

SIW INTERNATIONAL WORKSHOP
ON EDIBLE MYCORRHIZAL MUSHROOMS

CHARLA
"Trufas. Ecología, fisiología y desarrollo de su cultivo"



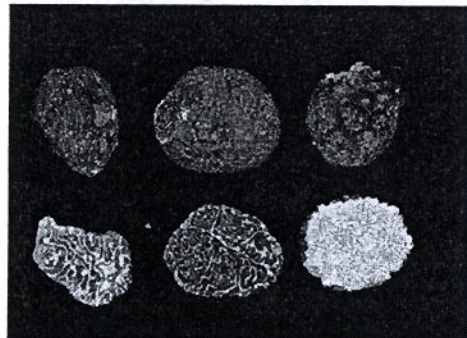
Ricardo Ramírez
Gerente Técnico Agrotruf S.A.

1. Introducción

a) ¿Qué son las trufas?

- Hongos comestibles hipógeos (subterráneos) (Alto valor gastronómico)
- Dentro de los representantes del género *Tuber* en Europa, se encuentran alrededor de 30 especies, conocidas comúnmente con el nombre de trufas.
- Forman una asociación de tipo simbiótico, denominada micorriza, con determinadas especies de árboles hospederos.
- Estas trufas crecen en forma natural, preferentemente sobre suelos con pH alcalino (7,5 – 8,0) ricos en carbonato de calcio.
- Para su dispersión natural necesitan de ciertos animales como vectores (Jabalí, conejos, ardillas, etc.)
- En Francia, tradicionalmente se buscaba trufas con la ayuda de cerdos.

b) Principales tipos de trufas comestibles



T. brumale *T. melanosporum* *T. aestivum*



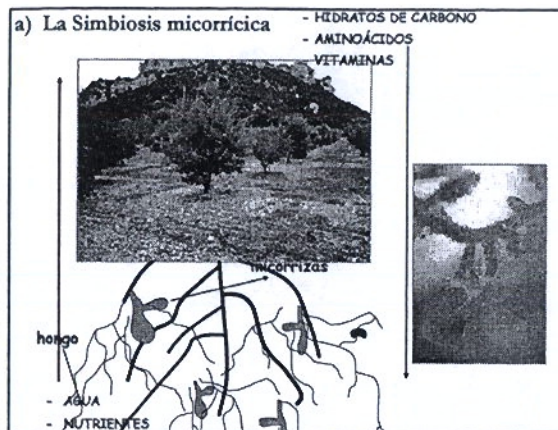
Tuber magnatum (Tartufo del
Piamonte, Italia)



Tuber indicum, China

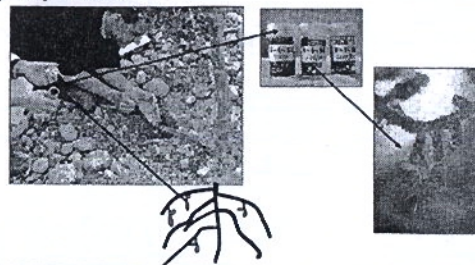
2. El Cultivo de trufas "Fundamentos"





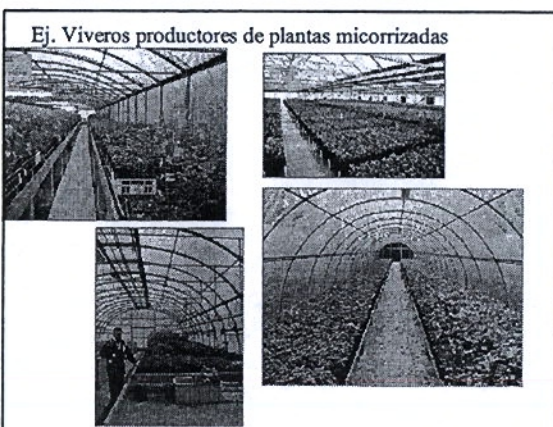
b) ¿Qué está pasando en las raíces?

- Cultivo de un hongo sobre las raíces de una planta.
- Subterráneo: no se ve la evolución.
- Período largo sin producción.
- Importancia del seguimiento y monitoreo de micorizas y relación con la biología y ecología del suelo.



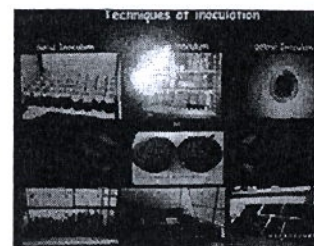
3. Producción y control de plantas micorrizadas con trufas

- Inicio: Desarrollo de método de micorrización INRA-ANVAR (1974)
- En la actualidad se han desarrollado varias técnicas para la micorrización controlada.
- Los viveros comerciales que producen plantas micorrizadas se basan principalmente en métodos de inoculación esporal.



a) Producción de plantas micorrizadas con aislados miceliales de *Tuber* sp.

- Técnicas más efectivas que mediante inoculación esporal. (Técnicas aún en desarrollo, solo a escala piloto)
- Ventajas para la producción de plantas libres de contaminaciones
- Actualmente se ha logrado obtener cultivos puros de *T. melanosporum*, *Tuber brumaie*, *Tuber borchii* y otras trufas de interés para su cultivo.
- Los medios, know how y equipamiento técnico escapan a la mayoría de los viveristas



b) Producción de plantas micorrizadas con *Tuber magnatum*. Nuevas bases

- El problema: Métodos de inoculación esporal han fallado debido a contaminaciones con otras trufas, principalmente del grupo de *T. borchii*
- Experimentos recientes, demuestran que los cuerpos fructíferos de *T. magnatum*, llevan propágulos de hongos saprófitos y de micorriza.
- Dentro de los ascomicetos identificados se encuentran *Tuber borchii*, *T. maculatum*, *T. aestivum*, *T. macrosporum*, etc.
- Las esporas de *T. magnatum* presentan una baja capacidad germinativa.
- ¿Inoculaciones miceliarias?

c) El control de la micorrización en los viveros. Evaluación de la calidad de la planta inoculada con *Tuber* sp.

• Importancia del control de calidad

- Análisis de niveles micorrización con el hongo seleccionado y minimizar las contaminaciones con otros hongos de ectomicorriza



• Importancia del control de calidad

- Estudios recientes en Francia, ponen de manifiesto que los niveles de micorrización obtenidos con *T. melanosporum* en plantas en vivero, están altamente correlacionados con los niveles de micorrización encontrados en las plantaciones, después de 4 años del establecimiento en campo.
- Un alto nivel de micorrización en vivero no asegura ni tampoco protege a las plantas de la invasión de competidores fúngicos en campo.

• Identificación de contaminantes

- Aún falta por estudiar las especies de hongos de ectomicorriza que cumplen efectivamente con las trufas inoculadas artificialmente.
- Ejemplo: en Europa *Sphaerosporella brunnea* es un contaminante común en algunos viveros de Francia, España e Italia, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, estudios recientes llevados a cabo en España, muestran que este hongo no afecta la micorrización con *Tuber melanosporum*, a diferencia de otras especies que sí cumplen efectivamente con *Tuber* sp. (Ej. *Scleroderma*, *Laccaria* sp., etc.)
- Otros problemas de contaminación se producen cuando aparecen especies de *Tuber* sp. distintas de *T. melanosporum* o *T. aestivum*.
- ¿Inoculaciones de árboles adultos en campo?

4. Factores ecofisiológicos relativos a la producción de trufas (*Tuber* sp.)

a) Importancia de algunos factores

- *T. melanosporum* es una trufa estrictamente calcícola
- La producción de trufas varía considerablemente entre árboles dentro de las plantaciones.
- Factores ecofisiológicos y pedológicos podrían explicar esta variabilidad.
- Crece en horizontes superficiales húmedos, Relaciones C/N cercanas a 10 (Humus biológicamente activo). Estructura de suelo balanceada. Aunque tolera variaciones.
- Recientes Investigaciones demuestran que la productividad de *T. melanosporum* esta influenciada por la acción total del carbonato extrahible, pedregosidad, carbono orgánico, contenido de arcillas y cationes de intercambio.

- La heterogeneidad en los suelos dentro de las plantaciones podría ser responsable de la variabilidad de la producción.
- Se ha encontrado una correlación muy estrecha entre el carbonato activo del suelo (carbonato extrahible) y la producción de *T. melanosporum*.
- Carbonato activo: Fracción fina de la piedra caliza, susceptible a una rápida movilidad y químicamente muy activo.
- ¿Aplicaciones en truficultura?



b) Contaminaciones con otros hongos de ectomicorriza en el cultivo de trufas

- En Francia: Plantaciones con *T. melanosporum*, producen *T. brumale*, lo cual ha afectado el desarrollo del cultivo.
- Principales factores de este fenómeno:
 - Presión de contaminación de árboles existentes. Coexistencia de diferentes especies de *Tuber* sp. en el medioambiente (*T. aestivum*, *T. melanosporum*, *T. brumale* y otras).
 - ¿Mayor afinidad de *T. brumale* con avellano (*Corylus avellana*)?
 - Técnicas usadas en el cultivo: Control de malezas, riego, laboreo frecuente, etc.
- Observaciones en diferentes áreas indican que cuanto más rápidamente se incrementa el Brule, mejora la producción de *T. melanosporum*.
- Aun existen dudas sobre si la agresividad de *T. melanosporum* o la resistencia a contaminantes, son una cualidad natural del medioambiente (o suelo).
- Se evidencia que el laboreo lineal en las trufas, por reducción de la biodiversidad y desorganizandolos hongos presentes contribuye a aumentar la presión de los contaminantes fúngicos.

- Otros estudios llevados a cabo en plantaciones en España (Soria), muestran que a pesar de que los árboles tienen altos porcentajes de micorrización con trufa (*T. melanosporum*), también indican la presencia de una alta diversidad y abundancia de otros hongos de ectomicorriza.
- Observaciones de fructificación de distintos hongos junto a las trufas en los mismos sitios y hospederos, es consistente con la hipótesis de que los hongos micorrizcos presentes en plantaciones productivas de trufas no son competidores de *Tuber* sp.
- A pesar del alto número de morfotipos de micorriza encontrados en estas plantaciones, estas especies no reemplazan a *T. melanosporum* (Balance natural dinámico).
- Otras investigaciones desarrolladas en plantaciones de *T. aestivum* en Italia indican que la distribución de especies de hongos es influenciada por la especie simbiote de planta, características de suelo, granulometría y pH principalmente.
- Aun existen aspectos desconocidos sobre la ecología y el medioambiente en el cual se desarrollan bajo el suelo.
- ¿Interacciones, competencia, factores biológicos y ecofisiológicos?
- Todos estos factores que aún quedan por estudiar son de suma importancia para el mejoramiento del cultivo de trufas.

c) Otros estudios llevados a cabo en plantaciones de *T. aestivum*

- En el caso de *T. aestivum* al igual que *T. melanosporum* las fructificaciones son encontradas normalmente en suelos sueltos.
- Recientes investigaciones en plantaciones Italianas han examinado la distribución de micorrizas de *T. aestivum* a diferentes profundidades de suelo (Hasta incluso 80 cm.). Encontrando que estas micorrizas se ubican preferentemente hasta 60 cm. de profundidad.
- Los resultados indican que a mayores profundidades disminuye la cantidad y ramificación de micorrizas de *T. aestivum*, sin embargo, comparaciones en sectores productivos y no productivos de la plantación indican que esta distribución de micorrizas al parecer no afecta la producción.
- Aplicaciones en truficultura: ¿Laborear menos las trufas si no es tan necesario? Esto no afectaría el proceso de micorrización ni la producción de carpóforos de trufa.

- Las nuevas plantaciones truferas han comenzado a registrar altos niveles de producción (70 a 100 Kg por hectárea).
- ¿Productividad potencial versus productividad real?
- Se ha evidenciado la ausencia de micorrizas y la presencia de hifas en el peridio de las trufas colectadas (fase saprófita).
- Algunos estudios sugieren que la productividad potencial de las plantaciones es mayor a la observada.
- Interés en identificar las medidas agronómicas capaces de promover el desarrollo y maduración de las trufas.



5. Las trufas y la truficultura en el mundo



a) ¿Trufas del hemisferio Norte?

- Género *Tuber* crecen en forma natural exclusivamente en el hemisferio Norte, (Europa, Asia, Norte de África, Estados Unidos, México y Canadá).
- Algunas especies se han introducido accidentalmente en algunos países del hemisferio sur.
- Por ejemplo, en Nueva Zelanda recientemente se han reportado colectas de trufas europeas (*T. maculatum*, *T. borchii*, *T. rufum*) y otras especies aun sin identificar.
- También existen reportes de fructificaciones de especies de trufas en Argentina (*Tuber californicum*, *T. maculatum* y *T. borchii* asociado a Pino Oregon y *Pinus ponderosa*).
- En Europa existen mas de 30 especies, de las cuales solo algunas presentan valor culinario.
- Principalmente *T. melanosporum*, *T. aestivum* syn *uncinatum*, *Tuber magnatum*, *T. brumale* y *T. borchii*, tienen valor en los mercados.
- Todas estas especies han sido objeto de cultivo en Europa y en los últimos 10 años se ha introducido en otros países como: E.E.U.U. (1981), Nueva Zelanda (1987), Australia (1992), Marruecos (1996), Israel (1999), Chile (2002) y Canadá (2004).
- Resultados productivos se han obtenido principalmente en las plantaciones de *T. melanosporum* y solo recientemente *T. aestivum* syn *uncinatum* (Francia, Italia), y *T. borchii*, (Italia).

b) La truficultura en Europa

El cultivo de trufas en Francia

- Las técnicas de cultivo aplicadas en Francia no son homogéneas según las diferentes regiones
- El cultivo de trufa con el método tradicional, aún persiste en áreas truferas del Sur-oeste y Sur-este de Francia (Método Original de Talon)
- El cultivo de árboles truferos se ha desarrollado en Francia cuando aparecieron en el mercado, las primeras plantas micorizadas en forma controlada. (1974).
- El método de cultivo más utilizado en algunas regiones es el denominado Paillet. Este método ha mostrado resultados muy variables en la producción y ha causado problemas de contaminantes.
- Cultivo de trufa bajo un ecosistema empastado: En este método la plantación es manejada manteniendo el equilibrio natural de las trufas silvestres y en suelos en barbecho (Buenos resultados de producción)
 - I. Plantas se establecen los 2 primeros años con el mayor cuidado posible (control de malezas, riegos de apoyo, etc.)
 - II. Mantenimiento de la plantación con malezas (ecosistema de empastado) hasta el inicio de la producción (sin laboreo o laboreo mínimo)
 - III. Durante la etapa de producción: Laboreo y riego



La truficultura en España

- En los últimos años, la producción natural de trufa negra en España se encuentra en constante declive, situación similar a la que ocurre en Francia.
- Las causas principales:
 - Aumento de la espesura de las masas productoras naturales.
 - Las plantaciones forestales (*Pinus* sp.), y el sobreaprovechamiento, a veces unido a una gestión y prácticas culturales poco cuidadosas.
 - Otras causas que también pueden haber influido son la tendencia del clima a la sequía, los incendios forestales, el aumento de las poblaciones de jabalí y la contaminación atmosférica.
- El precio de la trufa ha tenido en los últimos años una tendencia alcista en consonancia con el descenso de la producción.
- Los precios que perciben los truferos: entre 200 y 850 €/kg.
- Se estima que el valor de la trufa en manos de los recolectores y truficultores españoles estaría comprendido entre 2.500.000 € y 10.000.000 € anuales, dependiendo de precios y producciones, aunque se obtendría un valor muy superior tras el proceso de comercialización y envasado.
- La producción española supone un 30-50% de la mundial (Tabla III)

Tabla III. Producción anual de trufa negra en Tm. Fuente: Federación Francesa de Truficultura y Grupo Europeo Tuber.

	España	Francia	Italia	Total Europa
1990/91	30	17	5	52
1991/92	10	20	5	35
1992/93	23	31	3	57
1993/94	9	22	2	33
1994/95	4	12	30	46
1995/96	20	19	25	64
1996/97	25	50	20	95
1997/98	80	30	24	134
1998/99	7	14	4	25
1999/2000	35	40	10	85
2000/01	6	35	4	45
2001/02	20	15	5	40
Media período	22,4	25,4	11,4	59,3

La truficultura en España

- Aunque en sus inicios partió imitando las técnicas de cultivo usadas en Francia e Italia, la truficultura española ha desarrollado su propia personalidad
- La cosecha de trufa silvestre en España comenzó recién a partir de los años 50.
- Las plantaciones de trufa negra en España se iniciaron en los años 70. La primera plantación establecida en España es actualmente la de mayor superficie en el mundo (600 ha. - ubicada en Soria).
- Actualmente la Provincia de Teruel es la que mantiene una mayor tasa de plantaciones artificiales con *T. melanosporum* (Más de 300 has anuales)



c) Introducción y cultivo de trufas europeas en América del Norte

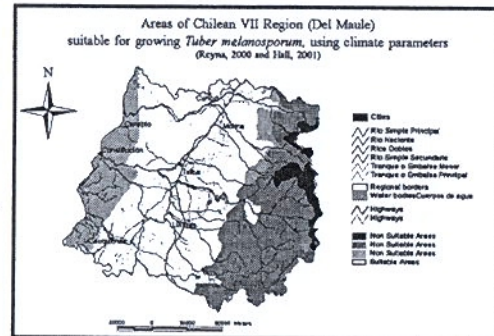
- **Cultivo de *Tuber melanosporum* en British Columbia, Canadá.**
 - El establecimiento del cultivo de *T. melanosporum* en Canadá comenzó el año 2004 junto con la creación de la Asociación de Trufas de BC (TABC).
 - En esta zona se han identificado algunas áreas con condiciones adecuadas para el cultivo de *T. melanosporum*.
 - Dentro de los objetivos de esta asociación se encuentran la I+D y la promoción del establecimiento de nuevas plantaciones de trufa en BC.
- **Cultivo de *Tuber melanosporum* en Estados Unidos.**
 - La primera plantación de *T. melanosporum* en E.E.U.U. fue establecida en los años 80 en Carolina del Norte. En 1991 se cosecharon las primeras trufas (10 años desde el establecimiento).
 - Esta plantación fue establecida en un suelo ácido que fue enmendado lentamente con cal para corregir el pH, de cara a la producción de trufas.
 - Posteriormente se han establecido plantaciones en el Norte de California, Texas, Oregon y recientemente en Missouri.
 - Actualmente existen más de 200 pequeñas plantaciones alrededor del país, de las cuales se encuentran en producción algunas en California y Carolina del Norte.

d) Introducción y cultivo de trufas en el hemisferio sur

- **Cultivo de trufas en Nueva Zelanda**
 - El desarrollo del cultivo de trufas comenzó en NZ en 1987. Investigaciones lideradas por el Crop and Food Research Institute.
 - En 1990 existían 11 plantaciones en Nueva Zelanda, distribuidas entre la Bahía de Plenty en la Isla norte (38° S) y Norte de Otago (45° S) en la Isla sur.
 - Actualmente existen más de 200 ha establecidas en NZ.
 - La primera trufa cosechada en Nueva Zelanda (Primera en el hemisferio Sur) se colectó en 1993, 5 años después del establecimiento.
 - Existe una pequeña plantación que actualmente registra rendimientos equivalentes a 300 Kilos por hectárea de *T. melanosporum*.
 - Formación de Asociación de productores de trufa.
 - La mayoría de las plantaciones de NZ han sido establecidas sobre suelos ácidos que han sido fuertemente encañados.
 - ¿consecuencias del encañado?
 - Beneficios: Mejora del suelo y disminución de contaminaciones
 - Desventajas: Deficiencias nutricionales

• Cultivo de trufas en Chile

- **Introducción:**
 - Inicio en año 2002, a través de un proyecto de investigación desarrollado por la Universidad Católica del Maule en asociación con Fundación CEAAM de España y apoyado por FIA (Fundación para la Innovación Agraria).
 - Primera etapa: Se estudiaron los principales parámetros agroclimáticos para determinar las posibilidades de cultivo en nuestro país.
 - Se implementó un proceso de inoculación piloto bajo condiciones de invernadero.
 - En el año 2003 se obtuvieron las primeras plantas micorrizadas con *T. melanosporum* en Chile.
 - Durante 2003 y 2005 se establecieron 10 ha de plantaciones experimentales en diferentes áreas de Chile, entre la RM y XI Región.
 - A gran escala, se han identificado macrozonas adecuadas climáticamente para el cultivo de *T. melanosporum*, principalmente en áreas entre la VI y X Región (34°S a 40°S).
 - Estas áreas no presentan suelos de origen calcáreo y pH de suelos comúnmente varía de ácido a neutro (5,5 a pH 7,0).
 - ¿Necesidades de encañado con carbonato de calcio para corregir el pH y niveles de Calcio y Magnesio en el suelo?
 - También existen áreas posibles de implantar en la Región Metropolitana.



• Primeros resultados

- La sobrevivencia y adaptación inicial de micorrizas de *T. melanosporum* bajo condiciones de campo, ha sido exitosa en la mayoría de las plantaciones establecidas en Chile.
- Las técnicas de inoculación, plantación y manejo han sido adecuadas para mantener la simbiosis con las diferentes especies hospedadoras (*Quercus ilex*, *Quercus robur* y *Corylus avellana*).



• *T. melanosporum* presenta una buena adaptación inicial a las condiciones de suelo y clima en nuestro país.

• Algunas plantaciones presentan una alta incidencia de hongos de ectomicorizas contaminantes los cuales pueden afectar el desarrollo de *T. melanosporum*.

• Nuevos proyectos llevados a cabo actualmente en Chile

- **INFOR**
 - A partir del 2004: Proyecto que considera de producción de plantas micorrizadas de Castaño con *T. aestivum* y establecimiento de plantaciones de castaño con objetivo de producción móbda (madera y trufas). Financiamiento FIA-Innova Bio-Bio.
- **Agrobiotraf S.A.**
 - Producción de plantas micorrizadas con trufas en forma comercial: A partir del año 2004.
 - Temporada 2005-2006: Se están estableciendo 10 ha de plantaciones.
 - Producción de plantas 2006: Objetivo de 20 ha de plantaciones con *T. melanosporum*.
 - Modelo de desarrollo: proyectos de plantaciones de propiedad de productores privados y también contratos de inversión tipo Joint venture con los productores.
- **Universidad de Concepción y Universidad de Murcia, España**
 - Proyecto de investigación para desarrollar una micología forestal aplicada en Chile (Financiamiento AECI).
 - Año 2006: Investigación y Producción de plantas micorrizadas con *T. magnatum* y *T. borchii* para el establecimiento de plantaciones experimentales en Chile.

Ej. Plantación de 2 ha establecidas en primavera
2005, Comuna de Colhueco, VIII Región.
Plantación mixta: *Q. ilex* y *Corylus avellana*



MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN

INFOR
Instituto Forestal

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

Uso de hongos micorrízicos comestibles como herramienta biotecnológica para el mejoramiento de la productividad de plantaciones forestales.

Hongos micorrízicos comestibles: tecnología y biotecnología al alcance del agro chileno.

Patricio Chung G.

Universidad de Murcia, España
28 de noviembre-02 de diciembre de 2005

SANTIAGO, 10 DE ENERO DE 2006






INFOR
Instituto Forestal

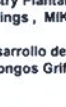
GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

Introducción

El Instituto de Investigación Forestal (INFOR), en su trayectoria en el tema, ha estado trabajando en varios proyectos relacionados:

- > Hongos Micorrízicos Comestibles: Una alternativa para Mejorar la Rentabilidad de Plantaciones Forestales. FONDEF
- > Uso de Herramientas Biotecnológicas para Aumentar la Rentabilidad de Plantaciones de Castaño en la VIII Región, FIA-INNOVA
- > Demonstration of Increase in Carbon Sink in Chilean Forestry Plantations using Mycorrhizal Inoculation of Tree Seedlings, MIKRO-TEK
- > Desarrollo de Planta Piloto para la Producción Industrial de los Hongos Grifola Frondosa y Grifola Gargal. COESAM



INFOR
Instituto Forestal

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

"UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS"

Sede Bio Bio, Concepción

serbifor
SERVICIOS BIOTECNOLÓGICOS FORESTALES






INFOR
Instituto Forestal

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

Introducción

♦ Bajo este marco se realiza la postulación a los programas de formación de FIA para asistir al VI Taller Internacional sobre Hongos Micorrízicos Comestibles (IV IWEMM) realizado por la Universidad de Murcia, en Murcia, España

IV INTERNATIONAL WORKSHOP ON EDIBLE MYCORRHIZAL MUSHROOMS

♦ Asistieron los principales investigadores de hongos micorrízicos comestibles de países mayoritariamente del Hemisferio Norte en la cual se cuentan: España, Portugal, Italia, Francia, Bulgaria, Japón, China, Corea, Marruecos, Finlandia, México, Inglaterra, Irlanda, Canadá, Estados Unidos, entre otros. Del Hemisferio Sur, Chile, Nueva Zelanda y Argentina,






INFOR
Instituto Forestal

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

IV Taller Internacional sobre Hongos Micorrízicos Comestibles

BULLAS
MUSEO DEL VINO

LOS BAÑOS DE ALHAMA

UNIVERSIDAD DE MURCIA

MUSEO DE LA HUERTA

LOS BARRANCOS DE GEBÁ

PARQUE NACIONAL SIERRA ESPUÑA

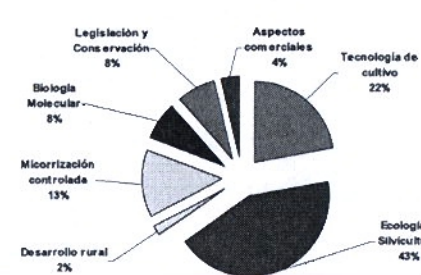





INFOR
Instituto Forestal

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

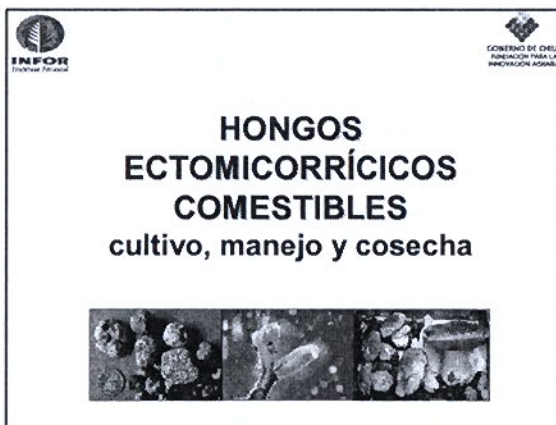
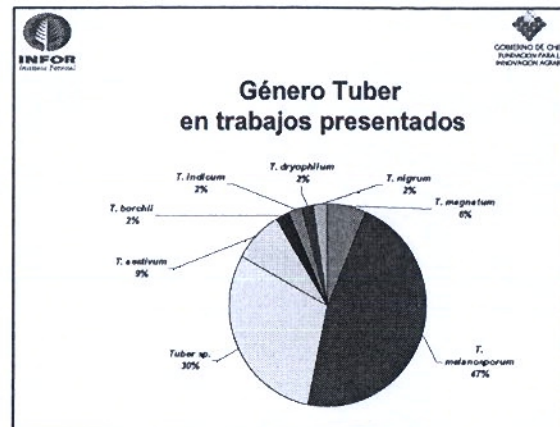
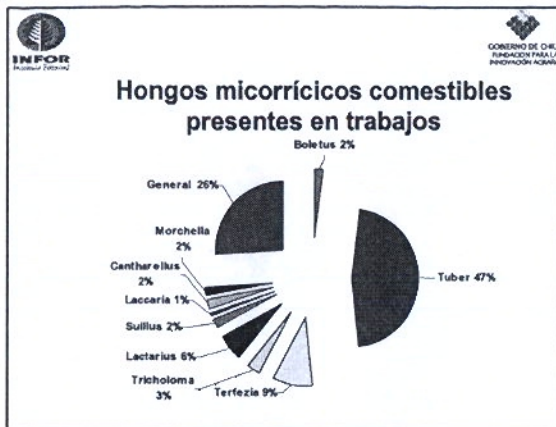
Temas abordados



Tema	Porcentaje
Ecología y Silvicultura	43%
Tecnología de cultivo	22%
Micorrización controlada	13%
Biología Molecular	8%
Legislación y Conservación	8%
Aspectos comerciales	4%
Desarrollo rural	2%





Visión General

- Introducción
- Importancia
- Cosecha de hongos ectomicorrícicos comestibles (HECs)
- Disminución de la Producción
- Cultivo y Manejo
- Investigación
- Conclusiones

Introducción

- Hongos:
 - Carentes de clorofila. No sintetizan azúcares, pero pueden transformarlos
 - Requieren alimentos elaborados
 - Estrategias nutricionales:
 - Saprófitos: Descomponedores de la materia orgánica
 - Parásitos: Causantes de daños a hospedantes
 - Simbiontes: Líquenes, micorrizas

Introducción

Micorriza: Simbiosis hongo + raíz

- 95% de especies vegetales presentan asociaciones simbióticas (Ecto, Endo, Otros)
- Solo el 3% presenta hongos del tipo ectomicorrícico (Pinaceae, Fagaceae, Salicaceae, Myrtaceae, Mimosaceae, entre otros).

SIMBIOSIS MICORRÍICA

Intercambio recíproco

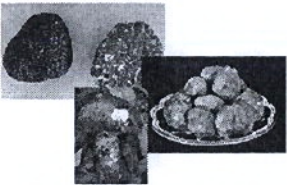
Alimento y agua

Callampra

MICORRIZA

Introducción

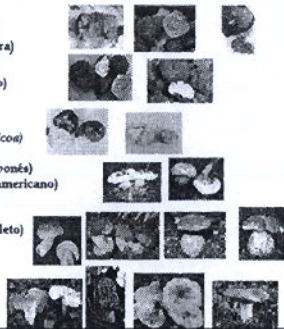
- 2.500 hongos "comestibles" registrados
- Alrededor de 300 especies son ectomicorrizas
- Los más valiosos son las ectomicorrizas



Introducción

• Hongos comercializados a nivel mundial

- *Tuber*
 - T. magnatum* (trufa blanca)
 - T. melanosporum* (trufa negra)
 - T. brumale* (trufa negra)
 - T. aestivum* (trufa de verano)
 - T. indicum*
- *Terfezia* (trufa de desierto)
- (*Delastria*, *Terfezia*, *Tirmania*, *Picoa*)
- *Tricholoma*
 - T. matsutake* (matsutake japonés)
 - T. magnivelare* (matsutake americano)
- *Boletus*
 - B. edulis* (Boleto)
 - B. pinicola* o *pinophilus* (Boleto)
 - B. aereus* (Boleto)
 - B. aestivus* (Boleto)
- *Cantharellus cibarius*
- *Morchella* sp
- *Lactarius*
- *Suillus*



Introducción

Ocho especies han sido establecidas en los mercados a nivel mundial

Nombre Científico	Precio de venta US\$/kg (Primera calidad)
<i>Tuber magnatum</i>	1.500 - 2.000 (112.000)
<i>Tuber melanosporum</i>	500 - 1.750
<i>Tricholoma matsutake</i>	375 - 1.250
<i>Tuber aestivum</i>	100 - 630
<i>Tuber indicum</i>	100
<i>Boletus edulis</i>	15 - 150
<i>Cantharellus cibarius</i>	10 - 70
<i>Lactarius deliciosus</i>	15 - 50
• <i>Morchella</i> sp	100 - 300

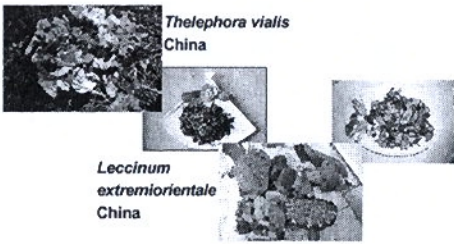


Introducción

Muchas otras especies son importantes a nivel local

Thelephora vialis
China

Leccinum extremorientale
China

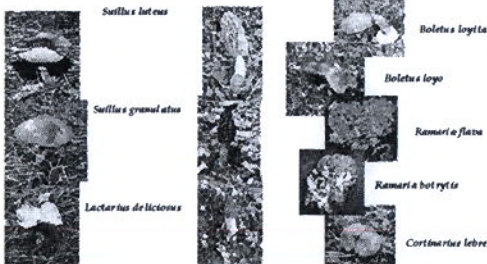


Introducción

• Hongos Micorrízicos presentes en Chile

Mercado local y Exportación

Mercado local



Suillus latens
Suillus granulatus
Lactarius deliciosus
Boletus longis
Boletus longis
Ramaria flava
Ramaria botrytis
Cortinarius lebre

Introducción

• Mercado: Hongo Fresco

Mercado Local	Mercado Local y de Exportación
<i>B. longis</i>	<i>Suillus</i> sp
\$3.000 /kg	\$60-150/kg
<i>Ramaria</i> sp	\$4.000-6.000/kg seco
\$3.000/kg	<i>Lactarius deliciosus</i>
	\$60-100/kg
	<i>Morchella</i> sp
	\$1.800-10.000/kg
	US\$ 140-280/kg



Introducción

- Los HECs muestran una creciente importancia e interés
 - Importancia
 - Una fuente de alimento
 - Una fuente de ingresos
 - Sanidad del bosque
 - Interés
 - Nuevos recursos y oportunidades de exportación
 - Problemas de sobre cosecha y daño al recurso
 - Declinación de la producción
 - Pautas de Cultivo y manejo
- Necesidad de potenciar la imagen de los HECs

Hunan, China



COSECHA HECs

- **Colecta Recreacional**
 - Actividad Popular
 - Pequeñas cantidades para alimento e ingresos
 - Pequeño o nulo impacto sobre el ambiente



• Cosecha comercial de HECs

- Industria de Multi-millones de dólares
 - Chanterelles: US\$ 1.25-1.62 billones
 - Trufas: > US\$ 300 millones
 - Porcini: > US\$ 250 millones
 - Matsutake : > US\$ 200 millones

Puesto Matsutake
Oregon USA 1994



Venta matsutake
China 1979

Ingresos importantes generados para la economía local

- Provincia Yunnan, China 2004:
 - Exportados HECs: >US\$60 millones (valorado para Yunnan)
 - Matsutake: > US\$40 millones
 - Porcini: US\$20 millones
 - ¼ del valor total de los productos agrícolas exportados

(Huang et al. 2004)

Sustento y empleo para millones de personas

- En Yunnan, China : Actualmente 250.000/día cosechan matsutake
- En poblado de Zhong-dian, Yunnan, China
 - 80% de agricultores dedicados a la cosecha de matsutake
 - El 45% de los ingresos pro medios de agricultores viene de la cosecha de matsutake
 - Cerca de US\$ 6.000-7.000 anuales por familia (ingreso medio anual US\$ 300/agricultor en China)

Mercado de Hongos Silvestres



Mercado de Hongos Silvestres
Kunming, Yunnan, China



3000 mayoristas, 40,000kg, U\$S100,000/día

Cazando matsutake en Diqing, Yunnan, China



Cazando trufas en Rengren, Yunnan, China



Tratos en puesto de matsutake



Proceso de secado de porcini, Diqing, Yunnan, China



Producción de HECs en Declinación

- En Japón, producción de matsutake desde más de 1000 t a 100 t en los últimos 50 años.
- En Francia, *Tuber melanosporum* cosechas cercanas a 1000 t a menos de 100 t en el último siglo.

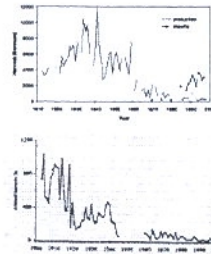


Figure 1. Estimated truffle production in Japan and France (1950-2000)

Razones en la declinación de la producción

- Natural
 - Envejecimiento del Bos que
 - Transformación del bosque
- No natural
 - Deforestación:
 - Sobre explotación
 - Cambio de estilo de vida



Razones Naturales:

- Envejecimiento del bosque: ej. en Corea del Sur la producción total de matsutake ha declinado en 7% por año desde los 80's. (C.D. Koo et al. 2001, modificado)

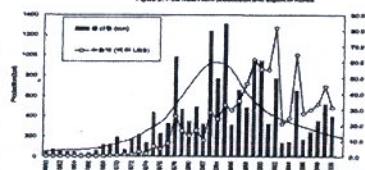


Figure 2. Truffle production and export in Korea (1980-2000)

Razones Naturales

- **Envejecimiento del Bosque:** ej. Bosque *Pinus densiflora* con matsutake
 - Fructificación: **comienza** (20-30 años), **máximo** (40-50 años), **declina** (60-70 años) y **para** (80 años)
 - Enfermedades & daños de insectos se acentúan con el envejecimiento del bosque. ej. **nemátodo** (*Bursaphelenchus xylophilus*)

Razones Naturales

- **Cambio en el Bosque (sucesión):** ej. Bosques de *Pinus densiflora* con matsutake en NE China
 - Envejecimiento del bosque
 - Cambio medioambiental



Razones No Naturales

- **Deforestación:** Corta comercial y colecta de leña, ej. bosque de matsutake en SO China



Matsutake-Bosque de roble (*Quercus* spp.) productor



Bosque de roble deteriorado. Sin matsutake

Razones No Naturales

- **Sobreexplotación:** ej. en Poblado de Zhong-dian, Yunnan, China
 - Producción de Matsutake decrece en 5% por año causado por sobreexplotación. En 30 años no quedará matsutake (Gong et al., 1999)



Razones No Naturales

- **Sobreexplotación:** trufas en Europe
 - De acuerdo a Reyna et al (2002), la continua explotación comercial en España, determinará que en los próximos 20-30 años los bosques naturales perderán su capacidad productiva

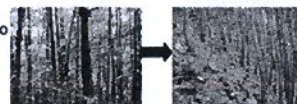


Razones No Naturales

- **Cambios en bosques de matsutake por cambios en estilo de vida en Japón**



- **Sistema de manejo de bosques con matsutake**



(Desde F. Yoshimura, 2004)

Soluciones para la declinación de la producción

- Cultivo
- Manejo de recursos naturales
- Nuevos recursos



Cultivo de HECs

- Cultivo Comercial – sólo 6 especies:
 - *Tuber melanosporum*: Francia, España, Italia...
 - *T. aestivum*: Francia...
 - *T. borchii*: Italia
 - *Terfezia clavertyi*: España
 - *Lactarius deliciosus*: Francia, NZ, España
 - *Lyophyllum shimeji*: Japón
- Plantaciones establecidas pero sin fructificación:
 - *Cantharellus cibarius*: Suecia
 - *Boletus edulis*, *B. pinophilus* Chile
 - *Morchella conica* Chile
 - *Tuber melanosporum* Chile
- Sin éxito
 - *Tuber magnatum*
 - *Tricholoma matsutake*
- Sin embargo la disminución en la producción continúa



Plantación de trufa negra N.Z.

Manejo de recursos naturales

- Educación
- Regulación y Leyes. Control explotación
 - Permisos: licencias
 - Limitación de cantidad cosechada
- Mejorar las prácticas de cosecha
- Determinar tipos de manejo de los bosques con HECs
- Conservación del recurso

Educación

- Talleres
- Seminarios
- Medios:
 - ✓ TV
 - ✓ Diarios
 - ✓ Posters
 - ✓ Libros
- Cursos de Entrenamiento



Zhongdian, Yunnan, China

Regulación y Leyes

- Explotación controlada
 - ✓ Permisos: licencias
 - ✓ Limitación de la cantidad cosechada
 - ✓ Herramientas y medios de cosecha predeterminados
- Tala por sectores en bosques naturales



Regulaciones para el manejo de bosques en una aldea comunal, China

Mejoramiento de prácticas de cosecha

- Cierre de sectores para facilitar el repoblamiento de los HECs
 - ✓ Suprimir colectas y otros disturbios
 - ✓ Fijar fechas de cosecha



Chuxiong, Yunnan, China

INFOR Instituto Forestal **GOBIERNO DE CHILE**
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGROPECUARIA

• Bosques de HECs ligadas a las comunidades locales

- Cosecha de HECs sólo durante la estación de explotación fijada
- Manejo de los bosques en el resto de la estación
- Beneficios distribuidos equitativamente



INFOR Instituto Forestal **GOBIERNO DE CHILE**
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGROPECUARIA

• Manejo de bosques productores de hongos

- Inoculación de árboles maduros con esporas
 - ✓ Resultados promisorios
 - Trufa negra
 - Lactarius deliciosus ?
 - ✓ Sin éxito
 - matsutake
- Retrasar o revertir la sucesión
- Establecimiento de plantaciones jóvenes



España

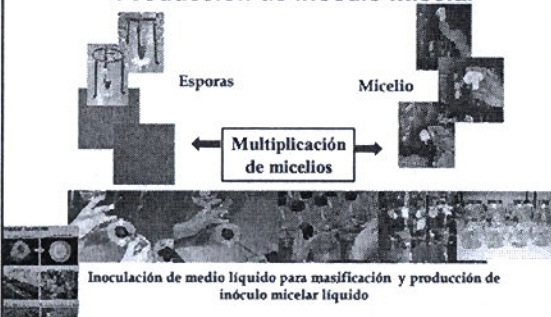
INFOR Instituto Forestal **GOBIERNO DE CHILE**
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGROPECUARIA

• Establecimiento de plantaciones jóvenes

- Producción de plantas inoculadas mediante la aplicación de:
 - Inóculo micelar (micelio)
 - Inóculo esporal (espora)
- Formato del inóculos
 - Puro
 - Acarreador

INFOR Instituto Forestal **GOBIERNO DE CHILE**
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGROPECUARIA

Producción de inóculo micelar



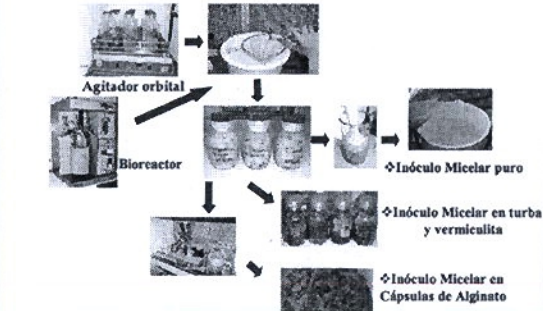
Esporas Micelio

Multiplicación de micelios

Inoculación de medio líquido para masificación y producción de inóculo micelar líquido

INFOR Instituto Forestal **GOBIERNO DE CHILE**
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGROPECUARIA

Preparación de Inóculo Micelar



Agitador orbital Biorreactor

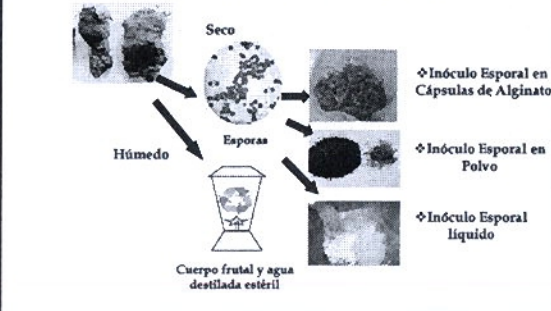
Inóculo Micelar puro

Inóculo Micelar en turba y vermiculita

Inóculo Micelar en Cápsulas de Alginato

INFOR Instituto Forestal **GOBIERNO DE CHILE**
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGROPECUARIA

Preparación de Inóculo Esporal



Seco Húmedo

Esporas

Inóculo Esporal en Cápsulas de Alginato

Inóculo Esporal en Polvo

Inóculo Esporal líquido

Cuerpo frutal y agua destilada estéril

INFOR INSTITUTO NACIONAL DE FORTALECIMIENTO TECNOLÓGICO

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGROPECUARIA

Inoculación de plantas bajo condiciones controladas

- Esterilización
 - Sustrato
 - Contenedor
 - Semillas
 - Materiales y utensilios
 - Área de inoculación de plantas
- Aplicación de inóculo bajo condiciones controladas



INFOR INSTITUTO NACIONAL DE FORTALECIMIENTO TECNOLÓGICO

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGROPECUARIA

• Conservación de recursos

- Áreas de estudio:
Oregon, USA



INFOR INSTITUTO NACIONAL DE FORTALECIMIENTO TECNOLÓGICO

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGROPECUARIA

• Conservación

- Tema urgente en países en desarrollo
 - ✓ Reservas específicas: e.g. Reservas de Matsutake establecidas en China
 - ✓ Reservas Naturales

Reserva natural
Lago Bita, Yunnan,
China



INFOR INSTITUTO NACIONAL DE FORTALECIMIENTO TECNOLÓGICO

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGROPECUARIA

• Nuevos Recursos

- Conocimiento limitado de HECs en países en desarrollo
 - África
 - Sud América
- China
 - El más grande productor de hongos comestibles
 - Limitado conocimiento de los HECs

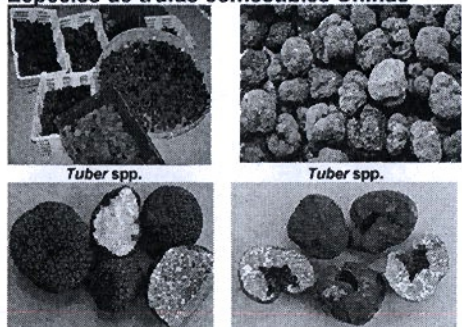


(From Eric Boa 2002)

INFOR INSTITUTO NACIONAL DE FORTALECIMIENTO TECNOLÓGICO

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGROPECUARIA

Especies de trufas comestibles Chinas



Tuber spp. *Tuber* spp.

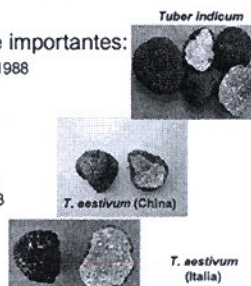
Tuber cf. *indicum* *Tuber* pseudo*excavatum*

INFOR INSTITUTO NACIONAL DE FORTALECIMIENTO TECNOLÓGICO

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGROPECUARIA

Especies de trufas encontradas en China

- Más de 20 especies
- Las más comestibles e importantes:
 - Complejo *Tuber indicum*, 1988 (similar a *T. melanosporum*)
 - *T. aestivum*, 2004 (idéntica a especie Europea)
 - *T. borchii*, 1988 (idéntica a especie Europea)
 - *T. pseudoexcavatum*, 1993 (similar a *T. excavatum*)



Tuber indicum

T. aestivum (China)

T. aestivum (Italia)

T. pseudoexcavatum

Investigación

- Proveer conocimiento básico
 - ✓ Biología, ecología y fisiología de HECs
- Desarrollar conocimiento básico para
 - ✓ Cultivo
 - ✓ Manejo
- Post-cosecha, procesamiento, almacenado, envasado y transporte

Bosques de Matsutake en SO China



Bosques de *Quercus pannosa* con matsutake, 3700m, Diqing, Yunnan, China



Bosques de *Pinus densata* con matsutake, 3400m, Diqing, Yunnan, China



Bosques de *Pinus yunnanensis* con matsutake, 2200m, Chuxiong, Yunnan, China



Bosques de roble perenne con matsutake, 2000m, Chuxiong, Yunnan, China

Investigación

- Plantas Hospedantes
- Especie relacionadas
- Correlaciones de producción con
 - Tipos de bosques
 - Edad de los bosques
 - Estructura de los bosques
 - Alteraciones por actividades humanas



CONCLUSIONES

- HECs son recursos valiosos de alimentación y de ingresos
- Disminución de la producción
- Esencial - Manejo de los recursos HECs y generar nuevos recursos
- Tema urgente - Conservación
- Investigación - Creación de conocimiento básico para el manejo y cultivo de los HECs
- Se espera un prometedor futuro para los HECs



Mis Agradecimientos
al Dr. YUN WANG del New Zealand Institute
for Crop & Food Research Limited, Invermay
Agricultural Centre, Private Bag 500034,
Mosgiel, New Zealand

