

ESTUDIO TÉCNICO DEL PRODUCTO DE LA TRUFA DEL CERRATO. ESTUDIO DE FACTORES TÉCNICOS PARA LA CREACIÓN DE UNA FIGURA DE PROTECCIÓN (ETIQUETA CLIMÁTICA 047). PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NEXTGENERATIONEU

Palencia, JULIO de 2025

Redactado por:

IDForest-Biotecnología Forestal Aplicada, S.L.



Equipo redactor:

Iván Franco Manchón, Msc. (Ingeniero de Montes)
Esteban Torres Sánchez, Dr. (Ingeniero de Montes)
Virginia Blanco de la Cruz, Msc. (Graduada en Ciencia y Tecnología de los Alimentos)
Yasmín Piñuela Samaniego, Dra. (Ingeniera Forestal)
Jaime Olaizola Suárez, Dr. (Ingeniero de Montes)
Juan Andrés Oria de Rueda Salgueiro, Dr. (Ingeniero de Montes) – COLAB. EXTERNO

ÍNDICE

1	ORIGEN Y FINANCIACIÓN DEL ESTUDIO	1
2	INTRODUCCIÓN	3
2.1.	LA TRUFA NEGRA (TUBER MELANOSPORUM) Y SU CULTIVO.....	3
2.2.	LA COMARCA NATURAL DEL CERRATO CASTELLANO	6
2.3.	LA TRUFICULTURA EN EL CERRATO	16
2.4.	LAS FIGURAS DE PROTECCIÓN LEGALES DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS	19
3	JUSTIFICACIÓN	21
4	ESTUDIOS TÉCNICOS DE VIABILIDAD DE CREACIÓN DE FIGURA DE PROTECCIÓN PARA LA “TRUFA NEGRA DEL CERRATO”	24
4.1.	ESTUDIO EDAFOLÓGICO.....	24
4.2.	ESTUDIO CLIMÁTICO.....	32
4.3.	ESTUDIO ORGANOLÉPTICO.....	37
4.4.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE TRAMITACIÓN DE FIGURA DE PROTECCIÓN PARA LA “TRUFA DEL CERRATO”	48
5	CONCLUSIONES GENERALES	50
6	BIBLIOGRAFÍA	52

1 ORIGEN Y FINANCIACIÓN DEL ESTUDIO

La Unión Europea, para hacer frente a los efectos económicos y sociales de la pandemia provocados por la COVID-19, y garantizar que sus economías emprendan una transición ecológica y digital que las haga más sostenibles y resilientes, adoptó el Reglamento (UE) 2020/2094 del Consejo de 14 de diciembre de 2020, por el que se establece un Instrumento de Recuperación de la Unión Europea y el Reglamento (UE) 2021/241 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero de 2021, por el que se establece el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia.

En el marco del **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU, Componente 14** «Plan de modernización y competitividad del sector turístico», **Inversión 1** «Transformación del modelo turístico hacia la sostenibilidad» y **Submedida 2** «Planes de Sostenibilidad Turística en Destino», se incluye el **Programa Extraordinario de Sostenibilidad Turística en Destinos 2021-2023**, cuya distribución presupuestaria fue aprobada por Resolución de 29 de diciembre de 2023 de la Secretaría de Estado de Turismo.

En aplicación de este programa, la **Consejería de Cultura, Turismo y Deporte de la Junta de Castilla y León** concedió a la Diputación de Palencia una subvención directa, mediante Orden de 17 de abril de 2024 (BDNS 753885), para la ejecución del proyecto **«Plan de Sostenibilidad Turística en Destino Cerrato Palentino, Paisaje Cultural del Vino»**, incluido en el Plan de Territorial de Sostenibilidad Turística en Destinos de Castilla y León 2023-2026.

En base a todo lo anterior, esta actuación va a ser **financiado por la Unión Europea- NextGenerationEU**, en el marco del citado **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia** del Gobierno de España.

El objetivo de estas ayudas es acometer actuaciones transformadoras en el sector turístico en los ámbitos de la transición verde, la transición digital y la mejora de la competitividad turística.

Esta actuación se integra en el desarrollo de la **Medida Estratégica 26** «Estrategia de Sostenibilidad Turística» del **Plan de Acción de la Agenda Rural de Palencia (ARP) frente al Reto Demográfico de la Diputación de Palencia**, aprobada por el Pleno de la Diputación del 25 de agosto de 2022.

Atendiendo a estos objetivos y dentro de la ejecución de este Plan de Sostenibilidad Turística en Destino El Cerrato Palentino, Paisaje Cultural del Vino, la Diputación de Palencia pretende ejecutar, incluidas en el **Eje programático 4**

“Competitividad”, la Actuación 9 “La Cocina del Paisaje Cultural de la comarca del Cerrato Palentino”.

Atendiendo a estos objetivos y dentro de la ejecución de este «Plan de Sostenibilidad Turística en Destino el Cerrato palentino, paisaje cultural del vino», la Diputación de Palencia pretende ejecutar este proyecto, incluido en el Eje programático 04 COMPETITIVIDAD, actuación 09 LA COCINA DEL PAISAJE CULTURAL DE LA COMARCA DEL CERRATO PALENTINO, e identificada con la etiqueta climática 047 “Apoyo a procesos de producción respetuosos con el medio ambiente y eficiencia en el uso de recursos de las pymes”.

OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA:

Tratándose de un proyecto incluido en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea – NEXTGENERATIONEU, será de aplicación a su ejecución toda la normativa relativa al mismo, siendo obligatorio en particular los siguientes puntos:

- Facilitar la información que sea requerida para acreditar el cumplimiento puntual de los HITOS y OBJETIVOS del componente 14 del Plan “Plan de modernización y competitividad del sector turístico” a cuya consecución contribuye el proyecto.
- Cumplir las obligaciones derivadas de cualquiera de los documentos contractuales en materia de etiquetado verde y etiquetado digital y los mecanismos establecidos para su control.
- Cumplir las obligaciones derivadas de la aplicación del principio de no causar un daño significativo al medio ambiente (principio de not significant harm - DNSH) conforme a lo previsto en el Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia, y en particular en las condiciones establecidas en el apartado 8 del Componente 14 del MRR y en las condiciones específicas identificadas en la autoevaluación de DNSH para este proyecto.
- Facilitar las certificaciones y documentos justificativos que acrediten el cumplimiento de las obligaciones en materia de etiquetado verde y etiquetado digital y del principio de no causar un daño significativo al medio ambiente (DNSH).
- Cumplir con los requisitos relativos a la publicidad y medidas de difusión, según lo dispuesto en los Planes de Sostenibilidad Turística y la orden de concesión de la Junta de Castilla y León.
- Asimismo, en el caso de que le sea requerida, deberá facilitar información específica para verificar que no se incurre en supuesto de doble financiación por parte de los perceptores finales de los fondos.

- Cumplir cualesquiera otra de las obligaciones previstas en la Orden HFP/1030/2021, de 29 de septiembre, por la que se configura el sistema de gestión del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, así como el Plan de Medidas Antifraude de la Diputación de Palencia aprobado por el Pleno de la Corporación en sesión de fecha 30 de diciembre de 2021 y sus posteriores modificaciones, o cualquier otra consideración que se traslade desde la Diputación de Palencia derivada de los principios transversales del MRR.
- Cualquier otra consideración que se traslade desde la Diputación de Palencia derivada de los principios transversales del MRR.

2 INTRODUCCIÓN

2.1. LA TRUFA NEGRA (*TUBER MELANOSPORUM*) Y SU CULTIVO

Desde un punto de vista biológico, la trufa negra (*Tuber melanosporum*) es un hongo micorrízico. Esto quiere decir que es un hongo “simbionte”, por lo que necesita de otro organismo, en este caso un árbol, para poder hacer su ciclo vital. En el entorno mediterráneo, lo hace principalmente con especies como el avellano (*Corylus avellana*), la encina (*Quercus ilex*) y diferentes especies de robles (*Q. faginea*, *Q. humilis*, *Q. robur*, etc.). La unión con los árboles la realiza a través de unas estructuras conocidas como “micorrizas”, que son unas envolturas que hace el micelio del hongo alrededor de los ápices de las raíces y por la que intercambia sustancias con éstos. A través de estas estructuras se mejoran la absorción de nutrientes minerales, especialmente fósforo, y agua hacia la planta, a cambio de azúcares y otros compuestos derivados de la fotosíntesis del árbol.

El cuerpo fructífero (la trufa propiamente dicha), que es la parte comestible del hongo, se desarrolla bajo tierra y tiene una forma globosa irregular, con una superficie negra cubierta de verrugas (peridio) y una gleba oscura con vetas blancas (ver Ilustración 1).



Ilustración 1. Cuerpo fructífero de trufa negra (*Tuber melanosporum*) en el que se puede ver su peridio (cubierta externa) y gleba (parte interior).

El interior de este hongo está lleno de esporas, que son las estructuras que promueven la reproducción y persistencia de esta especie. Sin embargo, a diferencia de los hongos que crecen en la superficie y pueden llegar a difundir sus esporas por el aire, *T. melanosporum* necesita que la difusión de las esporas la hagan animales o insectos tras su ingestión (Fischer et al., 2017). Para favorecer que estos depredadores encuentren los ejemplares de trufa, éstas emiten una serie de volátiles que son muy atractivos y potentes. Es por ello, que la complejidad aromática de la trufa negra es tan destacada, con más de 100 compuestos volátiles identificados. La intensidad y perfil exacto del aroma pueden variar según la especie de trufa, su madurez, el tipo de suelo y las condiciones ambientales en las que ha crecido, lo que contribuye aún más a su valor sensorial y su exclusividad culinaria (Marco et al., 2024).



Ilustración 2. Perro trufero profesional detectando una trufa negra.

De esta forma, cuando ha querido ser recolectada para ser consumida por humanos a modo de producto gastronómico ha de buscarse con la ayuda de cerdos o perros (ver Ilustración 2.).

En cuanto a los requerimientos climáticos de *T. melanosporum* para su desarrollo en condiciones naturales, presenta una gran querencia por un clima mediterráneo Continental Xérico. En lo relativo a la pluviometría, este hongo puede desarrollarse de forma natural en lugares con una precipitación anual de 300 mm y en lugares con 900 mm o más. Normalmente estas zonas están marcadas por un período estival seco, con lluvias a modo de tormentas y con un otoño húmedo. La primavera también ha de ser húmeda con el fin de favorecer el nacimiento de las trufas (primordios). En lo relativo a las temperaturas, *T. melanosporum* se desarrolla en lugares con unos veranos bastante calurosos (pero sin altas temperaturas de forma continuada), otoños suaves sin heladas tempranas, inviernos marcados y primaveras templadas. El rango de temperaturas medias anuales es de 8,6 a 14,8 °C, con temperaturas medias del mes más cálido de menos de 23,5 °C y de más de 1 °C en el mes más frío (Colinas et al., 2007).

La trufa negra (*T. melanosporum*) se desarrolla preferentemente en suelos calizos, bien drenados y con buena aireación, generalmente con un pH alcalino comprendido entre 7,5 y 8,5. Estos suelos suelen ser pobres en materia orgánica y moderadamente secos. Los suelos con buenas producciones tienen un alto contenido en carbonatos totales (30-50 %) y caliza activa (>10 %). También, la trufa negra tiene problemas para desarrollarse en suelos con altos contenidos en fósforo (>50 ppm) y potasio (>500 ppm). Además, los buenos suelos truferos presentan una textura franca o franco-arenosa, que facilita el desarrollo del micelio y la formación de las trufas. La estructura del suelo debe permitir una adecuada oxigenación de las raíces y del hongo, siendo fundamental evitar encharcamientos o compactaciones que puedan dificultar el intercambio gaseoso y limitar el desarrollo del hongo. Por ello, siguiendo la taxonomía de la USDA los suelos más aptos son los Inceptisoles, Entisoles y Mollisoles (Colinas et al., 2007).

La trufa negra, como tantos hongos comestibles, se produce de forma silvestre en varias comarcas europeas que reúnen las condiciones edafoclimáticas citadas anteriormente. En España estos ecosistemas en los que se producía la trufa negra en condiciones naturales dieron lugar a los llamados "cotos truferos", aprovechados de forma rentable por recolectores tradicionales a mediados y finales del siglo XX. Estos cotos estaban situados en diferentes puntos de las provincias de Teruel, Huesca, Burgos, Soria, Cuenca, Guadalajara, Lleida, Navarra y Castellón; principalmente. Sin embargo, el abandono de los bosques y el cambio en las tendencias climáticas hacen que las producciones de trufa

negra silvestre sean cada vez menores (García-Barreda et al., 2018; Sánchez & Sánchez, 2019).

Sin embargo, durante los últimos 40 años se ha avanzado mucho en la investigación sobre la forma de vida de *T. melanosporum* hasta que, en la actualidad es posible copiar la naturaleza para realizar plantaciones truferas altamente productivas. Por esta razón, en España en la década de los años 80 y 90 comenzaron a realizarse plantaciones productoras de este hongo de una forma significativa en Aragón, principalmente. Esto derivó en la creación de un sector formado por: truficultores, viveristas productores de planta micorrizada, instaladores de riego, formadores de perros recolectores y proveedores de maquinaria e insumos para el cultivo (Martín Santafé, 2021).

Este desarrollo ha conducido a que España hoy en día sea uno de los mayores productores de trufa negra a nivel mundial (Herrero de Aza et al., 2022), representando el 30% de la producción europea (Reyna & García-Barreda, 2014). Actualmente, más del 80% de la trufa negra se produce en plantaciones con plántulas previamente inoculadas en vivero (Olivier et al. 2012). Se trata de un cultivo que representa un importante recurso económico en muchas áreas marginales (Donnini et al., 2013), proporcionando mayores beneficios económicos que cualquier otro producto forestal en el área Mediterránea (Reyna & García-Barreda, 2014). Aproximadamente, 16 km² de tierras de cultivo en el noroeste de España y sur de Francia se transforman cada año en nuevas plantaciones de trufa negra, siendo esta superficie algo menor en Italia (Büntgen et al., 2019).

2.2. LA COMARCA NATURAL DEL CERRATO CASTELLANO

El Cerrato castellano es una comarca ubicada entre las provincias de Palencia, Burgos y Valladolid. Su nombre procede del latín *cirratu*, que hace referencia a un terreno montuoso o con cerros. En los siguientes subapartados se va a describir las principales características de esta comarca castellana.

2.2.1. Ambito territorial

Este territorio abarca 1.529 km² y comprende 88 municipios, de los cuales 40 están en la provincia de Palencia (ver Tabla 1 e Ilustración 3).



Ilustración 3. Mapa del Cerrato Castellano. Fuente: <https://cerratopalentino.org/wp-content/uploads/2024/05/1.Especial Carrion Julio 12.pdf>

Tabla 1. Lista de municipios pertenecientes a la comarca del Cerrato o con similitudes en las condiciones edafoclimáticas del entorno, así como cercanía física susceptibles de formar parte de una misma figura de protección. Fuente: <https://cerratopalentino.org/wp-content/uploads/2024/05/1.Especial Carrion Julio 12.pdf>

Municipio	Provincia	Superficie (ha)
Alba de Cerrato	Palencia	3519.05
Amusquillo	Valladolid	1590.04
Antigüedad	Palencia	6279.81
Astudillo	Palencia	12289.33

Municipio	Provincia	Superficie (ha)
Baltanás	Palencia	15876.37
Cabezón de Pisuegra	Valladolid	4539.00
Canillas de Esgueva	Valladolid	2350.59
Castrillo de Don Juan	Palencia	4891.00
Castrillo de Onielo	Palencia	4024.54
Castrillo-Tejeriego	Valladolid	3590.48
Castronuevo de Esgueva	Valladolid	2919.62
Castroverde de Cerrato	Valladolid	3244.02
Cevico de la Torre	Palencia	5082.80
Cevico Navero	Palencia	4402.98
Cobos de Cerrato	Palencia	4648.59
Cordovilla la Real	Palencia	3878.53
Cubillas de Cerrato	Palencia	2108.76
Dueñas	Palencia	12430.23
Encinas de Esgueva	Valladolid	3083.57
Esguevillas de Esgueva	Valladolid	4150.37
Espinosa de Cerrato	Palencia	4524.98
Fombellida	Valladolid	3611.15
Fuentes de Valdepero	Palencia	4291.09
Hérmedes de Cerrato	Palencia	3230.75
Herrera de Valdecañas	Palencia	2754.86
Hontoria de Cerrato	Palencia	2951.83
Hornillos de Cerrato	Palencia	3533.76

Municipio	Provincia	Superficie (ha)
Magaz de Pisuerga	Palencia	2783.22
Olivares de Duero	Valladolid	2931.98
Olmos de Esgueva	Valladolid	2483.67
Palenzuela	Palencia	7715.84
Peral de Arlanza	Burgos	2901.09
Piña de Esgueva	Valladolid	2995.07
Piñel de Abajo	Valladolid	2125.83
Piñel de Arriba	Valladolid	2339.97
Población de Cerrato	Palencia	1978.09
Quintana del Puente	Palencia	1166.39
Reinoso de Cerrato	Palencia	2311.90
Renedo de Esgueva	Valladolid	2887.01
Royuela de Río Franco	Burgos	5058.09
San Martín de Valvení	Valladolid	5818.59
Soto de Cerrato	Palencia	1293.74
Tabanera de Cerrato	Palencia	4631.15
Tariego de Cerrato	Palencia	2066.93
Torquemada	Palencia	8358.55
Torre de Esgueva	Valladolid	2359.10
Torrepadre	Burgos	2854.19
Torresandino	Burgos	9313.97
Tórtoles de Esgueva	Burgos	7914.83
Valbuena de Duero	Valladolid	4654.69

Municipio	Provincia	Superficie (ha)
Valbuena de Pisuerga	Palencia	2900.16
Valdeolmillos	Palencia	2058.40
Valle de Cerrato	Palencia	3894.14
Valles de Palenzuela	Burgos	2085.95
Valoria la Buena	Valladolid	4329.70
Venta de Baños	Palencia	1424.40
Vertavillo	Palencia	5732.70
Villabáñez	Valladolid	5100.86
Villaco	Valladolid	1592.12
Villaconancio	Palencia	3404.20
Villafruela	Burgos	5197.58
Villafuerte	Valladolid	2618.99
Villahán	Palencia	3100.63
Villahoz	Burgos	5049.84
Villalaco	Palencia	1783.64
Villalobón	Palencia	1899.43
Villamediana	Palencia	5810.18
Villamuriel de Cerrato	Palencia	3999.96
Villanueva de los Infantes	Valladolid	1916.57
Villarmentero de Esgueva	Valladolid	1344.35
Villavaquerín	Valladolid	4509.26
Villaverde-Mogina	Burgos	1354.27
Villaviudas	Palencia	3721.30

Municipio	Provincia	Superficie (ha)
Villodrigo	Palencia	902.4

2.2.2. Historia

El Cerrato Castellano tiene orígenes muy antiguos, con presencia humana desde la Prehistoria y un importante desarrollo en época romana, especialmente en localidades como Dueñas. Durante la Edad Media, jugó un papel clave en la repoblación cristiana tras la Reconquista, a partir del siglo IX. Muchas villas se fundaron con fueros y crecieron bajo señoríos y órdenes religiosas. Palenzuela fue una de las villas más destacadas, llegando a tener gran peso político y económico.

Entre los siglos XV y XVII, la comarca vivió un auge económico gracias a la agricultura, especialmente del cereal, lo que permitió construir importantes iglesias góticas y renacentistas. Figuras como Fray Tomás de Torquemada y la infanta Catalina de Austria están ligadas a este territorio. El modelo rural se mantuvo basado en señoríos y una fuerte identidad agrícola y ganadera.

En los siglos XVIII y XIX, el Cerrato fue influido por las reformas ilustradas, como la construcción del Canal de Castilla, y por las desamortizaciones, que alteraron el patrimonio eclesiástico y la estructura de propiedad. Aun así, siguió siendo una comarca eminentemente agrícola, con tradición en la vid, el cereal y la ganadería ovina, conservando elementos como los chozos de pastor.

Durante el siglo XX, la comarca sufrió una fuerte despoblación debido a la mecanización del campo y el éxodo rural. Sin embargo, se ha producido una recuperación patrimonial destacada, como la puesta en valor de más de 370 bodegas subterráneas en Baltanás (BIC desde 2015), más de 300 chozos de pastor, rutas culturales y gastronómicas, y fiestas populares con raíces medievales.

2.2.3. Cultura y tradición

Las tradiciones del Cerrato están profundamente ligadas al ciclo agrícola y ganadero. La trashumancia de ovejas merinas desde el norte hacia el sur de la Península dejó una importante huella en el paisaje y en la cultura pastoril. Las fiestas patronales, muchas de ellas con raíces medievales y religiosas, reflejan esta conexión con la tierra, como las romerías, las ofrendas de productos del campo, o las danzas populares.

Uno de los elementos más representativos de la arquitectura popular del Cerrato son las bodegas subterráneas, especialmente en municipios como Baltanás,

Torquemada o Dueñas. Estas bodegas, excavadas en cerros y laderas, servían para elaborar y conservar vino en condiciones óptimas. Algunas datan del siglo XVIII y están declaradas Bien de Interés Cultural como Conjunto Etnológico. En los últimos años, muchas de ellas se han rehabilitado para usos sociales, lúdicos y turísticos, recuperando su valor cultural y gastronómico.

La cocina cerrateña, basada en productos locales como el vino, el queso, el pan candeal y las hortalizas de la vega, es otro de los pilares culturales. El Cerrato ha sabido mantener una cocina de raíces humildes, pero de gran calidad, que se transmite de generación en generación. También se conservan tradiciones artesanas, como la alfarería, la talla de madera o la elaboración de embutidos caseros.

La gastronomía sigue siendo parte esencial de su cultura, con productos como el pimiento de Torquemada, la cebolla horcal de Palenzuela, vinos de las D.O. Arlanza y Cigales, y quesos artesanos.

En resumen, el Cerrato Castellano es una comarca con una rica herencia histórica y cultural, donde se entrelazan siglos de vida rural, arquitectura popular, tradiciones agrícolas y costumbres que han sabido adaptarse al paso del tiempo sin perder su esencia. Un lugar donde la historia se vive en el paisaje, en sus pueblos y en la memoria colectiva de sus gentes.

2.2.4. Medio físico

Su formación geológica está estrechamente ligada a la cuenca sedimentaria del Duero, que a lo largo de millones de años ha dado lugar a un relieve diverso y un paisaje rico en contrastes, fruto de procesos de sedimentación y posterior erosión. La comarca se divide en dos áreas socioeconómicas diferenciadas: una franja más urbanizada, en la confluencia de los ríos Carrión y Pisuegra, donde se ubican localidades como Villamuriel de Cerrato, Venta de Baños y Dueñas; y una zona predominantemente agrícola, con núcleos pequeños y dispersos.

El relieve está dominado por páramos calcáreos, originados a partir de depósitos del Ponticense (último periodo del Mioceno), que han resistido mejor la erosión que otros materiales más blandos. Geológicamente, el terreno presenta una disposición horizontal, compuesta en un 80% por calizas, seguido de arcillas y, en menor medida, sílices. Entre los páramos y los valles se sitúan las cuestas, que a menudo son zonas de asentamiento de las poblaciones.

La orografía del Cerrato se caracteriza por ser irregular y accidentada, con extensas plataformas elevadas (páramos) desde donde se desprenden cerros, lomas, alcores y barrancas. Las altitudes van desde los 933 metros hasta los 720 metros. Las laderas orientadas al sur son más abruptas y erosionadas, lo que

explica que allí se hayan encontrado construcciones excavadas como bodegas, colmenares y yeseras. Por el contrario, las laderas norte son más suaves, fértiles y aptas para el cultivo.

El agua ha sido el principal agente modelador del paisaje. Cuando los ríos atraviesan la capa caliza, acceden a materiales más blandos como margas, arcillas y yesos, lo que facilita la formación de cárcavas, vaguadas y valles amplios. El río Pisuegra recorre más de 60 km al norte de la comarca, recibiendo afluentes como el Arlanza, el Arlazón y varios arroyos locales: Valdehornilla, Madre, Maderano, entre otros. También son relevantes el Canal de Villalaco y el Canal de Castilla, que aportan recursos hídricos adicionales, además de los ríos Franco y Esgueva en el límite oriental.

2.2.5. Clima

El clima del Cerrato es mediterráneo continentalizado, la temperatura media anual es de 12,3 °C. Existe una gran variación de las temperaturas pues se ha llegado a una temperatura de hasta -17,0 °C en el mes de diciembre y una de 40,0°C en el mes de junio. El periodo medio de heladas es del 22 de octubre al 17 de abril. Las precipitaciones, de entre 400 y 500 mm anuales, están distribuidas de forma desigual, con una estación seca de unos cuatro meses entre junio y septiembre (ver Ilustración 4).

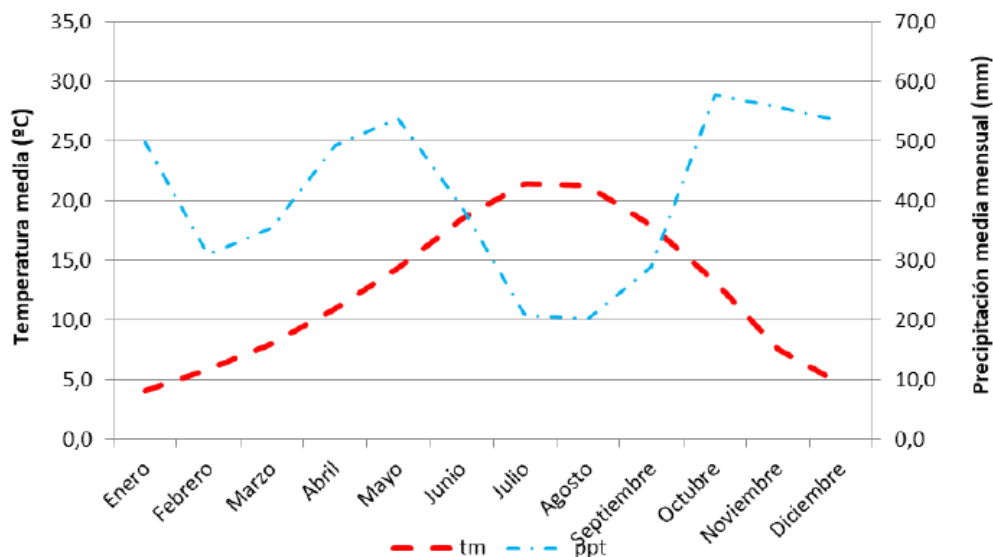


Ilustración 4. Diagrama ombrotérmico de Gausson. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos facilitados por la AEMET del observatorio termométrico de Astudillo (Palencia) (2007-2021) y del observatorio pluviométrico de Cevico Navero (1990-2019).

2.2.6. Flora

La comarca del Cerrato Castellano presenta una flora característica de las tierras del centro de la cuenca del Duero, dominada por un paisaje de cerros, páramos, campiñas y valles fluviales. Su vegetación se encuentra condicionada

por el ya descrito clima mediterráneo continental, con inviernos fríos, veranos calurosos y escasas precipitaciones, así como por la naturaleza arcillosa y caliza de sus suelos. Aunque gran parte del territorio ha sido transformado por la agricultura, aún se conservan retazos de vegetación autóctona, especialmente en zonas de páramo, laderas y barrancos. Entre los árboles autóctonos más representativos se encuentran los quejigos (*Quercus faginea*) y las encinas (*Q. ilex*), que forman pequeños bosquetes dispersos, a menudo asociados a usos ganaderos tradicionales. En zonas calizas y más secas aparecen también sabinas albares (*Juniperus thurifera*), algunas en formaciones muy escasas pero valiosas. En los suelos más degradados o expuestos predominan matorrales mediterráneos con especies como el tomillo, la salvia, la aulaga o el romero. Estos matorrales sirven de refugio a numerosas especies de fauna y desempeñan un papel importante en la conservación del suelo.

En los márgenes de los ríos Pisuerga, Arlanza y Carrión, así como en arroyos estacionales, se desarrolla la vegetación de ribera, cada vez más fragmentada pero esencial para el equilibrio ecológico. En estas zonas es común encontrar chopos (*Populus nigra* y *P. alba*), fresnos (*Fraxinus angustifolia*), sauces (*Salix spp.*) y olmos (*Ulmus minor*), aunque estos últimos han sufrido un fuerte retroceso debido a la grafiosis. En algunos tramos se han iniciado programas de restauración con especies autóctonas para mejorar la biodiversidad y prevenir la erosión.

La transformación del Cerrato en una comarca cerealista ha hecho que buena parte de su vegetación esté ligada al uso agrícola y ganadero. En barbechos y lindes aparecen herbazales y pastizales con especies como las amapolas (*Papaver rhoeas*), las malvas (*Malva sylvestris*) o diversos tipos de cardos. También persisten praderas seminaturales importantes para el pastoreo de ovejas y la trashumancia, y plantas ruderales que crecen en caminos o bordes de cultivo, como la esparraguera (*Asparagus officinalis*), la borraja (*Borago officinalis*) o la valeriana roja (*Centranthus ruber*).



Ilustración 5. Paisaje típico del Cerrato Castellano con cultivos de vid, cereal y monte mediterráneo de encina y quejigo en laderas, y bosque de ribera en el valle.

Junto a los cultivos herbáceos predominantes, en el Cerrato también se encuentran cultivos leñosos tradicionales como los viñedos (vinculados a las Denominaciones de Origen Arlanza y Cigales), así como almendros y olivos, sobre todo en suelos pobres o en zonas soleadas. En huertos tradicionales se conservan árboles frutales como nogales, cerezos y manzanos, junto con plantas aromáticas y medicinales de uso doméstico.

La flora del Cerrato no solo tiene valor ecológico, sino también cultural y etnobotánico, ya que muchas especies han sido utilizadas tradicionalmente para fines medicinales, culinarios, ganaderos o constructivos. Asimismo, algunas plantas propias del paisaje cerrateño han sido clave para el mantenimiento de la apicultura, el pastoreo y la fabricación de herramientas. En la actualidad, diversos programas de conservación y educación ambiental promueven el conocimiento y la protección de esta flora, así como su relación con las prácticas sostenibles del medio rural.

2.2.7. Fauna

La fauna del Cerrato Castellano es rica y variada, adaptada a sus ecosistemas de páramos, valles fluviales, encinares y cultivos de secano. Entre las aves destacan especies esteparias como la avutarda (*Otis tarda*), el sisón (*Tetrax tetrax*), el alcaraván (*Burhinus oedicnemus*) y la ganga ibérica (*Pterocles alchata*), que encuentran refugio en las amplias llanuras cerealistas. En las zonas

arboladas y ribereñas son comunes el milano real (*Milvus milvus*), el águila calzada (*Aquila pennata*), la lechuza común (*Tyto alba*) o el cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*), así como garzas (*Ardea spp.*), ánades (*Anas spp.*) y martinetes (*Nycticorax nycticorax*) en humedales y cursos fluviales como el río Pisuegra. Mamíferos como el zorro (*Vulpes vulpes*), el jabalí (*Sus scrofa*), el corzo (*Capreolus capreolus*) o el conejo de monte (*Oryctolagus cuniculus*) habitan en los bosques y zonas más agrestes, junto con una notable diversidad de reptiles, anfibios e insectos, que completan el ecosistema. Esta biodiversidad convierte al Cerrato en un enclave importante para la conservación de especies ligadas tanto al medio agrícola como al natural.

2.3. LA TRUFICULTURA EN EL CERRATO

Como bien ya se ha comentado en el apartado 2.1., *T. melanosporum* se desarrolla preferentemente en suelos calizos, bien drenados y con buena aireación. Estas son condiciones que existen en buena parte de esta comarca y que son muy similares a las de muchas zonas productoras de trufa negra silvestre de España. Por ello, esto ha llevado a muchas personas a pensar que este hongo pueda desarrollarse de forma silvestre en esta comarca, atrayendo a recolectores a probar suerte con sus perros.

Sin embargo, apenas se han recolectado ejemplares de *T. melanosporum* y cuando se ha hecho ha sido en años muy propicios para su formación y siempre de una forma testimonial. Este hecho se debe, principalmente, a que existen diferencias en cuanto al clima que posee esta comarca frente a zonas productoras cercanas, como es la zona de Covarrubias y los entornos calizos de Santo Domingo de Silos en la provincia de Burgos. Las principales diferencias vienen determinadas por una menor precipitación estival y por una mayor temperatura media anual, con máximas superiores también en los meses de verano en la comarca cerrateña, que hacen que la persistencia de humedad en el suelo (tan importante para el desarrollo de la trufa) sea inferior. Este fenómeno está muy determinado por la diferencia de altitud entre ambas zonas, siendo inferior la del Cerrato.

Pese a que el Cerrato posea un clima subóptimo para que este hongo se produzca de forma natural, si que presenta un clima muy cercano a que esto suceda. De esta manera, el hecho de que el clima de esta comarca es un clima más seco y cálido que el de otras zonas productoras naturales (casi un grado más de temperatura media y 50-100 mm menos de precipitación) llevó a muchos técnicos y expertos a pensar que la truficultura era posible en el Cerrato si se compensaba la falta de agua en la época estival con la instalación de un sistema de riego. El hecho de obtener trufa negra fuera de la zona óptima para

su desarrollo natural ya había sido demostrado en múltiples ocasiones en varias regiones de España desde hace mucho tiempo. Esta experiencia ha ido demostrando que, si los suelos son los apropiados, las probabilidades de producción de trufa son muy altas si existe capacidad de riego suficiente y el clima no es muy diferente al que requiere para desarrollarse de forma natural.

En consecuencia, desde principios de la década de los años 2000, se han venido realizando actividades de promoción del cultivo de la trufa negra en la comarca que nos ocupa. Desde un inicio, estas actividades han sido incentivadas por la Diputación de Palencia, la Escuela Técnica de Ingenierías Agrarias de Palencia (Universidad de Valladolid) y el ADRI Cerrato Palentino. De esta manera, ya en el periodo 2005-2010, se realizaron dos plantaciones truferas demostrativas, una en Antigüedad y otra en Villaviudas. Estas plantaciones vinieron acompañadas de charlas formativas dirigidas a agricultores y posibles inversores. Como fruto de esta primera andadura, se realizaron las primeras plantaciones por iniciativa privada (en Hérmedes de Cerrato y Magaz de Pisuerga). Posteriormente, y hasta el 2017 ha habido un goteo incesante de nuevas plantaciones truferas. Sin embargo, la mayor escalada a la hora de ejecución de nuevas plantaciones ha sido desde que se realizó el programa de promoción de la trufficultura financiado por la Diputación de Palencia. Este programa se realizó entre los años 2017 y 2019; interviniendo la Cátedra de Micología de la Universidad de Valladolid y las empresas palentinas ECM Ingeniería Ambiental S.L. e IDForest-Biotecnología Forestal Aplicada, S.L. En este programa, se realizaron jornadas formativas, visitas de campo a las plantaciones existentes, análisis para los particulares interesados y la primera feria monográfica de la trufa realizada en Baltanás. Esta feria, con la salvedad de los años de la pandemia, se ha venido celebrando anualmente desde entonces hasta el día de hoy (2025). Este evento ha ayudado enormemente a la

población local del Cerrato Palentino a creer en que la truficultura es un negocio real y rentable en esta comarca.

Ilustración 6. Feria de la trufa de Baltanás 2023. Fuente: Diario Palentino.

Actualmente, se cuenta con unas 150 hectáreas en esta comarca que gestionan más de una veintena de truficultores, aunque anualmente estos números van creciendo. Las plantaciones, conocidas por el equipo redactor,



están repartidas por toda la comarca natural (Palencia, Burgos y Valladolid), estando situadas en: Antigüedad, Baltanás, Cevico Navero, Espinosa de Cerrato, Hérmedes de Cerrato, Villaviudas, Palenzuela, Reinoso de Cerrato, Dueñas, Magaz de Pisuegra, Torrepadre, Tórtoles de Esgueva, Villavela, Fombellida, Piña de Esgueva y Villalobón.

Actualmente, la producción anual de la comarca no alcanza los 500 kg. Sin embargo, y de forma totalmente sorprendente, se viene comprobando que las plantaciones en regadío de esta comarca presentan rendimientos productivos de más de 70 kg/ha. Este hecho es un fenómeno que los especialistas en la materia no se esperaban. Las estimaciones iniciales eran de máximos de 30 kg/ha. Sin embargo, por el alto número de plantaciones que entrarán en producción en los próximos años, se estima que en unos 8 años se puedan llegar a más de 6.000 kg, lo cual pueda representar unos ingresos netos de entorno a los 2.000.000,00 €, considerando que el precio medio de la trufa ronde los 300 €/kg.

Este fenómeno está atrayendo a muchos inversores de carácter empresarial a invertir en esta comarca. De hecho, ya varias explotaciones de cierta entidad se están gestionando con trabajadores contratados a tiempo completo durante todo el año. Por ello, ahora mismo, se está iniciando un pequeño sector

que con la ayuda y promoción suficiente pudiera ser uno de los empujes económicos del medio rural de la comarca, como ha sido el caso de la comarca de Gúdar-Javalambre en la provincia de Teruel (https://www.eldiario.es/aragon/sociedad/sarrion-encuentra-tierra-receta-despoblacion_1_3223599.html).

2.4. LAS FIGURAS DE PROTECCIÓN LEGALES DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

En el ámbito agrícola, los productos con alto valor y prestigio suelen enfrentarse a prácticas de competencia desleal que afectan tanto a productores como a consumidores. Para evitar estas situaciones, existen sistemas de certificación como la Denominación de Origen Protegida (DOP), la Indicación Geográfica Protegida (IGP), la Especialidad Tradicional Garantizada (ETG) y, a nivel nacional, las Marcas de Garantía.

En los siguientes subapartados se van a describir las figuras de calidad que existen en la legislación europea (BOE.es - DOUE-L-2024-80556 Reglamento (UE) 2024/1143 Del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 11 de Abril de 2024, Relativo A Las Indicaciones Geográficas Para Vinos, Bebidas Espirituosas y Productos Agrícolas, Así Como Especialidades Tradicionales Garantizadas y Términos de Calidad Facultativos Para Productos Agrícolas, Por el Que Se Modifican Los Reglamentos (UE) No 1308/2013, (UE) 2019/787 y (UE) 2019/1753, y Se Deroga el Reglamento (UE) No 1151/2012., s. f.-b) como en la legislación española (BOE-A-2001-23093 Ley 17/2001, de 7 de Diciembre, de Marcas., s. f.-b).

2.4.1. Denominación de Origen Protegida (DOP)

Según el Reglamento (UE) 2024/1143 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, relativo a las indicaciones geográficas para vinos, bebidas espirituosas y productos agrícolas, así como especialidades tradicionales garantizadas y términos de calidad facultativos para productos agrícolas, para optar a una Denominación de Origen Protegida (DOP) la calidad o características del producto sean esencial o exclusivamente atribuibles a un entorno geográfico particular con sus factores naturales y humanos, y que todas las fases de producción tengan lugar en su totalidad en esa zona geográfica definida.

Además, la DOP implica un reconocimiento público y oficial del vínculo histórico y cultural entre el producto y su territorio, debiendo estar reflejado en una reputación consolidada a nivel nacional e internacional. Esta reputación se construye sobre la base de una tradición en la producción y comercialización que normalmente abarca décadas e incluso siglos.

2.4.2. Indicación Geográfica Protegida (IGP)

La Indicación Geográfica Protegida (IGP), se establece que una determinada calidad, reputación u otra característica del producto sea atribuible a su origen geográfico, siendo necesario que al menos una parte del proceso productivo tenga lugar en dicha zona, sin que sea necesario que todas las etapas se desarrollen íntegramente en el territorio.

Según el Reglamento (UE) 2024/1143 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, relativo a las indicaciones geográficas para vinos, bebidas espirituosas y productos agrícolas, así como especialidades tradicionales garantizadas y términos de calidad facultativos para productos agrícolas, para solicitar una IGP debe incluir pruebas verificables tanto de la vinculación histórica y de la reputación del producto como de estudios que respalden la singularidad derivada del entorno.

2.4.3. Especialidad Tradicional Garantizada (ETG)

La figura de Especialidad Tradicional Garantizada (ETG), regulada en el Reglamento (UE) 2024/1143 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, relativo a las indicaciones geográficas para vinos, bebidas espirituosas y productos agrícolas, así como especialidades tradicionales garantizadas y términos de calidad facultativos para productos agrícolas. Tiene como objeto proteger las características tradicionales de un producto agroalimentario, ayudando a los productores e informando a los consumidores de los atributos que les confieren el valor añadido. Además, se pretende generar valor añadido contribuyendo a una competencia leal en la cadena de comercialización, a una remuneración adecuada y cumplir con los objetivos de la política del desarrollo rural.

Según el artículo 52 del Reglamento, un producto para ser inscrito como ETG debe de cumplir dos requisitos principales. En primer lugar, ser tradicional en su composición, ingredientes o método de producción (cubrir un periodo de al menos 30 años) y, por otro lado, poseer una especificidad clara que lo distinga de otros productos de similares características.

2.4.4. Marca de Garantía

La marca de garantía según la Ley 17/2001, de 7 de diciembre, de Marcas, en su artículo 68, se define como “todo signo que, cumpliendo los requisitos previstos en el artículo 4, sirva para distinguir los productos o servicios que el titular de la marca certifica respecto de los materiales, el modo de fabricación de los productos o de prestación de los servicios, el origen geográfico, la calidad, la

precisión u otras características de los productos y servicios que no posean esa certificación" (BOE-A-2001-23093 Ley 17/2001, de 7 de Diciembre, de Marcas., s. f.-c).

A diferencia de las marcas convencionales, puede ser utilizada por diferentes productores o empresas, siempre que cumplan con las condiciones establecidas en el reglamento de uso. Este reglamento, obligatorio para su registro, define los requisitos que deben cumplir los productos o servicios y cómo se verificará su cumplimiento. Además, el titular de la marca (que puede ser una entidad, asociación o fundación) es responsable de supervisar y controlar que los usuarios autorizados respeten esas condiciones, asegurando así la fiabilidad del distintivo para el consumidor.

3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente existen plantaciones truferas de forma atomizada por casi todas las formaciones calizas de Castilla y León. Por ello, encontramos plantaciones en diversas comarcas de las provincias de Segovia, Soria, Burgos, Palencia y Valladolid, principalmente. Sin embargo, la comarca del Cerrato Castellano, tal y como se ha comentado en el apartado 2.2. guarda unas características homogéneas en cuanto a condiciones naturales y socioculturales. De esta forma, el ámbito territorial del estudio se ha ceñido al Cerrato Castellano por las siguientes razones:

-En el caso particular de la provincia de Palencia (que es la provincia que mayor superficie aporta a esta comarca), el Cerrato es la comarca con mayor superficie con aptitud para el cultivo (ver Ilustración 7).

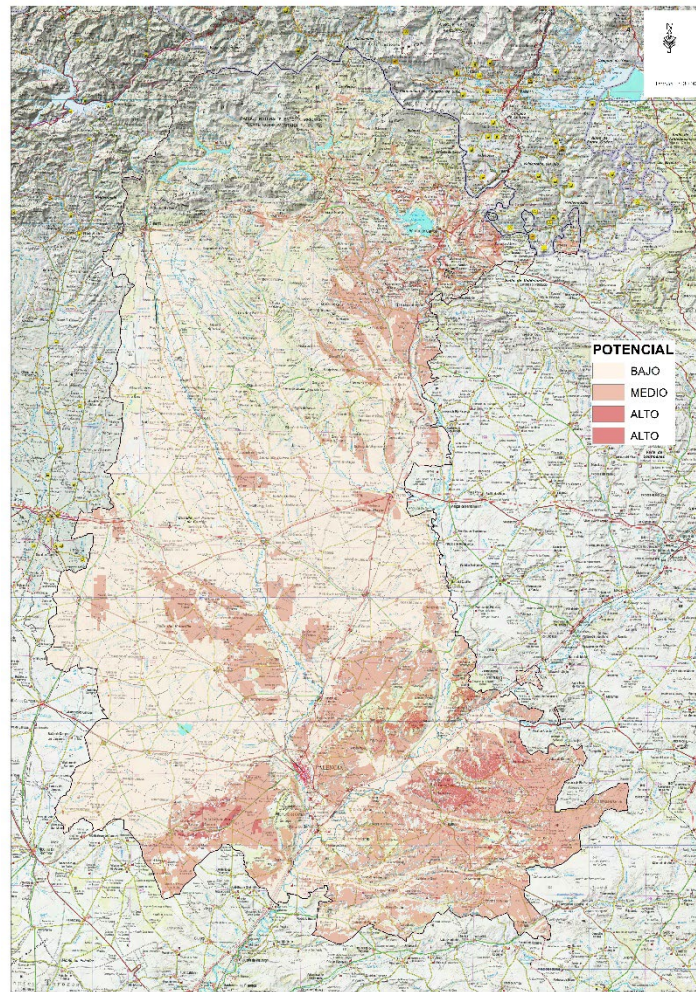


Ilustración 7. Mapa de potencialidad para el cultivo de *T. melanosporum* en la provincia de Palencia elaborado para el programa de desarrollo de la truficultura en la provincia de Palencia en 2018.

-Existe una mayor concentración de superficie plantaciones truferas por kilómetro cuadrado (Fuente: información comercial de la empresa redactora), que en otras comarcas con potencialidad cercanas:

-Cerrato: 0.0977 ha/km²

-Toroños: 0.0150 ha/km²

-Montaña Palentina: 0.003 km²

-Posee plantaciones con más de 17 años de edad y un sector empezando a consolidarse en torno a esta comarca.

-Posee una enorme cantidad de superficie con gran potencial para el cultivo de trufa negra (más de 106.133,55 ha) (ver Anexo).

Por lo expuesto anteriormente, la Exma. Diputación de Palencia ha encargado a este equipo redactor el estudio de las posibilidades que existen para la

creación una figura de protección de “Trufa Negra del Cerrato”. Este estudio ha consistido en la evaluación de diversos aspectos clave para estudiar las posibilidades de desarrollo de una figura de protección adaptada a este producto. Estos son:

-Estudio edafológico de los suelos del Cerrato frente a los suelos de otras comarcas productoras de trufa de España. Puesto que el suelo es el medio en el que se desarrolla la trufa y, por lo tanto, influye directamente en su aroma y calidad, se pretende estudiar si existe una diferenciación en los suelos de esta comarca frente a los de otras zonas productoras.

-Estudio climático del Cerrato enfocado a:

-Estudiar si existe una variabilidad interna significativa dentro de la comarca o no (si el clima es homogéneo o no), ya que esto podría tener una influencia en la maduración de la trufa.

-Comparar este clima frente al de otras zonas productoras de España y determinar sus diferencias.

-Estudio organoléptico de compuestos volátiles y análisis sensorial de la trufa producida en el Cerrato con respecto a la trufa producida en otras zonas productoras clásicas de España para estudiar si el aroma de la trufa de esta comarca es diferente.

-Estudio de factibilidad de la posible figura de protección a la que se ampare el producto “Trufa del Cerrato castellano” en base a los resultados de los estudios anteriores, a las características actuales del sector trufero en el Cerrato y a las condiciones que impone la tramitación de cada posible figura.

4 ESTUDIOS TÉCNICOS DE VIABILIDAD DE CREACIÓN DE FIGURA DE PROTECCIÓN PARA LA “TRUFA NEGRA DEL CERRATO”

4.1. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

4.1.1. ANTECEDENTES

Aunque prácticamente el 100 % de la superficie del Cerrato presenta suelos calizos, la experiencia técnica del equipo redactor puede avalar que solamente en los páramos vamos a encontrar los suelos que mejor se adaptan a los requerimientos de la trufa negra y que mayor rendimiento productivo van a ofrecer. Estas formaciones sedimentarias de roca caliza del Terciario, principalmente del Mioceno, dan lugar a suelos con una elevada pedregosidad (favoreciendo el drenaje), con un alto contenido en carbonatos y caliza activa, y con una estructura evolucionada. Existe alguna plantación en las laderas margo-yesosas y en los valles de esta comarca, pero las texturas con un alto contenido en limos y arcillas y la escasa pedregosidad dan lugar a plantaciones con una gestión muy complicada y con rendimientos productivos escasos.

De esta forma, y como singularidad propia de las plantaciones de esta comarca, casi todas las plantaciones truferas se asientan sobre el mismo estrato geológico (los páramos), y por ello, a priori, van a compartir un suelo con unas características casi idénticas. Sin embargo, el equipo redactor, que es buen conocedor del sector trufero español es consciente de que este fenómeno no ocurre en otras provincias productoras históricas productoras de trufa como Soria o Teruel, que actualmente se encuentran tramitando una figura de protección para su trufa.

4.1.2. OBJETIVOS

Tras conocer la situación actual expuesta en la introducción de este apartado, y viendo las posibilidades de diferenciación que pudieran existir en esta comarca a la hora de defender un producto con un origen singular, va a ser importante estudiar si de verdad hay una diferenciación en los suelos productores con respecto a los de otras zonas productoras, y hay una homogeneidad dentro de la comarca. Si se confirmara lo anterior, esto supondría disponer de un argumento de gran fortaleza técnica en la tramitación de una figura de calidad puesto que, a priori, ninguna de las regiones geográficas productoras que están intentando proteger su trufa lo tendrían.

De esta forma, los objetivos de este estudio son:

(1) Describir si existen diferencias en las principales propiedades fisicoquímicas del suelo sobre el que se asientan plantaciones truferas del Cerrato con respecto al de plantaciones situadas en otras zonas productoras de España (Soria y Teruel).

(2) Analizar si existe similitud en las propiedades fisicoquímicas entre los suelos de las plantaciones truferas de cada una de las tres zonas estudiadas (Cerrato, Soria y Teruel).

4.1.3. METODOLOGÍA

Durante inicios de 2025, se realizaron diferentes calicatas en plantaciones truferas en las del Cerrato, Teruel y Soria. La localización por término municipal es la siguiente (no se incluye Polígono y Parcela por protección de datos) (ver Tabla 2).

Tabla 2. Localización por término municipal de las muestras recogidas para el estudio de suelos.

CÓDIGO MUESTRA	UBICACIÓN PARCELA
CERRATO 1	Antigüedad (Palencia)
CERRATO 2	Magaz de Pisuerga (Palencia)
CERRATO 3	Dueñas (Palencia)
CERRATO 4	Hérmedes de Cerrato (Palencia)
CERRATO 5	Reinoso de Cerrato (Palencia)
CERRATO 6	Baltanás (Palencia)
CERRATO 7	Cevico Navero (Palencia)
SORIA 1	Tozalmoro (Soria)
SORIA 2	Medinaceli (Soria)
SORIA 3	Arenillas (Soria)
SORIA 4	Berlanga de Duero (Soria)
TERUEL 1	La Puebla de Valverde (Teruel)
TERUEL 2	Valbona (Teruel)
TERUEL 3	Mora de Rubielos (Teruel)
TERUEL 4	Sarrión (Teruel)

Las calicatas consistieron en recorrer cada parcela en zig-zag, tomando submuestras a distancias regulares, en función del tamaño de la parcela. Se hicieron un total de 10 muestras por parcela para generar una sola muestra compuesta. Cada muestra se rotuló y se codificó. Para la toma de cada submuestra, se realizó una cata del perfil de suelo hasta la profundidad de 30 cm, que es la profundidad hasta la que se desarrolla habitualmente la trufa negra (ver Ilustración 8).



Ilustración 8. Toma de muestra de suelo en plantación trufera.

Las muestras de suelo se llevaron a ITAGRA.CT Allí, se evaluaron diversas propiedades físico-químicas del suelo, que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros físico-químicos analizados de las muestras de suelo.

PARÁMETRO	METODOLOGÍA
pH (1:2,5)	Potenciometría PNT-S-01
Conductividad	Conductivímetro (1:5)
Arena (%) ISSS	Densímetro Bouyoucos
Limo (%) ISSS	Densímetro Bouyoucos
Arcilla (%) ISSS	Densímetro Bouyoucos
Textura ISSS	
Materia orgánica oxidable	Volumetría redox. PNT-S-05
Carbonatos	Bernard. PNT-S-03
Caliza activa (%)	Bernard
Fósforo asimilable (ppm)	Olsen. PNT-S-04
Potasio asimilable (ppm)	ICP-OES PNT-S-07

Magnesio asimilable	ICP-OES. PNT-S-06
Calcio asimilable	ICP-OES. PNT-S-06
Sodio asimilable	ICP-OES PNT-S-07
Nitrógeno total (ppm)	Kjeldahl modificado

Respecto al tratamiento estadístico de los resultados de las analíticas:

-Se calcularon los promedios por localización y sus desviaciones estándar para ver las diferencias entre las propiedades fisicoquímicas de las plantaciones del Cerrato respecto a las de Soria y Teruel, para cada variable. De esta forma se pretendió evaluar la variabilidad o dispersión de los datos.

-Se utilizó un análisis no paramétrico de Escalado Multidimensional No Métrico (NMDS) para analizar si existe similitud en las propiedades fisicoquímicas entre los suelos de las plantaciones truferas de cada una de las tres zonas estudiadas (Cerrato, Soria y Teruel). No se realizó un análisis de componentes principales (PCA), debido a que algunas variables no siguieron una distribución normal. Todas las variables cumplieron con los supuestos de homocedasticidad de varianzas. Posteriormente, se calculó el factor de "stress", se elaboró la curva de "stressplot" y se realizó un análisis de varianza multivariado basado en permutaciones (PERMANOVA). Finalmente, se generaron gráficos de barras y boxplots descriptivos para la visualización de los resultados.

4.1.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.5. ESTADÍSTICA BÁSICA DE CADA VARIABLE PARA EL ESTUDIO DE DIFERENCIAS ENTRE ORIGENES

La Ilustración 9 muestra las variables químicas estudiadas en la comarca del Cerrato y las provincias de Soria y Teruel. El pH es similar en todas las ubicaciones, con promedios cercanos a 8.2 y baja variabilidad. La materia orgánica presenta mayor variabilidad, siendo más alta en Cerrato y más baja en Soria. Los niveles de magnesio son bajos en Cerrato y Soria, pero más altos en Teruel. El potasio varía notablemente, con Cerrato teniendo los niveles más altos (266.57 ppm), seguido de Teruel (250.4 ppm) y Soria (231.5 ppm). El carbonato es más alto en Cerrato (44.39), con mayor variabilidad en Soria y Teruel. La caliza es más abundante en Cerrato (14.69 %), seguido de Teruel (11.06 %) y Soria (3.58 %). Los niveles de fósforo son bajos en Cerrato (18.19 ppm) y Teruel (16.42 ppm), y más altos en Soria (49.65 ppm). En calcio, los niveles son similares en todas las ubicaciones, con Cerrato ligeramente más alto (43.61 meq/100 g).

En cuanto a las variables físicas del suelo, Soria presentó una mayor proporción de arena (59.31 %), seguida de Teruel (46.18 %) y la comarca del Cerrato (45.57 %). Por el contrario, el Cerrato mostró los valores de limo más altos (18.58 %), seguidos de Teruel (18.04 %) y Soria (11.04 %). Finalmente, la arcilla presentó

proporciones similares entre las tres zonas, siendo más abundante en la comarca del Cerrato (35.85 %), seguido de Teruel (35.78 %) y Soria (29.7 %). Estos datos también se ven representados en la Ilustración 9.

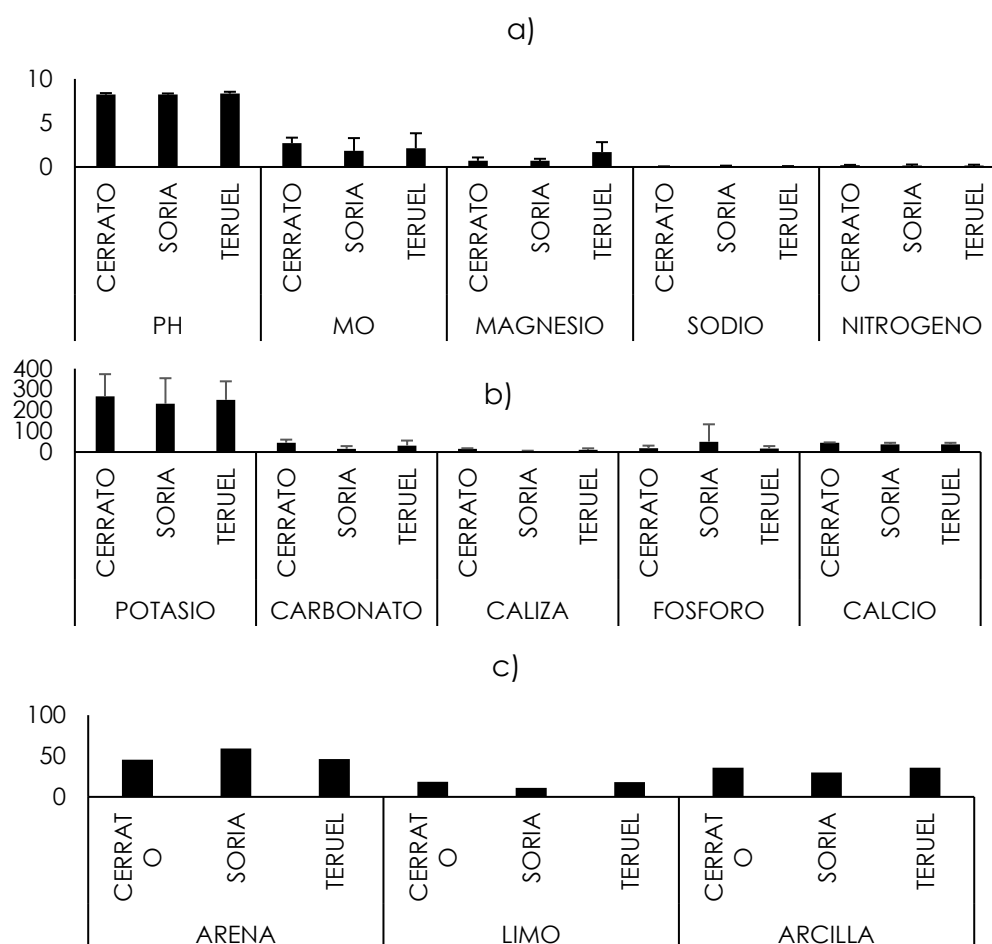


Ilustración 9. Variables químicas (a; b) y físicas (c). Para las ubicaciones de la comarca del Cerrato, provincia de Soria y provincia de Teruel. pH (1:2,5), Arena (%) ISSS, Limo (%) ISSS, Arcilla (%) ISSS, Textura ISSS, Materia orgánica oxidable (%), Carbonatos (g CaCO₃/100 g), Caliza activa (%), Fósforo asimilable (ppm), Potasio asimilable (ppm), Calcio asimilable (meq/100 g), Magnesio asimilable (meq/100 g), Sodio asimilable (meq/100 g), Nitrógeno total (%).

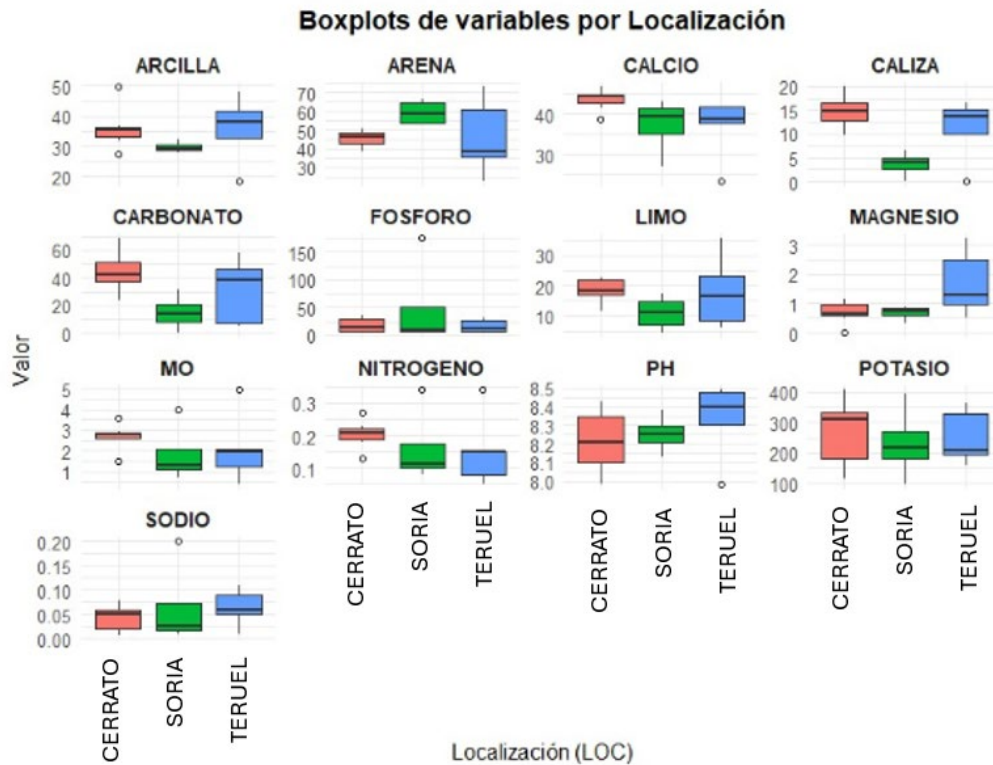


Ilustración 10. Boxplot de las variables estudiadas por localización. pH (1:2,5), Arena (%) ISSS, Limo (%) ISSS, Arcilla (%) ISSS, Textura ISSS, Materia orgánica oxidable (%), Carbonatos (g CaCO₃/100 g), Caliza activa (%), Fósforo asimilable (ppm), Potasio asimilable (ppm), Calcio asimilable (meq/100 g), Magnesio asimilable (meq/100 g), Sodio asimilable (meq/100 g), Nitrógeno total (%).

4.1.6. ANÁLISIS NMDS PARA ESTUDIO DE VARIABILIDAD DENTRO DE CADA ORIGEN

El análisis de escalado no métrico multidimensional o NMDS es útil cuando se tienen muchos datos complejos y se quiere simplificar su visualización sin perder la relación entre las observaciones. Es ideal para estudios del suelo, como el de este caso, donde lo más importante son las distancias entre las variables de cada zona trufera (Cerrato, Soria y Teruel), no las variables por separado. Además, el NMDS no necesita que los datos sigan una distribución normal, lo que lo hace adecuado para datos ambientales con relaciones no lineales.

El NDMS se realizó considerando un conjunto completo de variables edafológicas en tres zonas truferas: la comarca del Cerrato, la provincia de Soria y la provincia de Teruel. El valor de stress obtenido fue de 0.11, lo que sugiere que el análisis representa de manera adecuada la estructura subyacente de los datos (Ilustración 11). Para caracterizar las tres áreas, bastaron dos dimensiones

(NMDS1 y NMDS2), lo que indica que la simplificación a dos ejes es suficiente para capturar la información relevante en este caso.

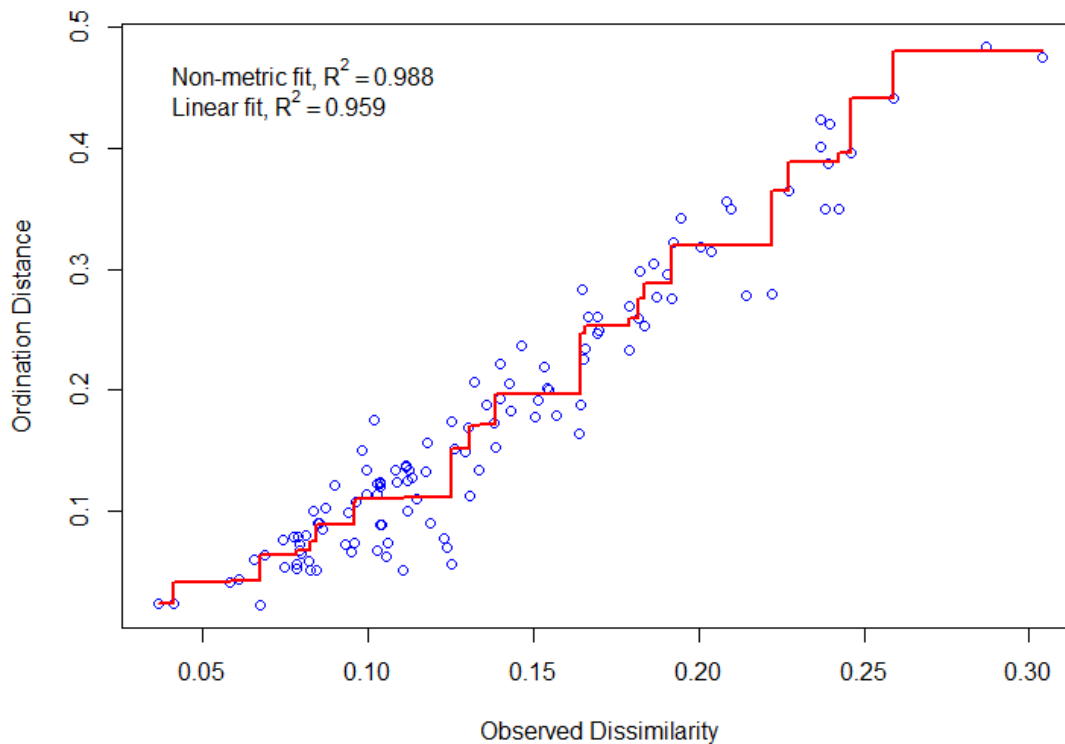


Ilustración 11. Representación del “stressplot” y su ajuste.

En la Ilustración 12, el eje NMDS1 (Eje X) muestra una relación positiva con variables como carbonatos y caliza, y negativa con el fósforo. El eje NMDS2 (Eje Y) está asociado positivamente con sodio y negativamente con nitrógeno y potasio. Aunque estas relaciones no son muy fuertes, ayudan a identificar patrones de agrupación entre las zonas. Las localizaciones del Cerrato se agrupan en una zona específica a la izquierda del eje NMDS1, lo que indica una mayor presencia de carbonatos y caliza y menor de fósforo en comparación con otras zonas. En cuanto al eje NMDS2, las ubicaciones del Cerrato cubren distintos ambientes. En Soria, aunque no de forma significativa, se observó una ligera diferenciación con el Cerrato, ya que las localizaciones de Soria se agrupan principalmente en la parte positiva del eje NMDS1, sugiriendo características ambientales algo diferentes (por diferentes litologías). Finalmente, Teruel muestra una mayor variabilidad ambiental, ya que sus suelos se distribuyen por diferentes cuadrantes del gráfico de la Ilustración 12, con valores tanto positivos como negativos en ambos ejes.

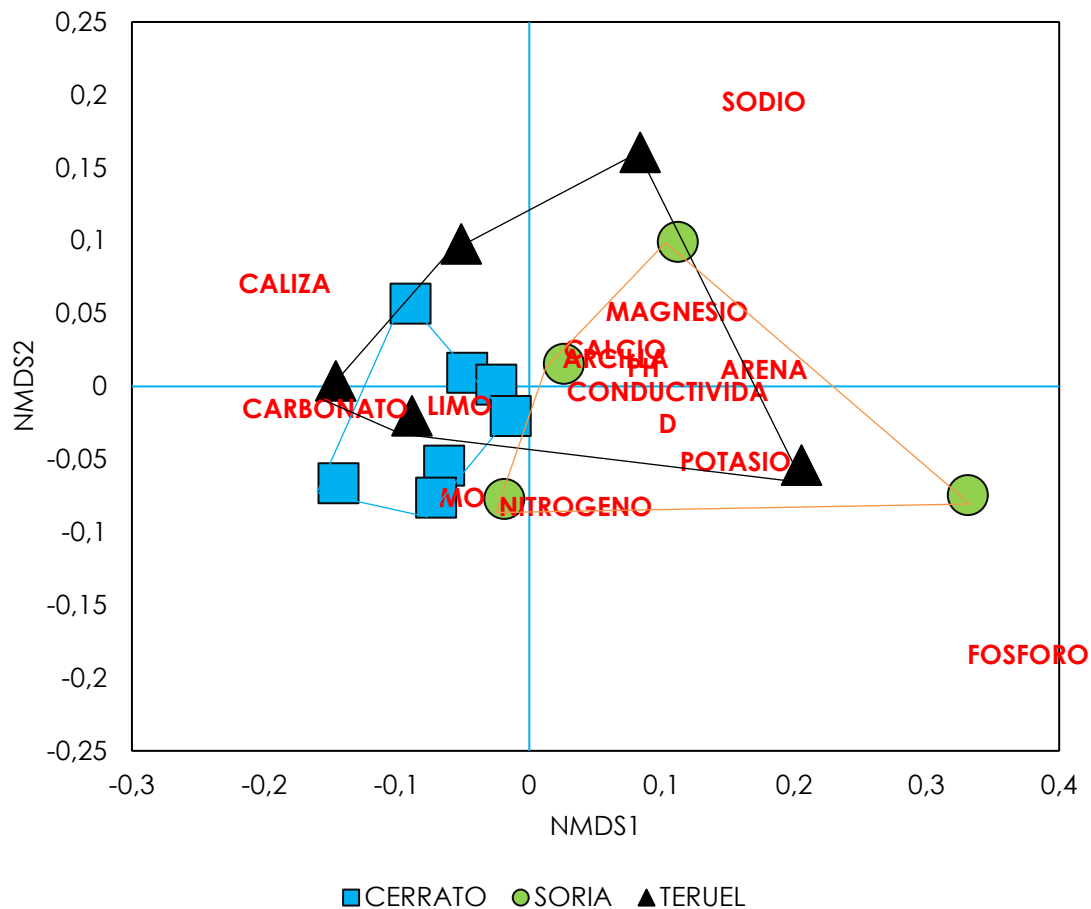


Ilustración 12. Gráfico NMDS. En rojo se muestran la localización de cada variable edafológica estudiada en el NMDS 1 y 2.

4.1.7. CONCLUSIONES

Tras comparar las características de las propiedades físico-químicas de los suelos de plantaciones trufas estudiados en la comarca del Cerrato frente a los de la provincia de Teruel y de Soria, se puede concluir:

-Que la estadística básica de cada variable utilizada para evaluar el contenido medio de cada variable edafológica por cada origen (Cerrato, Soria y Teruel) no existen grandes diferencias entre los tres orígenes.

-Cabe destacar, que los suelos del Cerrato presentan un contenido medio en carbonatos, caliza activa (elementos imprescindibles para un correcto desarrollo del micelio de *T. melanosporum*) por encima de los suelos de Soria y de Teruel. Esto se debe a que en estas dos provincias existen suelos con menor contenido en estos elementos, puesto que se asientan sobre estrato geológicos con diferente origen.

-El análisis NMDS nos muestra que dentro de sendas provincias de Soria y de Teruel los suelos truferos guardan menos similitud entre sí que los del Cerrato Palentino. Por ello, los suelos del Cerrato son más homogéneos entre si respecto a los diferentes parámetros físico-químicos estudiados.

4.2. ESTUDIO CLIMÁTICO

4.2.1. ANTECEDENTES

Un estudio reciente indica que la trufa negra puede desarrollarse en tres escenarios climáticos diferentes, que abarcan desde las costas mediterráneas hasta la ribera del Duero en Castilla y León. El primer escenario corresponde a las zonas costeras mediterráneas, caracterizadas por un clima cálido y seco. El segundo se localiza en zonas de alta montaña, como los Pirineos o montañas del interior, donde el clima es más frío y húmedo. Finalmente, el tercer escenario se sitúa en el interior de la península, donde el clima es continental y más seco (García-Barreda et al., 2019).

La comarca del Cerrato Castellano es una comarca natural con una extensión de unos 1500 km². Esta comarca está ubicada prácticamente en el centro de la meseta norte. En el eje Norte-Sur hay una distancia de unos 67 km entre los límites de esta comarca (San Bernardo-Astudillo) y en el eje Este-Oeste (en el eje más largo posible), hay unos 58 km (Dueñas-Villafruela). Estas extensiones son lo suficientemente grandes, como para que pueda existir cierta variabilidad climática.

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada para este estudio, las principales variables climáticas que influyen en la producción de trufa son la precipitación anual, la media de las máximas temperaturas del mes más cálido, la temperatura media de las mínimas del mes más frío y la temperatura media anual (Ricard et al., 2003; Colinas et al., 2007; Alonso Ponce et al., 2010; Reyna & García-Barreda, 2014; Serrano-Notivoli et al., 2015; García-Barreda et al., 2019, 2020).

4.2.2. OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio son:

- Comprobar si existe una homogeneidad climática en toda la comarca, de cara a defender frente a cualquier tramitación de figura de protección que la trufa negra se produce bajo las mismas condiciones climáticas.
- Comprobar si existe una diferenciación entre el clima del Cerrato frente al de otras regiones productoras de España.

4.2.3. METODOLOGÍA

4.2.4. Homogeneidad en el clima de la comarca

Para caracterizar el clima de la comarca del Cerrato, se han utilizado bases de datos climáticas oficiales (B4EST – Climate Scale Downtool). Se ha llevado a cabo un muestreo de diversas variables climáticas en diez puntos seleccionados al azar dentro de la comarca que (Tabla 4), abarcando un período de 30 años (1994-2024). Para la elaboración de los mapas climáticos históricos de la región (ANEXO), se han empleado datos del período 1970-2000 provenientes de la base de datos WorldClim.

Tabla 4. Localización de los puntos muestreados mediante coordenadas en grados decimales (sistema de referencia WGS84) y resumen del clima. Lat: latitud; Lon: longitud; T: temperatura media anual (°C); P: precipitación anual (mm).

Punto de muestreo	Término municipal	Lat	Lgn	T (°C)	P (mm)
1	Baltanás	41.94	-4.19	11.64	466
2	Astudillo	42.19	-4.29	12.02	445
3	Cevico Navero	41.87	-4.13	11.71	475
4	Dueñas	41.87	-4.55	12.79	421
5	Torquemada	42.03	-4.29	12.58	430
6	Tabanera de Cerrato	42.02	-4.08	11.72	476
7	Villamuriel de Cerrato	41.98	-4.48	12.45	419
8	Quintana del puente	42.08	-4.21	12.27	440
9	Alba de Cerrato	41.81	-4.36	12.70	452
10	Magaz de Pisuegra	42.05	-4.36	11.62	472

4.2.5. Comparación del clima del Cerrato con el de otras zonas productoras de España

Para comparar el clima del Cerrato frente al clima de otras regiones de España productoras de trufa negra se han tomado los datos climáticos de las mismas localidades que para el estudio de homegeneidad (Tabla 4). Las otras regiones de España seleccionadas para hacer esta comparativa han sido:

- 2 zonas productoras de Tarragona
- 2 zonas productoras de Lleida
- 2 zonas productoras de Huesca
- 2 zonas productoras de Segovia
- 2 zonas productoras de Soria
- 2 zonas productoras de Guadalajara

-2 zonas productoras de Teruel

-2 zonas productoras de Castellón

Para esta comparativa, se ha realizado un análisis de componentes principales (PCA). Es una técnica utilizada para describir un conjunto de datos en términos de nuevas variables (componentes) no correlacionadas. Los componentes se ordenan por la cantidad de varianza original que describen, por lo que la técnica es útil para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos.

Para este análisis se utilizaron como variables: la precipitación anual, la media de las máximas temperaturas del mes más cálido, la temperatura media de las mínimas del mes más frío y la temperatura media anual.

4.2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2.7. Homogeneidad en el clima de la comarca

Se calcularon las temperaturas totales anuales de precipitación (mm), las temperaturas medias anuales, las temperaturas medias máximas anuales y las temperaturas medias mínimas anuales (ver Ilustración 13). Se observa que las precipitaciones totales son superiores a 400 mm en todos los casos, las temperaturas medias anuales superiores a 10°C e inferiores a 15°C, las temperaturas máximas rozan los 30°C, sin superarse en ningún caso. Las temperaturas medias mínimas no son nunca -0.5°C. Por ello, se concluye que existe una uniformidad climática a nivel de comarca.

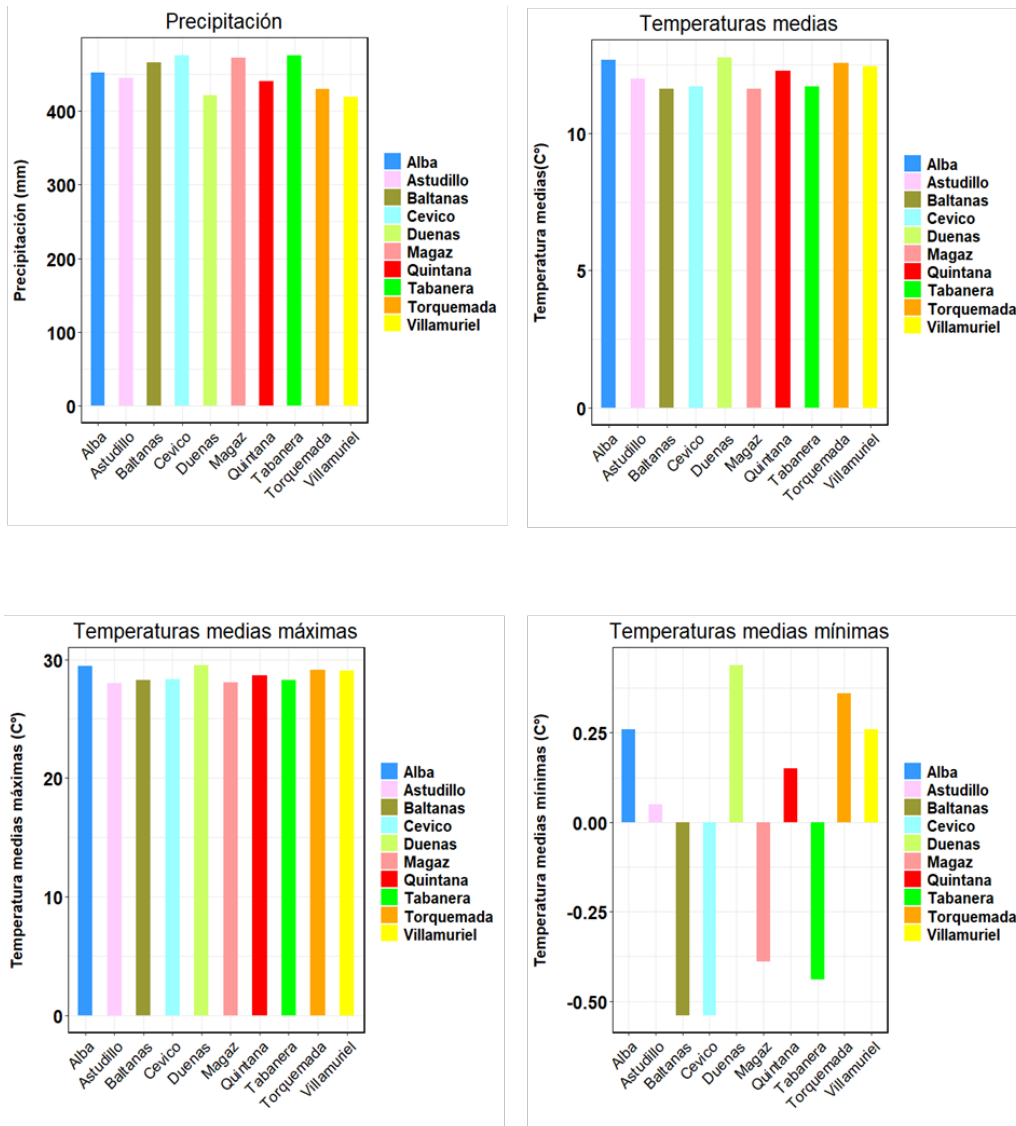


Ilustración 13. Representación de variables climáticas en diferentes localidades del Cerrato Castellano (precipitación anual, la media de las máximas temperaturas del mes más cálido, la temperatura media de las mínimas del mes más frío y la temperatura media anual).

4.2.8. Comparación del clima del Cerrato con el de otras zonas productoras de España

Los dos componentes principales (PC1 y PC2) explicaron cerca del 85 % de la variabilidad climática de todas las ubicaciones estudiadas, lo cual es una buena representación y da fiabilidad al análisis. Comparando el Cerrato con las principales zonas truferas de España, su clima es similar a una de las de Tarragona y a una de las de Segovia. Sin embargo, se diferencia claramente de las áreas productoras de Teruel, Castellón, Huesca, la otra zona de Tarragona y Guadalajara. En cuanto a Soria, las distancias climáticas representadas en la Ilustración 14 no permiten establecer diferencias concluyentes con el clima del Cerrato.

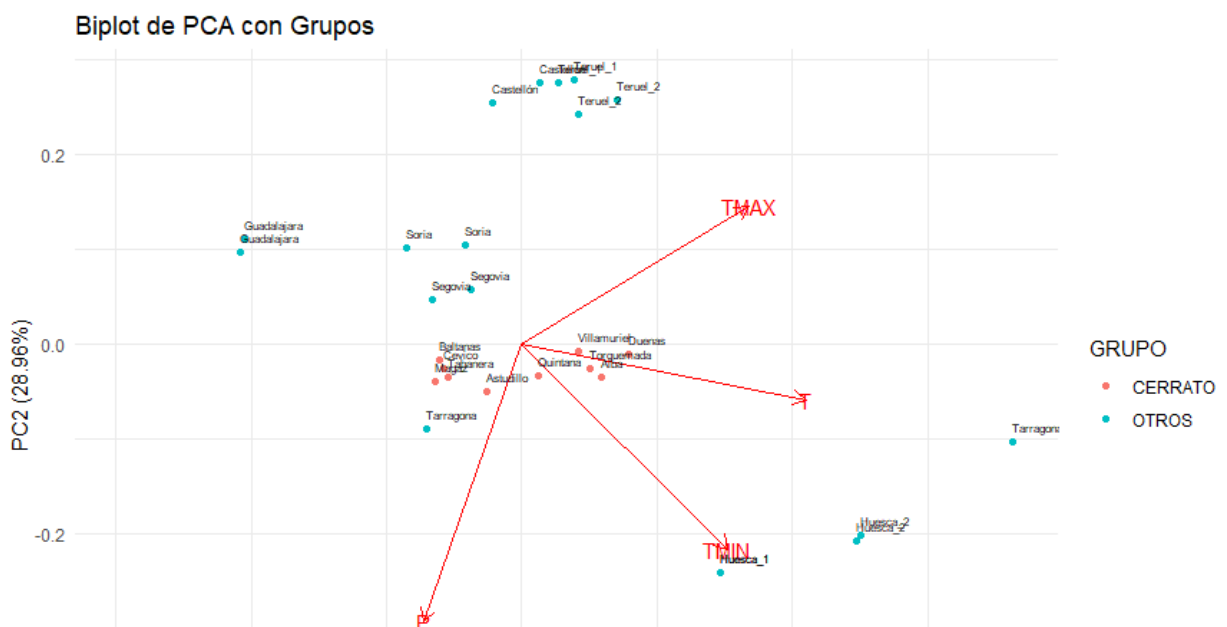


Ilustración 14. Análisis de componentes principales donde PC1 es el componente principal 1, PC2 es el componente principal 2, P es la precipitación, TMAX es la media de las máximas del mes más cálido, TMIN es la temperatura media de las mínimas del mes más frío y T es la temperatura media anual. En rojo se muestra el grupo de la comarca del Cerrato y en azul otras localidades productoras de trufa.

4.2.9. CONCLUSIONES

Del estudio realizado, se puede concluir lo siguiente:

-Que toda la comarca del Cerrato Palentino es homogénea en cuanto a las variables climáticas que mayor influencia tienen en la producción de trufa negra (la precipitación anual, la precipitación estival y la de agosto, la temperatura media anual, la temperatura del mes más cálido, la del mes más frío y la temperatura media de las mínimas).

-Que el clima del Cerrato, presenta bastantes similitudes con el clima de Soria y de Segovia, puesto que puede deberse a que esta comarca se ubica sobre la misma meseta la diferenciación no es muy grande.

-Que el clima de la comarca del Cerrato Palentino si presenta una diferenciación clara frente a la mayor zona productora de España (Teruel y Castellón), lo cual permite defender un origen diferente del producto.

4.3. ESTUDIO ORGANOLÉPTICO

4.3.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El aroma de la trufa es uno de los aspectos más fascinantes y distintivos de este hongo, no solo por su complejidad química, sino también por su valor gastronómico y comercial. Es la cualidad más apreciada y valorada de este producto. De hecho, muchos compradores de trufa aprecian mucho determinados orígenes de trufa ya que poseen determinados aromas que solamente unas determinadas condiciones de suelo y climas pueden aportar. En el caso del Cerrato, ya se ha podido observar que, tras hacer un estudio edafológico y climático, la comarca presenta una homogeneidad en cuanto a estos dos factores y cierta diferenciación con respecto a algunas zonas productoras de trufa de España. Es por ello, que el objetivo del estudio organoléptico va a ser la determinación de diferencias a nivel de aromas entre la trufa del Cerrato y de otras zonas productoras. Para ello, se ha planteado realizar:

-Un estudio de compuestos volátiles de trufas de diferentes plantaciones del Cerrato y de otras zonas productoras (Soria y Teruel).

-Un estudio basado en un análisis sensorial (cata) de trufas de diferentes plantaciones del Cerrato y de otras zonas productoras (Soria y Teruel).

4.3.2. ANÁLISIS DE COMPUESTOS VOLÁTILES

4.3.3. METODOLOGÍA

Con el objetivo que mostrar la diferenciación del producto, se han seleccionado una serie de parcelas productoras de trufa negra dentro de la comarca del Cerrato (4), una de Soria y otra de Teruel (ver Tabla 5).

Tabla 5. Listado de muestras de trufa analizada por localización.

Muestra	Localización
1 (código "Cerr")	Antigüedad (Palencia)
2	Magaz de Pisuerga (Palencia)
3	Dueñas (Palencia)

4	Hérmedes de Cerrato (Palencia)
5	Tozalmoro (Soria)
6	Valbona (Teruel)

De estas parcelas, se seleccionó un ejemplar de trufa que se llevó lo más rápidamente al laboratorio de IDForest, con el objetivo de evaluar su aroma en todo su potencial. Esto se realizó en la semana del 27 de enero de 2025. En esta época de la campaña de recolección es cuando las trufas muestran un nivel de madurez y potencial aromático más elevado.

Las muestras se llevaron al Laboratorio de Técnicas Instrumentales, Área de Análisis Químicos (Universidad de Valladolid) y allí se extrajeron los compuestos volátiles (VOCs). El método utilizado fue un análisis cromatográfico por duplicado mediante la técnica CG-MS-SPME. Las condiciones en el CG-MS-SPME son las siguientes:

- o Condiciones de pretratamiento de la muestra antes de la extracción: (250rpm, 40°C, 15 min).
- o Extracción de los volátiles: exposición de la fibra en el espacio de cabeza del vial 13,6 min, 250 rpm, 53°C
- o Desorción en el inyector del GC durante 15 min a 200°C.
- o Fibras: SPME Fiber Assembly 50/30µm DVB/CAR/PDMS Stableflex (2cm) 23Ga, Autosampler (Gray-Notched) (Part. Number 57299-U SUPELCO).
- o Columna: HP-INNOWAX (60 m, 0.250 mm, 0.5 µm) (J &W Scientific, Folsom, CA, USA).

Con los resultados de las muestras se realizó un análisis multivariante mediante la técnica NMDS (Non-Metric Dimensional Scaling) para ver la diferenciación entre las trufas procedentes de las parcelas del Cerrato Palentino y las de Teruel y Soria en cuanto a la presencia de volátiles.

4.3.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se van exponer los resultados de las analíticas de VOCs. Entre los VOCs extraídos, encontramos 16 que están presentes en todas las muestras, siendo los que se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. VOCs expresado como el porcentaje relativo de del área de cada ion característico de cada compuesto.

VOC nº	Nombre	Cerrato		Magaz		Duenas		Hérmedes		Soria		Teruel		Olor
		S1a	S1b	S2a	S2b	S3a	S3b	S4a	S4b	S5a	S5b	S6a	S6b	
4	Dimethyl sulfide	1.51	2.60	0.70	1.79	13.56	23.26	1.03	1.88	4.40	3.02	0.12	0.13	Azufre
7	Acetone	0.60	0.82	0.60	0.76	1.83	1.55	0.74	0.96	1.19	1.19	0.86	1.01	
14	Butanal, 2-methyl-	2.37	1.62	1.29	1.98	5.03	3.00	0.25	0.13	0.09	0.58	3.63	0.88	
15	Butanal, 3-methyl-	1.01	0.79	1.50	2.05	2.36	1.63	0.15	0.06	0.04	0.13	1.74	0.70	
17	Ethanol	1.48	1.60	10.12	6.93	1.97	1.15	0.90	0.90	0.41	0.50	0.41	0.83	dulce
21	2-Pentanone	0.04	0.08	0.11	0.10	0.03	0.03	0.16	0.08	0.03	0.09	0.12	0.11	
28	Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	0.06	0.09	1.14	0.95	0.07	0.15	0.09	0.08	0.04	0.08	0.08	0.08	
35	1-Propanol, 2-methyl-	17.88	25.63	23.02	2.82	4.49	5.48	0.62	0.53	16.63	1.39	19.55	20.22	
39	Butanoic acid, 2-methyl-, 2-methylpropyl ester	0.11	0.22	1.68	1.50	0.03	0.09	0.99	0.58	0.21	1.01	0.54	0.61	
49	Butanoic acid, 2-methyl-, 2-methylbutyl ester	0.16	0.25	3.22	2.62	0.15	0.31	0.38	0.16	0.13	1.07	0.40	0.44	
53	1-Hexanol	0.36	0.14	0.07	0.09	0.32	0.18	0.05	0.05	0.53	0.19	0.35	0.42	flores
54	Anisole	0.68	1.16	1.26	1.94	6.21	7.86	1.15	1.61	4.08	2.10	0.40	0.42	anis
67	Propanoic acid, 2-methyl-	0.13	0.20	0.29	0.10	0.07	0.03	1.09	0.41	0.68	0.45	0.19	0.11	
71	Butanoic acid, 2-methyl-	0.87	1.10	1.61	0.70	0.89	0.72	2.64	0.71	1.60	1.16	0.83	0.44	
73	Benzene, 1,2-dimethoxy-	0.39	0.34	1.90	2.17	1.54	1.56	1.01	0.75	1.22	0.91	0.46	0.43	rancio
80	Phenylethyl Alcohol	0.80	0.88	1.94	2.44	0.92	0.96	2.39	1.02	0.70	1.02	0.67	0.88	

Según el estudio realizado por Marco et al. (2024), los VOCs que tiene una mayor abundancia entre todos los identificados son methylbutanal, 3-methylbutanal, acetone, dimethyl sulfide (DMS) o methanethiol, entre los cuales se han identificado 3-methylbutanal, acetone y dimethyl sulfide.

A continuación, mostramos el análisis multivariante mediante la representación gráfica por medio de la técnica NMDS (Non-Metric Dimensional Scaling) de los VOCs presentes en las diferentes muestras de trufa (Fig. 1 y Fig. 2). Encontramos las trufas agrupadas en función de la provincia de donde proceden.

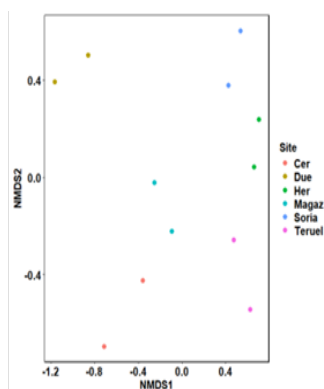


Figura 1: Representación de las muestras de trufas en función de los volátiles presentes. Las distancias entre puntos indican mayor/menos similitud en los VOCs (Cer: Cerrato, Due: Dueñas, Her: Hérmedes, Magaz, Soria y Teruel)

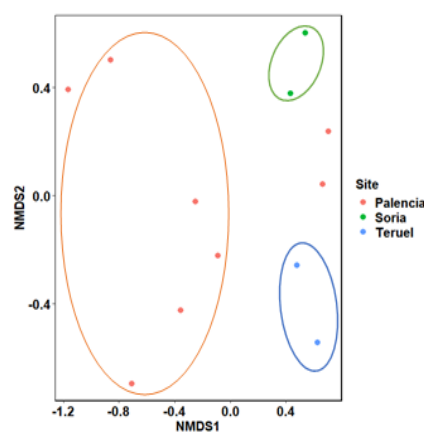


Figura 2: Representación de los volátiles presentes en las trufas agrupados por provincia

Ilustración 15. Análisis NMDS de los VOCs presentes en las muestras de trufa analizadas.

Exceptuando las trufas procedentes de Hérmedes de Cerrato (Palencia), que están situadas a la derecha de eje NMDS1, el resto de trufas procedentes de

otras plantaciones del Cerrato están separadas con respecto a las de Soria y Teruel. Para dilucidar el porqué de esta separación por provincias, el equipo redactor decidió realizar análisis de las propiedades físico-químicas del suelo de las plantaciones de donde procedían las trufas, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 7. Propiedades físico-químicas del suelo de donde proceden las trufas recolectadas.

Sitio	pH (1:2,5) [1]	Elementos gruesos	Arena ISSS	Limo ISSS	Arcilla ISSS	MO
Antigüedad	8.19	55.71	49.96	18	35.04	2.58
Hérmedes	8.21	19.46	46.44	18.28	35.28	2.65
Dueñas	8.32	49.96	50.44	22.28	27.28	2.51
Pisuegra	8.38	38.81	42.72	21.56	35.72	1.52
Soria	8.27	6.86	64.12	8.28	27.6	1.2
Teruel	8.3	22.1	38.84	23.28	37.88	1.96

Se puede observar que Hérmedes de Cerrato, que es la trufa procedente de Palencia cuyos compuestos volátiles difieren del resto de trufas procedente de Palencia (Ilustración 15), tiene unos suelos con un contenido en elementos gruesos menor que el resto de las trufas de la provincia (19.46 %, mientras que el resto de las trufas de Palencia tiene un contenido en elementos gruesos superior a 38 %). Las trufas de Soria y Teruel, tiene un contenido en gruesos inferior con respecto a las trufas de Palencia. Si nos centramos en el contenido en arena, Soria tiene un mayor contenido en arena con respecto al resto de los suelos, mientras que Teruel el que menos, lo que también podría explicar las diferencias encontradas en la composición de volátiles. Se puede observar, que ciertas VOCs aparecen asociados exclusivamente a Soria (Tabla 7) o a Teruel (Tabla 8), pudiendo ser ésta la razón de la diferenciación principal entre ambas muestras de trufa y entre los orígenes de procedencia. Recordemos, que cuando más se aproximan los puntos en el gráfico, mayor similitud de los VOCs hay entre ellas (Ilustración 15).

Tabla 8. VOCs asociados a la muestra procedente de Soria.

VOC nº	Nombre	Soria	
		S5a	S5b
208	Bicyclo[7.1.0]decane	0.03	0
209	1,3-Dioxolane-2-methanol	1.04	0
210	3-[(4-Pyridinylmethyl)amino]-1-propanol	26.15	0
211	1-Undecyne	0.03	0
212	(1S,5S)-4-Methylene-1-((R)-6-methylhept-5-en-2-yl)bicyclo[3.1.0]hexane	0.50	0.10
213	Ethanol, 2-phenoxy-	0.03	0.14
214	Butanoic acid, 1,1-dimethylethyl ester	0	0.03
215	Oxetane, 3-(1-methylethyl)-	0	0.03
216	Pentane, 2,4-dimethyl-	0	0.02
217	2-Heptanol, 5-methyl-	0	0.05
218	3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-tris(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	0	0.10
219	Pentanal, 2-methyl-	0	0.02
220	Ethanone, 1-(4-hydroxyphenyl)-2-phenyl-	0	12.71
221	Phenol, 3-methyl-	0	0.10

Tabla 9. VOCs asociados a la muestra procedente de Teruel.

VOC nº	Nombre	Teruel	
		S6a	S6b
222	Hydrazinecarboxamide	3.25	0.00
223	2-Hexanol, (S)-	0.33	0.00
224	Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester	0.14	0.00
225	1-Butanol, 2-methyl-	25.60	29.36
226	3-Heptanone, 5-methyl-	0.10	0.06
227	1-Propanol, 3-ethoxy-	0.03	0.00
228	1-Hexanol, 3-methyl-	0.03	0.00
229	Oxirane, [(tetradecyloxy)methyl]-	0.03	0.00
230	2(3H)-Furanone, dihydro-3,5-dimethyl-	0.03	0.03
231	Benzene, [(ethylthio)methyl]-	0.14	0.00
232	Benzaldehyde, 4-methoxy-	0.07	0.00
233	2-Hydroxy-3-methoxybenzyl alcohol, di(methyl) ether	0.03	0.03
234	3,4-Dimethoxy-5-hydroxybenzaldehyde	0.04	0.04
235	1-Nonanol	0	0.07
236	2,4,6-Cycloheptatrien-1-one, 4-methyl-	0	0.24
237	3-Nonen-1-ol, (Z)-	0	0.08
238	Benzaldehyde, 3-methoxy-	0	0.04

Podemos concluir que las trufas seleccionadas para el estudio se agrupan en función de su estructura de VOCs según su origen (provincia), marcado por el tipo de suelo. Los elementos gruesos y la arena parecen ser las variables edafológicas que más influyen en esta diferenciación VOCs.

4.3.5. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial consistió en una cata con un panel entrenado que evaluó parámetros como el aroma, la intensidad y la persistencia de los compuestos volátiles característicos de la trufa negra (*Tuber melanosporum*). Esta cata se hizo con las mismas trufas que se analizaron en el Laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Universidad de Valladolid.

4.3.6. METODOLOGÍA

Se analizaron las mismas cinco trufas que en el apartado anterior (ver Tabla 5.).

Se conformó un panel de cata entrenado conformado por parte del equipo de ID Forest y del CETECE (Centro Tecnológico de Cereales, Palencia). Se celebró el 27 de enero de 2025 en las instalaciones del CETECE y participaron 14 catadores.



Ilustración 16. Cata celebrada en el CETECE el 27 de enero de 2025.

Las muestras se entregaron a los catadores laminadas y a temperatura ambiente (21 °C). Se debe disponer aproximadamente 1-2 gramos de muestra en un recipiente, ya que la trufa posee un aroma intenso, por lo que una pequeña cantidad es suficiente para su evaluación.



Ilustración 17. Laminado de la trufa para su evaluación sensorial.

La escala utilizada en la valoración de los descriptores es de tipo estructurada y de 5 puntos de intensidad. El valor 1 es muy baja intensidad a 5 el valor más alto. Los descriptores utilizados fueron los que se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Listado de descriptores olfativos utilizados en la evaluación sensorial.

Olor trufa característico	Olor cuero - animal	Tierra mojada	Champañón
Químico - hidrocarburo	Patata cocida	Queso maduro	Mar - percebe
Mantequilla - lácteo	Aceituna negra	Azufrado	Frutos secos
Paja - heno	Equilibrio	Intensidad global	Calidad aromática

En el estudio estadístico se han llevado a cabo los siguientes análisis:

- o Análisis de Varianza (ANOVA): análisis estadístico que cuantifica si existen diferencias significativas o no entre tres o más grupos de muestras, analizando cuánto varían los datos dentro de cada grupo y entre grupos.
- o Matriz de correlaciones: evalúa la relación entre los diferentes atributos sensoriales.
- o Análisis de componentes principales: técnica utilizada para describir un conjunto de datos en términos de nuevas variables no correlacionadas.
- o Dendograma: Es un gráfico que permite agrupar elementos similares usando clústeres o agrupaciones de datos.

4.3.7. RESULTADOS

En cuanto a los resultados del ANOVA propiamente dicho, los olores a animal/cuero, a tierra mojada, queso maduro, mar/percebe y mantequilla/lácteo no mostraron diferencias significativas entre trufas de diferentes localizaciones. En cambio, el resto de los descriptores sí presentaron diferencias. En general, destaca la muestra Teruel por presentar menor intensidad en el olor propio a trufa, mayor intensidad en el olor a champiñón y una menor intensidad global y calidad aromática de la muestra; si bien cabe indicar que este producto fue evaluado aproximadamente por la mitad de los catadores que participaron en el estudio sensorial realizado, por lo que la incorporación de los datos que faltan podría haber modificado en cierta medida los resultados obtenidos.

Tabla 11. Valores medios de los descriptores sensoriales obtenidos en las trufas negras.

Muestra	ANTIGÜED	MAGAZ	DUEÑAS	HÉRMEDES	SORIA	TERUEL	ANOVA*
Olor a trufa	4,3	4,0	4,1	4,4	4,0	3,0	DS
Animal cuero	2,6	2,6	2,5	2,3	2,6	3,3	NDS
Tierra mojada	3,1	2,7	3,3	3,0	3,6	3,1	NDS
Champiñón	2,9	2,0	2,1	2,1	2,7	3,3	DS
Químico-hidrocarburo	2,7	3,1	2,7	3,7	2,6	2,8	DS
Patata cocida	1,9	1,4	2,0	1,6	2,4	1,7	DS
Queso maduro	1,9	2,0	1,7	1,9	2,0	1,1	NDS
Mar/percebe	1,9	2,4	2,0	1,8	1,8	1,8	NDS
Mantequilla-lácteo	1,5	1,4	1,6	1,4	1,4	1,9	NDS
Aceituna negra	3,3	2,9	2,6	3,4	2,4	2,4	DS
Azufrado	2,3	2,9	1,9	2,7	2,4	2,0	DS
Frutos secos	1,6	1,8	1,7	1,3	2,8	1,8	DS
Paja heno	1,5	1,4	2,2	2,0	2,5	1,5	DS
Equilibrio	3,9	4,0	3,6	3,7	3,4	3,3	DS
Intensidad global	3,8	3,8	3,8	4,3	4,0	3,0	DS
Calidad aromática	4,1	3,8	3,7	4,1	3,9	2,8	DS

*ANOVA: DS, diferencias significativas entre muestras ($p < 0,05$); NDS, diferencias estadísticamente no significativas.

En cuanto a la matriz de correlaciones (Ilustración 18) que muestra la relación entre atributos, encontramos relación entre olor a aceituna negra con calidad aromática y ubicación, por otro lado, olor azufrado con champiñón y equilibrio, también calidad aromática con equilibrio e intensidad global como era lógico ya que realmente es la misma cualidad, mar-percebe con queso maduro, y finalmente paja-heno con tierra mojada y ubicación.

	Aceituna negra	Animal cuero	Azufrado	Calidad aromática	Champiñón	Equilibrio	Frutos secos	Intensidad global	Mantequilla lácteo	Mar Percebe	Paja heno	Patata cocida	Queso maduro	Químico hidrocarburo	Tierra mojada	Ubicación	
Aceituna negra				0,3070 ¹													-0,3304 ²
Animal cuero																	
Azufrado					-0,3301 ³	0,3313 ⁴											
Calidad aromática						0,5593 ⁵		0,3260 ⁶									
Champiñón																	
Equilibrio																	
Frutos secos																	
Intensidad global																	
Mantequilla lácteo																	
Mar percebe													0,3185 ⁷				
Paja heno															0,3165 ⁸	0,4613 ⁹	
Patata cocida																	
Queso maduro																	
Químico hidrocarburo																	
Tierra mojada																	
Ubicación																	

(*p-valor: 0,0452; ²p-valor: 0,0305; ³p-valor: 0,0306; ⁴p-valor: 0,0300; ⁵p-valor: 0,0001; ⁶p-valor: 0,0329; ⁷p-valor: 0,0374; ⁸p-valor: 0,0387; ⁹p-valor: 0,0019)

Ilustración 18. Matriz de correlación de resultados sensoriales de trufas negras.

En el análisis de componentes principales, que es una técnica que reduce la cantidad de atributos sensoriales que sería necesario evaluar dentro de cada cata descriptiva. Esta técnica encuentra los factores más importantes que explican la variabilidad en los datos.

En este caso el objetivo del análisis es obtener un número pequeño de combinaciones lineales de los 16 atributos sensoriales evaluados que expliquen la mayor parte de la variabilidad de los resultados obtenidos. En concreto, se han extraído 7 componentes, ya que 7 componentes tenían valores propios mayores o iguales a 1,0. En conjunto, explican el 70,0576% de la variabilidad de los datos originales (ver Tabla 12).

Tabla 12. Análisis de componentes principales de los resultados sensoriales de las trufas negras.

Número de componente	Valor	% de Varianza	% Acumulado
1	2,7162	16,976	16,976
2	2,0485	12,803	29,779
3	1,7313	10,821	40,600
4	1,3322	8,326	48,926
5	1,2579	7,862	56,788
6	1,1169	6,981	63,769
7	1,0063	6,289	70,058

En la tabla 13 se detalla el peso de cada una de ellas en el análisis total de componentes principales.

Tabla 13. Tabla de peso por componentes.

	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4	Componente 5	Componente 6	Componente 7
Trufa	0,4203	0,1836	-0,1503	-0,2109	-0,0139	-0,1461	-0,2327
Animal cuero	-0,1148	-0,2583	0,1932	-0,1443	-0,1238	0,2735	-0,1848
Tierra mojada	0,0863	0,2389	0,3168	0,3785	0,0405	0,2395	-0,4003
Champiñón	0,1244	0,2125	-0,3151	0,0584	0,2243	0,5389	0,3028
Químico_hidrocarburo	-0,0494	-0,0302	0,4697	-0,3726	0,1334	0,3727	0,2324
Patata cocida	-0,0025	0,4336	0,0699	0,0709	0,0981	-0,3174	0,2854
Queso maduro	0,2607	0,2776	0,0569	-0,0941	-0,3695	0,0686	0,4967
Mar_percebe	0,2813	0,0793	-0,0584	-0,0937	-0,6350	0,0223	-0,2661
Mantequilla_lácteo	-0,0504	0,3471	0,2559	-0,5307	0,0665	-0,2278	-0,1011
Aceituna negra	0,3326	-0,0688	-0,0786	-0,2550	-0,0086	0,2171	0,0127
Azufrado	0,0795	-0,3349	0,4934	0,1122	-0,2536	-0,0512	0,2582
Frutos secos	0,2813	0,0541	0,2171	0,4939	-0,0307	-0,1307	0,2006
Paja heno	0,2017	0,2245	0,3796	0,0341	0,3329	-0,0479	-0,2322
Equilibrio	0,3540	-0,3710	-0,0045	-0,0855	0,0693	-0,2462	0,0219
Intensidad global	0,3882	-0,0058	0,0040	0,0794	0,1076	0,3062	-0,1467
Calidad aromática	0,3500	-0,3110	-0,0445	-0,0926	0,4104	-0,1894	0,1165

Los componentes que tiene un peso significativamente superior en los resultados obtenidos son: olor a trufa, olor a mar-percebe, a aceituna negra, a frutos secos y, como se esperaba, a aquellos atributos que aportan una valoración más global y general de la valoración de la trufa, como son el equilibrio, la intensidad global y la calidad aromática.

Además, en base a los gráficos de componentes principales presentados a continuación (ver Ilustración 19), se puede extraer información de las tendencias en los resultados obtenidos. Por ejemplo, olor a animal-cuero, a mantequilla y algo a hidrocarburo se sitúan en cuadrantes opuestos a los deseados en este tipo de muestras, como los olores elevados a trufa, elevada intensidad global y calidad aromática, e incluso recuerdos a paja-heno o a aceituna negra.

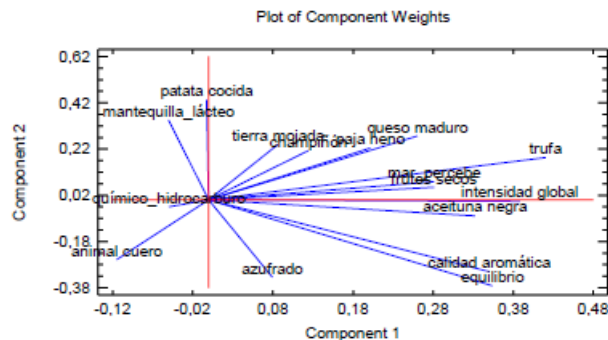


Ilustración 19. Componentes principales obtenidos a partir de los resultados sensoriales del análisis de las trufas de diferentes orígenes.

El dendograma permite ver cómo se agrupan varios elementos en función de sus similitudes, representado gráficamente en forma de árbol con ramas que indican la relación entre ellos. Cuanto más próximas estén las muestras entre sí, quiere decir que son más similares (porque pertenecen a una misma rama del árbol) y cuanto más alejado son más diferentes (tanto hacia arriba, en distancia, como en el eje x). Al evaluar todos los descriptores de manera global, el diagrama de árbol ha permitido clasificar las muestras de tal forma que destaca la trufa de Teruel como la muestra más diferente del resto de trufas y las trufas negras con mayores similitudes serían las de Antigüedad y Dueñas, seguida de Soria, Hérmedes de Cerrato y Magaz de Pisuerga (ver Ilustración 20).

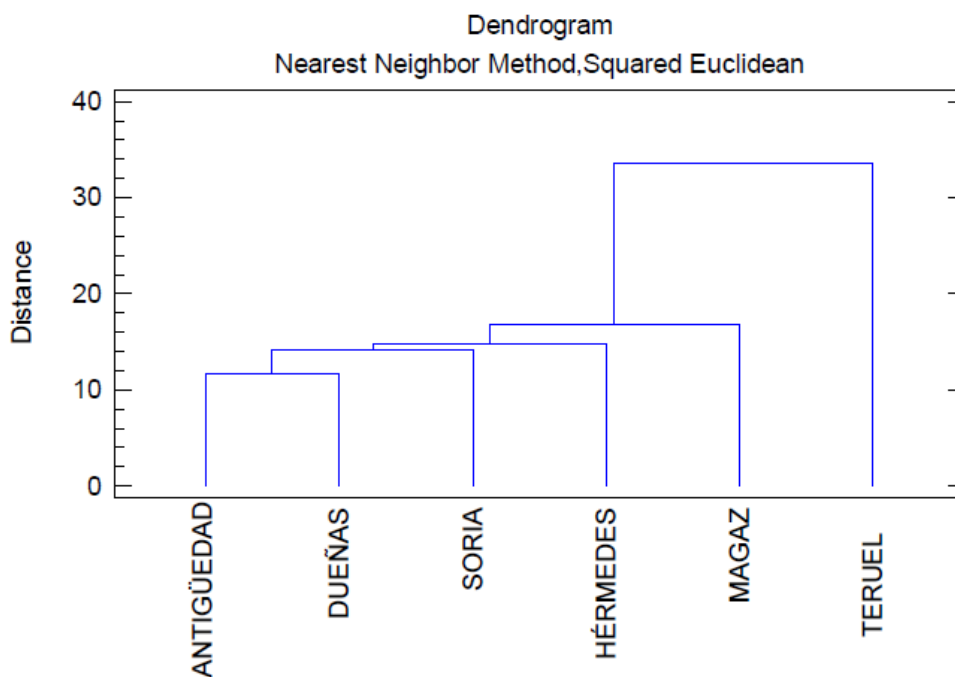


Ilustración 20. Dendrograma de la relación sensorial de las muestras de trufa evaluadas.

4.3.8. organoléptico

Conclusiones generales del análisis

En base a los resultados obtenidos se han podido extraer las siguientes conclusiones:

- Desde el punto de vista químico, se ha identificado una composición de compuestos volátiles propia de la zona, con una distribución diferenciada que permite la delimitación geográfica. Cabe reseñar, que se ha visto que suelos con un bajo contenido en elementos gruesos en el Cerrato (Hérmedes), presentan una composición de volátiles diferente a la del resto de trufa de la comarca.

- Respecto al análisis sensorial, los resultados de ANOVA no mostraron diferencias en los olores a animal/cuero, a tierra mojada, queso maduro, mar/percebe y mantequilla/lácteo entre las trufas de distintas localizaciones, aunque sí en el resto de atributos evaluados. Los resultados tanto de la matriz de correlaciones como del análisis de componentes principales sugieren que podía reducirse el número de descriptores a evaluar por el panel, pues algunos resultados expresarían la misma calidad. Al evaluar todos los descriptores de manera global, el diagrama de árbol nos ha permitido clasificar las muestras de tal forma que destaca la trufa de Teruel como la muestra más diferente del resto de trufas. Por último, de acuerdo con el diagrama de árbol, las trufas negras con mayores similitudes serían las de Antigüedad y Dueñas, seguida de Soria, Hérmeces y Magaz.

4.4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE TRAMITACIÓN DE FIGURA DE PROTECCIÓN PARA LA “TRUFA DEL CERRATO”

Tras estudiar que existe una diferenciación de la comarca en cuanto al clima al suelo y a la calidad de la trufa. Puesto que existe una serie de singularidades que pudieran llegar a defender el producto e iniciar una tramitación de una figura de protección existen una serie de figuras, se pretende valorar qué figuras son posibles tramitar.

En el siguiente cuadro (Tabla 14) se exponen los criterios de cada una de las figuras explicadas en el apartado 2.4.

Tabla 14. Criterios para tener en cuenta a la hora de tramitar una figura de protección para un producto agrícola.

Figura/criterio	D.O.P.	I.G.P.	E.T.G.	MARCA DE GARANTÍA	MARCA COLECTIVA
BASE LEGAL	Reglamento o (UE) 2024/1143	Reglamento (UE) 2024/1143	Reglamento (UE) 2024/1143	Ley 17/2001, de Marcas (art. 68)	Ley 17/2001, de Marcas (art. 67)
VINCULACIÓN AL TERRITORIO	Muy fuerte (producto y proceso 100% en la zona)	Media (una fase debe darse en la zona)	No requiere origen geográfico	Puede incluir origen geográfico	Puede incluir origen geográfico
TRADICIÓN HISTÓRICA EXIGIDA	Sí (más de 30 años, demostrado)	Sí (más de 30 años, recomendado)	Sí (más de 30 años, demostrado)	No	No
CERTIFICACIÓN EXTERNA OBLIGATORIA	Sí	Sí	Sí	No	No
ORGANISMO APROBADOR	Ministerio de Agricultura y Comisión Europea	Ministerio de Agricultura y Comisión Europea	Ministerio de Agricultura y Comisión Europea	Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).	Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).

ENTIDAD TITULAR	Consejo regulador	Consejo regulador	Comité gestor	Asociación o ente certificador independiente	Asociación o ente certificador independiente
PLIEGO DE CONDICIONES	Detallado y normativo	Detallado y normativo	Detallado y normativo	Propio, adaptado al producto	Propio, consensado
PROTECCIÓN DEL NOMBRE Y CONTROL DE USO	Alta (UE + internacional)	Alta	Alta	Alta (en España)	Media (entre miembros asociados)
ÁMBITO GEOGRÁFICO DE PROTECCIÓN	UE + internacional	UE + internacional	UE + internacional	Nacional	Nacional
DIFICULTAD DEL TRÁMITE Y DURACIÓN	Alta (más de 2 años, complejo)	Alta (más de 2 años, complejo)	Alta (más de 2 años, complejo)	Media (6 meses/1 año)	Media (6 meses/1 año)
COSTE Y RECURSOS NECESARIOS	Alto (auditoría, promoción, pliego)	Alto (menores que D.O.P.)	Moderado	Medio (solicitud, reglamento, gestión interna)	Medio
ADECUADO PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES	No siempre (requiere gran estructura)	Difícil	Difícil	Sí	Sí
EJEMPLOS SIMILARES EN EL MERCADO	D.O.P. Queso Zamorano	I.G.P. miel de Galicia	E.T.G. Jamón serrano	Trufa de Soria	Aceite de Jaén

A continuación, se va a ir justificando el encaje del producto Trufa del Cerrato en su contexto actual a cada una de las posibles figuras:

- **DOP:** En el caso de la trufa del Cerrato, no hay una reputación histórica reconocida a nivel nacional o internacional asociada a la trufa negra del Cerrato comparable a la de otras zonas truferas con tradición centenaria, ni existe una identidad comercial reconocida en los mercados especializados que respalde la vinculación histórica entre el producto y su territorio. Aunque el potencial de calidad del producto es elevado y el sector ha crecido en las últimas décadas, en esta fase de desarrollo no se cumplen todavía los requisitos históricos, culturales y comerciales necesarios para optar por una DOP. Asimismo, la gestión y el mantenimiento de una DOP lleva consigo la creación de un consejo regulador y una compleja estructura de control y certificación, que puede resultar menos accesible para productores emergentes o en desarrollo, como es el caso actual de la comarca del Cerrato.
- **IGP:** Hoy en día, la trufa del Cerrato no presenta esta documentación a los niveles que exige el reglamento. Por lo tanto, no reúne las condiciones necesarias para optar a una IGP, debido a la ausencia de tradición histórica y reputación suficientemente consolidada.

- ETG: En el caso de la trufa negra del Cerrato, la figura ETG presenta limitaciones. El desarrollo del sector trufero en la comarca del Cerrato se ha producido en las dos últimas décadas impulsado por nuevas plantaciones diseñadas con técnicas modernas de micorrización y cultivo controlado. Por lo tanto, aunque tenga buena base productiva significativa, no alcanza los niveles de tradición que exige la ETG.
- Marca de Garantía: Este tipo de figura jurídica proporciona una herramienta más adecuada para la realidad actual del sector trufero en la comarca del Cerrato donde la producción es reciente, pero con potencial y características singulares que la diferencian. En el caso de la trufa negra del Cerrato, los estudios realizados para el presente documento permiten defender claramente la singularidad del producto y del territorio en que se ubica. Además, el trámite de esta figura es relativamente barato comparado con otras figuras. Sin embargo, la protección legal que se hace del producto solamente es a nivel nacional.

La documentación necesaria para solicitar la marca de garantía es necesario presentarla ante la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Además, se debe realizar un pliego de condiciones, donde se detallen los siguientes puntos:

- Definición del producto
- Zona geográfica delimitada donde se produce el producto
- Métodos de producción, materias primas y técnicas utilizadas
- Características específicas del producto
- Sistema de control y vigilancia para asegurar el cumplimiento
- Medidas de protección y sanciones para incumplimientos

5 CONCLUSIONES GENERALES

Las conclusiones generales del presente estudio son:

1º) Que existe una diferenciación en cuanto a la composición de los suelos del Cerrato, con respecto a los de otras zonas productoras de trufa negra de España, aunque cabe destacar que pueden existir suelos muy similares a los del Cerrato en otras zonas de España. Este hecho se debe a que las plantaciones de trufa negra del Cerrato se asientan sobre un mismo estrato geológico (y por lo tanto, una misma tipología de suelo). Este fenómeno no ocurre en las regiones productoras de España estudiadas (los suelos son muy diferentes entre sí, peses a estar relativamente cerca. Esta circunstancia permite hablar de los suelos del

Cerrato en términos de comarca homogénea, siempre que las plantaciones se asienten sobre los páramos calizos y dentro de unos parámetros físico-químicos específicos.

2º) Que a nivel climático, toda la comarca del Cerrato es homogénea en cuanto a condiciones climáticas, por lo que el cultivo de la trufa en toda la comarca no va a sufrir variaciones por este factor (tiempos de maduración, principalmente). Además, existe una diferenciación climática con respecto a zonas muy productoras de trufa negra, como son Teruel y Castellón. Esto permite diferenciar el producto y además defender que esta comarca con vocación productora de trufa se encuentra menos expuesta a los eventos climáticos extremos que si que poseen en la zona de Teruel y Castellón; y que hacen que haya mayor irregularidad en la producción interanualmente. También hay que comentar que si que existen zonas productoras con unas grandes similitudes climáticas, pero que no tienen peso en cuanto a producción (como es Tarragona).

3º) Que el estudio de compuestos volátiles ha demostrado que existe una agrupación de volátiles comunes en las trufas de esta comarca, siempre y cuando las condiciones del suelo sean similares en cuanto a la presencia de elementos gruesos. Que el análisis sensorial muestra cierta similitud en cuanto a los aromas de determinadas trufas del Cerrato, pero no para todas las muestras. Quizá un estudio más grande (con más trufas, más catadores y con más ubicaciones) permita ver diferencias.

4º) Que tras demostrar técnicamente que la comarca del Cerrato presenta una cierta diferenciación en cuanto al clima, a los suelos productores de trufa y al aroma de las propias trufas respecto a otras zonas productoras (siendo conscientes de que en algún aspecto pueden existir similitudes), esto abre la puerta a pensar en que es posible tramitar una figura de protección. A esto se suma un sector incipiente en la comarca, en la cual existe una densidad de superficie plantada por km² superior a la de comarcas cercanas. Sin embargo, el equipo redactor quiere poner en conocimiento que comarcas como los "Montes Torozos" guardan unas condiciones ecológicas prácticamente idénticas a las del Cerrato Castellano para la producción de trufa negra.

5º) Que dentro de las posibles figuras de protección que existen para productos agrícolas, dada la situación del sector trufero en el Cerrato Castellano, la figura que se adapta a este producto es la Marca de Garantía. La tramitación de una Marca de Garantía para la Trufa del Cerrato Castellano permitiría ir promocionando este producto a nivel nacional, de manera que pasado el suficiente tiempo y con un sector trufero más consolidado, ya se pudiera dar el salto a la tramitación de una IGP, que sería la máxima figura posible para este producto.

6 BIBLIOGRAFÍA

Alonso Ponce R, Águeda B, Ágreda T, et al (2010) Un modelo de potencialidad climática para la trufa negra (*Tuber melanosporum*) en Teruel (España). *For Syst* 19:208–220. <https://doi.org/10.5424/fs/2010192-01315>

Baragatti M, Grollemund PM, Montpied P, et al (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* 29:113–125. <https://doi.org/10.1007/s00572-018-0877-1>

Barou V, Rincón A, Parladé J (2024) Modelling environmental drivers of *Tuber melanosporum* extraradical mycelium in productive holm oak plantations and forests. *For Ecol Manage* 563:. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121988>

Bueis, T., Turión, M.-B., & Bravo, F. (2019). Stand and environmental data from *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus sylvestris* L. plantations in Spain. *Annals of Forest Science*, 76.

Bueis, T., Turión, M. B., Bravo, F., Pando, V., & Muscolo, A. (2018). Factors determining enzyme activities in soils under *Pinus halepensis* and *Pinus sylvestris* plantations in Spain: a basis for establishing sustainable forest management strategies. *Annals of Forest Science*, 75(1). <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0720-z>

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), 074004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1880>

Colinas, C., Capdevila, J.M., Oliach, D., Fischer, C.R., y Bonet, J.A. (2007). Mapa de aptitud para el cultivo de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Catalunya. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), Solsona. ISBN: 978-84-611-7637-3.

Coll L, Camarero JJ, Martínez De Aragón J (2012) Fine root seasonal dynamics, plasticity, and mycorrhization in 2 coexisting Mediterranean oaks with contrasting aboveground phenology. *Écoscience* 19:238–245. <https://doi.org/10.2980/19-3-3488>

Delmas J (1978) *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*, 1o. Academic Press, New York

Domínguez-Núñez JA, López-Leiva C, Saiz de Omeñaca JA (2003) Caracterización de rodales truferos en la comunidad valenciana. *Ecología* 181–190

Donnini, D., Gargano, M. L., Perini, C., Savino, E., Murat, C., Di Piazza, S., Altobelli, E., Salerni, E., Rubini, A., Rana, G. L., Bencivenga, M., Venanzoni, R., & Zambonelli, A. (2013). Wild and cultivated mushrooms as a model of sustainable development. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 147(1), 226–236. <https://doi.org/10.1080/11263504.2012.754386>

Escudero Alcántara, A. (2009). 1520 vegetación gipisícola mediterránea (*Gypsophiletalia*)*. In Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Ed.), *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España* (p. 78).

FAO. (2001). Lecture notes on the major soils of the world. <https://www.fao.org/4/Y1899E/Y1899e00.htm#toc>.

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.

García-Barreda S, Camarero JJ, Vicente-Serrano SM, Serrano-Notivoli R (2020) Variability and trends of black truffle production in Spain (1970-2017): linkages to climate, host growth, and human factors

García-Barreda S, Sánchez S, Marco P, Serrano-Notivoli R (2019) Agro-climatic zoning of Spanish forests naturally producing black truffle. *Agric For Meteorol* 269–270:231–238. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.020>

Herrero de Aza, C., Armenteros, S., McDermott, J., Mauceri, S., Olaizola, J., Hernández-Rodríguez, M., & Mediavilla, O. (2022). Fungal and Bacterial Communities in Tuber *melanosporum* Plantations from Northern Spain. *Forests*, 13(3), 385. <https://doi.org/10.3390/f13030385>

Le Tacon F, Marçais B, Courvoisier M, et al (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* 24:115–125. <https://doi.org/10.1007/s00572-014-0568-5>

Le Tacon F, Zeller B, Plain C, et al (2013) Carbon Transfer from the Host to Tuber *melanosporum* Mycorrhizas and Ascocarps Followed Using a ¹³C Pulse-Labeling Technique. *PLoS One* 8:. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064626>

Marco, P., Sanz, M. Á., Tejedor-Calvo, E., García-Barreda, S., Caboni, P., Reyna, S., & Sánchez, S. (2024). Volatilome changes during black truffle (*Tuber melanosporum*) ontogeny. *Food Research International*, 194, 114938.

Marco, P., Tejedor-Calvo, E., Gracia, A. P., Gómez-Molina, E., García-Barreda, S., Sánchez, S., & Sanz, M. Á. (2024). Peat-based amendment of soils reduces the complexity of the volatile profile in cultivated black truffles. *Journal of the*

Science of Food and Agriculture, 104(14), 8945-8952.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.13722>

Martín Santafé, M. (2021). Plagas y enfermedades asociadas a plantaciones truferas [Tesis doctoral, Escuela Politécnica Superior de Huesca, Universidad de Zaragoza]. Programa de Doctorado en Ciencias Agrarias y del Medio Natural.

Oliach, D., Bonet, J. A., Fischer, C. R., Olivera, A., Martínez de Aragón, J., Suz, L. M., & Colinas, C. (2005). Guía para el cultivo de la trufa negra (Centre tecnològic forestal de Catalunya (CTFC), Ed.).
<https://www.researchgate.net/publication/260723949>

Olivier JM, Savignac JC, Sourzat P (2012) Truffe et trufficulture. Fanlac, Périgueux

Reyna Domenech S (2000) Trufa, Truficultura y Selvicultura Trufera. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid

Reyna S, Garcia-Barreda S (2014) Black truffle cultivation: A global reality. For Syst 23:317–328. <https://doi.org/10.5424/fs/2014232-04771>

Ricard JM, Bergougnoux F, Chevalier G, et al (2003) La truffe: Guide pratique de trufficulture. Ctifl: Paris, France

Rivas-Martínez S (2008) Conceptos de la clasificación bioclimática. Global Bioclimatics (Clasificación Bioclimática de la Tierra)

Serrano-Notivoli R, Incausa-Ginés A, Martín-Santafé M, et al (2015) A geospatial model for black truffle potential habitat (*Tuber melanosporum* Vittad.) in Huesca province (Spain). ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria 111:227–246. <https://doi.org/10.12706/itea.2015.015>

Tejedor-Calvo, E., Garcia-Barreda, S., Dambolena, J. S., Pelissero, D., Sánchez, S., Marco, P., & Nouhra, E. (2023a). Aromatic profile of black truffle grown in Argentina: Characterization of commercial categories and alterations associated to maturation, harvesting date and orchard management practices. Food Research International, 173(Part 1), 113300. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113300>

Thomas PW (2014) An analysis of the climatic parameters needed for *Tuber melanosporum* cultivation incorporating data from six continents. Mycosphere 5:137–142. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/5/1/5>

Yang, K., Zhu, J., Yan, Q., & Zhang, J. (2012). Soil enzyme activities as potential indicators of soluble organic nitrogen pools in forest ecosystems of Northeast China. Annals of Forest Science, 69(7), 795–803. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0198-z>

ANEXO I. PLANOS

Palencia, JULIO de 2025

Redactado por:

IDForest-Biotecnología Forestal Aplicada, S.L.



ÍNDICE

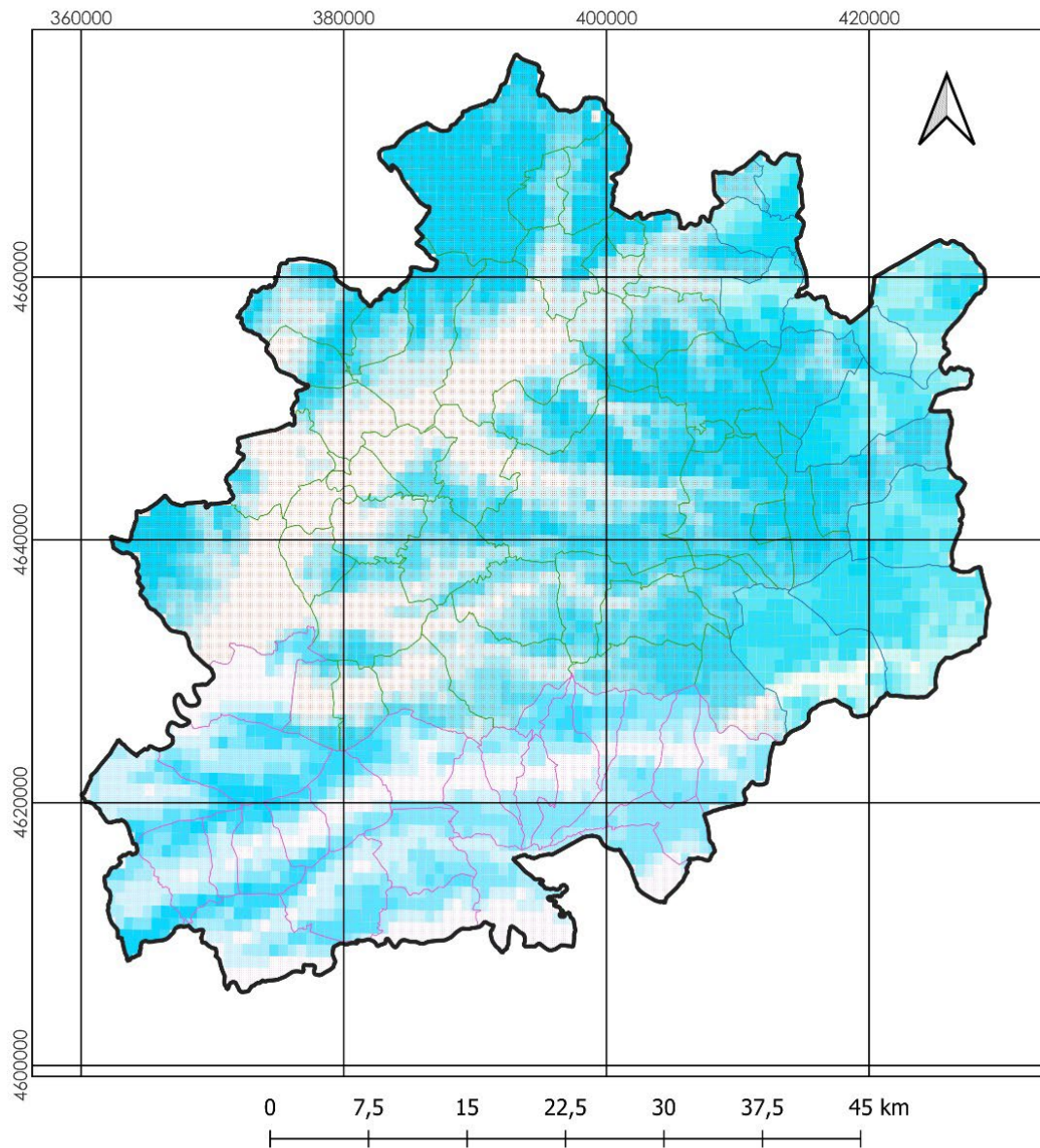
1.1. PLANOS DE CLIMATOLOGÍA	1
1.2. PLANOS DE SUELOS	3

1 PLANOS DE CLIMATOLOGÍA

1.1. METODOLOGÍA

Para representar el clima de la comarca natural del Cerrato Castellano, se recurrió a fuentes oficiales de datos climáticos de ámbito internacional. En este caso, se utilizó la base de datos de WorldClim (<https://worldclim.org/>), reconocida por ofrecer información de alta resolución. Se seleccionaron las variables climáticas más influyentes en la ecología de *Tuber melanosporum* (precipitación, temperaturas medias, temperaturas medias máximas, y temperaturas medias mínimas). Los datos corresponden a un periodo de 30 años, comprendido entre 1970 y 2000. Las capas climáticas fueron descargadas en formato ráster, editadas y adaptadas conforme a la información disponible para la zona de estudio. Finalmente, estas capas se categorizaron y se sobrepusieron obteniendo una capa única en la que se establecieron 7 grados de aptitud para este cultivo. Para ello, se utilizó el software QGIS.

1.2. RELACIÓN DE PLANOS



Título del plano	Plano de potencialidad climática para producción de <i>Tuber melanosporum</i> en la comarca natural del Cerrato Castellano
Sistema de referencia de coordenadas	ETRS89 UTM30 zona N
Autor:	Esteban Torres Sánchez
Nº de colegiado COIM	6987

2 PLANOS DE SUELOS

2.1. METODOLOGÍA

Con el objetivo de mapear e identificar aquellas zonas del Cerrato Castellano que poseen cualidades óptimas para el cultivo de la trufa negra y que presentan unas características edafológicas comunes, se ha realizado un estudio y un mapa basados en: la información disponible en la página web del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL, <https://www.itacyl.es/>), en las variables fisicoquímicas de varias calicatas realizadas dentro de la comarca y en el conocimiento del terreno del equipo redactor.

Las calicatas han sido realizadas en los puntos que se muestran en el siguiente plano (ver Ilustración suplementaria 1).

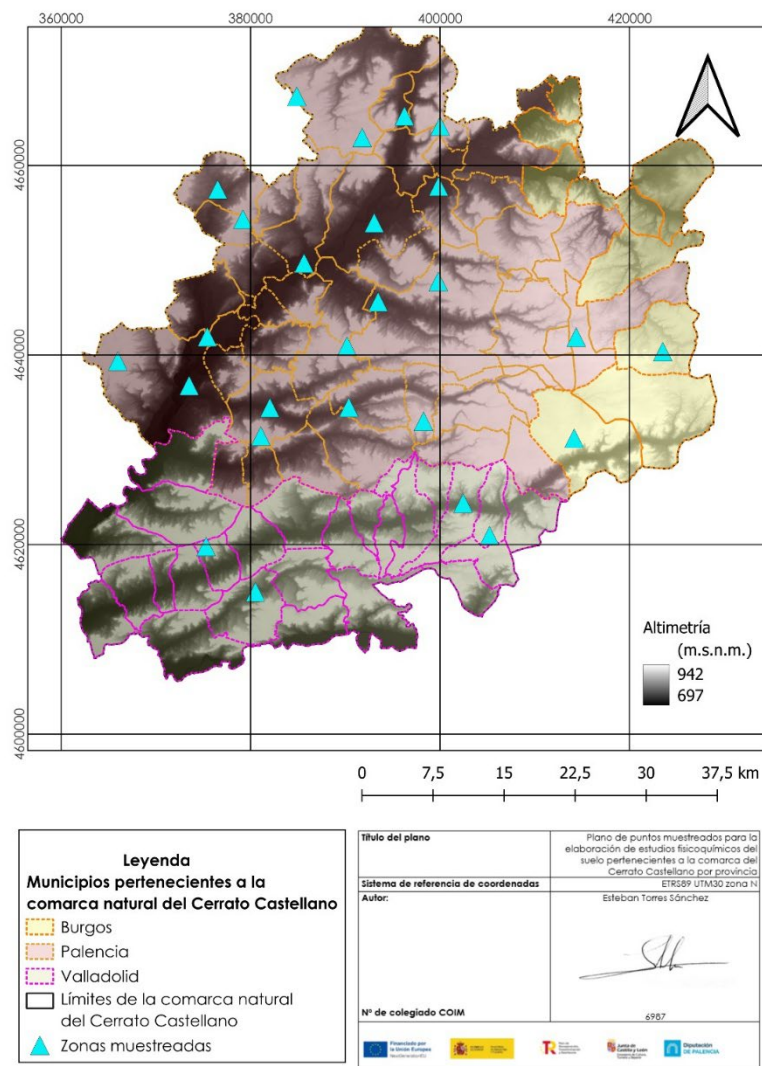


Ilustración suplementaria 1. Puntos de ejecución de calicatas para el estudio de variables físico-químicas de mayor importancia en el desarrollo de *Tuber melanosporum*. En la altimetría se puede ver que están tomadas tanto en zonas de valle, como de páramo y de ladera.

Las variables que se han considerado, tanto de la información cartográfica como de las analíticas realizadas, para la elaboración de esta zonificación son: el pH del suelo, la textura, la presencia de elementos gruesos, el índice de granulometría y diferentes propiedades fisicoquímicas, como el porcentaje de carbonatos y caliza activa, así como otros compuestos químicos de relevancia para el desarrollo de la trufa y clasificaciones estructurales de la litología del suelo en base a bibliografía.

2.2. RESULTADOS

A partir del análisis conjunto de las variables estudiadas, se ha estimado que la superficie con mejor potencial para la producción de trufa negra y con unas características similares en la comarca del Cerrato Castellano asciende a aproximadamente 106.133,55 hectáreas (ver Tabla suplementaria 1).

Tabla suplementaria 1. Superficie con alta potencialidad para la instalación de plantaciones truferas de cada término municipal. Términos municipales indicados por el portal de la junta de Castilla y León y bibliografía referente al Cerrato Castellano.
<https://datosabiertos.jcyl.es/web/jcyl/set/es/medio-ambiente/comarcas-medio-ambiente-cyl/1284687310081>

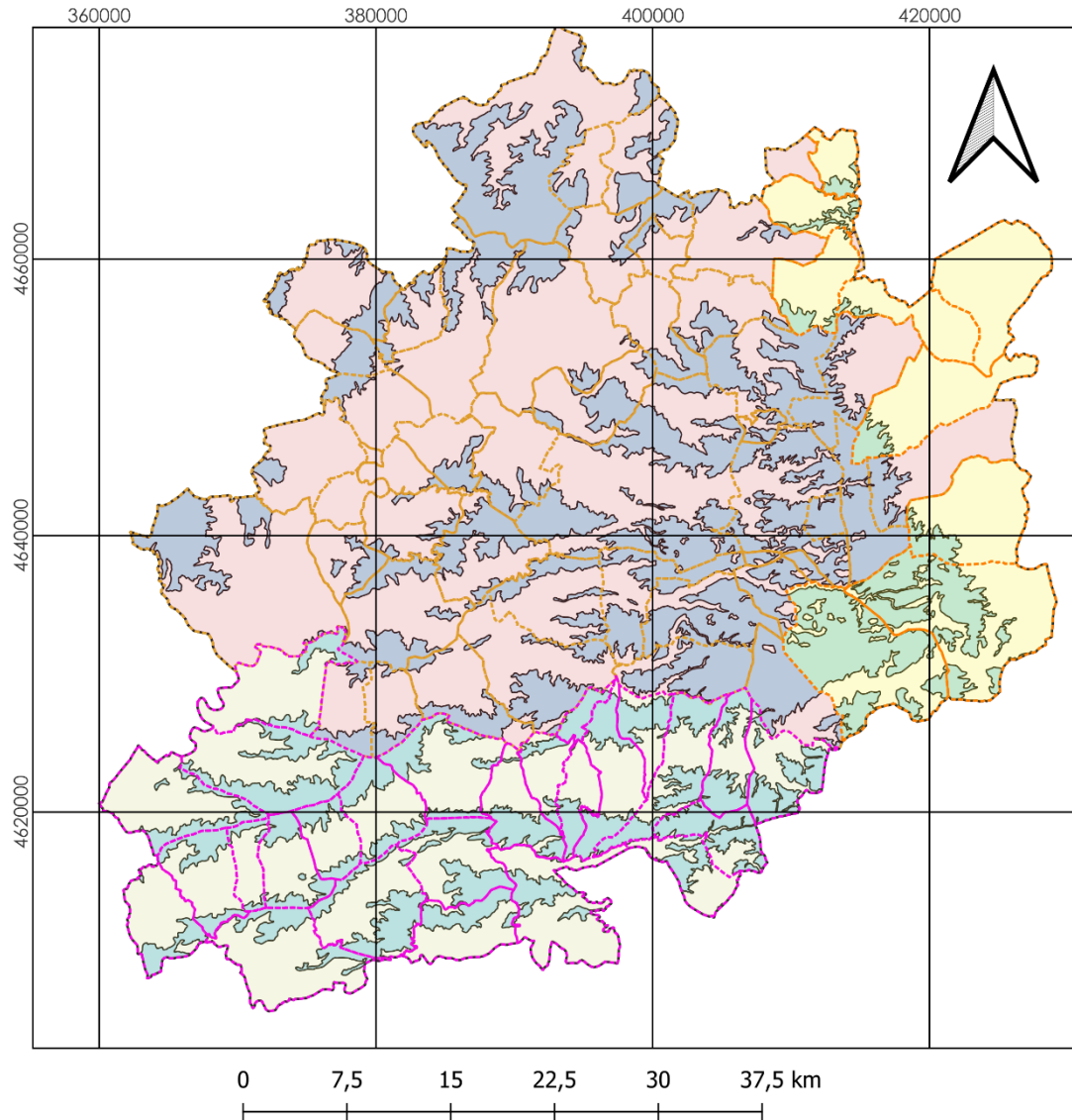
Municipio	Provincia	Superficie (hectáreas)
Villodrigo	Palencia	5,37
Población de Cerrato	Palencia	529,78
Cubillas de Cerrato	Palencia	659,52
Alba de Cerrato	Palencia	1075,59
Astudillo	Palencia	6522,52
Antigüedad	Palencia	3606,49
Baltanás	Palencia	7598,76
Castrillo de Don Juan	Palencia	3345,21
Castrillo de Onielo	Palencia	1254,86
Cevico de la Torre	Palencia	1835,08

Municipio	Provincia	Superficie (hectáreas)
Cevico Navero	Palencia	3288,52
Cobos de Cerrato	Palencia	1687,93
Cordovilla la Real	Palencia	1172,77
Espinosa de Cerrato	Palencia	964,53
Fuentes de Valdepero	Palencia	1311,66
Hérmedes de Cerrato	Palencia	2471,75
Herrera de Valdecañas	Palencia	697,84
Hornillos de Cerrato	Palencia	1313,38
Palenzuela	Palencia	3270,95
Quintana del Puente	Palencia	221,95
Reinoso de Cerrato	Palencia	628,92
Villalaco	Palencia	500,89
Soto de Cerrato	Palencia	86,18
Tabanera de Cerrato	Palencia	3040,18
Torquemada	Palencia	1227,23
Valbuena de Pisuerga	Palencia	1258,14
Valdeolmillos	Palencia	734,03
Valle de Cerrato	Palencia	1760,49
Vertavillo	Palencia	1963,58
Villaconancio	Palencia	2064,27
Villahán	Palencia	773,51
Villamediana	Palencia	1778,29
Villaviudas	Palencia	738,43

Municipio	Provincia	Superficie (hectáreas)
Tariego de Cerrato	Palencia	590,85
Dueñas	Palencia	3123,95
Hontoria de Cerrato	Palencia	435,27
Magaz de Pisuerga	Palencia	469,68
Villalobón	Palencia	716,46
Villamuriel de Cerrato	Palencia	305,9
Peral de Arlanza	Burgos	442,64
Royuela de Río Franco	Burgos	600,63
Torrepadre	Burgos	121,17
Torresandino	Burgos	4031,08
Tórtoles de Esgueva	Burgos	5279,9
Valles de Palenzuela	Burgos	359,99
Villafruela	Burgos	700,87
Villaverde-Mogina	Burgos	283,33
Villarmentero de Esgueva	Valladolid	303,72
Amusquillo	Valladolid	375,27
Cabezón de Pisuerga	Valladolid	1012,37
Canillas de Esgueva	Valladolid	1209,56
Castrillo-Tejeriego	Valladolid	1689,96
Castronuevo de Esgueva	Valladolid	999,47
Castroverde de Cerrato	Valladolid	1375,51
Esguevillas de Esgueva	Valladolid	1337,47
Encinas de Esgueva	Valladolid	1596,83

Municipio	Provincia	Superficie (hectáreas)
Fombellida	Valladolid	1908,47
Olivares de Duero	Valladolid	989,21
Olmos de Esgueva	Valladolid	911,28
Piñel de Abajo	Valladolid	642,86
Piñel de Arriba	Valladolid	1651,6
Piña de Esgueva	Valladolid	1234,55
Renedo de Esgueva	Valladolid	683,24
San Martín de Valvení	Valladolid	2655,84
Torre de Esgueva	Valladolid	1462,73
Valbuena de Duero	Valladolid	953,8
Valoria la Buena	Valladolid	810,21
Villabáñez	Valladolid	1127,96
Villaco	Valladolid	557,84
Villafuerte	Valladolid	1212,1
Villanueva de los Infantes	Valladolid	728,2
Villavaquerín	Valladolid	1853,18
TOTAL		106.133,55

2.3. RELACIÓN DE PLANOS



- Leyenda**
- Municipios pertenecientes al Cerrato Castellano**
- Municipios de Burgos
 - Municipios de Palencia
 - Municipios de Valladolid
 - Límites de la comarca del Cerrato Castellano
 - Zonas con alta potencialidad para producción de trufa negra

Título del plano	Plano de potencialidad para producción de <i>Tuber melanosporum</i> en la comarca natural del Cerrato Castellano
Sistema de referencia de coordenadas	ETRS89 UTM30 zona N
Autor:	Esteban Torres Sánchez
Nº de colegiado COIM	6967
	
	