



Imforest

**Recomendaciones
de gestión
adaptativa
de truferas al
cambio climático**



Socios:



Asociación
Española para
la Sostenibilidad
Forestal

Este trabajo ha sido realizado por el CTFC en el marco del proyecto IMFOREST – Impulso a la bioeconomía forestal a través del desarrollo, la innovación y la gestión sostenible de los recursos forestales no madereros. Acción 5 (Resultado R5.2)

Título del material: Recomendaciones de gestión adaptativa de trufas al cambio climático

Autoría: Dalmau Albó¹, Carlos Colinas^{1,2}, Juan Martínez de Aragón¹, İsmail Şen¹, Marta Rovira¹, José Antonio Bonet^{2,3}, Daniel Oliach¹

¹Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC). Crta. Sant Llorenç de Morunys km 2, 25280 Solsona (Lleida).

²Universitat de Lleida (UdL). Av. Alcalde Rovira Roure 191, 25198, Lleida.

³Joint Research Unit CTFC-Agrotecnio-CERCA. Av. Alcalde Rovira Roure 191, 25198 Lleida.

DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.17829064>

Año: 2025

Este material se distribuye bajo la licencia CC BY-NC SA 4.0 (4.0: això no sé si s'ha de posar). Para ver una copia de esta licencia, visita <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>





Introducción



La trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) es un hongo ascomiceto cuyo ascocarpo o cuerpo fructífero se desarrolla bajo tierra. La recolección de este producto se concentra en países con clima mediterráneo, donde crece tanto en truferas silvestres como en plantaciones gestionadas; siendo España, Francia e Italia los mayores productores de *T. melanosporum* a nivel mundial (Oliach et al., 2021). En estas zonas de producción, suele encontrarse sobre sustratos calizos, con una cierta pedregosidad y una estructura granular que favorece la aeración del suelo, a la vez que permite una capacidad de retención de humedad necesaria para el desarrollo del hongo (Jaillard et al., 2016). Además, la trufa negra muestra preferencia por unas condiciones climáticas suaves y una estacionalidad marcada, aunque estas estimaciones pueden variar en base a factores locales (e.g., edafología) y al tipo de gestión aplicada (Thomas, 2014).

Pese a los conocimientos adquiridos en la última década acerca del efecto de las prácticas culturales en el desarrollo de *T. melanosporum* en plantaciones, su complejo ciclo vital, que se desarrolla desde mayo a marzo y que sigue teniendo algunas incógnitas (Le Tacon et al., 2016), junto a la dependencia de la climatología anual (Büntgen et al., 2019), sigue dificultando la obtención de producciones anuales elevadas y con buena calidad de forma sostenida en el tiempo. Adicionalmente, las tendencias proyectadas por los modelos climáticos que describen un incremento de las temperaturas promedio y un posible descenso de la precipitación total registrada en la cuenca mediterránea hasta el final del siglo XXI (Cramer et al., 2018), ponen en riesgo la producción de la trufa negra en el sur de Europa (Čejka et al., 2022; Thomas & Büntgen, 2019). En este contexto de sequía progresiva y escasez de agua, es necesario fomentar la investigación para la optimización de las técnicas de gestión en el cultivo de la trufa negra (e.g., riego, acolchados y podas), con la intención de incrementar de forma sostenible la disponibilidad de agua en el suelo y favorecer la adaptabilidad del complejo hongo-planta.



Aptitud del terreno y técnicas de cultivo adaptativas al cambio climático

• Aptitud climática

La disponibilidad de agua y su estacionalidad tienen un papel muy relevante en la truficultura, especialmente durante los meses de verano, en los que la precipitación acumulada condiciona la producción de ascocarpos (Büntgen et al., 2012, 2019). El rango de precipitación acumulada registrado en truferas silvestres varía entre los 485 y los 1.500 mm/año, con una precipitación mínima entre 72 y 185 mm en los meses de verano (Reyna, 2012; Ricard et al., 2003). El cultivo de *T. melanosporum* podría ser viable en zonas con una precipitación inferior, siempre que se cumplan los demás parámetros de aptitud (Colinas et al., 2007) y sea posible la instalación de un sistema de riego para suplir la necesidad de agua durante los periodos más secos. No obstante, sería recomendable evitar zonas situadas en el límite del nicho ecológico en cuanto a temperaturas y precipitaciones, evitando plantar en condiciones con evapotranspiraciones muy elevadas y/o bajas precipitaciones.

Aunque *T. melanosporum* puede soportar temperaturas extremas puntuales (Colinas et al., 2007), el clima favorable para su desarrollo se caracteriza por primaveras templadas sin heladas tardías, veranos relativamente calurosos y otoños sin heladas avanzadas que puedan frenar la maduración de los carpóforos. Según la revisión elaborada por Čejka et al. (2020) que incluye datos tanto de truferas silvestres como de plantaciones, la temperatura anual óptima para el crecimiento de *T. melanosporum* es de 12°C, con promedios en los meses de julio y enero de 20,5°C y 3,8°C, respectivamente.

• La importancia de un riego inteligente

La instalación de sistemas de riego – por microaspersión o goteo (Magarzo et al., 2023) – para complementar la precipitación en los momentos de mayor déficit hídrico, se ha vuelto una práctica muy extendida para minimizar el efecto de la sequía sobre la plantación. Es recomendable que los truficultores adopten un plan de riego que integre los principales parámetros ambientales y/o edáficos que condicionan el flujo y la disponibilidad de agua en el sistema, tratando de ajustarlo a las necesidades del hongo en sus distintos estadios. Para hacerlo, los truficultores disponen de una gran variedad de herramientas de medición indirecta basadas en sensores.

Una de las posibilidades más extendidas es el uso de sondas para la medición del contenido volumétrico (SVWC, del inglés *Soil Volumetric Water Content*) y del potencial hídrico del suelo (SWP, del inglés *Soil Water*

Potential). La primera de ellas indica la cantidad de agua en el suelo ($\text{m}^3\text{agua}/\text{m}^3\text{suelo}$), mientras que la segunda expresa la tensión ($\text{kPa}=\text{cBar}$) con la que las partículas del suelo retienen el agua. De la relación existente entre SVWC y SWP o curvas de extinción del agua (Novák y Hlaváčiková, 2019) se puede deducir el agua disponible total (TAW, del inglés *Total Available Water*), que es el contenido volumétrico (l/m^2 , a 10 cm de profundidad) situado en el umbral de SWP que va de -33 kPa (Capacidad de Campo, CC) a -1500 kPa (Punto de Marchitez Permanente, PMP), marcando este último el límite de absorción de agua por las plantas. Conociendo las características fisicoquímicas del suelo de una parcela y cómo varía la disponibilidad del agua en función de la cantidad existente, el truficultor puede establecer eventos de riego basándose en el potencial hídrico registrado por sus sondas, ajustando dichas aportaciones de agua a las que crea que son las necesidades de ese cultivo.

Otra metodología consiste en calendarizar el riego en base a la evapotranspiración del cultivo. Este método requiere de la instalación de una estación meteorológica en la parcela o, en su defecto, de la toma de los datos de una estación cercana situada a una altitud y latitud similares. Los datos registrados deberán incluir la evapotranspiración de referencia (ET_0) (mm o l/m^2), o bien tomar los valores para las variables que nos permitan calcular la ET_0 , empleando las fórmulas del documento de Allen et al. (1998). El déficit hídrico resultará de la diferencia entre la precipitación (PP) y la ET_0 . La periodicidad en el riego la marcará la dosis definida por el agricultor en función del tipo de suelo y las condiciones climáticas (e.g., precipitación y ET_0).

- **Resultados de riego en fase de implantación y fase de producción**

En la fase inicial de las plantaciones truferas, el suministro de agua pretende fomentar el crecimiento del árbol y la expansión de la fase vegetativa del hongo (e.g., micorrizas y micelio); mientras que, en la fase productiva, la finalidad es favorecer la formación, el desarrollo y la maduración del ascocarpo. Durante la fase de establecimiento de la plantación, se ha observado que cubrir la mitad del déficit hídrico (Coeficiente de cultivo $K_c = 0,5$) mediante el riego favorece la proliferación de las micorrizas de *T. melanosporum*, siendo necesario buscar un periodo corto de estrés hídrico que se podría realizar en verano (Bonet et al., 2006; Olivera et al., 2014).

La Tabla 1 presenta un ejemplo de calendarización del riego en base a la ET_0 , para el año 2021 y en una parcela situada a 785 m s.n.m. en el prepirineo de Lérida (Tabla 1). En esta simulación, la dosis de riego se ha fijado en $25 \text{ l}/\text{m}^2$ – en base al tipo de suelo de la parcela – y se ha definido una constante de cultivo ($K_c = 0,5$) para todo el periodo vegetativo. Además, y pese a ser orientativo dado el poco conocimiento del momento e intensidad con el que aplicarlo, se ha planificado un pequeño periodo de estrés hídrico durante el mes de julio.



Tabla 1. Ejemplo de programación de riego basada en el seguimiento de la ET_o , en la fase de implantación del cultivo de *T. melanosporum*. t_0 : fecha de inicio; t_f : fecha final; PP: precipitación; ET_o : evapotranspiración de referencia; PP- ET_o : déficit hídrico para un periodo determinado; Dosis de riego de 25 l/m², definida en función de las características del suelo.

Periodo	t_0	t_f	PP (l/m ²)	ET_o (l/m ²)	PP- ET_o (l/m ²)	Riego (l/m ²)	Días	Comentarios
1	15-feb.	1-abr.	0	50,9	-50,9	25	18	Riego de 25 l/m ² el 2 de abril.
2	2-abr.	1-may.	122,1	75,4	56,7	0	30	Desde el riego aplicado el 2 de abril, la PP más importante registrada es el 15 de abril. Este periodo se extiende hasta la última lluvia importante.
3	2-may.	15-may.	3,8	53,4	-49,6	25	14	Riego de 25 l/m ² el 16 de mayo.
4	16-may.	28-may.	0,8	51,2	-50,4	0	13	No se riegan los 25 l/m ² del 29 de mayo, ya que empieza a llover y se registran 59,2 l/m ² en cuatro días.
5	29-may.	17-jun.	101,7	89,1	12,6	0	20	No se riega, ya que no hay déficit hídrico. El 17 de junio caen 24 l/m ² .
6	18-jun.	30-jun.	11,1	61,2	-50,1	25	13	Riego de 25 l/m ² el 1 de julio.
7	1-jul.	25-jul.	0,7	139,9	-139,2	25	25	Con el objetivo de provocar un cierto estrés hídrico en el mes de julio, se realiza el riego más tarde de lo previsto. Se riegan 25 l/m ² el 26 de julio.
8	26-jul.	9-ag.	16,3	66,4	-50,1	25	15	Riego de 25 l/m ² el 10 de agosto.
9	10-ag.	19-ag.	3,8	52,1	-48,3	25	10	Riego de 25 l/m ² el 20 de agosto.
10	20-ag.	4-set.	10,8	62,9	-52,1	26,1	16	Riego de 25 l/m ² el 5 de setiembre.
11	5-set.	16-set.	82,8	38,1	44,7	0	12	No se riega, ya que no hay déficit hídrico. El 16 de setiembre caen 30,1 l/m ² .
12	17-set.	4-oct.	34,2	42	-7,8	0	18	Entre el 3 y el 4 de octubre caen 25,6 l/m ² .
13	5-oct.	28-oct.	0,2	49,6	-49,4	0	24	No se riega ya que el 29 de octubre empieza a llover y se registra una precipitación de 24,7 l/m ² en los siguientes cuatro días.

La información disponible de las necesidades hídricas durante la fase productiva de la plantación se deriva de estudios continuados de producción a escala regional y su correlación con las variables climáticas de interés, así como de experiencias empíricas en plantaciones locales. Por un lado, Büntgen et al. (2019) demostraron una relación positiva entre la precipitación acumulada durante el periodo estival (junio-agosto) y la producción de *T. melanosporum* en invierno, confirmando los resultados obtenidos en estudios previos con respecto a la importancia de las precipitaciones estivales en la producción de trufa negra (Baragatti et al., 2019; Büntgen et al., 2012, 2015; Le Tacon et al., 2014; Thomas y Büntgen, 2019). En este estudio, también observaron que un exceso de precipitación durante el otoño afectaba negativamente la producción del hongo. Por otro lado, otros manuales han recomendado tradicionalmente realizar aportaciones de 50-60 l/m²/mes desde mayo-junio hasta agosto-setiembre (Grente y Delmas, 1974; Olivier et al., 1996), o de 30 l/m² cada 15-20 días (Sourzat, 1997), o entre 30-50 l/m² cada mes, en función de la capacidad de retención del suelo (Verlhac et al., 1990), sustrayendo a dichas cantidades las precipitaciones registradas (Estrada y Alcántara, 1990; Sourzat, 1997), aunque cada truficultor suele adoptar sus propias reglas.

Aún así, sigue siendo necesario desarrollar programas de riego reproducibles en condiciones climáticas diversas enfocados a optimizar el momento y dosis de aplicación mediante el seguimiento de las necesidades del cultivo a lo largo del crecimiento de los ascocarpos. En este sentido, datos recientes de una plantación experimental en Teruel sugieren que mantener un potencial hídrico entre -0,5 y -1 MPa podría beneficiar a la producción de trufas (Oliach et al., 2016). Adicionalmente, un estudio llevado a cabo en una plantación experimental de *Q. ilex* – *T. melanosporum* fuera de su rango de aptitud en Maials (Lleida) (Piñuela et al., 2021), cuya dosificación del riego de mayo a octubre se aplicó en base a unos umbrales de potencial hídrico del suelo preestablecidos, demuestra un aumento significativo en el número de árboles productivos y en la cantidad de trufa negra obtenida por árbol, cuando se mantiene el potencial hídrico por encima de los -350 kPa, en vez de no activar el riego hasta que el potencial hídrico baje a -500 kPa y -650 kPa (Foto 1).



Foto 1. Tratamientos de riego en la parcela experimental del Living Lab de trufa en Cataluña (ubicada en Maials, Lleida) para el cultivo de *T. melanosporum*, instrumentalizada con sensores de humedad.

- **Utilización de acolchados**

La instalación de acolchados, ya sea con lonas de material biodegradable o geotextiles, debajo de los árboles jóvenes en el momento de su plantación, pretende disminuir la incidencia de los factores ambientales sobre el suelo y reducir la competencia herbácea alrededor de las plantas micorrizadas.

En la fase de implantación Olivera et al. (2014) demostraron que dos capas de un acolchado de tejido de polipropileno permeable de color blanco favorecerían la expansión del micelio de *T. melanosporum* en el suelo, en comparación con otros tratamientos. De forma similar, y también en la fase pre-productiva de la plantación, Piñuela et al. (2021) demostraron que el uso de un acolchado de polipropileno blanco, combinado con el riego, fomentaba la presencia del micelio de *T. melanosporum* en detrimento de *Tuber aestivum* Vittad., uno de sus competidores naturales. No obstante, y a pesar de que Şen et al. (2021) demostraron que la presencia de un acolchado a largo plazo no afecta al desarrollo del micelio de trufa negra, no sería aconsejable mantener el acolchado más de dos o tres años, para evitar que el sistema radicular secundario se desarrolle demasiado superficialmente. El uso de acolchados también puede ser útil en el caso de instalar el sistema de riego desde el inicio de la plantación, ya que las tuberías dificultarían el laboreo cruzado y el trabajo alrededor de las plantas.

En la fase de producción, en algunas zonas es común la utilización de acolchados con restos vegetales o con geotextiles en los quemados, de manera que permitan el paso de agua y la transpiración (Reyna, 2012). En estos casos, no suelen cubrir más del 20-50% de la superficie total del quemado durante el período más seco del verano (Pargney et al., 2014) y utilizan acolchados de un tamaño reducido (50 cm de diámetro) y espaciados entre ellos al menos unos 60 cm (Callot, 1999; Ricard et al., 2003).

- **Podas**

La poda en plantaciones truferas trata de corregir los defectos estructurales de la planta desde sus estadios iniciales, mediante la eliminación de las ramas y los rebrotes bajos, dotando a la copa de una forma cónica u oval que incremente la radiación solar incidente en el suelo. Podar de este modo favorece la entrada e incidencia de la luz sobre el suelo de la parcela, un factor considerado fundamental para el desarrollo de *T. melanosporum* en regiones templadas (Ricard, 2003). No obstante, experiencias llevadas a cabo en regiones caracterizadas por climas calurosos y con mucha radiación aconsejarían podar las ramas altas para favorecer la aeración de la copa y conservar las ramas bajas orientadas a sur para sombrear el suelo y reducir la evaporación (Foto 2). También en regiones secas, la poda en verano – en detrimento de la invernal -, puede resultar en una menor transpiración de los árboles y un mayor ahorro de agua a través de una reducción de la biomasa foliar.



Foto 2. Poda de formación en *Quercus faginea* de 4 años de edad inoculado con *T. melanosporum* en la parcela experimental de Maials (Lleida), en el que se dejan ramas bajas orientadas al sur para favorecer el sombreado en el área de producción.





Bibliografía



Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56: Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)*. FAO. Rome, Italy.

Baragatti, M., Grollemund, P. M., Montpied, P., Dupouey, J. L., Gravier, J., Murat, C., & Le Tacon, F. (2019). Influence of annual climatic variations, climate changes, and sociological factors on the production of the Périgord black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad.) from 1903–1904 to 1988–1989 in the Vaucluse (France). *Mycorrhiza*, 29(2), 113–125. . <https://doi.org/10.1007/s00572-018-0877-1>

Bonet, J. A., Fischer, C. R., & Colinas, C. (2006). Cultivation of black truffle to promote reforestation and land-use stability. *Agronomy for Sustainable Development*, 26(1), 69–76. <https://doi.org/10.1051/agro:2005059>

Büntgen, U., Egli, S., Camarero, J. J., Fischer, E. M., Stobbe, U., Kauserud, H., Tegel, W., Sproll, L., & Stenseth, N. C. (2012). Drought-induced decline in Mediterranean truffle harvest. In *Nature Climate Change* (Vol. 2, Issue 12, pp. 827–829). <https://doi.org/10.1038/nclimate1733>

Büntgen, U., Egli, S., Schneider, L., von Arx, G., Rigling, A., Camarero, J. J., Sangüesa-Barreda, G., Fischer, C. R., Oliach, D., Bonet, J. A., Colinas, C., Tegel, W., Ruiz Barbarin, J. I., & Martínez-Peña, F. (2015). Long-term irrigation effects on Spanish holm oak growth and its black truffle symbiont. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 202, 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.12.016>

Büntgen, U., Oliach, D., Martínez-Peña, F., Latorre, J., Egli, S., & Krusic, P. J. (2019). Black truffle winter production depends on Mediterranean summer precipitation. *Environmental Research Letters*, 14(7). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1880>

Callot, G. (1999). *La truffe, la terre, la vie*. INRA. Paris, France.

Čejka, T., Isaac, E. L., Oliach, D., Martínez-Peña, F., Egli, S., Thomas, P., Trnka, M., & Büntgen, U. (2022). Risk and reward of the global truffle sector under predicted climate change. *Environmental Research Letters*, 17(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac47c4>

Čejka, T., Trnka, M., Krusic, P. J., Stobbe, U., Oliach, D., Václavík, T., Tegel, W., & Büntgen, U. (2020). Predicted climate change will increase the truffle cultivation potential in central Europe. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76177-0>

Colinas, C., Capdevila, J. M., Oliach, D., Fischer, C., & Bonet, J. A. (2007). Mapa de aptitud para el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Cataluña. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC). Solsona, España.

Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J. P., Iglesias, A., Lange, M. A., Lionello, P., Llasat, M. C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M. N., & Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. In *Nature Climate Change* (Vol. 8, Issue 11, pp. 972–980). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>

- Estrada, J.M. y Alcántara, C. (1990). *La trufa*. Servicio de Extensión Agraria del Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca, Generalitat de Catalunya. Barcelona, España.
- Grente, J., Delmas, J. (1974). *Perspectives pour une trufficulture moderne*. INRA, Station de pathologie végétale. Clermont-Ferrand, France.
- Jaillard, B., Oliach, D., Sourzat, P., & Colinas, C. (2016). Soil Characteristics of *Tuber melanosporum* Habitat. In Zambonelli, A., Iotti, M., Murat, C. (Ed.) *True Truffle (Tuber spp.) in the World*. (169–190). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31436-5_11
- Le Tacon, F., Marçais, B., Courvoisier, M., Murat, C., Montpied, P., & Becker, M. (2014). Climatic variations explain annual fluctuations in French Périgord black truffle wholesale markets but do not explain the decrease in black truffle production over the last 48 years. *Mycorrhiza*, 24(S1), 115–125. <https://doi.org/10.1007/s00572-014-0568-5>
- Le Tacon, F., Rubini, A., Murat, C., Riccioni, C., Robin, C., Belfiori, B., Zeller, B., De la Varga, H., Akroume, E., Deveau, A., Martin, F., & Paolocci, F. (2016). Certainties and uncertainties about the life cycle of the Périgord black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad.). *Annals of Forest Science*, 73(1), 105–117. Verlag, France: Springer. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0461-1>
- Magarzo, A., Alba, S., Santos del Blanco, L., Franco Manchón, I., Olaizola, J., Martín Pinto, P., & Mediavilla, O. (2023). Effect of Irrigation Methods on Black Truffle Production. *Agronomy*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy13102505>
- Novák, V., & Hlaváčiková, H. (2019). Soil-water retention curve. In *Theory and Applications of Transport in Porous Media* (Vol. 32, pp. 77–96). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01806-1_7
- Oliach, D., Fischer, C. R., Colinas, C. (2016). Soil water potential and truffle productivity. In: IWEMM8. Cahors, France.
- Oliach, D., Vidale, E., Brenko, A., Marois, O., Andrighetto, N., Stara, K., de Aragón, J. M., Colinas, C., & Bonet, J. A. (2021). Truffle market evolution: An application of the delphi method. *Forests*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/f12091174>
- Olivier, J.M., Savignac, J.C., Sourzat, P. (1996). *Truffe et trufficulture*. Fanlac. Périgueux, France.
- Olivera, A., Bonet, J. A., Oliach, D., & Colinas, C. (2014). Time and dose of irrigation impact *Tuber melanosporum* ectomycorrhiza proliferation and growth of *Quercus ilex* seedling hosts in young black truffle orchards. *Mycorrhiza*, 24(S1), 73–78. <https://doi.org/10.1007/s00572-013-0545-4>
- Olivera, A., Bonet, J. A., Palacio, L., Liu, B., & Colinas, C. (2014). Weed control modifies *Tuber melanosporum* mycelial expansion in young oak plantations. *Annals of Forest Science*, 71(4), 495–504. <https://doi.org/10.1007/s13595-014-0360-x>
- Pacioni, G., Leonardi, M., Di Carlo, P., Ranalli, D., Zinni, A., & De Laurentiis, G. (2014). Instrumental monitoring of the birth and development of truffles in a *Tuber melanosporum* orchard. *Mycorrhiza*, 24(S1), 65–72. <https://doi.org/10.1007/s00572-014-0561-z>
- Pargney, J. C. *Truffe, osons une culture raisonnée* (Mise en Pages, 2014).
- Piñuela, Y., Alday, J. G., Oliach, D., Castaño, C., Bolaño, F., Colinas, C., & Bonet, J. A. (2021). White mulch and irrigation increase black truffle soil mycelium when competing with summer truffle in young truffle orchards. *Mycorrhiza*, 31(3), 371–382. <https://doi.org/10.1007/s00572-020-01018-x>
- Reyna, S. (2012). *Truficultura Fundamentos y técnicas* (2a ed.). Mundi-Prensa., Madrid
- Ricard, J. M., Bergounoux, F., Callot, G., Chevalier, G., Olivier, J. M., Pargney, J. C., & Sourzat, P. (2003) *La truffe: Guide technique de trufficulture*. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL). Paris, France.
- Şen İ, Piñuela Y, Alday JG, et al (2021) Mulch removal time did not have significant effects on *Tuber melanosporum* mycelium biomass. For Syst 30:eSC02. <https://doi.org/10.5424/fs/2021301-17519>
- Sourzat, P. (1997). *Guide Pratique de Trufficulture*. Station d'expérimentations sur la truffe. Le Montat, France.
- Thomas, P., & Büntgen, U. (2019). A risk assessment of Europe's black truffle sector under predicted climate change. *Science of the Total Environment*, 655, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.252>
- Thomas, P. W. (2014). An analysis of the climatic parameters needed for *Tuber melanosporum* cultivation incorporating data from six continents. *Mycosphere*, 5(1), 137–142. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/5/1/5>
- Verlhac, A., Giraud, M., Leteinturie, J. (1990). *La truffe, guide pratique*. CITFL. Paris, France.



Financiado por



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



IMFOREST cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.



@Imforest



@Imforest_PFNM



www.imforest.es



imforest@ctfc.cat