

La trufa de verano en la península ibérica: estado actual y potencialidad de cultivo

S. Sánchez^{1,*}, A.M. De Miguel², R. Sáez³, M. Martín-Santafé^{1,4}, B. Águeda⁵, J. Barriuso¹, S. García-Barreda⁶, D. Salvador-Alcalde⁷ y S. Reyna⁷

¹ Unidad de Recursos Forestales, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), Avda. Montañana 930, 50059, Zaragoza, España

² Departamento de Biología Ambiental, Universidad de Navarra, Irunlarrea 1, 31008, Pamplona, España

³ INTIA, Serapio Huici 22, 31610, Villava, España

⁴ Centro de Investigación y Experimentación en Truficultura de la Diputación de Huesca, Polígono Fabardo s/n, 22430, Graus, España

⁵ Departamento de Ciencias Agroforestales, EU de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Campus Duques de Soria, 42004, Soria, España

⁶ Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, C/ Charles Darwin 14, Parque Tecnológico, 46980 Paterna, Valencia, España

⁷ Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de la Vera s/n, 46022, Valencia, España

Resumen

La trufa de verano (*Tuber aestivum*, incluyendo *Tuber uncinatum*) es una especie de un gran valor económico y social, que se produce de modo silvestre en toda Europa, norte de África y parte de Oriente medio. Los esfuerzos de cultivo de esta especie en la península ibérica han permanecido en un segundo plano debido a las condiciones adecuadas de ciertos terrenos para cultivar especies de mayor valor económico, como la trufa negra (*Tuber melanosporum*). Sin embargo, la trufa de verano es una alternativa viable y muy productiva para zonas de dudosa aptitud para *T. melanosporum*. En este trabajo, mediante revisión bibliográfica, se ponen de manifiesto los siguientes aspectos: la distribución y ecología de *T. aestivum*, la situación actual del cultivo, así como las perspectivas de futuro propias de esta especie en la península ibérica. En rasgos generales, se ha constatado su mayor amplitud ecológica y geográfica en relación a la trufa negra y se ha observado que es un cultivo incipiente pero en crecimiento. Sin embargo, se ha deducido que aún es necesario realizar un gran esfuerzo para dar a conocer este producto tanto a cultivadores como a consumidores potenciales en España así como divulgar aspectos técnicos sobre la gestión de su cultivo.

Palabras clave: Cultivos alternativos, ecología de la trufa, hongos ectomicorrícicos comestibles, *Tuber aestivum*, *Tuber uncinatum*.

Abstract

Summer truffle in the Iberian Peninsula: current status and crop potential

Summer truffle (*Tuber aestivum*, including *Tuber uncinatum*) is a species of great economic and social value. Wild summer truffles are produced all over Europe, North Africa and part of the Middle East. This

* Autor para correspondencia: ssanchezd@aragon.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.007>

species has been underutilized in the Iberian Peninsula due to ability of certain areas to cultivate species of greater economic value, such as the black truffle (*Tuber melanosporum*). However, the summer truffle is an alternative species for areas where the black truffle is not well adapted. In this paper, the distribution and ecology of *T. aestivum*, the current situation and the future prospects of this crop in the Iberian Peninsula is reviewed. Summer truffle is a growing crop, well adapted in greater ecological and geographical areas than black truffle. However, it is still necessary to carry out further efforts to publicize it to both growers and consumers in Spain and to spread technical aspects of its management.

Key words: Alternative crops, truffle ecology, edible ectomycorrhizal fungi, *Tuber aestivum*, *Tuber uncinatum*.

Introducción

El término trufa suele referirse a las fructificaciones de los hongos del género *Tuber*, que son hipogeas y de las cuales algunas de ellas poseen un gran valor comercial. Al contrario de lo que sucede con otros hongos ectomicorrízicos comestibles y también muy apreciados como los *Boletus*, los niscalos (*Lactarius*) o los rebozuelos (*Cantharellus*), entre otros, el cultivo de algunas especies de trufas hoy en día es rentable. En todos los casos se trata de un cultivo agroforestal ecológico, que contribuye a la forestación de terrenos agrarios con árboles autóctonos de la cuenca mediterránea y está ampliamente demostrada su contribución al desarrollo de zonas rurales con escasos recursos (Boa, 2004; Sáez y De Miguel, 2008; Reyna, 2012).

Entre las especies de *Tuber* que crecen de modo espontáneo y se recolectan en España *T. melanosporum* Vittad. (trufa negra de invierno) es la especie de mayor valor económico (alcanza los 900 euros/kg pagados al recolector (Eliseo Palomar, com. pers.)), razón por la que está siendo cada vez más cultivada, superando actualmente las 10.000 hectáreas de cultivo, superficie que se incrementa cada año en un 10%, aproximadamente (Reyna y García-Barreda, 2014). España no es un país con tradición en el consumo de trufas, pero paradójicamente es uno de los mayores productores de *T. melanosporum* del mundo, con casi un 30% de la producción europea (Reyna y García-Barreda, 2014).

Tuber aestivum Vittad. (incluyendo *T. uncinatum* Chatin) o trufa de verano es una especie que se ha localizado prácticamente en todos los países europeos, por su capacidad para desarrollarse en una amplia gama de suelos, con variadas características físicas y químicas (Chevalier, 2012). Su área natural alcanza el oeste de Asia, donde ha sido citada recientemente en Turquía, Armenia y Azerbaiyán (Bagi y Fekete, 2010; Zambonelli et al., 2010) y el norte de África (Jeandroz et al., 2008). Es taxonómicamente cercana a *Tuber sinoaestivum* J.P. Zhang y P.G. Liu, la cual podría considerarse su especie vicariante en el centro y este asiático (Zhang et al., 2012). Esta amplia distribución es consecuencia de su alta plasticidad ecológica y favorece que esta especie pueda ser una alternativa a la producción de trufa negra perfectamente viable en aquellas zonas en las que el éxito del cultivo de esta última sea más incierto.

Respecto a la taxonomía de *T. aestivum*, la controversia que mayor atención ha requerido ha sido qué grado de parentesco atribuir a los dos ecotipos que existen (Wedén et al., 2005; Molinier et al., 2013): *aestivum* y *uncinatum*. El primer ecotipo fructifica en verano y el segundo, más propio de zonas frías y de mayor altitud, lo hace en otoño-invierno. El ecotipo *uncinatum* es mucho más apreciado debido a su intenso aroma, alcanzando en España un precio de 200-400 euros pagados al recolector, frente a los 40-155 del ecotipo de verano (Salvador-Alcalde, 2014). A

pesar de estas diferencias, a lo largo del trabajo se empleará *T. aestivum* para hablar indistintamente de ambos ecotipos, si no se indica lo contrario.

Las producciones obtenidas en plantación de trufa de verano suelen ser muy superiores a las de *T. melanosporum* (Domizia Donnini, com. pers.), lo cual puede permitir compensar al truficultor su menor precio de mercado. Además, el cultivo de *T. aestivum* permite prolongar el consumo de estos hongos, en fresco, durante el verano y el otoño, y con ello alarga la temporada de micoturismo rural en las plantaciones abiertas al público. Cabe comentar que debido a las altas temperaturas alcanzadas en época de fructificación, un alto porcentaje de carpóforos silvestres de *T. aestivum* presentan baja calidad organoléptica. Las plantaciones permitirían mejorar esta calidad, al aumentar la profundidad de fructificación con el labrado de los "quemados", que es la zona desprovista de vegetación que surge alrededor del árbol trufero causada por la acción alelopática del micelio extraradical del hongo. *Tuber aestivum* también representa una oportunidad de negocio para la agroindustria de producir alimentos trufados, que de momento está infrautilizada. Tanto el cultivo como la investigación en *T. aestivum* está creciendo en Europa a ritmo acompasado, lo que ha originado la formación de un grupo de científicos de todos los países de Europa, el TAUESG (Tuber Aestivum/Uncinatum European Scientific Group), que se reúne anualmente desde el año 2009 para exponer y discutir los avances científicos y promover investigaciones a nivel global. Todo ello demuestra que la trufa de verano es en la actualidad un recurso con interés, sobre el cual existen todavía muchos aspectos desconocidos y que incluso deben de ser legislados. En esta dirección, el presente trabajo, además de identificar las zonas de producción silvestre de la trufa de verano, tiene como objetivo determinar la situación actual de su cultivo y las posibilidades de expansión del mismo en España.

Revisión bibliográfica

Se han abordado tres perspectivas diferentes para la obtención de la información: 1) presencia espontánea de la especie y condiciones ambientales, 2) detección en estado micorrízico o fructificación como acompañante de plantaciones de trufa negra y 3) desarrollo e implicación del sector viverista en la producción de plántulas de la especie y su instalación. Para abordar estos aspectos se ha realizado una revisión bibliográfica y recopilación de las condiciones ecológicas en las que se desarrolla *T. aestivum* en España, incluyendo los simbiontes arbóreos a los que se asocia, y comparando estos datos con otros países europeos. Se han compilado las citas de esta especie, por provincias, incluyendo trabajos científicos, libros y material depositado en herbarios, principalmente PANDO, GBIF y DMS (ver bibliografía). Además, se han recopilado las citas bibliográficas en España referentes a los análisis de ectomicorrizas realizados sobre masas forestales y plantaciones trufas de *T. melanosporum* en los que se han detectado ectomicorrizas de *T. aestivum*, comprobando la frecuencia de aparición de las mismas, como dato de su presencia en la península e indicador de la aptitud de los terrenos hacia su producción. La información recopilada sobre el sector viverista español proviene principalmente de un trabajo reciente en el que se realizaron encuestas sobre producción y venta de planta micorrizada con trufa de verano (Salvador-Alcalde, 2014).

Ecología de *T. aestivum* en la península ibérica

Los parámetros ecológicos determinantes para el desarrollo de: *T. aestivum* (a nivel global y en la península ibérica) y *T. melanosporum* (a nivel global), se encuentran detallados en la Tabla 1. A su vez, la Figura 1 recoge las

Tabla 1. Parámetros ecológicos de las zonas en que habita *T. aestivum* en España y en el mundo y *T. melanosporum* en el mundo
 Table 1. Ecological parameters of the areas where *T. aestivum* grows in Spain and in the world and *T. melanosporum* in the world

Parámetro	<i>T. aestivum</i> España*	<i>T. aestivum</i> mundo**	<i>T. melanosporum</i> mundo***
Altitud, msnm	50-1.600	0-1.600	400-1.200
pH	7,12-8,45	(5,9) 7-8,5	7,5-8,5
Textura principal	de franca a franco- limosa-arenosa-arcillosa	de franca a franco- limosa-arenosa-arcillosa	de franca a franco- limosa
Materia orgánica, %	2-24	1-22	1-8
Precipitación, mm			
Anual	400-1500	400-1.550	400-1.500
Estival	–	–	75-185
Temperatura media, °C			
Anual	<10-18	6,8-11,5	8-15
Del mes más frío	<2-12	>0	1-8
Del mes más cálido	<20-24	–	16,5-23

* Morcillo et al., 2007; Salvador-Alcalde, 2014.

** Chevalier y Frochot, 1997; Hall et al., 2007; Stobbe et al., 2013b.

*** Colinas et al., 2007; García-Barreda et al., 2012; Serrano-Notivoli et al., 2015.

citadas de localización de carpóforos por provincias en la península ibérica, tanto de *T. melanosporum* como de *T. aestivum* y las zonas en las que esta última especie se ha implantado y/o se han detectado sus micorrizas. Puede observarse que el rango ecológico de *T. aestivum* es más amplio que el de *T. melanosporum* en todos los parámetros revisados y su presencia de modo natural en un número mayor de provincias confirma esta apreciación. Superponiendo las zonas de producción silvestre de ambas especies se detecta un grupo de provincias (Asturias, Cantabria, País Vasco, León, Palencia, Valladolid, Madrid, las provincias de la mitad oeste de Andalucía y Mallorca) en las que parece razonable plantearse el cultivo de *T. aestivum* como alter-

nativa a la trufa negra y es, efectivamente, en algunas de ellas donde han comenzado a establecerse plantaciones (Salvador-Alcalde, 2014; Reyna, datos no publicados).

La presencia de *T. melanosporum* se limita a zonas calcáreas con suelos bien drenados, con pH subalcalino (7,5 a 8,5), con bajo porcentaje de materia orgánica (entre 1 y 8%, según Colinas et al., 2007), entre los 400 y los 1.200 msnm con precipitaciones desde los 400 a los 1.400 mm anuales y con presencia de tormentas estivales (Serrano-Notivoli et al., 2015). En cambio *T. aestivum* puede desarrollarse en suelos con mayor contenido de arcilla y limo, con mayor porcentaje de materia orgánica, con un pH entre 7,0 y 8,5 (Chevalier y Frochot, 1997), incluso a pH 5,9

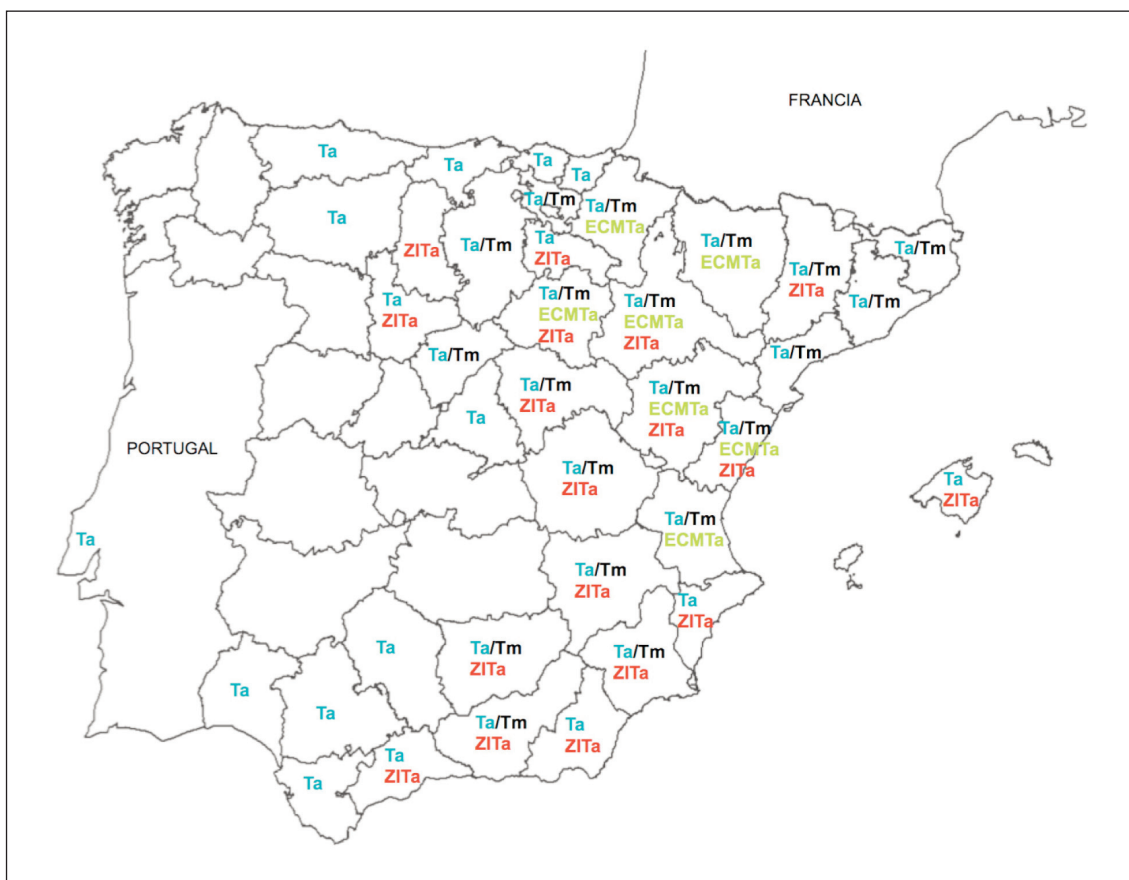


Figura 1. Presencia de carpóforos silvestres de *T. aestivum* (Ta) y *T. melanosporum* (Tm), de ectomicorizas de *T. aestivum* (ECMTa) y zonas en las que se han implantado plantaciones de *T. aestivum* (ZITa) en la península ibérica y las islas Baleares.

Figure 1. Presence of wild fruiting bodies of *T. aestivum* (Ta) and *T. melanosporum* (Tm), of ectomycorrhizae of *T. aestivum* (ECMTa) and areas that have *T. aestivum* (ZITa) plantations in the Iberian Peninsula and Balearic Islands.

en Hungría (Gogan et al., 2012), desde el nivel del mar hasta los 1.600 msnm, dependiendo principalmente de la latitud y la orientación (Stobbe et al., 2013b), con precipitaciones entre los 400 y los 1.500 mm anuales y menor dependencia de las tormentas estivales (Stobbe et al., 2013b). Dentro de estos abanicos de caracteres ecológicos, el ecotipo *T. uncinatum*, suele encontrarse en las cotas más altas, con suelos más sueltos y mayor porcentaje de materia orgánica, en ambien-

tes sombreados, bosques más cerrados, zonas con veranos más frescos y con lluvias frecuentes (Bencivenga y Baciarelli-Falini, 2012). En Francia, los suelos en los que fructifica el ecotipo *T. uncinatum* son generalmente menos ricos en caliza que los de *T. melanosporum* (Chevalier y Sourzat, 2012). Respecto al binomio espesura de la masa/insolación del suelo, según Sourzat (2004), *T. aestivum* se comporta en muchas localidades de manera semejante a *T. melanosporum*, apareciendo

las trufas silvestres como árboles aislados en campos abandonados, eriales y laderas, en las que la vegetación arbórea tiene dificultades para establecerse. También es capaz de aparecer en ambientes más sombreados: bosques jóvenes poco densos, claros en bosque adulto, etc. (Sourzat, 2004). Llama la atención que *T. aestivum* haya sido localizada en la isla de Mallorca (por su distancia con otras poblaciones establecidas en la península, de las que podrían provenir las esporas), donde además ya ha comenzado a cultivarse, y en la provincia de Lisboa, ya que de acuerdo a los datos obtenidos de GBIF (2015), la población más cercana a ésta segunda está ubicada en el oeste de la provincia de Valladolid a más de 400 kilómetros, por lo que se desconoce su origen.

En la revisión bibliográfica realizada sobre los simbiontes existentes en zonas de producción silvestre y utilizados en plantaciones en Europa (Tabla 2) se han localizado 31 especies que pertenecen a 18 géneros distintos (12 especies de 8 géneros en España), capaces de establecer simbiosis micorrícica con la trufa de verano, aunque no de todos se conoce su funcionamiento en cultivo (Chevalier, 2010). En algunos casos se están ensayando otros simbiontes arbóreos de procedencia diferente a las regiones nativas de *T. aestivum* con prometedores resultados, como es el caso del nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) (Benucci et al., 2012a). En ausencia de inventarios exhaustivos de esta especie en España, las citas de las que se dispone se corresponden a una gama limitada de simbiontes, en comparación con el gran conocimiento que existe en otras partes de Europa. No obstante, esta información es útil, ya que muchas de las especies arbóreas silvestres potencialmente simbiontes de *T. aestivum* están presentes en España (Tabla 2). Futuras prospecciones probablemente amplíen el listado de especies vegetales que pueden formar micorrizas con *T. aestivum* en la península ibérica. Este hecho se refleja en la actividad viverística, que ofrece un número bajo de especies arbóreas micorriza-

das con *T. aestivum* (Reyna, datos no publicados) debido en parte a que se sigue el mismo patrón de cultivo de la trufa negra, que se centra en *Quercus ilex* L. y *Q. faginea* Lam.

Presencia de trufa de verano en plantaciones de trufa negra

Los trabajos pioneros sobre ectomicorrizas en plantaciones trufas, como los de Giraud (1979 y 1988), ya citan a *T. aestivum* como especie competidora de plantaciones de *T. melanosporum*. Principalmente se debe a la invasión natural por inóculo presente en el entorno, aunque en algún caso podría tratarse de un error de micorrización de planta en el vivero. Muchos autores (recopilado por de Miguel et al., 2014) señalan el gran poder competidor de este hongo y su capacidad de desplazar a las micorrizas de la trufa negra, tanto en plantaciones como en trufas silvestres, principalmente cuando éstas se cierran y disminuye la insolación recibida sobre los quemados. Otros factores que influyen en la involuntaria sustitución de trufas “de invierno” por trufas “de verano” parecen ser el déficit crónico de pluviometría en primavera y verano que sufren ciertas zonas trufas (Sourzat, 2004) y la sobreexplotación de la trufa de invierno silvestre unida a la falta de recolección de la de verano por su menor precio, manteniendo mucho más inóculo de esta última en el suelo (Eliseo Palomar, com. pers.).

En España, se han detectado micorrizas de *T. aestivum* en la práctica totalidad de los trabajos realizados sobre plantaciones trufas de *T. melanosporum*. La revisión de trabajos realizados en España sobre ectomicorrizas de árboles de plantaciones de trufa negra, tanto de encinas (*Q. ilex*) como único simbionte (De Miguel, datos no publicados; Domínguez-Núñez et al., 2005; Águeda et al., 2010; González-Armada et al., 2010; Sánchez, 2008 y 2012; Sánchez et al., 2014), así como mixtas de encina y avellano (Etayo y De

Tabla 2. Simbiontes silvestres y cultivados de *T. aestivum* en Europa
 Table 2. Wild and cultivated symbionts of *T. aestivum* in Europe

País	Simbiontes	Referencias
Alemania	<i>Picea abies</i> L.H. (Karst.)	Stobbe et al. (2013a)
Austria	<i>Carpinus betulus</i> L., <i>Corylus avellana</i> L., <i>Fagus sylvatica</i> L., <i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold, <i>Q. pubescens</i> Willd., <i>Q. robur</i> L., <i>Quercus cerris</i> L., <i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl, <i>Tilia cordata</i> Mill.	Pla y Urban (2009); Urban y Pla (2010)
Bulgaria	<i>C. betulus</i> , <i>F. sylvatica</i> , <i>Fraxinus ornus</i> L., <i>Ostrya carpinifolia</i> Scop., <i>Q. cerris</i> , <i>Q. robur</i> .	Marjanović (2008)
Dinamarca	<i>Fagus</i> sp., <i>Quercus</i> sp., <i>Tilia</i> sp.	Lange (2001)
Eslovaquia	<i>C. avellana</i> , <i>C. betulus</i> , <i>F. sylvatica</i> , <i>P. nigra</i> , <i>Q. petraea</i> , <i>Q. robur</i>	Streiblova et al. (2010); Gažo et al. (2012)
Eslovenia	<i>C. avellana</i> , <i>C. betulus</i> , <i>O. carpinifolia</i> , <i>Q. cerris</i> , <i>Q. petraea</i> , <i>Q. pubescens</i> , <i>Q. robur</i> , <i>T. cordata</i> , <i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	Jurc et al. (2005); Grebenc et al. (2008; 2010)
España	<i>Aesculus</i> spp., <i>C. avellana</i> , <i>Castanea sativa</i> Mill., <i>Cistus laurifolius</i> L., <i>P. nigra</i> , <i>P. sylvestris</i> L., <i>Pinus halepensis</i> Mill., <i>Platanus</i> sp., <i>Q. faginea</i> , <i>Q. ilex</i> , <i>Quercus coccifera</i> L., <i>T. platyphyllos</i>	García-Montero et al. (2014); datos de herbarios recopilados
Finlandia	<i>Q. pubescens</i>	Shamekh y Turunen (2011)
Francia	<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Carrière, <i>C. avellana</i>	Sourzat (2010)
Grecia	<i>C. betulus</i> , <i>F. ornus</i> , <i>F. sylvatica</i> , <i>O. carpinifolia</i> , <i>Q. cerris</i> , <i>Q. robur</i>	Marjanović (2008)
Hungría	<i>C. avellana</i> , <i>C. betulus</i> , <i>P. nigra</i> , <i>Q. cerris</i> , <i>Q. robur</i> .	Bratek et al. (2010); Gogan et al. (2012)
Irlanda	<i>Betula pendula</i> Roth, <i>F. sylvatica</i> , <i>Quercus</i> sp.	Cullen et al. (2009)
Italia	<i>Acer</i> sp., <i>Carpinus</i> sp., <i>C. betulus</i> , <i>C. avellana</i> , <i>Corylus colurna</i> L., <i>Cistus incanus</i> , <i>Cistus ladanifer</i> L., <i>Fraxinus</i> sp., <i>O. carpinifolia</i> , <i>P. halepensis</i> , <i>P. pinea</i> L., <i>Populus</i> sp., <i>Q. cerris</i> , <i>Q. ilex</i> , <i>Q. petraea</i> , <i>Q. pubescens</i> , <i>Tilia</i> sp., <i>Ulmus</i> sp.	Pomarico et al. (2007); Gregori (2010); Baciarelli-Falini et al. (2012); Benucci et al. (2012b); Salerni et al. (2014)
Letonia	<i>Betula</i> sp., <i>C. avellana</i> , <i>Q. robur</i> , <i>T. platyphyllos</i>	Meiere et al. (2010)
Lituania	<i>Q. robur</i>	Katarzyte (2010)
Polonia	<i>C. avellana</i> , <i>C. betulus</i> , <i>F. sylvatica</i> , <i>Q. robur</i> , <i>T. platyphylos</i>	Hilszczanska (2008); Hilszczanska y Sierota (2010)
Portugal	<i>Q. coccifera</i> , <i>Q. ilex</i>	Vidal (1999)

Tabla 2. Simbiontes silvestres y cultivados de *T. aestivum* en Europa (continuación)
 Table 2. Wild and cultivated symbionts of *T. aestivum* in Europe (continuation)

País	Simbiontes	Referencias
Reino Unido	<i>C. avellana</i> , <i>Q. robur</i>	Thomas (2010)
República checa	<i>Carpinus</i> sp.	Gryndler et al. (2013)
Rumanía	<i>F. sylvatica</i> , <i>Quercus</i> sp.	Lucian et al. (2012)
Serbia	<i>C. betulus</i> , <i>F. ornus</i> , <i>F. sylvatica</i> , <i>O. carpinifolia</i> , <i>Q. cerris</i> , <i>Q. robur</i>	Marjanović (2008); Piñuela (2012)
Suecia	<i>C. avellana</i> , <i>Q. robur</i>	Wedén et al. (2004)
Yugoslavia	<i>C. betulus</i> , <i>Q. cerris</i> , <i>Q. robur</i>	Milenković y Marjanović (2000)

Miguel, 2001; De Miguel y Sáez, 2005), permite estimar en un 10% el conjunto de árboles de las plantaciones que albergan *T. aestivum* aunque esta especie no fuese el objeto de cultivo. El reemplazo de una especie por otra se incrementa año tras año, por lo que muchos truficultores, ante la detección de *T. aestivum* plantean incluso la retirada del árbol para evitar la propagación. Se trata, por tanto, de uno de los hongos más frecuentes en plantaciones de trufa negra, cuyo poder competidor está aún por determinar, ya que se ha detectado tanto en árboles productores de carpóforos de *T. melanosporum* como en no productores y se da la circunstancia que incluso alguno de ellos produce ambos tipos de trufa (Eliseo Palomar, com. pers.). Las citas de carpóforos y ectomicorrizas por un lado, y las características ecológicas de *T. aestivum* por otro, confirman el grado de adaptación de la especie y, por lo tanto, su potencialidad de desarrollo en España.

Producción actual de trufa de verano y de planta micorrizada

La producción total de trufa de verano en España, procedente en un 95% de áreas silvestres, se estima entre 5 y 30 toneladas anua-

les (Reyna, 2009). Estas cifras contrastan con las de trufa de invierno, de la cual se producen entre 4 y 80 t/año (Reyna, 2012), que proceden mayoritariamente de plantaciones (Reyna y García-Barreda, 2014). La mayoría de los comerciantes de trufas coinciden en afirmar que *T. aestivum* corresponde a un 20 – 30% del comercio total de trufas en España (Salvador-Alcalde, 2014).

En España, existen ocho empresas que venden planta micorrizada con *T. aestivum*. Las especies arbóreas inoculadas son: encina (*Q. ilex*), quejigo (*Q. faginea*), pino (*Pinus* spp.) y avellano (*C. avellana*). La cantidad de planta producida en cada vivero es muy variable y, según Reyna (datos no publicados), oscila entre 200 y 15.000 plantas, alcanzando un total para España de entre 20.000 y 27.000 plantones al año. Considerando dicho número de plantas, colocadas a un posible marco de plantación de 6x6m (250 pies/ha), se estima un ritmo de plantación de 80-100 ha anuales y una superficie cultivada total de aproximadamente 500 ha. El número de plantas que se producen es aún muy bajo, frente a las 250.000 de *T. melanosporum*, aunque algunos viveros exportan gran parte de su producción. De todos modos existe un mercado interno de planta micorrizada por trufa de verano, que se extiende principal-

mente hacia zonas del este peninsular en las que la especie se encuentra de forma natural y no son aptas para el cultivo de *T. melanosporum*; secundariamente comienza a cultivarse también en zonas con menor tradición recolectora de trufas del centro-oeste peninsular (ver figura 1). La oferta de especies simbiotas en España es escasa en comparación con la de Francia e Italia, indicando que la truficultura de trufa de verano en España se encuentra en un estado aún inicial. En esos países se produce planta micorrizada por *T. aestivum* con 11 especies diferentes (Bencivenga y Baciarelli-Falini, 2012), frente a las 4 de España (Reyna, datos no publicados). La planta micorrizada que se vende en España suele prepararse en contenedores de un único volumen (450 ml) a un precio de 3-6 euros/planta (Reyna, datos no publicados). Estos datos contrastan con una oferta más amplia de volúmenes de contenedor en Francia, llegando hasta los 3 litros para plantas de 2-3 años, y precios bastante más elevados de 10-15 euros/planta (Agritruffe, 2015; Robin Pépinières, 2015). En Italia los precios oscilan entre los 8 y los 11 euros/planta (Domizia Donnini, com. pers.).

Situación actual del cultivo de trufa de verano

En España la mayor parte de las plantaciones de *T. aestivum* se manejan de un modo muy similar a las de *T. melanosporum*, por lo que la plantación tipo sería de encinas, con un marco de 6x6m (250 pies/ha aprox.) y manejadas con una poda que permita la insolación de los quemados (Salvador-Alcalde, 2014). Por regla general debería tenerse en cuenta la experiencia de otros países y la ecología de *T. aestivum* y aumentar la densidad a los 600-1000 pies/ha, promover el sombreado del suelo mediante podas menos agresivas o empleando especies arbóreas con follaje más denso o alguna combinación de todas estas opciones

(Chevalier y Frochot, 1997; Bencivenga y Baciarelli-Falini, 2012). Estas observaciones pueden ser confirmadas por el desplazamiento que sufre la trufa negra por la trufa de verano en los bosques que se cierran por la falta de pastoreo y poda. En todos estos años, en España no se ha avanzado en el manejo de las plantaciones ni se dispone de datos de la evolución ni la producción real de las mismas. Las técnicas de cultivo deben adecuarse a las condiciones particulares de cada plantación, por lo que no pueden darse pautas generales que aseguren el éxito si bien la selección de hábitats es vital para asegurar el éxito de las futuras plantaciones. Aunque la trufa de verano es un hongo competidor en plantaciones de trufa negra, sus propias plantaciones no están exentas de este peligro, que aumenta con la edad de los árboles (De Miguel et al., 2014), pero que mientras se mantengan las micorrizas de trufa la producción no parece verse afectada (Benucci et al., 2011).

Tuber aestivum es una especie muy productiva, con una media cercana a los 50 kg/ha/año (Domizia Donnini, com. pers.), muy superior a la producción media de *T. melanosporum*, que ronda los 10 kg/ha/año, ambos valores referidos a plantaciones en secano. La mayor producción podría compensar su menor precio de mercado.

El incremento de la aridez y el calentamiento global debido al cambio climático puede provocar en un futuro que muchas de las zonas más sureñas y más secas de la distribución de *T. melanosporum* se transformen hacia *T. aestivum* (Büntgen et al., 2011). Esta tendencia puede ser aprovechada tratando de realizar una mejor gestión del recurso. Las densidades de plantación exigidas por la PAC para forestación de tierras agrarias son muy adecuadas para *T. aestivum*, por lo que puede cumplir mejor los objetivos relacionados con la lucha contra la erosión y la desertificación en general. Además, su mejor afinidad con especies forestales pioneras, género *Pinus* fundamen-

talmente, la hace mucho más adecuada para su uso en trabajos de reforestación con objetivos multifuncionales (Benucci et al., 2012b). Por lo tanto, *T. aestivum* puede ser una especie de gran interés para reforestación cuando se requieren espesuras elevadas.

Perspectivas de futuro

En España, con una tardía incorporación al entorno culinario de la trufa, no se ha desarrollado plenamente un recetario típico y no existen en el país platos tradicionales trufados como en Francia o Italia con al menos 300 años de tradición en este tema (Reyna y Herrero, 2012). El avance de la trufficultura en España ha conllevado un leve incremento en el consumo interior, en el que se aprecia cierto dinamismo que ha llevado al desarrollo de productos derivados de excelente calidad como aceites, quesos y patés, entre otros. Pese a este incremento en el consumo, se estima que menos del 10% de la producción de trufas queda en el mercado español (Reyna, 2009). Al respecto, *T. aestivum* podría cumplir este papel de iniciación gastronómica al ser un producto de precio menor y, a la vez, poseer una excelente calidad, si se utiliza adecuadamente. Incluso podría mantenerse en fresco durante más tiempo que la trufa de invierno pues, a temperatura ambiente, posee una tasa respiratoria menor (Rivera et al., 2010). El desarrollo gastronómico pasa por la realización de programas divulgativos y por poner más accesible el producto a los consumidores. Hoy, en España, no es fácil la adquisición de trufa fresca de ninguna especie.

Una dificultad para la potencialización de la trufa de verano es que, curiosamente, en España sólo está legalmente autorizada la recolección del ecotipo de verano (*aestivum*) que suele finalizar la campaña oficial en agosto. Hasta mediados de noviembre, cuando comienza la temporada de recolección

de la trufa de invierno, no está permitido recolectar otras especies de trufa como *T. aestivum* ecotipo *uncinatum*, que, sin embargo, posee una gran calidad y representa una oportunidad de negocio para el sector. Esta es una cuestión que se debe subsanar en las legislaciones autonómicas o regionales (Reyna y García-Barreda, 2011).

El cultivo de *T. aestivum* es viable en muchas zonas españolas y se está expandiendo, aunque a un ritmo menor que *T. melanosporum*. El mayor obstáculo para el desarrollo de esta actividad es el gran desconocimiento de la población española sobre este tipo de producto. El consumidor potencial de trufas no está entrenado en distinguir entre *T. melanosporum*, *T. aestivum* y otras especies que se importan de Asia como *Tuber indicum* Cooke & Masee, siendo las características organolépticas de estas especies muy diferentes entre sí y, por lo tanto, sus precios de mercado. Sin embargo, la trufa de verano, por su elevada producción y precio asequible, podría ser la más indicada para dar a conocer este tipo de productos que, además, son propios del ecosistema mediterráneo.

Agradecimientos

Los autores quieren mostrar su agradecimiento a los dos revisores anónimos y a los editores de ITEA por las sugerencias realizadas, que han mejorado indudablemente la calidad del manuscrito. El presente trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias con el proyecto RTA2010-00070-C02-01.

Bibliografía

Agtruffe (2015). <http://www.agtruffe.fr/> (14 abril 2015).

- Águeda B, Fernández-Toirán LM, De Miguel AM, Martínez-Peña F (2010). Ectomycorrhizal status of a mature productive black truffle plantation. *Forest Systems* 19: 89-97.
- Baciarelli-Falini L, Benucci GMN, Bencivenga M, Donnini D (2012). Mycorrhization level in truffle plants and presence of concurrent fungi. *Acta Mycologica* 47(2): 169-173.
- Bagi I, Fekete AO (2010). Identification of *Tuber aestivum* habitats in the South Caucasus, Azerbaijan. Abstracts of the Second Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 20-22 agosto 2010, Juva, Finlandia, p. 27.
- Bencivenga M, Baciarelli-Falini L (2012). Manuale di tartuficoltura: esperienze di coltivazione dei tartufi in Umbria. Ed. Università degli studi di Perugia, Perugia, Italia. 137 p.
- Benucci GMN, Raggi L, Albertini E, Grebenc T, Bencivenga M, Falcinelli M, Di Massimo G (2011). Ectomycorrhizal communities in a productive *Tuber aestivum* Vittad. orchard: composition, host influence and species replacement. *FEMS Microbiology Ecology* 76: 170-184.
- Benucci GMN, Bonito G, Baciarelli-Falini L, Bencivenga M (2012a). Mycorrhization of pecan trees (*Carya illinoensis*) with commercial truffle species: *Tuber aestivum* Vittad. and *Tuber borchii* Vittad. *Mycorrhiza* 22: 383-392.
- Benucci GMN, Bonito G, Baciarelli-Falini L, Bencivenga M, Donnini D (2012b). Truffles, Timber, Food, and Fuel: Sustainable Approaches for Multi-cropping Truffles and Economically Important Plants. En: *Edible Ectomycorrhizal Mushrooms* (Eds. Zambonelli A, Bonito G), pp. 265-280. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Boa E (2004). Wild edible fungi, a global overview of their use and importance to people. *Non-wood forest products Series 17. Food and agriculture organization of the United Nations*, Rome, 147 p.
- Bratek Z, Merényi Z, Illyés Z, László P, Anton A, Papp L, Merkl O, Garay J, Viktor J, Brandt S (2010). Studies on the ecophysiology of *Tuber aestivum* populations in the Carpatho-Pannonian region. *Acta Mycologica* 47(2): 221-226.
- Büntgen U, Tegel W, Egli S, Stobbe U, Sproll L, Stenseth NC (2011). Truffles and climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9(c): 150-151.
- Chevalier G, Frochot G (1997). La truffe de Bourgogne, *Tuber uncinatum* Chatin. Petrarque, Levallois-Perret, Francia, 258 p.
- Chevalier G (2010). Truffles et trufficulture en Europe. Atti del Terzo Congresso Internazionale di Spoleto sul Tartufo, 25-28 novembre 2008, Spoleto, Italia, pp. 65-72.
- Chevalier G (2012). Europe, a continent with high potential for the cultivation of the Burgundy truffle (*Tuber aestivum/uncinatum*). *Acta Mycologica* 47(2): 127-132.
- Chevalier G, Sourzat P (2012). Soils and techniques for cultivating *Tuber melanosporum* and *Tuber aestivum* in Europe. En: *Edible Ectomycorrhizal Mushrooms* (Eds. Zambonelli A, Bonito G), pp. 163-189. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Berlín, Alemania.
- Colinas C, Capdevila JM, Oliach D, Fischer CR, Bonet JA (2007). Mapa de aptitud para el cultivo de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Catalunya. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona, España, 30 p.
- Cullen ML, Fox HF, Harrington TJ (2009). *Tuber aestivum/ Tuber uncinatum* in Ireland. First conference on the "European" Truffle *Tuber aestivum/uncinatum*. 6-8 noviembre 2009, Viena, Austria, pp. 10-11.
- DMS. Danish Mycological Society: fungal records database. Disponible en <http://www.gbif.org/occurrence/1053657016> (20 abril 2015).
- De Miguel AM, Sáez R (2005). Truficultura en Navarra y desarrollo sostenible. Actas del 4º Congreso Forestal Español, 26-30 septiembre 2005, Zaragoza, España. Disponible en: <http://www.congresoforestal.es/index.php?men=10>
- De Miguel AM, Águeda B, Sánchez S, Parladé J (2014). Ectomycorrhizal fungus diversity and community structure with natural and cultivated truffle hosts: applying lessons learned to future truffle culture. *Mycorrhiza* 24 (Suppl 1): S5-S18.

- Domínguez-Núñez JA, Rodríguez-Barreal JA, Saiz de Omeñaca JA (2005). Ectomicorrizas en dos plantaciones truferas de encina (*Quercus ilex* L. Subsp. Ballota (Desf.) Samp.) en Castellón. Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas 31: 147-157.
- Etayo ML, De Miguel AM (2001). Effect of mulching on *Tuber melanosporum* Vitt. mycorrhizae vs. other competing mycorrhizae in a cultivated truffle bed. Proceedings of 5th International Congress "Science and Cultivation on *Tuber* and other edible hypogeous fungi", 4-6 marzo 1999, Aix-en-Provence, Francia, pp. 7378-7381.
- García-Barreda S, Reyna S, Pérez R, Rodríguez-Barreal JA, Domínguez JA (2012). Ecología de la trufa y las áreas truferas. En: Truficultura. Fundamentos y técnicas (Ed. Reyna S.), pp. 151-206. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.
- García-Montero LG, Moreno D, Monleon VJ, Arredondo-Ruiz F (2014). Natural production of *Tuber aestivum* in central Spain: *Pinus* spp. versus *Quercus* spp. brúles. Forest Systems 23(2): 394-399.
- Gažo J, Miko M, Miko M, Chlpík J (2012). Assessing genetic resources of summer truffle in Slovakia. Acta Mycologica 47(2): 185-189.
- GBIF (2015). Global Biodiversity Information Facility. Portal de datos www.gbif.net (2 marzo 2015).
- Giraud M (1979). Etude comparative des mycorrhizes d'arbres producteurs de truffes ou non en zone truffière. Graduation dissertation, Ecole Nationale Supérieure Agronomique 1 de Rennes, and Institut National de la recherche Agronomique, Clermont-Ferrand, Francia, 54 p.
- Giraud M (1988). Prélèvement et analyse de mycorrhizes. 10: 49-63. Ed. CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes). París, Francia.
- Gogan AS, Nagy Z, Dégi Z, Bagi I, Dimény J (2012). Ecological characteristics of a Hungarian summer truffle (*Tuber aestivum* Vittad.) producing areas. Acta Mycologica 47(2): 133-138.
- González-Armada B, De Miguel AM, Caveró RY (2010). Ectomycorrhizae and vascular plants growing in brulés as indicators of below and above ground microecology of black truffle production areas in Navarra (Northern Spain). Biodiversity and Conservation 19: 3861-3891.
- Grebenc T, Kraigher H, Martín MP, Piltaver A, Rastosa I (2008). Research and cultivation of truffle in Slovenia – current status. En: La culture de la Truffe dans Le Monde. Actas del Coloquio Brive-La-Gaillarde, 2 de febrero de 2007 (Ed. Chevalier G.). Le Causse Correzien, Francia, pp. 183-194.
- Grebenc T, Bajc M, Kraigher H (2010). Post-glacial migrations of mycorrhizal plants and ectomycorrhizal partners: an example of the genus *Tuber*. Les (Ljubljana) 62(5): 149-154.
- Gregori G (2010). *Tuber uncinatum* in Italy: ecology, market value and validation. Acta Mycologica 47(2): 265-271.
- Gryndler M, Soukupova L, Hrselova H, Borovicka J, Streiblova E, Jansa J (2013). A quest for indigenous truffle helper prokaryotes. Environmental Microbiology Reports 5(3): 346-352.
- Hall I, Brown G, Zambonelli A (2007). Taming the truffle. The history, lore and science of the ultimate mushroom. Timber Press, Oregón, EE.UU. 304 p.
- Hilszczanska D (2008). Proposal of mycorrhization of forest tree seedlings using summer truffle (*Tuber aestivum*) in Poland. Sylwan 153(4): 281-286.
- Hilszczanska D, Sierota Z (2010). First attempt towards cultivation of *Tuber aestivum* in Poland. Acta Mycologica 47(2): 209-212.
- Jeandroz S, Murat C, Wang YJ, Bonfante P, Le Tacon F (2008). Molecular phylogeny and historical biogeography of the genus *Tuber* the 'true truffles'. Journal of Biogeography 35: 815-829.
- Jurc D, Piltaver A, Ogris N (2005). Fungi in Slovenia: species and distribution. Studia Forestalia Slovenia, p. 407.
- Katarzyte M (2010). *Tuber aestivum* (*uncinatum*) cultivation in Lithuania: possibilities and challenges. Abstracts of the Second Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 20-22 agosto 2010, Juva, Finlandia, p. 37.
- Lange C (2001). Status of *Tuber aestivum* in Denmark. Danish Mycological Society Foreningen til Svampekundskabens Fremme SVAMPE 43: 6-8.
- Lucian D, Fekete A, Ionut N, Gheroghe M (2012). *Tuber aestivum/uncinatum* in Rumania. Sites

- characteristics and harvesting periods. Abstracts of the 4th international TAUESG (*Tuber aestivum/uncinatum*) conference, 28-30 septiembre 2012, Gödöllő, Hungría, p. 15.
- Marjanović Ž (2008). Truffles and possibilities for their cultivation in Serbia. Current situation. En: La culture de la Truffe dans Le Monde. Actas del Coloquio Brive-La-Gaillarde, 2 de febrero de 2007 (Ed. Chevalier G.). Le Causse Cozien, Francia, pp. 163-172.
- Meiere D, Liepina L, Vimba E (2010). Truffles in Latvia: history and future perspectives. Abstracts of the Second Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 20-22 agosto 2010, Juva, Finlandia, p. 31.
- Milenković M, Marjanović Ž (2000). Current results on *Tuber* spp. research in Yugoslavia. Proceedings of 5th International Congress "Science and Cultivation on *Tuber* and other edible hypogeous fungi", 4-6 marzo 1999, Aix-en-Provence, Francia, pp. 4218-4225.
- Molinier V, Van-Tuinen D, Chevalier G, Gollotte A, Wipf D, Redecker D (2013). A multigene phylogeny demonstrates that *Tuber aestivum* and *Tuber uncinatum* are conspecific. *Organisms Diversity & Evolution* 13: 503-512.
- Morcillo M, Moreno-Arroyo B, Pulido E, Sánchez M (2007). Manual de truficultura andaluza. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 176 p.
- PANDO Herbario criptogamia Jardín Botánico de Madrid. CSIC. <http://161.111.170.202/herb/asp/> (20 enero 2015).
- Piñuela JL (2012). Ectomycorrhiza diversity in natural *Tuber aestivum* Vittad. Grounds. Tesis doctoral. University of Ljubljana, Eslovenia, 65 p.
- Pla T, Urban A (2009). From landscape history to genetic diversity – conservation strategies for *Tuber aestivum*. First conference on the "European" Truffle *Tuber aestivum/uncinatum*. 6-8 noviembre 2009, Viena, Austria, p. 13.
- Pomarico M, Figliuolo G, Rana GL (2007). *Tuber* spp. Biodiversity in one of the southernmost European distribution areas. *Biodiversity and Conservation* 16: 3447-3461.
- Reyna S (2009). Situación y perspectivas de la truficultura española. Actas del 5º Congreso Forestal Español, 23 septiembre 2009, Ávila, España. Disponible en: <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/7719/7642>
- Reyna S, García-Barreda S (2011). Truficultura práctica. Ed Mundiprensa. Madrid, España, 102 p.
- Reyna S (2012). Sostenibilidad de la truficultura: aspectos ecológicos, económicos y sociales. En: Truficultura: fundamentos y técnicas. 2º Edición revisada y ampliada (Ed. Reyna S.), pp. 49-72. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.
- Reyna S, Herrero M (2012). La trufa en la gastronomía. En: Truficultura: fundamentos y técnicas. 2º Edición revisada y ampliada (Ed. Reyna S.), pp. 566-578. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.
- Reyna S, García-Barreda S (2014). Black truffle cultivation: a global reality. *Forest Systems* 23(2): 317-328.
- Rivera CS, Blanco D, Salvador ML, Venturini ME (2010). Shelf-Life extension of fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* truffles by modified atmosphere packaging with microperforated films. *Journal of Food Science* 75: E225-E233.
- Robin Pépinières (2015). www.robinpepinieres.com/ (14 abril 2015).
- Sáez R, De Miguel AM (2008). La trufa. Guía práctica de truficultura. ITGA, Pamplona, España, 132 p.
- Salerni E, D'Aguanno M, Leonardi P, Perini C (2014). Ectomycorrhizal communities above and below ground and truffle productivity in a *Tuber aestivum* orchard. *Forest Systems* 23(2): 329-338.
- Salvador-Alcalde D (2014). Distribución y ecología de *Tuber aestivum* Vitt. en España. Trabajo final de carrera. Universidad Politécnica de Valencia. España, 73 p.
- Sánchez S (2008). Determinación de la flora ectomicorrícica y evaluación del estado de micorrización de 30 plantaciones trufas de las provincias de Huesca y Zaragoza. Trabajo de investigación. Diploma de Estudios Avanzados. Universidad de Zaragoza. España, 65 p.

- Sánchez S (2012). Ectomicorrizas en el cultivo de trufa negra: Ecología, diversidad y gestión. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. España, 276 p.
- Sánchez S, Ágreda T, Águeda B, Martín M, de Miguel AM, Barriuso J (2014). Persistence and detection of black truffle ectomycorrhizas in plantations: comparison between two field detection methods. *Mycorrhiza* 24 (Supl. 1): 39-46.
- Serrano-Notivoli R, Incausa A, Martín-Santafé M, Sánchez S, Barriuso JJ (2015). Modelización espacial del hábitat potencial de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) en la provincia de Huesca (España). *Información Técnica Económica Agraria* 111(3): 227-246.
- Shamekh S, Turunen O (2011). Cultivation of *Tuber aestivum*/*T. uncinatum* in Finland. 3rd Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 7 noviembre 2011, Nancy, Francia.
- Sourzat P (2004). Questions d'écologie appliquées a la trufficulture. Station d'expérimentation sur la truffe. Lycée professionnel agricole de Cahors-LeMontat. Francia, 120 p.
- Sourzat P (2010). Ecology, cultivation and protection of *Tuber aestivum* in the South-West of France. Abstracts of the Second Congress of the *Tuber aestivum/uncinatum* European Scientific Group (TAUESG), 20-22 agosto 2010, Juva, Finlandia, p. 25.
- Stobbe U, Stobbe A, Sproll L, Tegel W, Peter M, Büntgen U, Egli S (2013a). New evidence for the symbiosis between *Tuber aestivum* and *Picea abies*. *Mycorrhiza* 23: 669-673.
- Stobbe U, Egli S, Tegel W, Peter M, Sproll L, Büntgen U (2013b). Potential and limitations of Bur-
- gundy truffle cultivation. *Applied Microbiology and Biotechnology* 97: 5215-5224.
- Streiblova E, Gryndlerova H, Valda S, Gryndler M (2010). *Tuber aestivum* – hypogeous fungus neglected in the Czech Republic. A review. *Czech Mycology* 61(2): 163-173.
- Thomas PW (2010). A comparison of two UK sites to monitor the role of climatic parameters on tree growth and the development of *Tuber aestivum* mycorrhiza. *Acta Mycologica* 47(2): 213-215.
- Urban A, Pla T (2010). Conservation strategies for *Tuber aestivum*. *Acta Mycologica* 47(2): 273-279.
- Vidal JM (1999). *Tuber aestivum* (Portugal). MA-Fungi 46929 Herbario de Criptogamia RJ Botánico de Madrid. España.
- Wedén C, Chevalier G, Danell E (2004). *Tuber aestivum* (syn. *T. uncinatum*) biotopes and their history on Gotland, Sweden. *Mycological Research* 108(3): 304-310.
- Wedén C, Danell E, Tibell L (2005). Species recognition in the truffle genus *Tuber*- the synonyms *Tuber aestivum* and *Tuber uncinatum*. *Environmental Microbiology* 7:1535-1546.
- Zambonelli A, Badalyan SM, Iotti M (2010). Ecology and distribution of hypogeous fungi in Armenia. *Atti del Terzo Congresso Internazionale di Spoleto sul Tartufo*, 25-28 noviembre 2008, Spoleto, Italia, pp. 153.
- Zhang JP, Liu PG, Chen J (2012). *Tuber sinoaestivum* sp. nov., an edible truffle from southwestern China. *Mycotaxon* 122: 73-82.
- (Aceptado para publicación el 19 de noviembre de 2015)