



LIFE SORIA  
**ForestAdapt**

# MEDIDAS DE ADAPTACIÓN-TRUFA

15 DE SEPTIEMBRE DE 2022



CON LA CONTRIBUCIÓN DEL INSTRUMENTO FINANCIERO LIFE DE LA UNIÓN EUROPEA





# ÍNDICE

<b>0. Summary .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>4</b>
1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	4
1.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION DE TRUFA.....	4
<b>2. Medidas de adaptación en la gestión de la truficultura.....</b>	<b>8</b>
<b>3. Bibliografía .....</b>	<b>10</b>



# 0. Summary

Trufficulture is characterized as a forest resource with a very wide variability in terms of interannual production. However, this variability is not so wide when we talk about mycorrhizal plantations because most of them are irrigated to make up for the lack of rain in years of low rainfall.

In the case of truffles, the mycorrhizal association is mainly established with holm oak (*Quercus ilex*) and gall oak (*Quercus faginea*). Soria is one of the provinces in Spain with the largest potential truffle-producing area, both wild and planted.

Within the framework of the Life Soria Forest Adapt project, we aim to assess the impact of climate change on truffle production and propose adaptation measures focused on the management of the resource.

Wild truffle production in general can be affected by a multitude of variables. Summer precipitation and temperatures seem to be two of the variables that are closely related to variations in annual production. Therefore, the variation in climatic conditions caused by climate change may affect the production of this forest resource.

The diversity of Spanish forest ecosystems and the complex relationships between plant formations and fungi mean that the characteristics of truffle production are closely linked to and determined by the silvicultural treatments applied to the stand. Forest management applied with the aim of improving the resilience of our forests becomes the main tool for the adaptation of mycological resources to climate and global change.

In this document the main measures of adaptation to climate change in mycological management are collected and explained:

- Improvement of mycological productivity through the promotion of potential fructification habitats.
- Improvement of mycological productivity through the application of silvicultural treatments.
- Development of predictive models of production conditioning factors.





# 1. Introducción

## 1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

La truficultura se caracteriza por ser un recurso forestal con una variabilidad muy amplia en cuanto a la producción interanual. Sin embargo, esta variabilidad no es tan amplia cuando hablamos de plantaciones micorrizadas debido a que la gran mayoría de estas tienen riego para completar la falta de lluvia en los años de escasez de precipitaciones. Cada una de las especies fúngicas está asociada con un hábitat concreto donde existen las condiciones adecuadas para su fructificación. En el caso concreto de la trufa, la asociación micorrízica se establece principalmente con la encina (*Quercus ilex*) y con quejigo (*Quercus faginea*). Soria es una de las provincias de España con mayor superficie potencialmente productora de trufa tanto silvestre como de plantación. Además, también se caracteriza por tener, en general, muy buenas producciones de este hongo tanpreciado en la gastronomía internacional y con elevado valor económico. En el marco del proyecto Life Soria Forest Adapt tenemos como objetivo evaluar el impacto del cambio climático en la producción de trufa y proponer unas medidas de adaptación enfocadas a la gestión del recurso.

## 1.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION DE TRUFA

Soria es una de las provincias en España con mayor importancia en superficie y producción de trufa con alto valor culinario y económico a nivel internacional. Soria cuenta con importante superficie de bosques y plantaciones productoras de *Tuber melanosporum* (trufa negra de invierno) y de *Tuber aestivum* (trufa de verano). Según el análisis de los datos procedentes del 4º Inventario Forestal Nacional en la provincia de Soria tenemos 86.054 ha de superficie forestal potencialmente productora de trufa (Figura 1). En la siguiente figura podemos ver el mapa potencial de fructificación de trufa negra y trufa de verano en la provincia de Soria. Este mapa muestra de acuerdo a los requerimientos fisiológicos de la trufa, la superficie en la que puede haber presencia de fructificación de esta especie micorrízica tan valorada. De esta superficie potencial 12.011 ha pertenecen a montes de utilidad pública y el resto un 86,04% pertenece a propiedad privada o montes comunales. Según datos del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Soria (Junta de Castilla y León), la administración ha subvencionado un total de 904,97 ha hasta el año 2021, mediante las ayudas correspondientes de reforestaciones y da una estimación de una producción anual aproximada de 45.000 kg/año en la provincia de Soria.

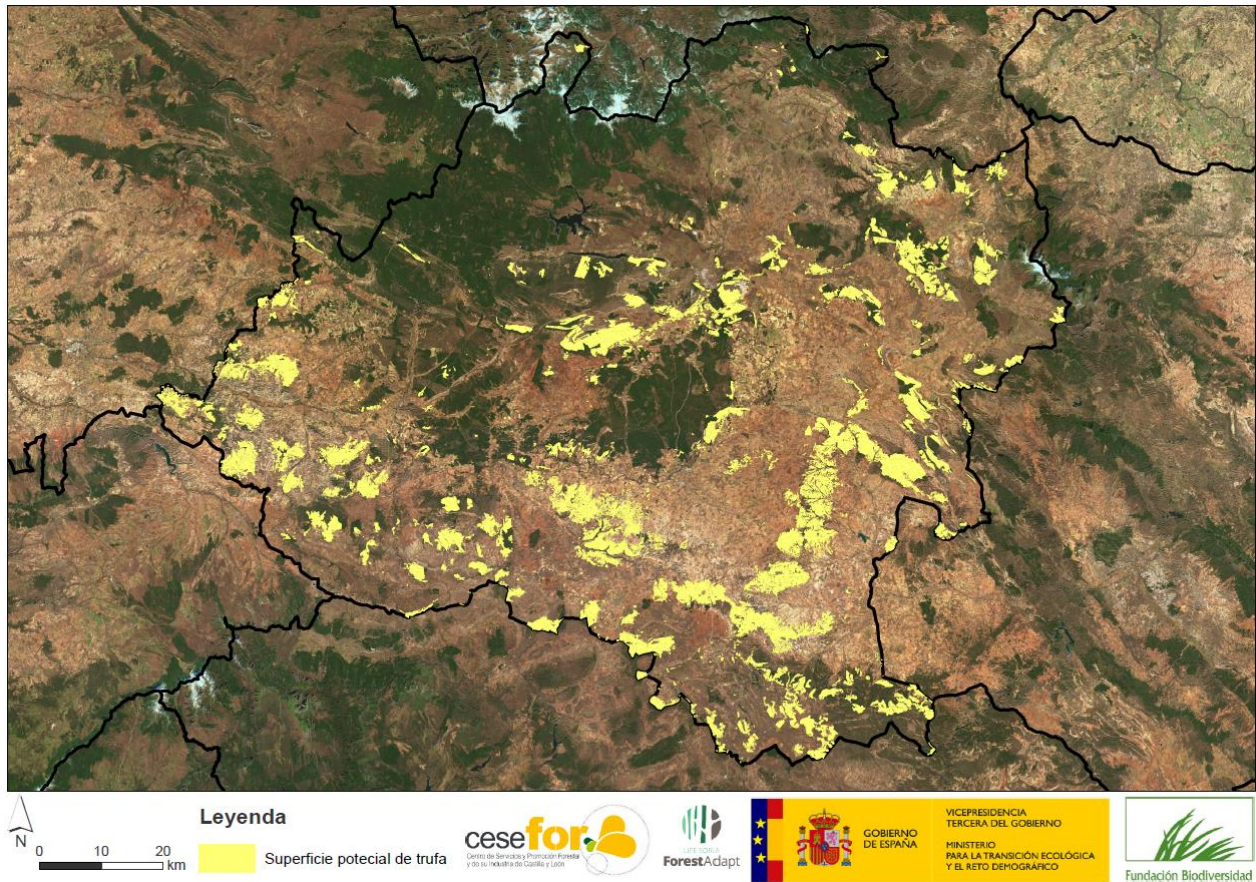


Figura 1. Superficie potencial de trufa (*Tuber melanosporum* y *Tuber aestivum*) en la provincia de Soria.

Este mapa potencial de fructificación ha sido creado en función de las siguientes variables: especie principal, fracción de cabida cubierta y ph. Las variables han sido consideradas por ser variables condicionantes en cuanto a las restricciones biofísicas condicionantes para existir fructificación de trufas. La primera condicionante es la especie hospedante sin la cual no es posible la presencia de la micorriza. En la siguiente tabla puede verse las especies arbóreas asociadas a la especie micorrízica objeto de estudio. Así la producción micológica puede verse influenciada por el efecto del cambio climático en el sentido de ejercer cambios en los hábitats potenciales de fructificación de hongos silvestres. No tanto se van a ver influenciadas las plantaciones de trufa micorrizada ya que a corto plazo los cambios posiblemente más plausibles como puede ser las sequías extremas, se ven compensadas por la aplicación de riego.

Familia	Especies	Árboles y arbustos asociados
<i>Tuberaceae</i>	<i>Tuber melanosporum</i> (trufa negra), <i>Tuber aestivum</i> (trufa de verano)	<i>Quercus ilex</i> , <i>Quercus faginea</i>

Tabla 1. Árboles asociados a las diferentes especies de trufa de la provincia de Soria



La producción de trufa silvestre en general puede verse afectada por multitud de variables. La precipitación en la época estival y las temperaturas parecen ser dos de las variables que están estrechamente relacionadas con las variaciones en la producción anual. Por tanto, la variación en las condiciones climáticas provocadas por el cambio climático puede afectar a la producción de este recurso forestal no maderable. Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que solamente las condiciones climáticas o locales no explican la fructificación de trufas porque existen multitud de interacciones muy complejas entre las variables meteorológicas a nivel local, variables ecosistémicas y la producción de hongos micorrícicos (Barroetaveña et al., 2008; Egli et al., 2011; Krebs et al., 2008).

En este sentido, Büntgen et al., 2012 han contrastado que la disminución de lluvias en verano, asociado a veranos cálidos, correlaciona significativamente con la caída de producción de trufa negra en los países del sur de Europa (Figura 2). De hecho, se espera un 80% de probabilidad de haber un descenso de la pluviometría en 2030 en España (Colinas et al., 2007). Así, con estos pronósticos, los estudios indican que sería interesante realizar las plantaciones a mas altitud o incluso en orientaciones norte en las zonas más cálidas. Incluso en la actualidad ya se están incentivando plantaciones de trufa en los países del norte de Europa donde tradicionalmente no existían este tipo de aprovechamiento forestal restringido al área mediterránea, aunque todavía con numerosos problemas por solventar (Cejka et al., 2020).

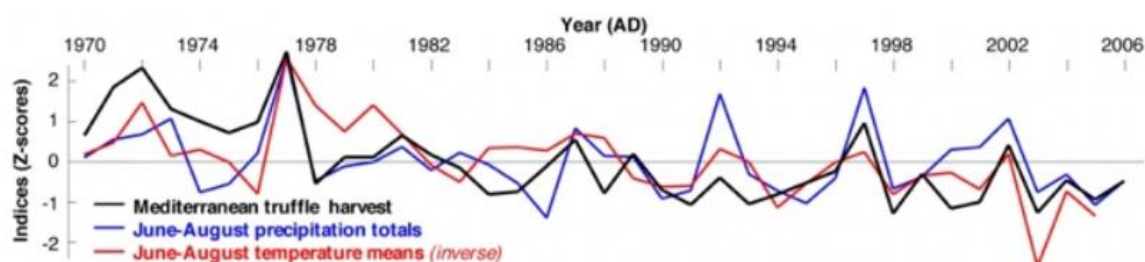
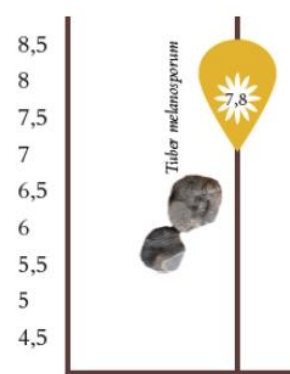
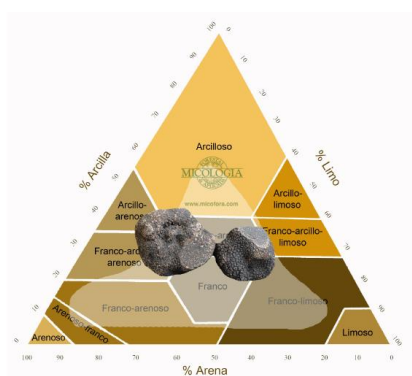


Figura 2. Evolución del índice de producción en los países mediterráneos. Büntgen et al., 2012.

Por tanto, como ya hemos mencionado los hábitats tradicionalmente más productivos para la trufa negra silvestre son los bosques naturales calizos (ph 7.5-8.5) de encina o quejigo, a una altitud de entre 100 y 1500 m.s.m y en exposiciones soleadas y pedregosos. Es conveniente que el suelo tenga un poco de pendiente para evitar encharcamientos y tener una pluviometría entre 425-900 mm existiendo lluvias abundantes, aunque irregulares en los meses de junio a agosto.



	Temperatura °C
Media anual	8,6 - 14,8
Media mes más cálido	16,5 - 23,5
Media mes más frío	1 - 8,2
Máxima absoluta	35 - 42
Mínima absoluta	-9 - -25





Sabemos que debido al abandono rural en las últimas décadas, los aprovechamientos en este tipo de masas forestales han ido en decadencia y por tanto la estructura de la masa original se ha ido perdiendo. Esto se traduce en masas más cerradas y densas lo cual influye negativamente en el aprovechamiento de la trufa silvestre.

La micoselevicultura viene definida como la ciencia experimental que estudia las relaciones entre la dinámica natural de los ecosistemas forestales y las técnicas de gestión, con el objetivo de definir las mejores prácticas para la sostenibilidad y aprovechamiento de los recursos micológicos. Algunos autores han propuesto algunas guías de selvicultura orientadas a la producción de setas (Palahí et al., 2009; Pierangelo and Rolland, 2013; Bettini et al., 2016). Pero, a pesar de que ha habido un incremento importante en la cantidad de estudios que se han centrado en evaluar los estudios de la micoselevicultura en la producción micológica, el elevado número de variables potenciales que influyen en el rendimiento de los hongos y su interdependencia, hacen que el desarrollo de recomendaciones claras de gestión forestal en este sentido sea realmente difícil debido al hecho de que parecen no ser rentables a corto plazo. Así los cuidados culturales que requiere el aprovechamiento de trufa van encaminados principalmente a realizar podas, clareos y un mínimo de laboreo.

En este sentido nacieron con fuerza las plantaciones truferas en regadío, con objeto de mitigar los efectos del abandono rural y del cambio climático sobre la producción de trufa y cubrir así las demandas del mercado mundial. Algunos estudios han calculado que el aporte de agua anual previsto para el riego en los casos más desfavorables, aquel en que la diferencia entre las precipitaciones anuales y la evapotranspiración anual media suponga un déficit hídrico anual  $\geq 250$  mm (2500 m<sup>3</sup>/ha), debería de ser de solamente 1800 m<sup>3</sup>/ha suministradas de forma concentrada en momentos puntuales (cada tres semanas de junio a septiembre) según proponen algunos estudios de buenas prácticas para el cultivo de trufa negra (Fischer et al., 2017). Se considera que someter a las plantas a pequeños momentos de estrés hídrico a lo largo del verano para después suministrar el agua de forma concentrada a imitación de las tormentas, no cubriendo por entero el déficit de precipitaciones anual, contiene el crecimiento de la parte vegetal y ayuda a mantener la simbiosis planta-hongo. Además, el acolchado de piedras y/o paja puede ayudar a mantener la humedad por más tiempo que el suelo desnudo. En este sentido, se estima que este tipo de cultivos de trufa con regadío puede tener una producción media de 25 kg/ha y año, muy distante de la estimación de producción de trufa silvestre (2-4 kg/ha).



## 2. Medidas de adaptación en la gestión de la truficultura

La gestión de las distintas formaciones vegetales, y de los ecosistemas forestales es una cuestión clave en la adaptación de éstos al cambio climático y para el mantenimiento de la actividad micológica que sobre ellos se sustenta. La diversidad de los ecosistemas forestales españoles y las complejas relaciones entre las formaciones vegetales y los hongos hacen que las características de la producción de trufa estén íntimamente ligadas y determinadas por los tratamientos selvícolas aplicados sobre la masa. La gestión forestal aplicada con el objeto de mejorar la resiliencia de nuestros bosques se convierte en la principal herramienta de adaptación del recurso micológico al cambio climático y global.

La potencialidad de las distintas medidas propuestas se desarrolla en un modelo de ficha que incluye aspectos como la definición de la propuesta, objetivos, escala de trabajo o los beneficios esperables.

Medida propuesta	Definición	Objetivos/Beneficios buscados
Mejora de la productividad de trufa a través del fomento de los <b>hábitats potenciales de fructificación</b>	La relación entre las especies vegetales y la trufa es compleja, pero el manejo los ecosistemas para fomentar los hábitats potenciales de fructificación condicionan y pueden mejorar las producciones de trufa con interés económico en las zonas rurales.	Fomento de especies hospedantes de la trufa
		Inclusión de planta micorrizada en las nuevas plantaciones forestales
		Fomento de medidas de adaptación de las especies forestales asociadas con la producción de trufa
		Mejora de la gestión del aprovechamiento de la trufa por parte de los gestores del aprovechamiento en montes públicos y privados
		Fomento y conservación de bosques de frondosas donde la producción de trufa en ecosistemas templados y mediterráneos es verdaderamente importante
		Búsqueda de nuevas especies vegetales hospedantes más productivos en cuanto a producción de rufa y mejor adaptados a las nuevas condiciones climáticas
		Estudio del cambio de las condiciones microclimáticas a nivel de suelo y su efecto sobre la producción de trufa
		Aplicación de riego en condiciones controladas de cantidad y forma en plantaciones para aumentar la producción: Cantidades mínimas en sequía estiva con riego por goteo.
		Aplicar un acolchado de paja para mantener la humedad





		Colocar trampas para captura y monitoreo de <i>Leiodes cinnamomeus</i>
Mejora de la productividad de trufa a través de la <b>aplicación de tratamientos selvícolas.</b>	El análisis del efecto de tratamientos selvícolas sobre la producción de trufa puede conducir a la mejora de la productividad. Así como aumentar la resistencia y resiliencia del hongo a condiciones ecológicas adversas	Aumento del conocimiento sobre los efectos de los tratamientos selvícolas en la producción de trufa con elevado interés socioeconómico
		Aumento del conocimiento del efecto de eventos extremos sobre la producción de trufa (condiciones meteorológicas extremas, plagas o enfermedades)
		Ajuste de los momentos de realizar tratamientos selvícolas con el ciclo productivo de la trufa para maximizar la producción y evitar compactación del suelo
		Aplicar micoselvicultura de precisión adecuada para cada árbol individualmente: podas, clareos y laboreo
		Realizar aportes de esporas de trufa a través de "nidos" procedentes de la zona.
Desarrollo <b>modelos de predicción</b>	La predicción ajustada del comportamiento de los factores de producción de trufa a corto y medio plazo (ej. Sequia estival) es esencial para el desarrollo de estrategias de gestión del aprovechamiento de la trufa, adelantando decisiones sobre la evolución del mercado, el trufiturismo, etc.	Ajustes adaptados a las nuevas condiciones climáticas y teniendo en cuenta los tratamientos selvícolas ligados a la adaptación de las masas a las nuevas condiciones climáticas.
		Mejora de las predicciones de producción a corto y medio plazo y desarrollo de estrategias de gestión del recurso de la trufa.
		Desarrollo de alternativas de gestión frente a la imprevisibilidad del recurso.
		Desarrollo de modelos de predicción que busquen soluciones ante el efecto de plagas como <i>Leiodes cinnamomeus</i>



### 3. Bibliografía

Barroetaveña, C, La Manna, K., Alonso, M.V., 2008. Variables affecting *Suillus luteus* fructification in ponderosa pine plantations of Patagonia (Argentina). *For. Ecol. Manage.* 256 (11), 1868-1874.

Bettini, G., Bianchetto, E., Butti, F., Chiellini, C., De Meo, I., d'Errico, G., Fabiani, A., Gardin, L., Graziani, A., Landi, S., Marchi, M., Mazza, G., Mocali, S., Montini, P., Plutino, M., Roversi, P.F., Salerni, E., Samaden, S., Canencia, I.S., Torrini, G., 2016. Selective thinning: Increasing mechanical stability and biodiversity in black pine plantations. In: Cantiani, P. (Ed.), *Compagnia delle Foreste Srl*. <<http://www.selpibio.eu/en/publications/item/43-technical-handbook-selective-thinning.html>>.

Büntgen, U., Egli, S., Camarero, J.J., Fischer, E.M., Stobbe, U., Kausserud, H., Tegel, W., Sproll, L., Stenseth, N.C., 2012. Drought-induced Périgord black truffle decline. *Nature Climate Change*, online.

Čejka, T., Trnka, M., Krusic, P. J., Stobbe, U., Oliach, D., Václavík, T., ... & Büntgen, U., 2020. Predicted climate change will increase the truffle cultivation potential in central Europe. *Scientific reports*, 10(1), 1-10.

Colinas, C., Capdevila, J.M., Oliach, D., Fischer, C.R., Bonet, J.A., 2007. Mapa d'aptitud per al cultiu de la tòfona negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) a Catalunya. Solsona

Egli, S., 2011. Mycorrhizal mushroom diversity and productivity – an indicator of forest health? *Ann. For. Sci.* 68 (1), 81-88.

Fischer, C.R., Oliach, D., Bonet, J.A., Colinas, C., 2017. Best Practices for Cultivation of Truffles. Forest Sciences Centre of Catalonia, Solsona, Spain; Yaşama Dair Vakıf, Antalya, Turkey. 68pp.

Krebs, C.J., Carrier, P., Boutin, S., Boonstra, R., Hofer, E. 2008. Mushroom crops in relation to weather in the southwestern Yukon. *Botany* 86 (12), 1497-1502.

Palahí, M., Pukkala, T., Bonet, J.A., Colinas, C., Fischer, C.R., Martínez de Aragón, J.R., 2009. Effect of the inclusion of mushroom values on the optimal management of even-aged pine stands of Catalonia. *For. Sci.* 55 (6), 503–511.

Pierangelo, A., Rolland, B., 2013. Guida pratica di micoselvicoltura. <[www.amycoforest.eu](http://www.amycoforest.eu)>(in Italian).



LIFE SORIA

# ForestAdapt

[www.soriaforestadapt.es](http://www.soriaforestadapt.es)  
[info@soriaforestadapt.es](mailto:info@soriaforestadapt.es)



CON LA CONTRIBUCIÓN DEL INSTRUMENTO FINANCIERO LIFE DE LA UNIÓN EUROPEA



CON EL APOYO DE:

