input checked="" type="checkbox"/> |         |      |
| Cumplimiento del programa y horarios        | <input checked="" type="checkbox"/> |         |      |
| Atención en lugares visitados               | <input checked="" type="checkbox"/> |         |      |
| Intérpretes                                 |                                     |         |      |



## **11. EVALUACION DEL CONSULTOR:**

El consultor Dr. Santiago Reyna Domenech constituyó un gran aporte para los objetivos de la propuesta y a la vez para tener un conocimiento cabal del rubro y de sus potenciales aplicaciones en Chile. Sus experiencias y conocimientos además de sus trabajos junto a otros investigadores de relevancia mundial, nos ha permitido tener una visión mucho más amplia del tema además de conocer los últimos avances en el rubro con miras a su desarrollo en Chile. Su capacidad profesional y técnica es alta además de su capacidad de interacción con agentes del sector a todos los niveles, lo cuál nos ha satisfecho totalmente.

## **12. INFORME DEL CONSULTOR: (Anexo 2)**

## **13. CONCLUSIONES FINALES**

Se puede concluir que existe una excelente oportunidad para establecer y desarrollar el cultivo de trufa negra como una alternativa productiva y de negocio para el sector silvoagropecuario en Chile. Los puntos claves son los siguientes:

### **CONSIDERACIONES TECNICAS**

- Chile presenta una gran diversidad edafoclimática, lo cual podría asegurar en gran medida, que las condiciones de suelo y clima más adecuados para la trufa, pueden ser encontradas en la zona centro-sur del país, especialmente donde la precipitación natural puede ser complementada mediante irrigación.
- Chile presenta una flora única con solo unas pocas especies formando ectomicorrizas, principalmente especies del género *Nothofagus* y algunas otras especies nativas. La expansión de plantaciones industriales como el pino radiata y eucaliptus, podría aumentar la incidencia de hongos ectomicorrícicos, los cuales pueden competir con nuevas especies introducidas, pero aún hay muchas áreas donde la flora fúngica es escasa o nula, principalmente en suelos utilizados por la agricultura tradicional.
- Existe una buena oportunidad para desarrollar el cultivo y producción de trufa negra en Chile, basado en la tecnología disponible, su factibilidad de adopción en nuestro país y el desarrollo de esquemas de certificación que aseguren la calidad de la producción.
- El establecimiento y desarrollo de la truficultura en Chile debiera ser capaz de evitar la contaminación y substitución de *Tuber melanosporum* por especies sin interés comercial, mediante acciones preventivas y controles estrictos del proceso productivo.
- El cultivo de la trufa negra es una actividad amigable con el medioambiente, además se presenta como una alternativa interesante desde el punto de vista productivo, ya que es adecuado en áreas marginales a los cultivos intensivos, siendo un complemento de rentas para los agricultores y a la vez diversifica la producción.



## CONSIDERACIONES ECONOMICAS

- Producir trufa negra en Chile, otorga una excelente oportunidad de negocio para el sector silvoagropecuario, especialmente en zonas marginales para la agricultura tradicional, donde ésta ya no presenta una adecuada rentabilidad.
- Existe en Chile la oportunidad de producir Tuber melanosporum fresco, fuera de temporada, donde el producto estaría disponible desde Marzo a Septiembre. Una producción en Chile no afectaría el tradicional y bien establecido mercado de la trufa fresca en el hemisferio Norte, el cual normalmente funciona desde Noviembre a Marzo.
- Existe un casi ilimitado potencial de mercado para una oferta de trufa fresca desde Chile, como un sustituto vastamente superior a las trufas en conserva usadas en Europa, Asia y USA, las cuales logran precios muy altos.
- Para proteger sus intereses, los mercados Europeos de trufa en conserva podrían poner resistencia al ingreso de trufa fresca desde Chile. Incluso si tales barreras fueran exitosas, los mercados asiáticos podrían consumir toda una posible producción desde Chile.
- Nuestro país podría competir directamente con Nueva Zelanda y Australia, donde su producción esta comenzando ahora. Sin embargo su oferta aún es demasiado pequeña como para ser una amenaza, además la demanda actual y proyectada en los mercados del hemisferio norte va en constante aumento debido a la drástica caída que ha tenido la producción natural en Europa.
- El tiempo requerido para establecer la producción comercial de trufa en Chile y las distintas rentabilidades que se pueden lograr, indican la necesidad de establecer un sistema productivo en tres etapas separadas con tres separados y posiblemente independientes grupos de beneficiarios: Inoculación, Cultivo en campo y comercialización.
- La etapa de inoculación y establecimiento, la cual es la menos rentable pero a la vez la más crítica etapa, para una producción comercial en Chile, requerirá de apoyo del gobierno e instrumentos de financiamiento, que faciliten la incorporación al sistema productivo nacional.
- Para proteger la integridad de una industria y asegurar la producción de trufa con calidad certificada, será crítico disponer de un proceso de inoculación capaz de garantizar la calidad de los árboles que se distribuyan a los agricultores junto con la información necesaria y una adecuada asistencia técnica. De otra forma un producto de inadecuada calidad podría ser antieconómico para los agricultores.

Fecha: 5 de Marzo

Nombre y Firma coordinador de la ejecución:

Francisco Pérez Muñoz

AÑO 2001



### ASISTENTES A ACTIVIDAD DE DIFUSIÓN DE LA CONSULTORÍA

FECHA:

| Nombre                               | Actividad                                                                        | Institución o Empresa                                 | Teléfono                 | Firma |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|-------|
| Omar Gonzalez (persona contacto)     | Reunión / Dir. Provincial Indap                                                  | Indap/San Felipe                                      | 34-510392                |       |
| Julio Figueroa (persona contacto)    | Charla a productores (11 participantes)                                          | Sociedad Agrícola y Frutícola San Esteban (Los Andes) | 34-481157                |       |
| Francisco Juanicotena D.             | Charla                                                                           | Prodesal (Los Andes)                                  | 32-755917                |       |
| Omar Gonzalez (Dir.Provincial Indap) | Reunión Municipalidad de Putaendo (Prodesal+extensionistas Indap y agricultores) | Prodesal Indap/San Felipe (15 participantes)          | 34-510392                |       |
| Hector Flores (persona contacto)     | Visita a productores (Chada/Hospital) 10 participantes                           | Consultor Indap San Bernardo                          | 09-8839264<br>02-2873885 |       |
| Henio Aguirre (Persona contacto)     | Visita Productores Charla (16 personas)                                          | Ocac Ltda. Teno                                       | 75-411993                |       |
| Carlos Cisterna Lagos                | Charla (Presentación Técnica UCM)                                                | Univ. De Talca / Inst. Biología Vegetal               | 71-200275                |       |
| Matilde Codina Gonzalez              | Charla (Presentación Técnica UCM)                                                | Particular/consultor                                  | 71-220175                |       |
| Carmen Díaz Salas                    | Charla (Presentación Técnica UCM)                                                | Profesional/Serv.País                                 | 71-263403                |       |
| Silvana Días Salas                   | Charla (Presentación Técnica UCM)                                                | Particular/Profesional                                | 71-263403                |       |
| Mónica Cortés                        | Charla (Presentación Técnica UCM)                                                | INIA Quilamapu                                        | 42-209736                |       |
| Carlos Correa Mundaca                | Charla (Presentación Técnica UCM)                                                | Profesional/Serv. País                                | 09-6908043               |       |



|                         |                                          |                               |                          |  |
|-------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--|
| Pablo Gran Beretta      | Charla (Presentación Técnica UCM)        | INIA Quilamapu                | 42-209700                |  |
| Pablo Gran Allende      | Charla (Presentación Técnica UCM)        | INIA Quilamapu                | 42-209700                |  |
| Ana Cristina Silva      | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Particular                    | annacristina@icqmail.com |  |
| Marcelo Pérez           | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Particular                    | 73-322084                |  |
| Jorge Reina Fierro      | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Particular                    | 71-294752                |  |
| Octavio Medel           | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Indap/Linares                 | 73-210280                |  |
| Sergio Basoalto         | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Particular                    | 09-8766207               |  |
| Flavio Vega             | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Indap/San Clemente            | 71-621710                |  |
| Marcelo Marchant        | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Centro de Gestión Empresarial | 71-215884                |  |
| Eduardo Pozo            | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Centro de Gestión Empresarial | 09-8183830               |  |
| Aurora Fuentes Jara     | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Indap                         | 09-6391856               |  |
| Marcelo Opazo           | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Particular                    | 73-556022                |  |
| María Alejandra Rojas   | Charla (Presentación Técnica UCM)        |                               | 71-213621                |  |
| José Muñoz Contardo     | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Indec Ltda.                   | 71-214499                |  |
| Carlos Molina           | Charla (Presentación Técnica UCM)        | Particular                    |                          |  |
| Jacqueline Kleinstorber | Reunión y Visita a Productor (Coyhaique) | Particular                    | 67-232756                |  |
| Raul Morales            | Reunión y Visita a Productor (Coyhaique) | Infor/Coihaique               | 67-233585                |  |



# ANEXO 1

# **CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA FUNDACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL MEDITERRÁNEO (ESPAÑA) Y LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL MAULE (CHILE)**

## **REUNIDOS**

De una parte, el Sr. José Antonio Valdivieso Rodríguez, Rector (S), en nombre y representación de la Universidad Católica del Maule, Rut: 71.918.300-K, con domicilio en Avenida San Miguel N° 3605 de la ciudad de Talca.

Y la otra, el Dr. Millán Millán Muñoz, Director Ejecutivo, de la Fundación de la Comunidad Valenciana, en nombre y representación de la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, CIF G-46957213, con domicilio en la calle Charles Darwin, Parque Tecnológico, Paterna .

## **EXPONEN**

La Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo es una Fundación inscrita en el Registro de Fundaciones de la Comunidad Valenciana con la referencia 93(V), y en el Registro de Centros de Innovación y Tecnología, de Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, con el número 30.

Entre las finalidades de la Fundación está la de estudiar los procesos físicos, químicos, geológicos y biológicos naturales en condiciones geográficas mediterráneas, para su conocimiento y para la comprensión de las consecuencias de la actividad humana sobre los mismos, mediante la promoción y desarrollo tecnológicos, entre los que se encuentran la investigación forestal.

Que ambas partes pretenden colaborar en el citado campo de investigación, y a tal efecto, acuerdan celebrar este convenio con arreglo a las siguientes.



## CLÁUSULAS

**PRIMERA** : 1) El objeto de este convenio es establecer el marco de colaboración entre la UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL MAULE y la FUNDACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL MEDITERRÁNEO en los aspectos de la investigación y formación en materia de medio ambiente.

2) En concreto, los objetivos de este convenio son:

- o Promover las relaciones de carácter científico y tecnológico entre la FUNDACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL MEDITERRÁNEO y la UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL MAULE.
- o Desarrollar actividades de investigación, de desarrollo tecnológico y formación en materias de interés común de ambas instituciones.
- o Fomentar la relación entre los profesores y los estudiantes de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL MAULE y la FUNDACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL MEDITERRÁNEO.
- o Participación del personal dependiente de una de las Instituciones, en la ejecución de programas y proyectos de investigación que desarrolle la otra, en los términos que se establezca en cada caso.
- o Fomentar el intercambio recíproco de información de temas de investigación, libros, publicaciones y otras materias de interés entre ambas instituciones.
- o Fomentar el debate en intercambio de experiencias sobre aquellos temas que pueden beneficiar ambas instituciones
- o Organización de seminarios y otros congresos en temas específicos.



**SEGUNDA** Los términos en que se concretará cada una de las colaboraciones se establecerá en un documento específico en el que se detallarán los efectos económicos y de la propiedad intelectual e industrial, en su caso.

### TERCERA

Para el seguimiento de la ejecución científica y, especialmente, la adecuada coordinación de las actividades derivadas de este convenio, las partes designan respectivamente a:

Por la Universidad Católica del Maule Sr. Raúl Fuentes Fuentes, Director Oficina de Planificación, Vinculación y Autoevaluación.

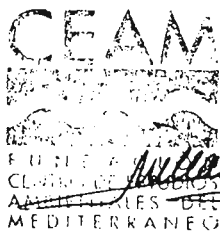
Por la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo Dr. V. Ramón Vallejo Calzada, Director Ejecutivo.

### CUARTA

Este acuerdo entrará en vigor en el momento de su firma y tendrá una duración de seis años renovables automáticamente, si ninguna de la dos partes no lo comunica a la otra con seis meses de antelación.

Esta decisión no afectará a la duración de los convenios específicos.

Leído y hallado conforme, es firmado por ambas partes en cuatro ejemplares, en la fecha y lugar antedichos, y a un solo efecto, quedando dos de ellos en cada una de las Instituciones.



**FDO. DR. MILLÁN MILLÁN  
MUÑOZ  
DIRECTOR EJECUTIVO  
FUNDACIÓN DE LA  
COMUNIDAD VALENCIANA**



**FDO. SR. JOSÉ ANTONIO  
VALDIVIESO RAMÍREZ  
RECTOR(S)  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL  
MAULE**





## ANEXO 2

## **INFORME Y RECOMENDACIONES EN RELACION CON LA INTRODUCCIÓN Y EL CULTIVO DE *TUBER MELANOSPORUM* (Vitt.) EN CHILE**

El presente informe se realiza de acuerdo con los requerimientos de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) del Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile dentro del Programa de Consultores Calificados en colaboración con la Universidad Católica del Maule. Este informe es complementario de la documentación entregada tanto en soporte informático como gráfico.

### **Interés en la truficultura.**

En primer lugar hay que destacar que se ha apreciado en Chile un alto interés en la truficultura tanto en los ámbitos técnicos y científicos como en la iniciativa privada. En este sentido se ha tenido contacto con agricultores particulares, empresas forestales etc. que ya conocían y estaban interesados en la truficultura. Igualmente se aprecia un alto interés en el colectivo de técnicos agrícolas y forestales de INDAP, INIA e INFOR que asistieron a las citadas reuniones programadas por la **Universidad Católica del Maule** y celebradas en diversas localidades de la zona central del país.

Existen iniciativas truferas con gran interés como la visitada en Coyahique en la que ya se ha desarrollado un vivero que está pendiente de inoculación micorrízica con trufa, por último nos llegaron noticias de plantaciones de cierta extensión en la VI Región.

En definitiva, la truficultura es una actividad claramente emergente en Chile que es conveniente canalizar y potenciar de forma adecuada, empleando todos los recursos y las sinergias posibles.

### **Consideraciones sobre las posibilidades de la truficultura en Chile**

Al contrario de lo sucede con el viñedo, naranjo, palta etc. la truficultura no es, por el momento, una técnica agrícola dominada al 100% por ningún país, existen limitaciones y prueba de ello son los elevadísimos precios que tiene el producto. Para superar estas limitaciones la truficultura Chilena, en principio, debe tratar de ajustar las áreas de cultivo lo más estrictamente posible a las condiciones ecológicas identificadas para el hongo en Europa, tanto desde el punto de vista climático como edáfico, aunque, como se indica más adelante, no debe olvidarse una posible expansión experimental en áreas marginales.

Chile reúne grandes posibilidades en truficultura. Los gradientes climáticos de norte a sur y de este a oeste, con aumento de la altitud, asegura la existencia de áreas climáticas óptimas que podrán localizarse a partir de los estudios correspondientes. De acuerdo con la información disponible, hasta ahora, posiblemente, las áreas con mejor potencialidad trufera, se encontrarán entre la VII y la VIII Región, aunque podría con las variaciones



mesoclimáticas locales llegar a ciertas áreas de la XI región (v.g. Chile Chico). Más al norte será demasiado seco y mas al sur excesivamente frío. Aunque, evidentemente la sequía se puede corregir con riego, consideramos más apropiado tratar de buscar las condiciones óptimas en las que no haya incremento de costes.

Los requerimientos de la trufa en fertilidad del suelo no son elevados, al contrario prefiere suelos pobres. Se enmarca como una actividad agroforestal que no entra en competencia por los mejores suelos, útiles para cultivos intensivos y puede contribuir ventajosamente a la recuperación y conservación de los suelos degradados. En este sentido es de interés para las áreas de cultivo en transición hacia ambientes alto cordilleranos.

La trufa es exigente en caliza en el suelo, de hecho no existe ninguna referencia de producción en suelos no calcáreos o sin fuertes enmiendas calizas. En la zona media y sur de Chile es limitada la presencia de suelos calcáreos, aunque sin duda es una cuestión que puede enmendarse con aportaciones de caliza, así como localizando las zonas con afloramientos de este material.

Una cuestión que se considera necesario tener en cuenta aunque sea con un cierto carácter especulativo es el diferente comportamiento que tienen algunas especies vegetales en Chile en relación con la productividad forestal. En la visita sobre el terreno se tuvo la oportunidad de conocer las extraordinarias producciones de *Pinus radiata*, en áreas de régimen mediterráneo con sequía estival acentuada. En zonas semejantes en España no se llega ni a plantear la introducción de esta especie. Con ello se quiere significar que es posible esperar un comportamiento de los árboles truferos no estrictamente ajustado a los patrones ecológicos europeos y, si están en la línea de lo sucedido con otras especies, obtener rendimientos elevados. Esta circunstancia puede abrir la posibilidad de combinar el cultivo de la trufa con buenos crecimientos de especies madereras de calidad, aunque siempre en marcos muy amplios de plantación.

De acuerdo con la información disponible, la presencia y diversidad de hongos de ectomicorriza es muy limitada en el hemisferio sur y por tanto se parte de una situación ventajosa importante a la hora de introducir la truficultura. Esta misma situación geográfica en el hemisferio sur se presenta como una ventaja comercial al permitir ofrecer trufa fresca fuera de la temporada tradicional en Europa.

Prácticamente todas las regiones del planeta con clima mediterráneo están trabajando en truficultura, en este sentido se conocen trabajos con introducción de la trufa en : Israel, Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica.

## **RECOMENDACIONES**

- 1- La truficultura se presenta en Chile como una actividad muy viable que no debe perderse a pesar de las dificultades con las que puede encontrar y que debe ser apoyada institucionalmente.
- 2- Debe llevarse a cabo un control riguroso de la introducción de especies del género *Tuber* con el fin de evitar la entrada de especies asiáticas indeseables por su escaso



valor comercial y con las que es posible una confusión tanto de los carpóforos como de las micorrizas, estas últimas tan sólo diferenciables, en algunos casos, mediante análisis biomoleculares.

- 3- Debe evitarse la importación de planta micorrizada realizando todo el proceso de micorrización y control en Chile, ya que, salvo en caso de micorrización y cultivo *in vitro*, todas las plantas acaban por tener contaminaciones con micorrizas diferentes del hongo inoculado.
- 4- A pesar de que la especie con mayor interés comercial por su elevado precio es *Tuber melanosporum* no debe descartarse, en una fase posterior, la introducción de otras especies más productivas aunque de menor precio como *Tuber aestivum* o *T. brumale* que tienen unos requerimientos ecológicos menos estrictos y podrían adaptarse a zonas más frías y de suelos no tan calizos.
- 5- Promover el desarrollo de un Proyecto I+D para implementar los principios básicos para la truficultura en Chile. En este proyecto sería conveniente que se aglutinaran los esfuerzos que se vienen haciendo en el sector durante los últimos años. En este sentido se sugiere el establecimiento de sistemas de colaboración con los agricultores o propietarios particulares ya interesados en la actividad de forma que se minimizaran costes en ambas partes.

Entre los objetivos básicos del proyecto I+D deberían encontrarse, al menos, los siguientes :

- Prospección edáfica y climática para determinar las mejores zonas potenciales para la truficultura.
- Producción de planta micorrizada en vivero utilizando especies trufígenas europeas tradicionales. Al propio tiempo realizar ensayos con las nativas formadoras de ectomicorrizas, posiblemente el género *Nothofagus* sea el más adecuado por la variedad específica que abarca la mayor parte del país. Dados los buenos crecimientos forestales convendría incluir especies trufieras con interés maderero, como *Quercus robur*, ya naturalizado en Chile, para plantaciones de doble aptitud (maderera, trufiera) en marcos de plantación amplios.
- Desarrollo de una red de parcelas de ensayo que cubra las zonas potenciales determinadas en el antedicho estudio. Esta red también debería tener una ampliación marginal a áreas no estrictamente en el óptimo ecológico de los patrones europeos de la trufa.

Valencia 25 de febrero de 2001

Fdo. Santiago Reyna Domenech  
Dr. Ingeniero de Montes