

ESTADO ACTUAL DE LA TRUFA Y LA TRUFICULTURA



Figura 1. Carpóforo de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.). Foto: Pere Muxí.

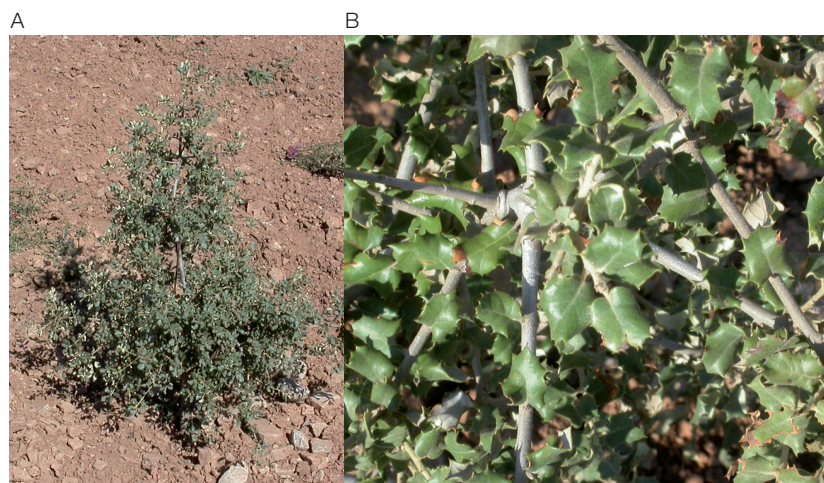


Figura 2. Encina (*Quercus ilex* L.). A. Encina de cuatro años inoculada con trufa negra. B. Detalle de las hojas.

01 Introducción

La trufa es conocida por su aroma y sabor, y constituye uno de los ingredientes privilegiados de la gastronomía internacional. Las trufas se incluyen en el género *Tuber*, dentro de los hongos ascomicetos. En Europa, hay cerca de 30 especies de trufas, de las que en Cataluña se encuentran y comercializan la trufa blanca de verano (*Tuber aestivum*), la trufa grabada (*Tuber uncinatum*), la trufa de invierno (*Tuber brumale*) y la trufa negra (*Tuber melanosporum*), siendo esta última la más apreciada (Figura 1).

La trufa es el cuerpo de fructificación de un hongo hipogeo micorrízico, es decir, que produce sus esporas en carpóforo bajo tierra y que se asocia a una planta huésped de la cual recibe carbohidratos, como las encinas (*Quercus ilex* ssp. *ilex*, *Q. ilex* ssp. *ballota*) (Figura 2), los robles (*Q. faginea*, *Q. pubescens*) (Figura 3), las

coscojas (*Q. coccifera*) (Figura 4) o los avellanos (*Corylus avellana*) (Figura 5).

La trufa negra se caracteriza por formar en el terreno una zona desprovista de vegetación alrededor del árbol, llamada quemado (Figura 6). La alelopatía que se produce, es debida a sustancias químicas producidas por el hongo, inhibidoras de la germinación y del crecimiento de las plantas, y a la mayor eficiencia del árbol en la captación de agua al estar asociado con la trufa.

Hay pocas plantas que resisten el quemado. Entre ellas, el cerezo de Santa Lucía (*Prunus mahaleb*), el cornejo (*Cornus sanguinea*), enebros (*Juniperus oxycedrus*, *J. communis*), la uña de gato (*Sedum altissimum*) o la festuca roja (*Festuca rubra*), entre otras.

La recolección de trufas es algo atípica, ya que requiere la utilización de perros adiestrados.

02 La producción trufera y los precios de la trufa negra

La producción de trufa negra procede de áreas forestales y de las plantaciones truferas que se vienen realizando desde hace más de 30 años, muchas de las cuales ya han entrado en producción.

La producción de trufa silvestre (Figura 7) ha sufrido un descenso importante durante las últimas décadas, mientras que la demanda ha ido en aumento, viéndose reflejada en la evolución histórica de los mercados a nivel mundial. En Francia, durante el siglo XX, la producción de trufas ha pasado de las 1.000 a las 30-40 toneladas actuales.

Los principales productores de trufa negra a nivel mundial son Francia, España e Italia. En Europa se producen anualmente entre 22 y 134 t

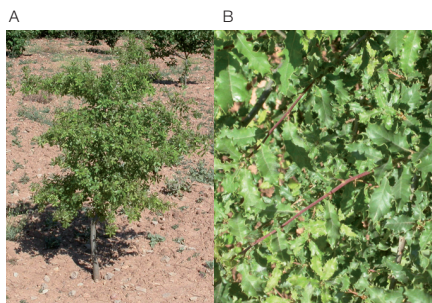


Figura 3. Roble (*Quercus faginea* Lam.). A. Roble de cuatro años inoculado con la trufa negra. B. Detalle de las hojas.

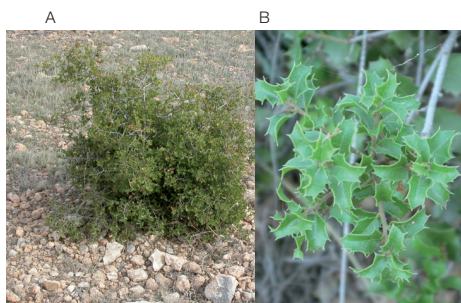


Figura 4. Coscoja (*Quercus coccifera* L.). A. Coscoja de ocho años inoculada con la trufa negra. B. Detalle de las hojas.

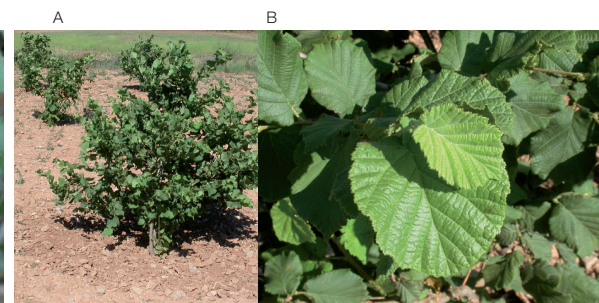


Figura 5. Avellano (*Corylus avellana* L.). A. Avellano de cuatro años inoculado con la trufa negra. B. Detalle de las hojas.



Figura 6. Plantación situada en Cabó (Alt Urgell) donde se puede observar el quemado en una encina en producción.



Figura 7. Trufas silvestres, donde se aprecia el quemado característico alrededor de la planta, situado en una zona productora de Alòs de Balaguer en la comarca de La Noguera.

de trufa negra durante los últimos años (1990-2007), representando el 90% de la producción mundial. La producción española es del orden de un 30-40% de la producción europea (Tabla 1 y Figura 8). En Cataluña, la trufa tiene una presencia importante, representando el 30% de la superficie trufera conocida en el Estado español. Se encuentra principalmente en las zonas calizas de montaña media del Prepirineo y de la sierra Prelitoral.

La producción actual de trufa sólo cubre un 10% de la demanda mundial existente, según la Federación Francesa de Tubericultores. La evolu-

ción del número de plantaciones va en aumento, pero todavía no es suficiente para satisfacer la demanda actual, a pesar del inicio de producciones en otras zonas (Australia, Estados Unidos o Nueva Zelanda). La absorción por parte de los mercados de la totalidad de la producción obtenida independientemente del precio (Figura 9), es un claro ejemplo de las potencialidades que tiene este cultivo.

El precio que recibe la persona que produce la trufa negra es variable, en función de la producción mundial, muy ligada a las condiciones meteorológicas. Sin embargo, el precio medio

pagado al productor durante el periodo 1991-2007 es de 405 €/kg, siendo la trufa negra uno de los pocos productos forestales que ha aumentado de precio durante las últimas décadas. La trufa negra puede ser, el único producto agroalimentario con garantía de mercado y precio digno para un futuro previsible.

03 Historia del cultivo de trufas

La singularidad de la trufa, su componente casi místico, y su elevado precio han propiciado el intento de domesticación del hongo buscando conseguir plantas con raíces colonizadas por *T. melanosporum*, previa inoculación de este hongo, principalmente por parte de investigadores franceses e italianos.

Las primeras plantas inoculadas con trufa negra estuvieron disponibles comercialmente a partir de 1973, desarrollándose a partir de esta fecha y en diferente escala, programas de producción de

Temporada	España (t)	Francia (t)	Italia (t)	Europa (t)
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
1999/00	35	40	10	85
2000/01	6	35	4	45
2001/02	20	15	5	40
2002/03	40	39	20	99
2003/04	7	9	6	22
2004/05	22	27	10	59
2005/06	14	15	8	37
2006/07	20	28	10	58
Media	22	25	11	58

Tabla 1. Producciones de *T. melanosporum* en toneladas de España, Francia e Italia en el periodo 1990-2007. Fuente: Reyna (2007) y Grupo Europeo Tuber.

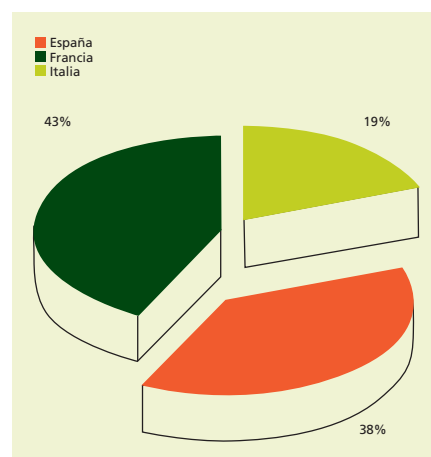


Figura 8. Distribución de la producción de la trufa negra de los 3 principales países productores en el periodo 1990-2007. Fuente: Reyna (2007) y Grupo Europeo Tuber.

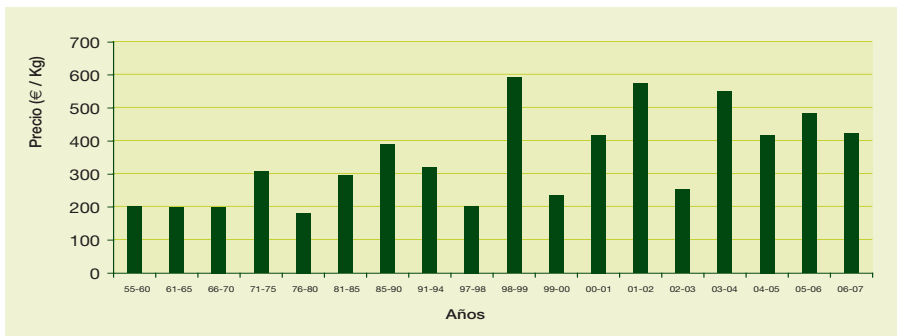


Figura 9. Evolución de los precios de la trufa negra pagados al productor, en € constantes de enero de 2007. Fuente: Período 1955-1999. (Reyna, 2007); Período 1999-2007 (Lonja de la trufa de Vic, Barcelona).

planta en Francia, Italia y España. Así, ya en el año 1999 la superficie plantada en Italia se estimaba en 5.000 ha y la producción actual anual de plantas inoculadas con *T. melanosporum* está entre 65.000 y 70.000. En Francia, en el año 1997, el número de árboles inoculados plantados superaba el millón y actualmente se calcula una superficie plantada para la producción de *T. melanosporum*, *T. aestivum* y *T. uncinatum* de 18.000 ha.

En el ámbito estatal, las plantaciones se iniciaron a principios de los años setenta mediante la importación de plantas francesas. No fue hasta mediados de los años ochenta que aparecieron las primeras empresas que producían sus propias plantas, lo que impulsó la truficultura. Actualmente hay una importante oferta de viveros que ofrecen árboles inoculados con la trufa negra.

A principios de los años 80 se realizaron las primeras plantaciones en Nueva Zelanda y Estados Unidos y más tarde, a principios de los años 90, en la isla de Tasmania en Australia.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SUPERFICIE ESTIMADA (HA)
Andalucía	30
Aragón	3.800
Castilla- La Mancha	100
Castilla-León	900
Comunidad Valenciana	750
La Rioja	30
Navarra	200
País Vasco	100
Cataluña	145
TOTAL	6.055

Tabla 2. Estimación de la superficie plantada con trufa negra. Fuente: Federación Española de Asociaciones de Truficultores, 2006.

Los resultados obtenidos son diversos, pero cabe destacar que la producción anual de plantones inoculados en los Estados Unidos es de 5.000 y de 40.000 en Australia.

Las potencialidades de este cultivo, el incremento del conocimiento sobre el cultivo del hongo, la oferta de plantas y la importante labor de difusión y fomento realizadas por asociaciones, administraciones y otras instituciones públicas ha propiciado que la superficie de plantación en España supere actualmente las 6.000 ha (Tabla 2).

En Cataluña el desarrollo de este cultivo ha sido muy inferior, siendo la superficie plantada actualmente de unas 145 ha (Tabla 2), sobre todo por la falta de información sobre el cultivo y de asesoramiento técnico. No obstante, actualmente se están generando muchas expectativas alrededor de este cultivo debido a la entrada en producción de alguna de las plantaciones realizadas a partir del año 2000 (Figuras 10 y 11).

El cultivo de la trufa negra es una importante fuente de riqueza en las zonas aptas donde está fuertemente implantado, como es el caso de la provincia de Teruel con una superficie plantada superior a las 3.000 ha. En nuestras tierras, el cultivo de la trufa negra puede convertirse en una actividad complementaria a las actividades agrarias tradicionales, diversificando la economía rural y favoreciendo un reequilibrio territorial. La aportación económica de este cultivo en las economías rurales más dependientes de ayudas externas puede suponer un asiento de la población al territorio, ya que se pueden crear actividades gastronómicas y turísticas en zonas tradicionalmente poco desarrolladas. Es el caso de la zona de Sarrión, en Teruel, donde muchas familias viven actualmente de la producción de trufas, en los diferentes ámbitos de la producción de planta inoculada, de la producción de trufas, de la industria de las conservas, de la gastronomía u



otras actividades relacionadas con la truficultura. Actividades todas que dependen directamente o indirectamente de la trufa.

La gran adaptabilidad que ofrece la trufa negra a las condiciones de media montaña ligada a los importantes rendimientos que se pueden obtener, la convierten en uno de los cultivos con mejores perspectivas futuras en el mundo rural.



Figuras 10 y 11. Plantaciones en producción situadas en la Serra del Montsec, en la comarca de la Noguera.

¿DONDE SE PUEDE CULTIVAR LA TRUFA NEGRA?



Figura 12. Plantación en producción, donde se observa el suelo pedregoso superficial.



Figura 13. El cereal es considerado un buen antecedente para el cultivo de la trufa negra. A la derecha de la imagen podemos observar una plantación trufera.

La aptitud trufera de una zona viene determinada por sus condiciones geográficas, climáticas, geológicas, edáficas y bióticas.

01 El clima

El clima adecuado para la trufa negra se caracteriza por una alternancia marcada de las estaciones y por un período de aridez estival relativamente corto, interrumpido por temporales de lluvia; es capaz de soportar extremos rigurosos.

No obstante, se deberían excluir los climas de tipo oceánico poco marcado, los climas de tipo continental con veranos muy calurosos e inviernos muy fríos sin estaciones intermedias marcadas, los climas de tipo mediterráneo árido con pluviometría



El clima adecuado para la Trufa negra se caracteriza por un período árido estival relativamente corto interrumpido por temporales de lluvia.

únicamente invernal o insuficiente y los climas con período muy frío excesivamente largo.

Las condiciones climáticas de mayor influencia para el desarrollo de la trufa negra son la precipitación y la temperatura.

01.01 Precipitación

La disponibilidad de agua es de gran importancia en la truficultura, sobre todo durante el verano cuando las precipitaciones tienen un papel decisivo para el crecimiento de la trufa negra. La literatura no contiene información sobre las necesidades hídricas del organismo simbiótico árbol-hongo y los datos disponibles se refieren sólo a precipitación. Este hecho tiene importantes limitaciones, ya que la misma precipitación que mantiene sobradamente el crecimiento vegetal en climas frescos puede ser insuficiente en climas más cálidos.

La amplitud de la pluviometría observada en trufas silvestres varía entre los 485 y los 1.500 mm/año, con una precipitación mínima de 72 mm durante los meses de verano. No obstante, se podrían considerar aptas para el cultivo de la trufa negra, en zonas con precipitación inferior y que cumplan el resto de parámetros si resulta factible establecer un sistema de riego para suplir la necesidad de agua en los períodos más secos.

01.02 Temperatura

La trufa negra prefiere climas mediterráneos de marcada estacionalidad. El clima favorable para la trufa negra se caracteriza por una primavera templada, un verano relativamente caluroso, un otoño sin heladas adelantadas que podrían parar la maduración de los carpóforos e inviernos no extremadamente fríos. Aún así, la trufa negra puede soportar temperaturas extremas puntuales de hasta los 43°C en el verano y -25°C en el invierno. Un acolchado reduce la amplitud térmica, disminuyendo la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad en el verano y aumentándola ligeramente en el invierno. La tabla 3 presenta los rangos de temperaturas óptimos descritos en la literatura. Estos rangos están basados en observaciones de lugares donde crece la trufa negra, pero no en comprobaciones experimentales por lo cual es de esperar que algunos se amplíen a medida que progresen los estudios sobre la autoecología de la trufa negra.

La temperatura limitará de una manera determinante la aptitud del terreno para una plantación, excluyendo las zonas más elevadas y más frías del Pirineo y Prepirineo y las zonas más bajas y cálidas de la Llanura de Lleida y de las zonas litorales de las provincias de Barcelona y Tarragona.

PARÁMETRO	RANGO RECOMENDADO
Temperatura media anual (°C)	8,6 - 14,8
Temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C)	23 - 32
Temperatura media del mes más cálido (°C)	17,4 - 23,5
Temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)	(-2) - (-6)
Temperatura media del mes más frío (°C)	1 - 8,2
Temperatura máxima absoluta (°C)	43
Temperatura mínima absoluta (°C)	(-9) - (-25)

Tabla 3. Rangos de temperaturas propuestos para la trufa negra.

02 El suelo

Los parámetros edáficos tienen un papel relevante, ya que no todos los suelos tienen las mismas características y por tanto no todos serán aptos para realizar un cultivo de trufas. La trufa negra se desarrolla sobre suelos calcáreos de 10-40 cm de profundidad del tipo Inceptisol, Entisol y Mollisol.

Los parámetros edáficos más relevantes y su rango aproximado para un correcto establecimiento y desarrollo de una plantación trufera serían los siguientes:

02.01 La pedregosidad

La pedregosidad del suelo es un elemento valorado muy positivamente porque contribuye a un buen drenaje y aireación del suelo. El contenido de pedregosidad en el suelo aparece relacionado con una mayor producción de trufas. Sin embargo, los suelos demasiado pedregosos en los que el volumen de pedregosidad sobrepasa ampliamente al de tierra fina, deben ser excluidos en caso de no tener una pluviometría suficiente, aunque la presencia de gravas en los suelos truferos es muy variable y puede oscilar entre el 0,2 y el 90%, pudiendo llegar a producir en pedradas superficiales que cubren completamente el suelo. La pedregosidad superficial (Figura 12) disminuye la evaporación en verano y protege el suelo contra la compactación y erosión producida por la lluvia. Tiene un efecto de acolchado y regula también la temperatura en la superficie del suelo. La disminución de la temperatura en período caluroso favorece la condensación y la actividad de la fauna del suelo.

02.02 La acidez o basicidad

La acidez o basicidad de un suelo, representada por el pH, es uno de los parámetros que más condicionan la producción de la trufa negra debido a la necesidad de pH básicos.

El rango recomendado para el cultivo de la trufa negra está comprendido entre 7,5 y 8,5, siendo el más favorable alrededor de 8. El pH de montes truferos oscila entre 7,1 y 8,85.

Para cultivar la trufa negra en suelos ácidos hay que aportar enmiendas para aumentar el pH, que deben ser calculadas en función de las características concretas del suelo. Una estimación de partida sería 1 tonelada de una mezcla de cal (CaCO_3) y cal apagada (Ca(OH)_2) por hectárea y décima de pH que se quiera elevar en 20 cm superficiales del suelo.

02.03 El calcio

La presencia de carbonato cálcico es un requerimiento indispensable para el cultivo de la trufa negra, aunque su carencia en el suelo pueda ser compensada con una presencia importante en la roca madre o en los materiales gruesos del suelo. Si no está presente en los materiales gruesos, su concentración debe superar el 1% y puede llegar hasta el 90%.

02.04 La textura

La textura de los suelos más adecuada para las explotaciones truferas es la equilibrada de tipo franco. Quedan excluidos los suelos excesivamente arenosos por su poca capacidad de retención de agua y los arcillosos (> 46% de arcilla) por su elevada compactación. No obstante, los niveles máximos de arcilla dependerán de la pedregosidad, la materia orgánica y la actividad biológica del suelo, que favorece la aireación y evita una excesiva compactación del suelo. En el caso de la truficultura, el uso de maquinaria pesada podría hacer inviable el cultivo en aquellas texturas más pesadas con altos contenidos de arcilla por la compactación que podría producir.

Las texturas de suelo recomendadas para el cultivo de la trufa negra son las de tipo franca, francoarenosa, francoarcillosa, francolimosa, francoarcilloarenosa, considerando como óptimas las clases de textura franca, francoarenosa y francoarcilloarenosa, aunque se forman trufas silvestres en suelos de casi todo tipo de texturas.

02.05 La materia orgánica

La materia orgánica mejora la estructura, favorece la formación de agregados y aumenta la porosidad y la capacidad de intercambio catiónico de un suelo. También regula el pH del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y estimula la actividad biológica. Por eso es un parámetro a tener en cuenta al elegir un suelo para el cultivo de la trufa negra.

La materia orgánica de una zona productora de trufas se transforma tanto cuantitativa como cualitativamente, debido a que el desarrollo vegetativo del micelio de la trufa juega un papel importante. Así, las zonas productoras de *T. melanosporum* muestran un bajo contenido en materia orgánica libre (<20 μm), correspondiente a la materia orgánica parcialmente degradada y un alto contenido en materia orgánica ligada (>20 μm), correspondiente a la materia orgánica humificada estable y bien evolucionada. En general, podemos decir que se observa una disminución de la materia orgánica total y un aumento de la relación materia orgánica ligada / materia orgánica libre en las trufas.

La cantidad de materia orgánica en los suelos truferos es bastante variable, con mínimos y máximos absolutos de 0,16% y 35,40%, respectivamente. El rango recomendado para el cultivo de la trufa negra va de 1,5% a 8%.



Los problemas asociados a macronutrientes se deben frecuentemente a la aportación de abonos en campos de cultivo.

02.06 Los macronutrientes (N, P y K)

La importancia de las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo para la producción de la trufa negra es baja, a pesar de su condición de nutrientes esenciales. En general, la mayoría de suelos tienen las cantidades suficientes para mantener el crecimiento del hongo y del árbol, por lo que, salvo en casos excepcionales, no hay problemas de deficiencia por causa de ellos. Frecuentemente, los problemas asociados a macronutrientes son debidos a concentraciones demasiado elevadas que provienen de la aportación de abonos a campos de cultivo. Las plantas dependen de los hongos micorrícicos para captar nutrientes a las concentraciones habitualmente bajas del suelo. Cuando las concentraciones son altas, la planta puede absorber sin necesidad del hongo y deja de formar micorizas, lo que provoca la desaparición del hongo que depende del árbol para obtener energía.

El rango del contenido de nitrógeno orgánico (Kjeldahl) recomendado para el cultivo de la trufa negra está comprendido entre 0,1% y 0,3% con valores mínimos y máximos absolutos en trufas silvestres de 0,05% y 0,52%.

Tanto el micelio de la trufa negra como los microorganismos son capaces de transformar las diferentes fracciones del fósforo en forma asimilable por el parásito, por lo que, en truficultura, resulta más relevante la medición del fósforo total. No obstante, en planta joven, contenidos en fósforo asimilable elevados pueden ser nefastos para la micorrización. Su rango recomendado expresado en P_2O_5 es de 0,1% a 0,3%.

El rango recomendado del contenido de potasio intercambiable (K_2O) para el cultivo de la trufa negra está comprendido entre 0,01% y 0,03%, con valores mínimos y máximos absolutos en trufas silvestres de 0,004% y 0,485%.



Las clases texturales óptimas del suelo para el cultivo de la trufa negra son las franca, francoarenosa y francoarcilloarenosa.

02.07 La relación C/N

La relación C/N refleja el grado de mineralización de un suelo y da idea de su actividad biológica, por lo que debe considerarse en suelos pesados, con un contenido en arcillas elevado.

Los valores de la relación C/N van disminuyendo a medida que se descompone la materia orgánica y refleja el grado de mineralización de un suelo y la calidad de la materia orgánica. Por este motivo, el estudio de la relación C/N puede resultar interesante en suelos pesados, con un elevado porcentaje de arcillas.

El rango recomendado de la relación C/N para el cultivo de la trufa negra está comprendido entre 8 y 15, con valores óptimos alrededor de 10. Los valores mínimos y máximos absolutos observados en montes truferos son 0,1 y 26, respectivamente.

02.08 La estructura

La estructura describe la forma de cómo se agregan las partículas individuales de un suelo y el espacio de las cavidades asociadas. La mejor estructura para el desarrollo de la trufa negra es aquella que permite una mejor aireación del suelo y una buena circulación del agua por los poros, así como una buena penetración de las raíces del árbol y del micelio de la trufa negra. La estructura óptima para el cultivo de la trufa negra es la denominada granular o con grumos.

La Tabla 4 recoge los rangos recomendados de los principales parámetros edáficos.

PARÁMETROS	RANGOS RECOMENDADOS
pH	7,5 - 8,5
Materia orgánica oxidable (%)	1,5 - 8
Caliza total (% $CaCO_3$)	1 - 83,7
Calcio intercambiable (% CaO)	0,4 - 1,6
Nitrógeno (Kjeldahl) (%)	0,1 - 0,3
Fósforo total (% P_2O_5)	0,1 - 0,3
Potasio intercambiable (% K_2O)	0,01 - 0,03
Textura	Franca, francoarenosa, francoarcillosa, francolimosa, francoarcilloarenosa
Estructura	Granular o grumosa
Ratio C/N	8 - 15

Tabla 4. Rangos recomendados de los principales parámetros edáficos para el cultivo de la trufa negra.

03 Condiciones geológicas

Son preferibles los terrenos del Secundario-Mesozoico: Triásico, Jurásico o Cretácico, con preferencia del Jurásico superior, aunque también son aptos los sustratos aluviales de la era Cuaternaria.

04 La topografía

La ubicación geográfica puede condicionar la aptitud de la zona para la producción de la trufa negra, siendo los parámetros considerados: la altitud, la orientación y la pendiente, pero los parámetros geográficos por sí solos no tienen gran relevancia y es necesario considerarlos en combinación con el clima.

04.01 Altitud

La altitud adecuada para el establecimiento de una plantación es un parámetro que presenta discrepancias entre autores, ya que no se puede separar de la latitud y de la orientación.

En Europa, las trufas silvestres se encuentran desde casi el nivel del mar en Francia hasta los 1.800 m en Granada. En España, las trufas silvestres se sitúan mayoritariamente en torno a los 600 - 1.200 m.

04.02 Orientación

La influencia de la orientación depende de la altitud, la latitud y también de la exposición a



Figura 14. La viña es un buen antecedente para el cultivo de la trufa negra.

los vientos dominantes. La mayoría de las trufas silvestres se encuentran en exposiciones sur, pero cuando nos dirigimos al sur peninsular hay una tendencia hacia exposiciones de más sombra. Así por ejemplo, en la provincia de Castellón hay más trufas en orientaciones sur, mientras que en la provincia de Valencia las trufas ya prefieren orientaciones Norte. En Cataluña, podremos considerar todas las exposiciones posibles, si bien habrá que considerar que en cotas elevadas habrá preferencia por una exposición sur.

04.03 Pendiente

Normalmente, no se encuentran trufas en zonas completamente planas por riesgo de encharcamiento. Es más frecuente que se encuentren en pendientes moderadas (<15%), aunque se citan trufas silvestres incluso con un 60% de pendiente.

05 Antecedentes de cultivo

El legado del cultivo anterior al terreno donde se establecerá la plantación afectará a la evolución. Son preferibles los cultivos de cereales (Figura 13), forrajeras o leguminosas. También se consideran buenos antecedentes la viña (Figura 14) y los frutales y en general antecedentes de cultivos endomicorrízicos. En el caso de cultivos leñosos, es importante comprobar el estado sanitario de las raíces. Una infección del hongo patógeno *Armillaria spp.* podría afectar seriamente la plantación. Es recomendable una "limpieza biológica" del terreno a base de cultivar especies cerealistas o forrajeras durante al menos un año.

06 Aptitud para el cultivo de la trufa negra en Cataluña

El Centro Tecnológico Forestal de Cataluña ha delimitado las zonas potencialmente adecuadas para el cultivo de la trufa negra en Cataluña en el mapa que permite identificar las zonas de actuación y planificar un correcto desarrollo de la truficultura (Figura 15). No obstante, el mapa no puede dejar de ser una aproximación y se hace necesaria la realización a nivel de parcela de los análisis de suelo, vegetación y clima pertinentes.

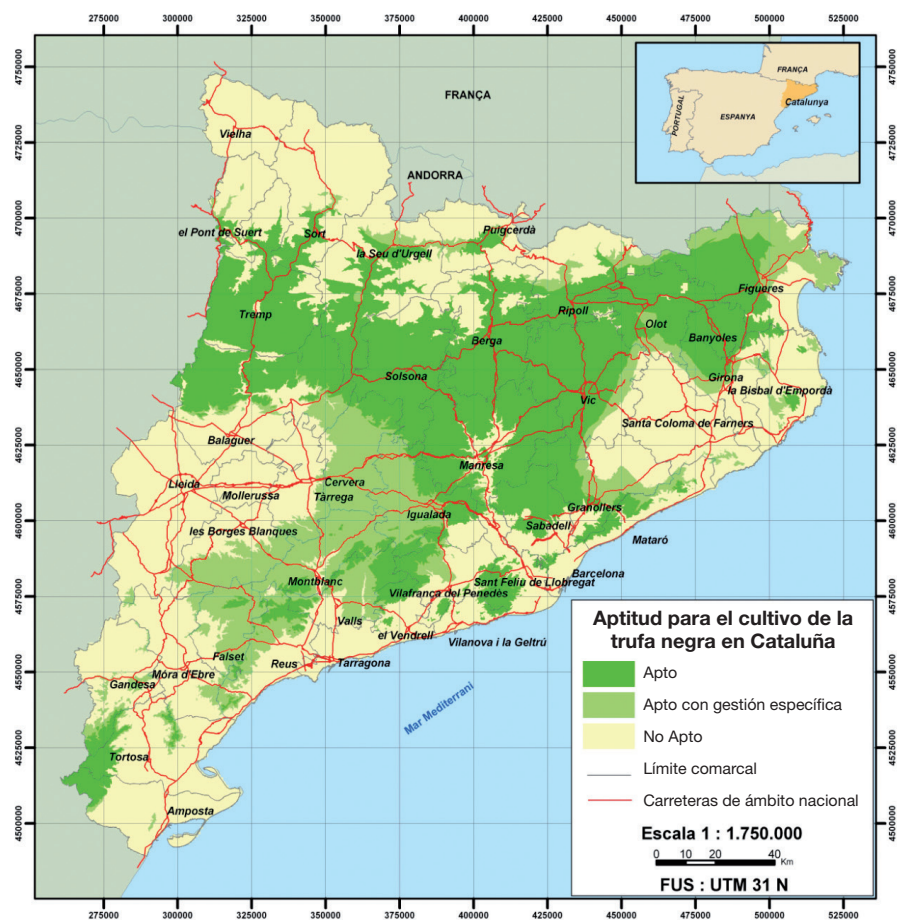


Figura 15. Mapa de aptitud para al cultivo de la trufa negra en Cataluña. Fuente: (Colinas i col., 2007).

Podemos distinguir zonas aptas para el cultivo de la trufa negra, así como zonas donde el cultivo sería viable con diferentes tipos de gestión, estableciendo tres modelos diferentes de gestión específica: Riego de apoyo: zonas con una precipitación reducida donde será necesario el establecimiento de un riego de apoyo en periodos de sequía prolongada; Enmienda calcárea: zonas con un pH ligeramente ácido para la trufa negra ($6,5 < \text{pH} < 7,1$), donde será necesaria la aportación de carbonato cálcico para aumentar el pH y situarlo en el rango idóneo para la trufa negra; *Riego de apoyo + Enmienda calcárea*: zonas donde habrá una combinación de las gestiones de los tipos *Riego de apoyo* y *Enmienda calcárea* (Figura 15 y Tabla 5).

La superficie apta actualmente para el cultivo de la trufa negra en Cataluña es de 1.582.662 ha (Tabla 5), un 49% de la superficie total catalana, de las cuales actualmente 375.007 ha se destinan a cultivo de cereales y frutales de secano (potencialmente compatibles con el cultivo de la trufa negra), cultivos poco rentables sin la subvención anual de la política agrícola común.

La figura 15 nos muestra el territorio apto para el desarrollo de la truficultura. Este territorio coincide principalmente con la franja prepirenaica, que es una de las zonas con mayores dificultades de encontrar salidas viables en el medio rural, porque no tiene los atributos turísticos de los Pirineos ni tienen la topografía ni los medios necesarios para desarrollar una agricultura competitiva. Hay que tener en cuenta que la estimación de los efectos que producirá el cambio climático global provocará un des-



El legado del cultivo anterior del terreno donde se establecerá la plantación afectará a su evolución. Son preferibles los cultivos de cereales, forrajeras o leguminosas. También se consideran buenos antecedentes la viña y los frutales y en general antecedentes de cultivos endomicorrízicos.

Aptitud y gestión específica	Superficie (ha)	Superficie (%)
Apto	1.075.858	33,51
Apto con riego de apoyo	363.470	11,32
Apto con enmiendas calizas	128.382	4
Apto con riego apoyo + Enmiendas calizas	14.953	0,47
No apto	1.628.084	50,71
TOTAL	3.210.746	100

Tabla 5. Superficie apta para el cultivo de la trufa negra en Cataluña, con las superficies con gestión específica añadida en las zonas no idóneas. Fuente: (Colinas y col., 2007).

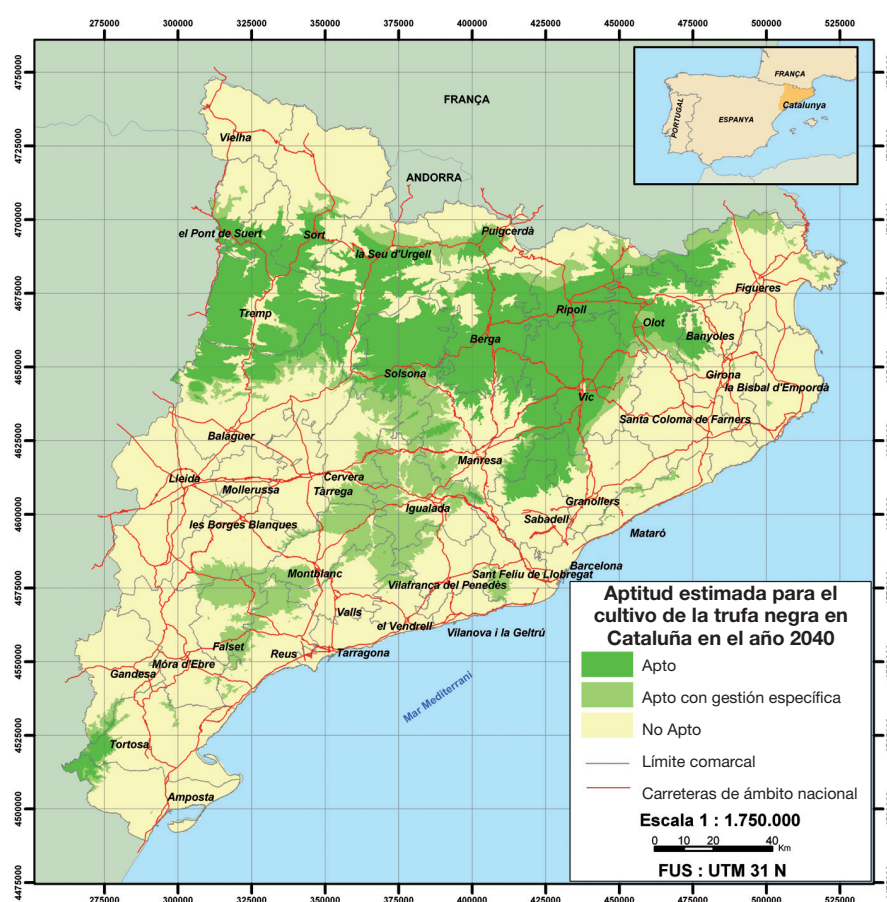


Figura 16. Mapa de aptitud estimada para el cultivo de la trufa negra en Cataluña el año 2040. Fuente: (Colinas y col., 2007).

censo del 29% de la superficie total apta para el desarrollo de la truficultura. No obstante, para el año 2040 todavía habrá más de un millón de hectáreas aptas para el cultivo de la trufa negra en Cataluña (Figura 16).

¿COMO SE CULTIVA LA TRUFA NEGRA?



Figura 17. Subsulado del terreno para romper la suela de labor.



Figura 18. Campo de almendros en la zona de BellaGuarda, Las Garrigues. Se puede observar el árbol arrancado de raíz mediante una retroexcavadora.

Para poder realizar la plantación hay que preparar el terreno, obtener la planta y plantar en la época adecuada. Previamente, hay que elegir la densidad de la plantación.

01 Preparación del terreno

La preparación del terreno dependerá en parte del uso anterior del terreno y del estado en que se encuentra su superficie antes de plantar.



Figura 19. Extracción de las raíces mediante un subsulado profundo.

Es importante hacer una labor cultural profunda mediante un subsolador para romper la posible suela de labor y favorecer el drenaje y la aireación (Figura 17), y después un cultivo superficial para nivelar y afinar el terreno con rastras o cultivadores. La época recomendada es durante los meses de verano o de otoño anteriores a la plantación. Hay que realizarlo sobre suelo seco y sin mezclar los horizontes.

En las parcelas con suelos superficiales o poco orgánicos y arenosos y relativamente limpias, se puede plantar realizando un cultivo superficial del terreno a bandas de un metro de ancho sobre la línea de plantación.

Si el cultivo anterior es leñoso, se extraerán todas las raíces para evitar la proliferación de *Armillaria spp.* u otros hongos patógenos de raíz. Los árboles se arrancaran de raíz (Figura 18) y después mediante un subsulado profundo se extraerán el máximo número de raíces del terreno (Figura 19).

02 Elección de la planta huésped

La trufa negra puede establecer simbiosis con gran variedad de plantas: encinas, robles, coscojas, avellanos, jaras (*Cistus incanus*), pinos (*Pinus pinea*, *P. halepensis*, *P. nigra*), carpe negro (*Ostrya carpinifolia*), carpe (*Carpinus betulus*) y tilos (*Tilia spp.*). Sin embargo, son pocas las especies arbóreas que se utilizan para su cultivo.

En función de la zona y el terreno se escogerá la planta huésped. En el mercado viverístico hay disponibles plantas inoculadas de encina (Figura 20), roble, avellano y coscoja. Idealmente, el huésped elegido debe ser el más adecuado en la zona. Actualmente, la especie huésped más utilizada es la encina (*Quercus ilex ssp. ilex*, *Q. ilex ssp. Ballota*), y en menor medida los robles. Puntualmente, también se utilizan los avellanos y la coscoja.

En España, los mejores resultados se están obteniendo con *Quercus ilex* y se desaconseja la plantación de avellanos, especie mucho más receptiva a *Tuber brumale* que las encinas y los robles. En Francia, la encina se muestra más temprana que el roble, lo cual explica su mayor utilización en las plantaciones actuales.



Actualmente la especie huésped más utilizada es la encina (*Quercus ilex ssp. ilex*, *Q. ilex ssp. ballota*), y en menor medida los robles. Puntualmente también se utilizan los avellanos y la coscoja.



Figura 20. Encinas inoculadas con la trufa negra en vivero.



Figura 21. Evaluación del estado de micorrización de las plantas inoculadas con la Trufa negra.

Es necesario que la planta tenga un sistema radicular bien desarrollado con abundantes raíces tróficas. El porcentaje de micorrizas de *T. melanosporum* deberá ser superior al 33% y no podrá tener ninguna micorriza de un hongo de otra especie del género *Tuber*. Un porcentaje bajo de micorrizas de hongos de vivero es aceptable, pero no es deseable. Es fácil encontrar en el mercado la planta con porcentajes de micorrizas de la trufa negra muy superiores al 33% y prácticamente carente de micorrizas de otros hongos. Es necesario que la calidad forestal de las plantas sea óptima y cumpla la normativa vigente del material forestal de reproducción. También hay que ver que las plantas estén correctamente endurecidas, sobre todo si están destinadas a una plantación de otoño.

Debido a las limitaciones observadas en la certificación de algunas plantas, es aconsejable que la persona interesada en realizar una plantación lleve la planta a analizar en un laboratorio de su elección (Figura 21).

03 Elección de la densidad de plantación

La densidad de plantación dependerá de la planta huésped escogida y de la fertilidad del terreno, ligada a la profundidad y el contenido de materia orgánica y de arcilla del suelo. En las zonas de estación más favorable donde se espera un mayor crecimiento de los árboles, la densidad deberá ser menor. La densidad también varía según el modelo de mantenimiento de la vegetación. Así pues, si

se plantea realizar cultivos frecuentes, habrá que espaciar un poco más los árboles. En todos los casos, el criterio debe ser el de mantener la insulación y la apertura de las truferas.

Actualmente, los marcos de plantación más utilizados son los que corresponden a una densidad de 200 - 330 plantas/ha. Se consigue con marcos de 6x5 m, 6x6 m, 7x5 m, 7x6 m o 7x7 m.

04 Plantación

Según el clima de cada región, la plantación se realizará desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo, y aún hasta abril si hay heladas tardías. El día anterior a la plantación es conveniente regar las plantas para que el conjunto de raíces esté más compacto y para paliar el estrés que sufre la planta durante su plantación. No se debe plantar en el periodo de heladas o con vientos fuertes. La plantación se realizará manualmente (Figura 22). Se hace un agujero de tamaño suficiente para albergar la planta, colocándose con mucho cuidado para que quede vertical y con las raíces bien extendidas, y de manera que el cuello de la raíz quede un poco enterrado. Después se llenará de tierra fina y se presionará alrededor de la planta con los pies para evitar bolsas de aire. Después de plantar, es aconsejable regar con unos 5 -8 litros de agua por planta. Se pueden utilizar protectores en el caso que haya riesgo de ataque por animales (Figura 23). En suelos superficiales o muy arenosos, es útil colocar protectores parcialmente soterrados para proteger la planta contra la sequía.



Figura 22. Plantación manual de encinas de una savia.



Figura 23. Plantación de encinas de un año con tubos protectores.

GESTIÓN DE PLANTACIONES TRUFERAS



Figura 24. Escarda manual en encinas de 4 años de edad.



Figura 25. Arado del terreno con apero con control de profundidad en una plantación de 4 años.

Una vez realizada la plantación, tendremos que gestionarla adecuadamente para obtener una buena producción. En otros cultivos hay mucha información sobre la forma de conducir las plantaciones y la respuesta a una gestión determinada es claramente observable: se puede ver en el campo el crecimiento de los árboles, si florecen, si los frutos aumentan de tamaño, etc. En cambio, en el cultivo de la trufa negra, el objetivo es favorecer el desarrollo del hongo y este no es directamente observable, ya que se desarrolla en el suelo. El primer indicio de un buen desarrollo del hongo, aunque no es determinante para el éxito de la plantación, es la aparición de los quemados a partir del cuarto año hasta el séptimo. No será hasta el sexto-décimo año cuando podremos obtener las primeras trufas. Hasta la llegada de este momento, para poder hacer el seguimiento de la evolución del hongo, se puede observar la proliferación de micorrizas del hongo en las raíces del árbol, o detectar el micelio en el suelo mediante técnicas moleculares.

01 Tratamiento de la vegetación

01.01 Etapa 1: Desde el establecimiento de la plantación hasta la aparición de los quemados.

En esta etapa el tratamiento de la vegetación alrededor de las plantas es independiente del

modelo de gestión de la vegetación que se elija a posteriori. Durante los primeros años es importante mantener limpio de malas hierbas los alrededores de la planta, mediante escardas manuales con azada (Figura 24). De esta manera, favoreceremos la supervivencia de la planta al eliminar la competencia para el agua y los nutrientes, incrementando la supervivencia y la proliferación del micelio.

En las calles de separación entre plantas se pueden realizar labradas del terreno con aperos con control de profundidad-cultivadores o rastras (nunca fresas) - a una profundidad no superior a 15-20 cm (Figura 25).

En el caso de parcelas con cierta pendiente o terrenos muy arenosos, se eliminará la vegetación herbácea alrededor del árbol mediante escardas manuales y, en caso que sea necesario, en las calles de separación se controlará la vegetación mediante desbrozadora.

En Francia, en algunas plantaciones se está utilizando el método Tanguy. Durante los dos o tres primeros años de la plantación se elimina la vegetación herbácea alrededor del árbol mediante escardas con azada o aplicación de herbicidas para favorecer la supervivencia y asentamiento de la planta. Al tercer o cuarto año se abandonan los trabajos para reducir el crecimiento de los árboles. Se mantiene la plantación con

gramíneas espontáneas o sembradas y cuando está en producción se puede hacer alguna pasada con el cultivador para favorecer el nacimiento de nuevas raíces.

01.02 Etapa 2: Años posteriores a la aparición de los quemados.

Una vez han aparecido los quemados, hay dos opciones de gestión de la vegetación:

a) Cultivo del terreno (Figura 26):

Los objetivos del cultivo de las truferas consisten en eliminar la vegetación adventicia que compite con el micelio de la trufa negra y con la encina por el agua y los nutrientes, facilitar la aireación del suelo y aumentar la capacidad de retención del agua disponible.

El cultivo se realiza con aperos con control de profundidad, a una profundidad no superior a 10 cm.

Sin embargo, un cultivo excesivo del suelo puede tener un efecto negativo sobre la estructura y la porosidad del suelo a causa de la destrucción de los agregados y la compactación. Esto puede conducir a un efecto inverso al que se busca en la truficultura y disminuir la actividad microbiana.

En algunos casos, se ha observado que el cultivo permite obtener trufas de mayor ta-



Figura 26. Modelo de gestión de la vegetación mediante cultivo del terreno.



Figura 27. Plantación con hierba en producción en Teruel.

maño, aunque no favorece la entrada en producción y en algunas situaciones incluso puede retrasarla. En suelos arenosos o muy ligeros, la aireación natural puede hacer innecesario cultivar el suelo.

En el momento en que la plantación entre en producción, se aconseja labrar solo una vez al año. La mejor época sería en los meses de marzo-abril, una vez terminada la recolección.

b) En suelo con hierba:

Una vez que las plantas tienen quemados se interrumpe la labrada y se permite el crecimiento de plantas herbáceas (Figura 27), controlado si es necesario mediante desbrozadora. Puede ser natural o artificial, mediante la siembra de gramíneas. Al contrario del cultivo, el suelo con hierba favorece el desarrollo de la actividad biológica y de la microflora del suelo, actividad que más tarde será importante para el desarrollo de la trufa negra.



Una vez que las plantas tienen quemados se interrumpe la labrada y se permite el crecimiento de herbáceas, controlado si es necesario, mediante desbrozadora.

02 Riegos

02.01 Etapa 1: Implantación y preproducción

Es recomendable regar los primeros años hasta que se establezca el sistema radicular y, en particular el primer año, en caso de sequía prolongada durante 20 o más días según el suelo y las condiciones climáticas (Figura 28). Hay dos tipos de recomendaciones de la cantidad de agua que hay que aportar. Uno de ellos está basado en un volumen de agua por planta y otro en el déficit hídrico de la planta calculado en función de la evapotranspiración potencial. En el primero, la recomendación es de 3 a 4 litros por planta cada dos o tres semanas según la intensidad de la sequía. En el segundo caso, la recomendación es reducir a la mitad el déficit hídrico especialmente durante la primavera y la primera mitad del verano. El primer tipo de recomendación es útil cuando no se puede estimar el déficit hídrico, pero es problemático porque la cantidad de agua necesaria depende del tipo de suelo y la recomendación no es extrapolable en zonas distintas de aquellas para las que se ha calculado.

En caso de no poder regar, se puede hacer un acolchado. El acolchado no parece que sea desfavorable para el mantenimiento del hongo, pero es desaconsejable conservarlo de forma prolongada.

02.02 Etapa 2: Producción

Durante esta etapa hay que hacer aportaciones de 25 - 35 l/m² desde mayo-junio hasta agos-

to-septiembre, cada 3 semanas en función de la capacidad de retención del suelo y de las precipitaciones caídas, aunque cada cultivador tiene su propia norma. Sin embargo, un riego excesivo parece inhibir la producción de trufas. Actualmente, se desaconseja el riego localizado mediante goteros en favor del riego por aspersión o microaspersión (Figura 29). El uso del acolchado con paja o con otros materiales vegetales puede ayudar a mantener durante más tiempo la humedad del riego. El acolchado se puede mantener durante todo el verano, pero sin recubrir totalmente el quemado y las placas de acolchado de unos 50 cm de diámetro es necesario que se esparzan 60 cm como mínimo.

03 Fertilización

Normalmente los suelos tienen las cantidades de nutrientes suficientes para el desarrollo de la trufa negra. La trufa negra es un hongo adaptado para vivir en zonas generalmente pobres en nutrientes. Sólo en el caso de plantaciones en terrenos excepcionalmente pobres en algún nutriente sería aconsejable abonar para compensar esta carencia. Una práctica habitual en zonas con pH poco elevado es aplicar enmiendas calizas de liberación lenta antes de cultivar en una dosis del orden de 1.000 kg/ha de CaCO₃, con un pH inicial de 5,5, mediante enmiendas calizas se consigue corregir el pH hasta 8, obteniendo posteriormente producciones en Carolina del Norte (Estados Unidos).



Figura 28. Plantación de encinas inoculadas con trufa negra con sistema de riego por microaspersión en La Baronia de Rialb, la Noguera.



Figura 29. Plantación con sistema de riego por microaspersión.

04 Podas

Durante los primeros años de la plantación se realizarán podas de formación. Su objetivo principal es corregir anomalías del porte y formar la estructura del árbol para crear las condiciones favorables para el desarrollo de las trufas.

La poda de formación va encaminada a la consecución de un árbol con forma de cono invertido u oval, eliminando así las ramas bajas y los rebrotes basales (Figura 30). De esta manera, se consigue aumentar la luz que llega al suelo y facilitar la instalación posterior de un sistema de riego, además de favorecer la recogida de las trufas.

La poda de formación podrá comenzar a partir del tercer año en función del vigor de la planta y hay que ver que su intensidad sea baja. Se recomienda realizarla anualmente.

Posteriormente, a partir del décimo año se pretende limitar el crecimiento de la parte aérea y de su sistema radicular y evitar el cierre de copas.

En esta etapa la intensidad de poda puede ser más alta y con una frecuencia de 2-5 años.

En climas calurosos y con una fuerte insolación se puede podar la parte alta del árbol para favorecer su aireación y conservar las ramas bajas que harían sombra al suelo y permitirían amortiguar las variaciones de temperatura.

Se recomienda realizar la poda en la fase de reposo vegetativo, aunque también se puede podar durante el periodo estival. La poda en verde consistiría en una poda ligera y en pinzamientos.

05 Plagas y enfermedades

Las especies utilizadas en truficultura son muy rústicas y los pequeños ataques de organismos que sufren no llegan a producir pérdidas.

Prácticamente sólo en plantaciones jóvenes durante la fase de implantación podemos tener ataques severos que puedan perturbar el crecimiento de los árboles. Solo en estas situaciones sería conveniente actuar. En la etapa de producción los grandes problemas los podemos tener con los posibles predadores de la trufa negra, principalmente el jabalí, por lo que es recomendable el cercado del terreno en esta etapa.

En los terrenos donde ha habido un cultivo leñoso anteriormente, es importante eliminar la mayor cantidad de raíces posible antes de establecer la plantación para reducir el riesgo de ataques de patógenos de raíz.

En truficultura debemos plantearnos la lucha contra plagas y enfermedades de una forma no agresiva, ya que todo el tratamiento que se haga puede afectar al ecosistema de las trufas.



Figura 30. Poda de formación con las ramas bajas eliminadas. Plantación de nueve años en Teruel, donde se puede observar el quemado.

RENDIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN TRUFERA

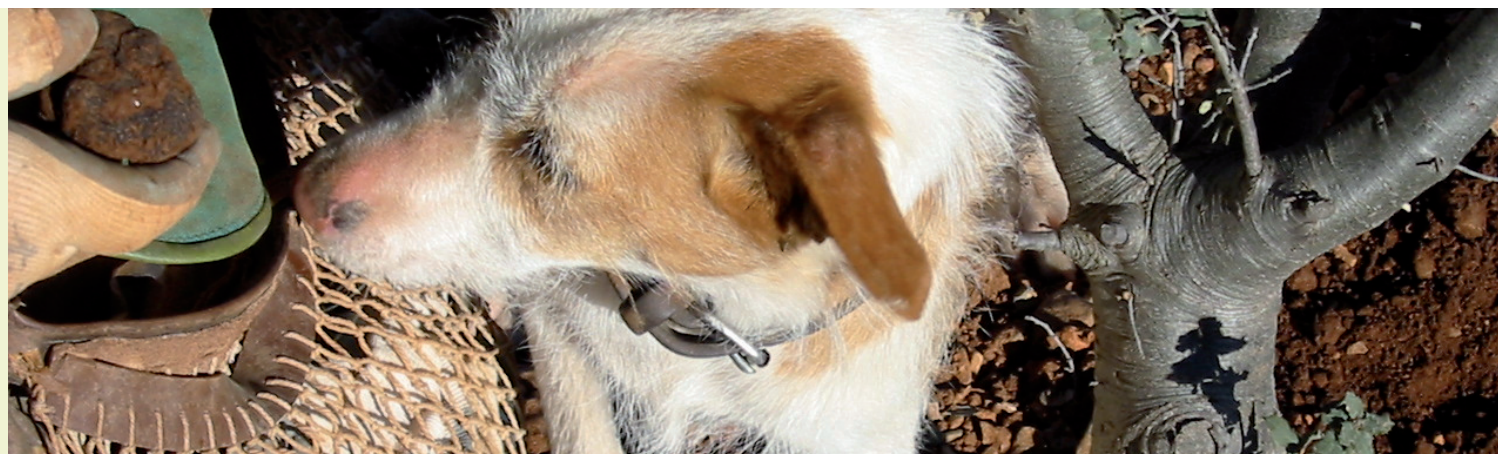


Figura 31. Perro trufero en una plantación en producción en Teruel. (Foto: Montse García).

Para el cálculo de la rentabilidad de una plantación trufera hemos previsto por separado los costes de implantación, los costes de mantenimiento y los ingresos, obteniendo finalmente los rendimientos de una hectárea de plantación.

01 Costes de implantación

Comprende la eliminación del cultivo anterior mediante un pase del cultivador (opcional), el marcaje de las líneas de acuerdo a una densidad de plantación de 280 árboles/ha que supone un marco final de 6x6 m, el subsuelo, la plantación que incluye a la vez los jornales de plantación el coste de planta y el pequeño material, y el riego posterior de la planta en el agujero (Tabla 6).

El cierre de la parcela se puede posponer los primeros años de producción, aunque si hay riesgo de

→
El coste de implantación de una ha para el cultivo de la trufa negra es de 5.760 €.

daños causados por animales es preferible avanzar en el primer año. El coste del cierre varía en función del perímetro de la parcela y del tipo de cierre. Se ha pensado en un perímetro de 300 metros lineales por hectárea a un coste de 10 €/metro lineal.

02 Costes de mantenimiento

Es conveniente hacer riegos de mantenimiento en verano, en el caso que sea necesario, hasta la instalación definitiva al 5º año del sistema de riego que incluye tuberías, válvulas, microaspersores, grupo motobomba, cabezal de filtrado y caseta. Se ha supuesto una reposición del material de riego en el año 20.

Se ha supuesto un modelo de cultivo anual del terreno mediante rastrillado a una profundidad máxima de 10 cm con cultivador, durante los primeros 8 años, y escardas manuales alrededor de la planta durante los 5 primeros años.

Se han supuesto podas fuertes cada 5 años, que equivaldrían a podas anuales o bianuales de menor peso.

La recogida de trufas se realiza con la ayuda de un perro trufero (Figura 31) que tendría una vida útil mínima de 5 años y que podría trabajar en 2 hectáreas. Se ha tenido en cuenta el coste de recolección a partir de la entrada en producción. Los costes de compra del perro, alimentación

Operación	Horas/ha	Unidades/jornales	Coste/(€/hora)	Coste/(€/planta)	Coste/(€/jornal)	Subtotal (€/ha)
Eliminación del cultivo anterior	6		35			210
Mano de obra marcado		2			90	180
Pequeño Material						90
Subsolado	2,5		60			150
Mano de obra plantación		2			90	180
Coste planta micorrizada		280		6		1.680
Riego	6		45			270
Cercado						3.000
TOTAL:						5.760

Tabla 6. Descripción de las operaciones y cálculos de rendimientos para la implantación de 1 hectárea de árboles inoculados con la trufa negra.

y veterinario son variables en función de la tradición trufera de la zona y pueden ascender de 2.400-4.200 € (Tabla 7).

03 Ingresos

Es difícil predecir la vida útil de la plantación. La primera plantación trufera de la cual se tiene constancia en España se realizó en 1968 y mantiene su plena producción, y la gran plantación de 600 hectáreas de Arotz-CATESA en Soria se inició en 1979 y aún mantiene su producción. A efectos de cálculo, se ha supuesto una vida útil de 35 años a la plantación.

Las producciones en plantaciones con riego se sitúan entre los 10 y 50 kg/ha/año, y con medias alrededor de 30 kg/ha/año a partir del 10º año.

A efectos de cálculo hemos supuesto una producción media de 25kg/ha/año a partir del 10º año. El precio que recibe la persona que produce la trufa negra es muy variable. El precio medio anual pagado del período 1955-2005 es de 345€/kg, con un Intervalo de Confianza al 95% de 281-409 €/kg en euros constantes de 2007. Para realizar el cálculo de rentabilidad hemos utilizado el límite inferior del Intervalo de Confianza (281 €/kg).

El final de la plantación coincide con la tala del arbolado y la venta final de la madera es calculado a 42€/t para un crecimiento de 2 t/ha/año.

04 Rendimientos finales

La rentabilidad total de la inversión inicial se calcula obteniendo anualmente los rendimientos por diferencias entre ingresos y gastos y actualizándose en euros constantes del año inicial de implantación (Tabla 8). En nuestro caso, la rentabilidad total de una hectárea de *Tuber melanosporum* según el Valor Actual Neto (VAN) es de 50.340€, lo que corresponde a un Flujo de Caja Anual Equivalente (FCAE) de 2.697€/ha.

Este análisis de rentabilidad es orientativo, ya que suponemos el precio de venta y la producción constante. Hay varios estudios de rentabilidad recogidos en la bibliografía, para los que en las plantaciones de España, Francia e Italia se obtienen Valores Actuales Netos que oscilan entre 19.424€/ha y los 66.972€/ha. La rentabilidad media que se obtiene con la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) es siempre superior al 9% y el período de recuperación de la inversión igual o superior a 10 años.

En la Tabla 9 se presentan los FCAE en función de diferentes supuestos de producción.



La rentabilidad total de una hectárea de *Tuber melanosporum* según el Valor Actual Neto (VAN) es de 50.340 €. Los importantes rendimientos que se pueden obtener con la trufa negra, la convierten en uno de los cultivos con mejores perspectivas futuras en el mundo rural.

Operación	Horas/ha	Unidades/jornal	Coste/(€/hora)	Coste/(€/jornal)	Subtotal (€/ha)
Riegos manuales	12		45		540
Instalación material riego					3.600
Pases cultivador	6		35		158
Escardas manuales		9		90	810
Recolección	63		9		567
Reposición material de riego					1.800
Podas fuertes		4,5		128	576
Adquisición y mant. del perro					3.000

Tabla 7. Descripción de los cálculos de rendimiento de las principales operaciones de mantenimiento de una plantación de árboles inoculados con la Trufa negra.

Producción a partir del 10º año	Flujo de Caja Anual Equivalente (€/ha)
10 kg/ha y año	99
15 kg/ha y año	944
20 kg/ha y año	1.789
25 kg/ha y año	2.635
30 kg/ha y año	3.480
50 kg/ha y año	6.861

Tabla 9. Flujo de Caja Anual Equivalente en función de diferentes supuestos de producción de hectárea de plantación de árboles inoculados con *Tuber melanosporum*.

Año	Concepto	Ingresos (€)	Gastos (€)	Rendimiento (€)	Actualización (€)
0	Coste implantación		5.760	-5.760	-5.760
1	Riego Rastrillar Escarda manual.		1.508	-1.508	-1.450
2	Riego Rastrillar Escarda manual.		1.265	-1.265	-1.169
3	Riego Rastrillar Escarda manual.		2.498	-2.498	-2.220
4	Riego Rastrillar Escarda manual.		1.274	-1.274	-1.089
5	Instalación riego Rastrillar Poda. Escarda manual		5.108	-5.108	-4.198
6	Rastrillar		158	-158	-124
7	Rastrillar		158	-158	-120
8	Rastrillar		158	-158	-115
9	Compra perro		3.000	-3.000	-2.108
10	Producción. Poda. Recolección.	7.025	1.143	5.882	3.974
11	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	4.195
12	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	4.034
13	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	3.879
14	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	3.729
15	Producción. Recolección. Poda.	7.025	1.143	5.882	3.266
16	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	3.448
17	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	3.315
18	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	3.188
19	Producción. Compra perro. Recolección.	7.025	3.567	3.458	1.641
20	Producción. Recolección. Poda. Reposición riego	7.025	2.943	4.082	1.863
21	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	2.834
22	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	2.725
23	Producción	7.025	567	6.458	2.620
24	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	2.519
25	Producción. Recolección. Poda.	7.025	1.143	5.882	2.206
26	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	2.329
27	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	2.240
28	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	2.154
29	Producción. Compra perro. Recolección.	7.025	3.567	3.458	1.109
30	Producción. Recolección. Poda.	7.025	1.143	5.882	1.814
31	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	1.915
32	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	1.841
33	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	1.770
34	Producción. Recolección.	7.025	567	6.458	1.702
35	Producción. Recolección. Tala final madera.	9.970	567	9.403	2.383
RENDIMIENTO TOTAL CICLO PRODUCTIVO					50.340

Tabla 8. Rendimiento total de 1 hectárea de plantación de árboles inoculados con *Tuber melanosporum*. Se han actualizado los rendimientos anuales calculando con un interés anual del 4%.

05 Glosario

Agregado: Unidad elemental de la estructura natural del suelo, formada por la unión coherente de partículas minerales.

Binar: 1.- Hacer la segunda labor. 2.- Dar segunda cava a las plantas.

Carpóforo: Aparato esporífero de los ascomicetos (ascocarpo), formado por un estroma de consistencia suberosa o carnosa. Cuerpo de fructificación del hongo.

Quemado: Zona de una trufera donde no crece la vegetación (Ver ejemplo figura 30).

Acolchado: Aplicación de una capa de material vegetal o sintético inerte en el suelo para conservar la humedad y amortiguar los cambios de temperatura.

Ectomicorriza: Micorriza en que las hifas forman un manto que rodea la raíz y una red de Hartig entre las células periféricas de la raíz. Características de especies arbóreas de interés forestal (encinas, robles y pinos entre otras especies).

Endomicorriza: Micorriza en que las hifas penetran en las células de la raíz. Son las más abundantes en la naturaleza, y se forman principalmente en plantas herbáceas (como cereales o alfalfa).

Estroma: Masa compacta formada por la aglomeración de hifas, a partir de la cual se pueden formar esporocarpos.

Hifa: Cada uno de los elementos filamentosos que constituyen el micelio de los hongos.

Micelio: Estructura vegetativa de los hongos constituida por el conjunto de hifas.

Micorriza: Órgano simbiótico formado por la raíz de un vegetal y las hifas de un hongo.

Planta endurecida: Planta en reposo vegetativo capaz de resistir las condiciones meteorológicas invernales en el lugar de plantación.

Trufera: Zona donde fructifican las trufas.

Truficultura: Cultivo de trufas, mediante la plantación de árboles inoculados.

06 Para saber más

COLINAS, C.; CAPDEVILA, J.M.; OLIACH, D.; FISCHER, C.R. y BONET, J.A. (2007) *Mapa d'aptitud per al cultiu de la tòfona negra* (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Catalunya. Solsona. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña.

MORCILLO, M.; MORENO, B.; PULIDO, E. y SÁNCHEZ, M. (2007) *Manual de truficultura andaluza*. Córdoba. Fundación Gypaetus.

REYNA, S. (2007) *truficultura. Fundamentos y técnicas*. Madrid. Mundi-Prensa.

RICARD, J.M. (2003) *La truffe. Guide technique de trufficulture*. París. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes.

SÁEZ, R. y DE MIGUEL, A. (1995) *Guía práctica de truficultura*. Pamplona. I.T.G. Agrícola S.A. y Universidad de Navarra.

Autores de todos los artículos



Daniel Oliach i Lesan
Centro Tecnológico Forestal de Cataluña.
daniel.oliach@ctfc.cat



José Antonio Bonet Lledós
Centro Tecnológico Forestal de Cataluña.
jantonio.bonet@ctfc.es



Christine R. Fischer
Centro Tecnológico Forestal de Cataluña.
christine.fischer@ctfc.es



Antoni Olivera Ruestes
Centro Tecnológico Forestal de Cataluña.
Antoni.Olivera@ctfc.cat



Juan Martínez de Aragón
Centro Tecnológico Forestal de Cataluña.
mtzda@ctfc.cat



Carlos Colinas González
Universidad de Lleida -UdL.
carlos.colinas@pvcf.udl.cat