

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL**



**Diseño de una plantación trufera
en Orihuela del Tremedal (Teruel).**

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO
RURAL

ALUMNO: CARLOS CASAS MARTÍNEZ.

TUTOR: SANTIAGO REYNA DOMENECH.

COTUTORA: CARMEN VIRGINIA PALAU ESTEVAN

Curso académico: 2017/2018

Valencia, julio de 2018.

TÍTULO

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel).

RESUMEN EN CASTELLANO

Orihuela del Tremedal es un municipio situado en la comarca de la Sierra de Albarracín, provincia de Teruel, Comunidad autónoma de Aragón, España. La plantación se va a diseñar en el paraje "Las humedillas" y el "Estepar" a 1401 metros sobre el nivel del mar y va a estar formada por nueve parcelas, un total de 23 hectáreas.

Este proyecto se presenta como alternativa a una agricultura cerealista de secano improductiva y muy poco rentable, y además, se propone como futuro cultivo en la zona. Orihuela se está situada a 1410 metros sobre el nivel del mar, una altitud crítica para la producción de trufa, pero el constante aumento de las temperaturas consecuencia del cambio climático dan perspectivas de futuro a este cultivo.

Se van a establecer los pasos necesarios para implantar la explotación trufera, llevando a cabo un estudio tanto del clima como del suelo para determinar la especie y el hongo más adecuados, así como el marco de plantación, la disposición de los árboles y sus necesidades hídricas.

Para suplir las deficiencias hídricas de los meses estivales se va a diseñar un sistema de riego localizado por microaspersión, suministrado el agua mediante un pozo. Se diseñará la red de tuberías para abastecer el agua a los laterales y se calculará el equipo de impulsión y control.

En el perímetro de las parcelas se establecerá un cerramiento para evitar los daños de la fauna silvestre y una serie de puertas de acceso.

Además, se van a determinar las actuaciones necesarias mediante un calendario de trabajos para mantener la plantación correctamente durante su vida útil.

PALABRAS CLAVE EN CASTELLANO

Trufa negra, plantación, riego y género *Quercus*.

RESUMEN EN INGLES

Orihuela del Tremedal is a municipality located in the region of the Sierra de Albarracín, province of Teruel, Autonomous Community of Aragon, Spain. The plantation will be designed in the place "Las Humedillas" and "Estepar" at 1410 meters above sea level and will consist of nine plots, a total of 23 hectares.

This project is presented as an alternative to an unproductive and very unprofitable cereal-growing agriculture, and it is also proposed as a future crop in the area. Orihuela is located at 1410 meters above sea level, a critical altitude for truffle production, but

the constant increase in temperatures due to climate change gives future prospects for this crop. The necessary steps will be established to implement the truffle exploitation, carrying out a study of both the climate and the soil to determine the most suitable species and fungus, as well as the plantation framework, the tree layout and their water needs.

To supply the water deficiencies of the summer months, a micro-sprinkler irrigation system will be designed, supplying the water through a well. The pipe network will be designed to supply water to the sides and the impulse and control equipment will be calculated.

In the perimeter of the parcels an enclosure will be established to avoid the damages of the wild fauna and a series of access doors.

In addition, the necessary actions will be determined through a work schedule to maintain the planting correctly during its useful life.

PALABRAS CLAVE EN INGLES

Black truffle, plantation, irrigation and genus *Quercus*.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I: MEMORIA Y ANEXOS A LA MEMORIA.

DOCUMENTO II: PLANOS.

DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES.

DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO.

DOCUMENTO V: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

DOCUMENTO I
MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

	Página
1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN.....	1
2.- OBJETO DEL PROYECTO.	1
3.- ESTADO ACTUAL Y LEGAL DE LAS PARCELAS.....	1
3.1.- ESTADO LEGAL.....	1
3.1.1.- LOCALIZACIÓN Y LÍMITES.	1
3.1.2.- PROPIEDAD.	2
3.1.3.- DELIMITACIÓN DE USOS IMPUESTOS POR LAS NORMAS SECTORIALES.....	2
3.1.4.- USO ACTUAL DE LAS PARCELAS Y DIMENSIÓN.	3
3.2.- ESTADO ACTUAL DE LAS PARCELAS.....	3
4.- BASES DEL PROYECTO.....	4
4.1. FINALIDAD DEL PROYECTO.....	4
4.2.1.- ESTUDIO DEL MEDIO.	4
5.- ESTUDIO DE LAS SOLUCIONES ADOPTADAS Y DESCRIPCIÓN	7
.....	7
5.1.- CERRAMIENTO.....	7
5.1.1.- CERRAMIENTO PERIMETRAL.....	7
5.1.2.- PUERTA DE ACCESO.	7
5.2.- PLANTACIÓN.	8
5.2.1.- PLANTA MICORRIZADA.....	8
5.2.2.- PLANTACIÓN.....	8
5.3.- SISTEMA DE RIEGO.	10
5.3.1.- EXTRACCIÓN DEL AGUA.....	10
5.3.2.- NECESIDADES HÍDRICAS DE LA PLANTACIÓN.	10
5.3.3.- MARCO DE RIEGO.....	11
5.3.4.- ELECCIÓN DEL MICROASPELOR.	11
5.3.5.- SECTORIZACIÓN DEL RIEGO.	11
5.3.6.- CALENDARIO DE RIEGOS.....	11
5.3.7.- SUBUNIDADES DE RIEGO.....	12
5.3.8.- RED DE TRANSPORTE.....	13
5.3.9.- CABEZAL DE RIEGO.....	14
5.3.10.- CÁLCULO DE APERTURA DE ZANJAS.	15
6. CUIDADOS CULTURALES DE LA PLANTACIÓN	16
7.- ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN.....	16

8. PLAN DE LA OBRA.....	17
9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	17

ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Página</u>
Tabla 1. Resumen de la localización de las parcelas.....	2
Tabla 2. Resumen de la información de las parcelas.....	3
Tabla 3. Uso actual de las parcelas.....	3
Tabla 4. Coordenadas de la zona de actuación.....	4
Tabla 5. Análisis del suelo.....	6
Tabla 6. Resumen de las temperaturas.....	6
Tabla 7. Necesidades hídricas de la plantación.....	11
Tabla 8. Calendario de riegos.....	12
Tabla 9. Resumen de las subunidades.....	13
Tabla 10. Resumen de la red de transporte.....	14
Tabla 11. Parámetros técnicos del sistema de bombeo.....	14

1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN.

El proyecto de esta plantación trufera se presenta como alternativa en una zona de monocultivo de cereal, en la que de forma natural aparecen especies hospedantes del hongo de la trufa negra y además existe una pequeña producción de éste de forma silvestre. Algunos de los motivos por los que se presenta esta alternativa de cultivo son los siguientes:

-Baja productividad de los campos, que siempre se han dedicado a al cultivo de cereal de año y vez (año de cultivo y año de barbecho), siendo aun así muy escasa su rentabilidad.

-La presencia de elevadas poblaciones de fauna silvestre tales como *Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* y *Dama dama* que diezman las cosechas hasta el punto de no ser rentable su recolección.

-Existen unas adecuadas condiciones edafológicas que unidas a las abundantes precipitaciones, hacen posible la producción de trufa.

-Las bajas temperaturas extremas de la zona propias de un clima de montaña, con el consecuente cambio climático están aumentando de forma gradual, por lo que en los años venideros de producción las condiciones térmicas irán mejorando sensiblemente.

-La zona se caracteriza por la presencia de acuíferos a poca profundidad por lo que la extracción de agua para suplir el déficit hídrico en los meses más desfavorables es posible.

-La concentración parcelaria realizada en la década de los 90 distribuyó la tierra en parcelas de un tamaño considerable y regulares, que permiten trabajar de forma cómoda y eficiente con ellas.

-La creciente demanda del mercado de la trufa hace que ésta alcance buenos precios de venta, pudiendo comercializarla a través del mercado de La estación de Mora de Rubielos, que dista cien kilómetros de la localidad donde se va a ubicar la plantación.

-Buenos resultados obtenidos en plantaciones cercanas de Cella y Albarracín.

2.- OBJETO DEL PROYECTO.

Descripción de las actuaciones para acometer la transformación de terrenos de cereal de secano a un cultivo forestal para su posterior aprovechamiento trufero. La plantación va a ser de (incluir especie de árbol y hongo).

3.- ESTADO ACTUAL Y LEGAL DE LAS PARCELAS.

3.1.- ESTADO LEGAL.

3.1.1.- LOCALIZACIÓN Y LÍMITES.

Las parcelas objeto del proyecto se localizan en el término municipal de Orihuela del Tremedal (número 183 del SIGPAC) en la provincia de Teruel (número 44). Dichas parcelas se ubican en los parajes “La humedilla” y “El estepar”, al este de Orihuela.

A continuación se muestran los datos de las coordenadas del huso 30 en la proyección U.T.M en el DATUM ETRS89 del centro de las parcelas:

Tabla 1. Resumen de la localización de las parcelas.

Término municipal	Nº parcela	Polígono	Recinto	Coordenada X	Coordenada Y
Orihuela del Tremedal	13	509	1	616921	4489897
Orihuela del Tremedal	14	509	1	617005	4489867
Orihuela del Tremedal	15	509	1	617265	4489780
Orihuela del Tremedal	19	509	1	617398	4489728
Orihuela del Tremedal	20	509	1	617363	4489698
Orihuela del Tremedal	21	509	1	617324	4489642
Orihuela del Tremedal	70	509	1	617111	4489579
Orihuela del Tremedal	71	509	1	616943	4489676
Orihuela del Tremedal	72	509	1	616831	4489707

Las parcelas están agrupadas en dos bloques:

Las parcelas 13, 14, 15, 19, 20 forman el primer bloque y lindan por todos los puntos cardinales con caminos forestales construidos en la concentración parcelaria.

Las parcelas 70, 71, 72 forman en segundo bloque y lindan por el norte con camino forestal de la concentración parcelaria, por el este y oeste con otras parcelas de labor de secano y por el sur con los solares proyectados para la construcción de un polígono industrial, que a día de hoy son considerados como pasto.

3.1.2.- PROPIEDAD.

Las parcelas son propiedad de Doña María López Gil, natural de Alustante (Guadalajara) y con domicilio en la calle Palio número 14 de Orihuela del Tremedal (Teruel).

3.1.3.- DELIMITACIÓN DE USOS IMPUESTOS POR LAS NORMAS SECTORIALES.

Los parajes donde se va a ubicar la plantación no están dentro de ningún Lugar de importancia comunitaria ni en un Paisaje protegido. También están fuera de zonas de vulnerabilidad de aguas y de peligro de inundación. Sin embargo, cabe destacar que en el término de Orihuela hay una zona catalogada como sitio Ramsar "Tremedales de Orihuela".

3.1.4.- USO ACTUAL DE LAS PARCELAS Y DIMENSIÓN.

En la siguiente tabla se expone la información de las parcelas obtenida de la Sede Electrónica del Catastro:

Tabla 2. Resumen de la información de las parcelas

Nº parcela	Ref. Catastral	Pol.	Clase	Uso Principal	Paraje	Superficie (Ha)
13	44183A509000130000IK	509	Rústico	Agrario	La humedilla	2.9273
14	44183A509000140000IR	509	Rústico	Agrario	La humedilla	3.8104
15	44183A509000150000ID	509	Rústico	Agrario	La humedilla	3.8636
19	44183A509000190000IE	509	Rústico	Agrario	La humedilla	1.5901
20	44183A509000200000II	509	Rústico	Agrario	La humedilla	0.8277
21	44183A509000210000IJ	509	Rústico	Agrario	La humedilla	1.0992
70	44183A509000700000IQ	509	Rústico	Agrario	Estepar	3.4179
71	44183A509000710000IP	509	Rústico	Agrario	Estepar	3.8218
72	44183A509000720000IL	509	Rústico	Agrario	Estepar	1.6909

3.2.- ESTADO ACTUAL DE LAS PARCELAS.

La situación actual de las parcelas se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3. Uso actual de las parcelas.

Nº parcela	Uso actual	Vegetación y otros elementos
13	Cultivo en secano de trigo duro (<i>Triticum durum</i>)	Herbáceas espontáneas en los márgenes
14	Cultivo en secano de trigo duro (<i>Triticum durum</i>)	Herbáceas espontáneas en los márgenes
15	Cultivo en secano de trigo duro (<i>Triticum durum</i>)	Herbáceas espontáneas en los márgenes
19	Barbecho	Herbáceas espontáneas en los márgenes
20	Cultivo en secano de centeno (<i>Secale cereale</i>)	Herbáceas espontáneas en los márgenes
21	Barbecho	Herbáceas espontáneas en los márgenes
70	Cultivo en secano de centeno (<i>Secale cereale</i>)	Herbáceas espontáneas en los márgenes
71	Cultivo en secano de trigo duro (<i>Triticum durum</i>)	Herbáceas espontáneas en los márgenes
72	Cultivo en secano de centeno (<i>Secale cereale</i>)	Herbáceas espontáneas en los márgenes

Los márgenes están poco poblados y hay ausencia de leñosas y arbustivas ya que, fueron eliminados cuando se ejecutó la concentración parcelaria, quedando en la actualidad únicamente herbáceas de hoja ancha y estrecha y alguna arbustiva poco significativa.

4.- BASES DEL PROYECTO.

4.1. FINALIDAD DEL PROYECTO.

El presente proyecto pretende conseguir la producción de carpóforos de *Tubermelanosporum* Vitt. mediante la plantación de carrascas micorrizadas con el fin de aumentar los ingresos de unas tierras de secano de cereal. Consistirá básicamente en el diseño de la plantación, el cercado y el diseño del riego.

4.2.1.- ESTUDIO DEL MEDIO.

4.2.1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

Las coordenadas geodésicas y las coordenadas en la proyección U.T.M. en el huso 30 para el Datum ETRS89 del punto medio de los terrenos de la actuación es la siguiente:

Tabla 4. Coordenadas de la zona de actuación.

	U.T.M.	Coordenadas geodésicas
LATITUD	X: 617102	40° 32' 58.57'' N
LONGITUD	Y: 4489680	1° 37' 1.20'' W

4.2.1.2.- ACCESOS.

El acceso a Orihuela del Tremedal puede hacer desde tres carreteras: desde Teruel puede accederse por la A-1511 desde la población de Santa Eulalia del campo. Desde Molina de Aragón (dirección Madrid) pasando por Orea (Guadalajara) por la CM-2111 o bien pasando por Alustante (Guadalajara) por la CM-2112.

Para acceder a las parcelas, hay que tomar el desvío a la altura de kilómetro 30 de la A1511 que se dirige al polígono industrial de Orihuela. Una vez en el polígono siguiendo la pista de la concentración parcelaría, a escasos 100 metros llegamos al punto central de las parcelas.

El acceso para la maquinaria necesaria en la ejecución del proyecto, así como para los futuros desplazamientos para realizar el mantenimiento y manejo de la explotación, es suficientemente adecuado.

4.2.1.3.- FISIOGRAFÍA.

La altura media a la que se encuentran las parcelas es de 1402 metros sobre el nivel del mar, en una zona llana al pie de la Sierra del Tremedal, en el noreste de los Montes Universales, pertenecientes al Sistema Ibérico.

Las pendientes de las parcelas tienen una media de un 2,4% de pendiente. Estas pendientes se caracterizan por ser suaves, sin excesivas pendientes

Se trata de unos terrenos con una adecuada insolación, una pendiente prácticamente nula que impedirá la escorrentía y por la excesiva erosión del suelo. Puede considerarse una zona adecuada para la producción de trufa.

4.2.1.4.- HIDROLOGÍA Y RESISTENCIA A LA EROSIÓN.

Orihuela se encuentra dentro de la Confederación hidrográfica de Tajo. EL río Gallo, que nace al pie del Caimodorro es el principal agente hidrográfico del término municipal, que posteriormente desemboca en el Tajo. Existen fuentes como la fuente de los Pradejones, los Colladillos, la Canaleja y Vizalapeña que acaban siendo pequeños afluentes del Gallo. Hay una extensa red de barrancos y arroyos torrenciales como el de la Garganta, Valdecalera, los Ojos, las Tejedas, la Navazuela y la Rambla.

Tras consultar los mapas del Gobierno de Aragón, la zona de ejecución puede considerarse una zona con resistencia a la erosión Alta-Media. No existen ningún cauce ni acequia próxima a las parcelas que pudiera afectar a las mismas.

Los recursos hídricos necesarios para la explotación se obtendrán de un pozo cercano a las parcelas.

4.2.1.5.- GEOLOGÍA.

Si algo caracteriza la geología de la Sierra de Albarracín es la variedad de materiales y cronologías. En Orihuela encontramos formaciones litológicas correspondientes a un abanico crono-estratigráfico que va desde el Paleozoico al Mesozoico y al Cuaternario. Predominan las rocas sedimentarias, que nos informan fielmente del medio en el que en un momento determinado tuvo lugar su deposición, fuese una zona continental, un medio marino somero, un área lacustre o un mar profundo. Las condiciones paleogeográficas en la zona han ido cambiando a lo largo de la historia geológica como consecuencia de la actuación de esfuerzos tectónicos que han movilizado distintas porciones de la corteza terrestre. La ubicación en la que se va a proyectar la plantación se encuentra en una zona en la que confluyen formaciones del Cuaternario y del Mesozoico, concretamente el Jurásico. Los materiales del Jurásico coinciden con formaciones de carácter carbonatado (calizas, dolomías y margas), organizadas en distintas formaciones estratigráficas, que se depositaron en una cuenca marina de profundidad fluctuante.

4.2.1.6. EDAFOLOGÍA.

Para este proyecto se ha tomado un análisis de unas parcelas cercanas y se considera extrapolable a la zona de actuación. La textura se considera franco-arenosa, según la clasificación textural del USDA y la densidad aparente del suelo de 1,575 g/cm³.

A modo de resumen se adjunta la siguiente tabla donde se recogen los valores de las principales propiedades químicas del suelo, exceptuando el contenido de nutrientes, pues no se considera necesario para el cultivo de trufas.

Tabla 5. Análisis del suelo.

PARÁMETRO	VALOR
pH agua (1:2,5)	7,83
CEes (mhos/cm)	0,28
Caliza total (%)	25,62
Caliza activa (%)	5,14
Materia orgánica (%)	2,08
Relación C/N	7,11
Calcio intercambiable (%)	0,71

4.2.1.7. CLIMATOLOGÍA.

Para clasificar climatológicamente la zona se ha recurrido al uso de varias clasificaciones. A continuación se detallan los resultados obtenidos con las distintas clasificaciones realizadas. La información climatológica ha sido extraída en series de diez años de la estación termoplueviométrica de Orihuela del Tremedal y de la estación de la REDSIAR de Prados Redondos (Guadalajara), para tener una recopilación de datos más completa.

En la siguiente tabla se adjunta un resumen de los valores anuales de las distintas temperaturas, expresadas en grados centígrados.

Tabla 6. Resumen de las temperaturas.

(°C)	T ^a media	T ^a máxima absoluta	T ^a media de las máximas	T ^a media de las máximas absolutas	T ^a mínima absoluta	T ^a media de las mínimas	T ^a media de las mínimas absolutas
ANUAL	9,54	24,90	14,63	18,82	-4,92	4,37	1,16

La precipitación media anual es de 634.9 mm, la humedad media anual 62.2% y la dirección de viento más representadas es la del Norte y Oeste, debido a la existencia del cierzo que tiene componente NO.

- Factor de pluviosidad de Lang: zona húmeda de bosques ralos.
- Índice de aridez de Martonne: zona húmeda.
- Índice termoplueviométrico de Dantin-Revenga: zona semiárida.
- Clasificación climática de Thornthwaite: fórmula B1 w B'3 b'3.
- Clasificación bioclimática UNESCO-FAO: clima templado medio con inviernos fríos, la aridez de tipo xérico mediterráneo subtipo atenuado.
- Clasificación climática de Papadakis: régimen térmico Patagoniano, Pa, con un tipo de invierno Avena fresca, av, y un verano Triticum fresco, t. teniendo en cuenta el régimen térmico, Pa, y de humedad, ME, la zona de actuación puede considerarse como una zona de clima Mediterráneo templado fresco.
- Clasificación climática de Rivas-Martínez: región Mediterránea, piso Supramediterráneo y subpiso medio, y ombroclima es subhúmedo.

5.- ESTUDIO DE LAS SOLUCIONES ADOPTADAS Y DESCRIPCIÓN .

A continuación se van a describir las labores realizadas necesarias para el establecimiento de la plantación. Se estiman aproximadamente un total de 18-20 meses de duración de las obras.

5.1.- CERRAMIENTO.

5.1.1.- CERRAMIENTO PERIMETRAL.

Para esta plantación se va a optar por la instalación de un vallado con valla tipo ganadera para evitar el paso de fauna silvestre como el jabalí y el ciervo, y el del ganado. Además, con este tipo de vallado se impide también el acceso de personas ajenas a la plantación, evitando así posibles hurtos.

Materiales.

- Malla galvanizada de 1,5m de altura con una luz o apertura de 14 x15 cm. Longitud total necesaria de 2972 m.
- Postes para anclar la malla de perfil tipo T de 60 X 60 X 7 de acero galvanizado y de 1,90m de altura. Distancia entre postes de 5 m, sobresaliendo 1,50m del suelo, reforzados con riostras. Serán necesarios 564 postes de este tipo.
- Postes para las riostras de perfil tipo L de dimensiones 40 x40 x 4 de acero galvanizado de 1,90 m de longitud para la mejor sujeción en cambios de dirección de la valla o en su defecto entre distancias que no superarán nunca los 100 m entre uno y otro poste. Serán necesarios 72 postes de este tipo.
- Para la mejor sujeción de todos los postes se introducirán en hoyos de 20 X 40 cm con aproximadamente 0.05 m³ cemento HM-20/P/20.

5.1.2.- PUERTA DE ACCESO.

Se van a colocar 5 puestas de acceso en la explotación, lo que permitirá un mejor manejo a la hora de realizar los riegos con tractor y cuba.

Las características de las puertas que se colocarán son las siguientes:

- Puerta de 5 m de anchura y 1,5m de altura de dos hojas de 2,5 m.
- Malla soldada galvanizada de las mismas características que la del vallado (14x15cm de luz).
- Montada sobre un marco con 2 refuerzos diagonales, formado por tubos de acero galvanizado de 48 mm de diámetro.
- Dos postes sobre los que se montará la puerta de 100 mm de diámetro y de 2 m de altura. Los postes se empotrarán en el suelo a una profundidad de 50 cm, al igual que los 2 refuerzos o tornapuntas acompañantes por poste, que serán de 50 mm de diámetro y altura de 2 m y 1 m respectivamente.
- La puerta estará provista de cerrojo con candado y pasadores de anclaje inferiores.

5.2.- PLANTACIÓN.

5.2.1.- PLANTA MICORRIZADA.

5.2.1.1.- HONGO.

La planta a utilizar estará micorrizada con *Tuber melanosporum*. Tiene numerosos nombres comunes: trufa, trufa negra, trufa negra de invierno, trufa de Perigod (español), tartuffo nero preggiatto (italiano), trufa d'ivern (valenciano) y trifola (piamontés), entre muchos otros. Es la trufa de mayor valor comercial de las que se recolectan en España. Es de forma globosa, irregular, lobulada (a veces) y tamaño variable. La época de recolección está comprendida entre mediados de noviembre y finales de marzo, siendo la tendencia actual anticipar la apertura y el cierre de la campaña de recogida.

5.2.1.2.- ÁRBOL HOSPEDANTE.

Para este proyecto se van a elegir el quejigo (*Quercus faginea Lam*), por ser el árbol que de forma natural produce trufas en la zona de actuación y porque está climáticamente muy adaptado, y la carrasca (*Quercus ilex spp. Ballota*) que de forma natural en la zona aparece en menor medida, destaca por su gran adaptabilidad y buenos resultados de producción de trufa. Además, al tratarse de un proyecto de gran superficie, las parcelas se sembrarán con estas dos especies, pero de forma independiente, es decir, cada parcela se sembrará de una especie, sin mezclarlas.

5.2.1.3.- VIVERO.

La planta se encargará a un vivero especializado que produce planta micorrizada, en envase, gracias a la utilización de las herramientas adecuadas para el correcto control y certificación de la micorrización.

Tras consultar varios viveros, precios, instalaciones de micorrización y constatar la calidad de las plántulas en numerosas plantaciones, el vivero que suministrará la planta micorrizada para la plantación será INOTRUF S.L y Viveros José Rozalén.

Los plantones suministrados serán de 1 savia y colocados en contenedores individuales de 450ml de capacidad, con estrías y puestos a su vez en bandejas de 20 para su adecuado manejo y transporte. Todos los plantones deberán ir acompañados de la etiqueta individual que certifique la correcta micorrización.

5.2.2.- PLANTACIÓN.

5.2.2.1.- PREPARACIÓN DEL TERRENO

La preparación del terreno antes de la plantación va a depender en gran medida de cuál era el uso anterior, en este caso cultivo de cereal. La importancia de la preparación previa del terreno radica fundamentalmente en favorecer la infiltración del agua, mejorar las condiciones de aireación y mejorar la exploración por parte de las raíces micorrizadas del suelo. Debido a la escasa pendiente, la preparación del terreno se realizará de forma mecánica no existiendo ninguna restricción al acceso de la maquinaria y sin ningún movimiento de tierras ni nivelado previo. Las labores preparatorias son las siguientes:

- 1º. Labor profunda de 40-50 cm, tras las primeras lluvias de otoño. Para realizar esta labor será necesario un tractor de unos 180 CV de doble tracción al que se le acoplará un subsolador de 5 brazos separados 0,5 m en forma angular.
- 2º. Tras el subsolado, una labor con arado de vertedera a unos 30-40 cm de profundidad. Para esta labor se utilizará un tractor de doble tracción de 120 CV, arado de vertedera trisurco reversible de tres cuerpos de 18 pulgadas cada uno.
- 3º. Unos 25 días antes de empezar la operación de marcaje y plantación. Se empleará un tractor de unos 120 CV de doble tracción con un cultivador 17 brazos tipo golondrina.

5.2.2.2.- SERVIDUMBRES A LA PLANTACIÓN.

Se guardará una servidumbre de 4 metros alrededor de todo el vallado lo que permitirá que la producción de trufa no salga de la parcela y además facilitará las labores mecanizadas tales como el laboreo y el riego con cuba.

5.2.2.3.- MARCO DE PLANTACIÓN.

Actualmente los marcos de plantación tienden a obtener densidades más bajas siendo los más utilizados 6x5, 6x6, 7x5, 7x7 que persiguen densidades en torno a 250-300 plantas/ha. Los más recomendados son los marcos reales (dos dimensiones iguales) ya que facilitan la mecanización y no producen áreas de sombra continuas.

Para este caso se ha optado por un marco de plantación real de 6x6 m obteniéndose una densidad teórica de 277pies/ha.

5.2.2.4.- REPLANTEO Y MARCAJE

El marcaje (floreo) de los puntos donde irán los plantones se realizará con maquinaria que disponga de GPS con buena precisión tras la preparación del terreno, no debiéndose hacer con lluvias o suelo helado.

5.2.2.5.- PLANTACIÓN.

5.2.2.5.1.- ÉPOCA DE PLANTACIÓN.

La época más adecuada para realizar la plantación es principios de abril, donde el riesgo de heladas y nevadas será menor.

5.2.2.5.2.- ADQUISICIÓN DE LOS PLANTONES.

Serán necesarios 2346 quejigos y 3625 carrascas de 1 savia en contenedor de 450cc, estriado, servido en bandejas de 20 plantas para su transporte. Estos envases, más grandes de los que se suelen emplear en los viveros para planta forestal, propician un buen crecimiento del cepellón, permitiendo desarrollar un buen sistema radicular para asegurar una buena micorrización, y una reducción del número de marras.

5.2.2.5.3.- APERTURA DE HOYOS.

La dimensión de los hoyos abiertos estará alrededor de 30 x 30 cm. Al no tratarse de hoyos excesivamente profundos, como pueden ser el caso de los utilizados en algunos frutales, la forma manual es la más apropiada, evitando así la compactación del terreno por las máquinas ahoyadoras.

5.2.2.5.4.- COLOCACIÓN DE LA PLANTA.

La planta se extraerá del contenedor con cuidado para que no se rompa el cepellón, se rellenará parcialmente la zanja con tierra hasta que la planta colocada quede verticalmente con el cuello de raíz a nivel del suelo. Después se rellenarán los huecos laterales disgregando los terrones y procurando no introducir piedras y se pisará ligeramente alrededor para compactar la tierra, evitando así queden bolsas de aire.

5.2.2.6.- PROTECTOR INDIVIDUAL.

En esta plantación se colocará un tubo protector de propileno de 60cm de altura degradable por planta, que le generará mejores condiciones de crecimiento y le propiciará protección del viento y de los pequeños mamíferos depredadores.

5.2.2.7.- RIEGO DE ASENTAMIENTO.

Se aportarán 10l de agua a cada una de las plantas, depositándola en los alcorques. Esta operación se realizará con una cuba de agua de 6000l de capacidad arrastrada por tractor agrícola de entorno a 120CV con doble tracción.

5.2.2.8.- REPOSICIÓN DE MARRAS.

Como en la mayoría de las plantaciones existe a posibilidad de que algunas plantas mueran tras el trasplante al no conseguir una buena adaptación. A pesar de que la planta será de buena calidad se considerará un 5 % de marras.

5.3.- SISTEMA DE RIEGO.

En este proyecto se ha decidido instalar un sistema de riego a presión localizado de microaspersión el séptimo año. A pesar de su mayor coste económico, es el sistema de riego que mejor se adapta a la morfología de las plantas, permitiendo una cobertura total del terreno. Este sistema de riego no supondrá grandes impedimentos en la realización de otras labores culturales cuando las tuberías principales están enterradas y permite una buena uniformidad en el riego con una relativa baja presión y caudal, lo que supone menores costes energéticos.

5.3.1.- EXTRACCIÓN DEL AGUA.

Para la extracción de agua del pozo habrá que presentar el modelo 884 de Declaración de aprovechamientos de agua pertinentes de Explotación y Aprovechamiento de aguas subterráneas ante el Instituto Aragonés del Agua del departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad.

El agua se extraerá de un pozo existente con un nivel dinámico medio del acuífero de aproximadamente 90 metros y un caudal máximo de extracción aprobado por el Instituto Aragonés del Agua de 65 m³/h.

5.3.2.- NECESIDADES HÍDRICAS DE LA PLANTACIÓN.

Para el cálculo de la cantidad de riego a aplicar y su distribución en el periodo de explotación de las trufas se tendrán en cuenta las recomendaciones propuestas por los distintos autores expertos en truficultura y las condiciones climáticas y del suelo de la parcela.

Para este proyecto se recomienda como norma general riegos cada 15-20 días que sumen junto con las precipitaciones volúmenes de 50 l/m² y mes en los meses de junio

y septiembre y de 60 l/m² y mes en julio y agosto, siendo julio el mes de máximas necesidades.

Tabla 7. Necesidades hídricas de la plantación.

L/m ²	JUNIO*	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL
Precipitación	61.1	25.7	35.2	45.2	167.2
Necesidades	50	60	60	50	260
Riegos	-	34.4	24.8	4.8	64

La irregularidad en las precipitaciones de la zona durante el verano y tras años en los que las precipitaciones en el periodo estival han sido prácticamente nulas, con meses donde no ha llovido nada, calcularemos el riego para la situación más desfavorable de la media, el mes de julio con una aplicación de 34.4 mm. Teniendo en cuenta una eficiencia de aplicación del 85% la cantidad bruta a aplicar en un mes será 40.5 mm.

Los riegos serán quincenales con una dosis de riego de 20.25 mm en el mes de máximas necesidades, julio.

5.3.3.- MARCO DE RIEGO.

El marco de riego elegido para la disposición de microaspersores es de 6x6 m, colocando el emisor en el centro de la distancia entre árbol y árbol.

5.3.4.- ELECCIÓN DEL MICROASPELADOR.

Microaspersores autocompensantes, recomendados para el riego subarbóreo, invernaderos y jardinería. Están diseñados para proporcionar un amplio rango de aspersión y una mayor resistencia a la obturación (poseen protección contra insectos y mecanismo de presión diferencial). Permite un riego uniforme, aportando a cada planta la misma cantidad de agua aun cuando se riegan áreas de topografía irregular y con líneas de suministro particularmente largas. Sus características son las siguientes: caudal de 110l/h, presión de trabajo dentro del rango 2-4,5 bar y un diámetro de acción de 8 m.

5.3.5.- SECTORIZACIÓN DEL RIEGO.

El periodo entre riegos para esta plantación será de 15 días y el número de sectores será de 13, teniendo estos un caudal medio de 57.171 m³. La sectorización en 13, permitirá regar la toda la superficie de la plantación sin necesidad de extraer caudales muy excesivos que implicarían la colocación de un equipo de bombeo de mayor tamaño que supondría mayor inversión y consumo de energía.

5.3.6.- CALENDARIO DE RIEGOS.

El tiempo entre riegos se va a considerar de 15 días con una duración en función del emisor que nos da un tiempo de riego de 6.62 horas. En estos dos turnos de riego por parcela y mes se suplirán las necesidades hídricas de la plantación, 40.5 mm/mes en julio, el mes más desfavorable.

Tabla 8. Calendario de riegos.

MES	Primer riego (días)	Segundo riego días)
JULIO	Del 1 al 13	Del 15 al 27
AGOSTO	Del 1 al 13	Del 15 al 27
SEPTIEMBRE	Del 1 al 13	Del 15 al 27

5.3.7.- SUBUNIDADES DE RIEGO

Para este proyecto se diseñarán y dimensionarán estas subunidades de forma que riego se realice de la forma más cómoda posible. En este caso se ha optado por el diseño de 13 subunidades de riego de superficie similar.

El lateral elegido para este proyecto y sus características son las siguientes:

- Material: Polietileno de baja densidad, PE 32.
- Diámetro nominal: 32 mm.
- Espesor: 2.4 mm.
- Diámetro interior: 27.2 mm.
- Presión máxima de trabajo: 4 bar.

Las tuberías terciarias estarán enterradas por lo que el material de estas será PVC según la UNE EN ISO 1452 con un PN 6.

En el caso de este proyecto las terciarias o bien, porque son muy largas, o bien, no son excesivamente largas, pero al alimentar laterales muy largos necesitan transportar caudales elevados, necesitan diámetros interiores grandes.

Esta solución consiste en utilizar a lo largo de la terciaria varios diámetros diferentes con el fin de optimizar el funcionamiento y de reducir el coste de la terciaria. En este proyecto la solución adoptada para cada subunidad es la utilización de un diámetro en un primer tramo y en el siguiente tramo otro diámetro comercial inferior que satisfaga correctamente las necesidades de funcionamiento de la terciaria y reduzca los costes.

Tabla 9. Resumen de las subunidades.

Sector	Sub.	L _{lat} (m)	DN _{lat} (mm)	L1 (m)	DN1 (mm)	L2 (m)	DN2 (mm)	Q _i (l/h)	P _i (mca)
1	1	2376	32	24	90	108	75	43560	23.4
2	2	2310	32	24	90	108	75	43560	23.4
3	3	2592	32	48	110	114	90	47520	21
4	4	2889	32	72	110	90	90	53460	21
5	5	3024	32	78	90	90	75	55440	23.5
6	6	2968	32	90	90	78	75	55440	23.6
7	7	2808	32	84	90	72	75	51480	23.9
8	8	2782	32	90	90	78	75	51480	23.7
9	9	2590	32	42	90	66	75	47740	24.9
10	10	3152	32	42	110	54	90	59840	25.9
11	11	3015	32	30	110	60	90	54450	26
12	12	2652	32	6	110	72	90	48620	26
13	13	2665	32	66	90	12	75	48620	27

Donde:

- L_{lat}: longitud total de lateral (m).
- DN_{lat}: diámetro nominal (mm) del lateral de PE PN4 (Norma UNE 53367)
- L1: longitud del primer tramo de terciaria (m).
- DN1: diámetro nominal (mm) del primer tramo de terciaria de PVC PN6 (norma UNE EN ISO 1452).
- L2: longitud del segundo tramo de terciaria (m).
- DN2: diámetro nominal (mm) del segundo tramo de terciaria de PVC PN6 (norma UNE EN ISO 1452).
- Q_i: caudal al inicio de la subunidad (l/h).
- P_i: presión requerida al inicio de la subunidad (mca).

5.3.8.- RED DE TRANSPORTE.

La red de transporte será la encargada de suministrar el agua necesaria a cada subunidad desde el pozo.

Las tuberías de la red de transporte de este proyecto irán enterradas por eso serán de PVC PN6 y PVC PN10, estando ambos tipos de tubería de acuerdo a la norma UNE EN ISO 1452, Sistemas de Canalización en Materiales Plásticos para Conducción de Agua y para Saneamiento Enterrado o Aéreo con Presión.

Tabla 10. Resumen de la red de transporte.

Línea	Tipo línea	Etiqueta nudo (-)	Caudal línea m ³ /h	L _{línea} (m)	Diámetro nominal (mm)	Material	Presión de trabajo (MPa)
1	Bomba	BOMBA BUZO	59,84	0,0	-	-	-
2	Impulsión	T. IMPULSIÓN	59,84	90,0	125	PVC	1,00
3	Tubería	FILTRADO	59,84	0,0	-	-	-
4	Tubería	SUB 1	43,56	151,0	110	PVC	0,60
5	Tubería	SUB 2	43,56	263,0	110	PVC	0,60
6	Tubería	SUB 3	47,52	8,0	110	PVC	0,60
7	Tubería	SUB 4	53,46	112,0	125	PVC	0,60
8	Tubería	SUB 5	55,44	170,0	125	PVC	0,60
9	Tubería	SUB 6	55,44	278,0	125	PVC	0,60
10	Tubería	SUB 7	51,48	328,0	125	PVC	0,60
11	Tubería	SUB 8	51,48	438,0	125	PVC	0,60
12	Tubería	SUB 9	47,74	429,0	110	PVC	0,60
13	Tubería	SUB 10	59,84	332,0	125	PVC	0,60
14	Tubería	SUB 11	54,45	235,0	125	PVC	0,60
15	Tubería	SUB 12	48,62	315,0	110	PVC	0,60
16	Tubería	SUB 13	48,62	405,0	110	PVC	0,60

5.3.9.- CABEZAL DE RIEGO.

El cabezal de riego está formado por el conjunto de dispositivos cuya misión es filtrar el agua extraída del pozo, regular las presiones y llevar acabo la programación del riego de riego. Para el caso de esta instalación de riego el cabezal estará formado por el equipo de filtrado y por los elementos de control y automatización.

5.3.9.1.- SISTEMA DE BOMBEO.

Para calcular la altura manométrica de la bomba será necesario determinar cuál es el nudo más desfavorable de la red de transporte, NMD. La aplicación de la ecuación de Bernoulli entre un nudo, n, y el origen, i, despreciando términos cinéticos, permite determinar la energía necesaria para la impulsión del agua por bombeo

El equipo de bombeo seleccionado es bomba de agotamiento sumergible, apta para el bombeo de agua. Se instalará en vertical. Sus características se recogen en la siguiente tabla

Tabla 11. Parámetros técnicos del sistema de bombeo.

Parámetros técnicos	Valores
Velocidad nominal de la bomba	2900 rpm
Caudal real calculado	60 m ³ /h
Altura manométrica de la bomba	143.7 mca
Cierre mecánico del motor	SIC/SIC
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B
Versión del motor	T30
Número de rodets	10

5.3.9.2.- SISTEMA DE FILTRADO.

Para este proyecto se ha decidido utilizar filtros automáticos de discos, para obtener la máxima calidad en la filtración y un mínimo consumo de energía en el proceso de contralavado. Concretamente se seleccionó un equipo autolimpiable en línea con elementos filtrantes de discos maniobrados de 3", con colectores de polietileno de alta densidad, de fácil instalación y que garantiza una adecuada resistencia y durabilidad.

5.3.9.3.- ELEMENTOS DE REGULACIÓN, CONTROL Y DISTRIBUCIÓN.

Con el fin de conseguir un adecuado funcionamiento y automatización de la instalación de riego, será necesario instalar una serie de elementos que permitirán un además un funcionamiento seguro. Estos elementos son: válvula de mariposa, válvula de esfera, válvula de retención o antirretorno, ventosas, un contador volumétrico y manómetros

Para la automatización del riego se instalarán electroválvulas y un programador de riego.

5.3.10.- CÁLCULO DE APERTURA DE ZANJAS.

Con el fin de evitar dificultar las labores culturales de la futura plantación se ha optado por la solución de enterrar las terciarias, así como las tuberías de la red de transporte.

Se realizarán las pertinentes zanjas de dimensiones adecuadas en función de las tuberías que discurrirán por ellas. Además, la zanja será aprovechada para introducir el cableado eléctrico que dará servicio a las electroválvulas que permitirán la automatización del riego.

En el caso de las terciarias, para cada una de ellas se abrirá una zanja para cada una, ensanchándose en los puntos de unión entre las terciarias y los laterales, así como los lugares donde vayan a ir las arquetas. Posteriormente se nivelará y refinará cuidadosamente el fondo de la zanja, usándose para ello una cama de 10 cm de arena. Las dimensiones de las zanjas serán de 50 cm de ancho por 60 cm de profundidad.

Total de volumen de tierras a excavar de las terciarias:

$$0.6 \times 0.5 \times 1662 = 498.6 \text{ m}^3$$

Cantidad de arena de lecho:

$$0.5 \times 0.1 \times 1662 = 83.1 \text{ m}^3$$

Las zanjas que contendrán las tuberías de la red de transporte del mismo modo que las zanjas de las terciarias, tendrán 0,6 metros de profundidad y una anchura variable en función de número de tuberías que contenga. De esta forma la anchura de la zanja vendrá dada por la suma de los diámetros de las tuberías que contenga, más 25 cm a cada extremo. En el caso de la red de transporte se moverán 639.61 metros cúbicos y serán necesarios 106.64 metros cúbicos de arena para el lecho.

El volumen total de tierra a extraer en la apertura de zanjas será la suma de las zanjas de las terciarias más las de la red de transporte, dando lugar a un total de 1138.21 metros cúbicos de tierra a extraer y 189.74 metros cúbicos de arena para el lecho.

6. CUIDADOS CULTURALES DE LA PLANTACIÓN .

La plantación va a requerir una serie de cuidados en función de la edad de la plantación. A continuación, se van a resumir las principales labores a realizar en la plantación según la edad de la misma.

Periodo de colonización

Hasta el año 5 tras la plantación (este periodo puede variar entre 4 y 8 años).

- Laboreo y escarda. Dos veces al año: al final de la primavera y al comienzo del otoño.
- Riego de apoyo con cuba. De 3 a 4 riegos entre junio y septiembre cada 20 días. Hasta el año 7, año en que se implantará la instalación de riego.
- Poda manual. Desde el año 4 tras la plantación. Una vez al año desde mitad a finales del invierno.

Periodo de asentamiento

Desde el año 5 hasta el año 10 (puede variar desde los 4-8 años hasta los 10-12).

- Laboreo. Superficial y una vez al año, desde mitad del invierno al comienzo de la primavera.
- Riego de apoyo con cuba hasta el año 7. Tras la instalación del riego por microaspersión realizar riegos cada 15-20 días entre junio y septiembre.
- Poda manual. Una vez al año desde mitad a finales del invierno.

Periodo de explotación

A partir del año 10-12 hasta el envejecimiento de la plantación.

- Laboreo. Superficial y una vez al año, desde mitad del invierno al comienzo de la primavera.
- Riego por microaspersión cada 15-20 días entre junio y septiembre.
- Poda manual. Una vez al año desde mitad a finales del invierno.

Se luchará con cualquier patógeno en la época que sea si se detecta la presencia de este.

7.- ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN.

Por hectárea el flujo de caja es igual a 200.888,00€/ha para todo el periodo (40 años) y 5.007,22€/ha y año, lo que aparentemente lo convierte en un cultivo con buenas perspectivas y una buena alternativa al actual improductivo cultivo del cereal.

Con un tipo de interés del 4,5% para todo el período considerado, se obtiene un V.A.N= 1.274.353,06€

Para los supuestos planteados se obtiene un T.I.R de 13,6%. No obstante se ha hecho teniendo una tendencia bajista de los precios de la trufa.

8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.

Resumen de presupuesto	
Capítulo	Importe (€)
1 Zanjas.	11.730,03
2 Red de transporte.	18.034,66
3 Subunidades.	68.311,32
4 Cabezal.	24.763,00
5 Plantación.	63.796,47
6 Instalación de vallado.	25.377,85
Presupuesto de ejecución material (PEM)	212.013,33
13% de gastos generales	27.561,73
6% de beneficio industrial	12.720,79
Suma	252.295,85
21% IVA	52.982,13
Presupuesto de ejecución por contrata	305.277,97

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de TRESCIENTOS CINCO MIL DOSCIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y SIETE EUROS

Orihuela del Tremedal (Teruel)
Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural.
Fdo: Carlos Casas Martínez

DOCUMENTO I
ANEXOS DE LA MEMORIA

ÍNDICE DEL DOCUMENTO

ANEXO 1: FUNDAMENTOS Y BIOLOGÍA DE LA TRUFA NEGRA.

ANEXO 2: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.

ANEXO 3: ANÁLISIS DEL SUELO.

ANEXO 4: ECOLOGÍA DE LA TRUFA.

ANEXO 5: ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN.

ANEXO 6: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO.

ANEXO 7: LA BORES CULTURALES DE LA PLANTACIÓN.

ANEXO 8: ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN

ANEXO 9: PARCELAS SIGPAC.

ANEXO 1: FUNDAMENTOS Y BIOLOGÍA DE LA TRUFA NEGRA.

ÍNDICE DEL ANEXO

	Página
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- EL GÉNERO TUBER.....	1
2.1.- MORFOLOGÍA.....	1
2.2.- ESPECIES DEL GÉNERO <i>TUBER</i> REPRESENTADAS EN ESPAÑA.....	2
3.- LAS MICORRIZAS.	5
3.1- LA SIMBIOSIS DE LA TRUFA NEGRA.....	6
3.2.- EL PAPEL DE LAS MICORRIZAS.	6
4.- CICLO BIOLÓGICO DE LA TRUFA.....	7

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Figura 1. Ciclo biológico de la Trufa negra. Fuente: Reyna, S., 2007, Truficultura. Fundamentos y técnicas.	8

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Especies de trufa representadas en España. Fuente: Reyna, S., 2011, Truficultura. Fundamentos y Técnicas.	2

1.- INTRODUCCIÓN.

Las trufas comestibles que a día de hoy se conocen, se encuadran dentro del género *Tuber*, familia *Tuberaceae*, orden Pezizales, clase *Ascomycetes*, subdivisión *Ascomycotina*, división *Ascomycota* y reino *Fungi*. La familia *Tuberaceae* está compuesta por los géneros *Tuber*, *Paradoxa* y *Choiromyces*.

La trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) es un hongo simbiote Ascomiceto que produce esporas en ascas, cuya fructificación en cuerpos fructíferos tiene lugar bajo tierra (hipogea), característica que la incluye dentro de la familia de las tuberáceas, perteneciente al género *Tuber*.

2.- EL GÉNERO TUBER.

Este género constituye el grupo de mayor importancia dentro del familia debido a su eleva apreciación en el mercado y los buenos precios que puede llegar a alcanzar. Es por esto, que ha sido uno de los géneros de la familia de las Tuberáceas más estudiado a la vez que ha dado lugar a numerosas sinonimias y confusiones en los nombres científicos de las más de 150 especies comprendidas en el género que a día de hoy se conocen. Según numerosos autores, se producen alrededor de una treintena de especies del género *Tuber* en Europa, así como varias especies exóticas (trufas chinas).

2.1.- MORFOLOGÍA.

Una de las características que mayor distinción da al género *Tuber* son los cuerpos fructíferos hipogeos. Su forma más extendida es la subglobosa o tuberiforme dentro de un amplio rango de tamaños. En algunas especies presenta una foseta basal más o menos pronunciada que puede llegar a convertirse en una marcada cavidad interna. Mediante las características morfológicas del cuerpo fructífero se puede distinguir la trufa negra, *Tuber melanosporum* Vitt., de otras especies del género que también producen carpóforos.

El cuerpo fructífero o carpóforo está recubierto por una capa externa protectora, fuerte y resistente que recibe el nombre de peridio. Es una estructura pseudoparenquimatosa de aspecto variable: liso, aterciopelado, papiloso, cuarteado, poligonal o verrugoso. En su interior se encuentra la gleba, productora de esporas.

La gleba es el macizo fértil que contiene las esporas y está recorrido por venas blanquecinas de distribución difusa o convergente hacia la parte basal que facilitan la respiración del hongo y que suelen ser de colores claros tales como el blanco o en blanco-amarillento. El color, densidad, grosor y forma de las venas constituye un elemento taxonómico clave. Es de consistencia variable: tierna blanda, dura o cartilaginosa.

La ascas son los sacos que contienen las esporas. Presentan formas elipsoidales, dominado las subglobosas y globosas provistas en muchas de las especies de un pedicelo más o menos desarrollado. Carecen de mecanismos de apertura mecánica.

Las esporas, denominadas en este caso ascosporas, son elipsoidales o subglobosas, no amiloides. Presentas coloración en tonos amarillo-pálidos y marrones y están ornamentadas con espínulas o retículos. Están contenidas en las sacas en un número variable que varía según especies.

Su desarrollo hipogeo hace que carezcan de mecanismos de dispersión de esporas por lo que dependen del deterioro del cuerpo fructífero en la naturaleza y sobre todo de animales que son denominados vectores, pues pueden dispersar las esporas por el medio tras ser encontradas por estos, que son atraídos por su fuerte aroma.

2.2.- ESPECIES DEL GÉNERO *TUBER* REPRESENTADAS EN ESPAÑA.

En España pueden encontrarse en torno a una veintena de especies de las aproximadamente treinta existentes en Europa. De forma general todas las especies del género son comestibles, aunque existentes grandes diferencias organolépticas entre ellas, siendo la más apreciada indudablemente la trufa negra.

Tabla 1. Especies de trufa representadas en España. Fuente: Reyna, S., 2011, Truficultura. Fundamentos y Técnicas.

CONSUMIDAS	NO CONSUMIDAS
<i>Tuber melanosporum</i>	<i>Tuber asa</i>
<i>Tuber borchii</i>	<i>Tuber dryophilum</i>
<i>Tuber brumale</i>	<i>Tuber excavatum</i>
<i>Tuber aestivum</i>	<i>Tuber hiemalbum</i>
<i>Tuber mesentericum</i>	<i>Tuber levissimum</i>
<i>Tuber uncinatum</i>	<i>Tuber maculatum</i>
<i>Tuber uncinatum</i>	<i>Tuber malençonii</i>

La mayoría de las especies anteriormente citadas están relacionadas con ambientes mediterráneos y están asociadas a las especies de los géneros *Quercus* o *Pinus*.

A continuación, se van a describir las especies más importantes en cuanto a producción, calidad organoléptica y apreciación de mercado.

La trufa negra de invierno, *Tuber melanosporum* Vitt. (= *T. nigrum* Bull).

Trufa negra, trufa de invierno o trufa de Périgord entre muchos otros sinónimos. Se desarrolla principalmente en Francia, Italia y España. Su fino aroma, agradable, muy intenso y penetrante es característico y persistente. Presenta madurez escalonada entre noviembre a abril. Por su exquisito sabor, es la de mayor valor gastronómico y la más apreciada de las trufas españolas. Alcanza los máximos precios del mercado, tan sólo superados por la trufa blanca de Piamonte (*Tuber magnatum* Pico), únicamente localizada en Italia.

Forma irregular, más o menos redondeada, a veces lobulada, con un tamaño muy variable, de 1-10 cm de diámetro, que pesa, generalmente entre 20-200 g, aunque se han catalogado ejemplares próximos a 1 kg de peso. Cabe destacar que su aspecto y tamaño dependen de la época del año en que se recolecta.

El peridio es de color negro brillante y a veces con algún tono rojizo marrón entre las hendiduras de las irregularidades cuando está en las fases de inmadurez. Tiene un relieve muy rugoso, con la superficie cubierta de verrugas de 3 a 5mm de altura, tronco-piramidales con 4-6 caras poligonales y con el extremo hundido.

La gleba es consistente, blanca en los individuos inmaduros, que va oscureciendo hasta alcanzar un tono negro-violáceo cuando alcanza la madurez. Está recorrida por

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

numerosas venas finas, sinuosas, laberínticas, blancas, bien definidas, que enrojecen algo al entrar en contacto con el aire y que están flanqueadas por dos líneas paralelas. Las venas están muy ramificadas, confusamente dándole un aspecto marmóreo. Se caracteriza por un olor intenso y persistente.

Ascas globosas, pedunculadas que miden 120 x 100 µm y contienen de 1-4 ascosporas, encontrándose a veces hasta 6. Las ascosporas son elipsoideas, grandes (35 x 26 µm) y opacas. Presentan una coloración parda, marrón oscuro y están provistas de cortas espínulas.

Aparece asociada, en simbiosis ectomicorrícica, de forma natural en España con la encina, el quejigo, la coscoja, el tilo, el roble pubescente y el avellano.

Se recolectan con la ayuda de perros adiestrados que con su potente olfato son capaces de localizarlas bajo tierra.

Trufa machenca, trufa de otoño, *Tuber brumale* Vitt.

Especie abundante en España, que suele encontrarse en aquellas zonas donde se desarrolla *Tuber melanosporum*, soportando los terrenos pesados, húmedos y menos calizos. Aparece asociada a las especies del género *Quercus*, pero parece tener mayor preferencia a aparecer en los avellanos. Madura desde noviembre hasta febrero. Posee un aroma intenso, persistente y un tanto agradable. Es menos apreciada que la trufa negra, de la que normalmente no se distingue, muchas veces ni tan siquiera por los propios productores y comerciantes.

Forma globosa algo irregular, tamaño variable de unos 2-6 cm de diámetro, presentando en ocasiones una pequeña fosa basal.

El peridio tiene una coloración negra, nunca rojiza antes de la madurez. Rugoso con verrugas y de ápice basal excavado de 1 a 3 mm de altura que se desprende con facilidad simplemente con el roce entre las trufas o con el manipulado de las mismas.

La gleba es de color marrón oscura a grisácea, aunque en numerosas ocasiones se presenta como blanca-grisácea total dependiendo del estado de madurez. Vetas no muy numerosas, anchas, de color blanco y con márgenes translúcidos.

Las ascosporas son de color marrón claro de tamaño del orden de 31 x 22 µm y están rodeadas por espínulas de 4-5 µm de longitud. Las ascas son elíptico-globosas de 100x70 µm aproximadamente y poseen, en ocasiones, un corto pedicelo, conteniendo entre 1-5, e incluso 6 esporas.

Es una trufa bastante apreciada, aunque menos que la trufa negra. Su cultivo está muy extendido en Cataluña utilizando como especie hospedante el avellano.

La trufa de verano, *Tuber aestivum* Vitt.

Aparece en las mismas zonas que *Tuber melanosporum*. Su olor es agradable mucho menos penetrante y persistente que el de la trufa negra. Su maduración se escalona desde julio hasta septiembre, aunque se puede prolongar hasta el invierno. Con un sabor discreto de seta, se comercializa frecuentemente en el mercado interior situándose su valor entre 1/3 y 1/5 de la trufa negra.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

La forma es globosa, irregular, de tamaño variable y oscila entre 1 y 10 cm de diámetro.

El peridio es de color negro o negro-marronáceo brillante, con verrugas poligonales de 4 a 7 mm de altura, deprimidas en su ápice y con estrías transversales. El gran tamaño de las verrugas es uno de los caracteres más distintivos de este tipo de trufas.

La gleba es blanca en los individuos inmaduros y va tomando color avellanado conforme va madurando. Está recorrida por gran cantidad de venas blancas sinuosas y muy finas.

Las ascas son globosas, pedunculadas escasamente, con un diámetro medio comprendido entre los 60-90 μm para el eje mayor y 55-70 μm para el eje menor. Contienen entre 1 y 4 ascosporas, rara vez 6. Las esporas son globosas (más redondeadas que las de *Tuber melanosporum*), retículo-alveolares, de color marrón claro y de tamaño del orden de 18-28 μm en su eje menor y 25-36 μm en el mayor.

Esta trufa es una de las que con más frecuencia puede adquirirse en los comercios españoles.

Trufa de pino, trufa borde, *Tuber mesentericum* Vitt.

Se desarrolla en las mismas zonas que el *Tuber melanosporum* y madura de septiembre a diciembre. Muy similar a la trufa de verano, pero con un olor muy débil y suave que recuerda al alquitrán, pudiendo ser desagradable si no se deja airear un poco.

Es muy similar a *Tuber aestivum* en lo que a lo físico se refiere. La forma es globosa, irregular de tamaño variable y oscila entre 5 y 6 cm de diámetro. Peridio menos brillante, de color negro y con verrugas poligonales (generalmente más pequeñas). La gleba presenta tonalidades marrones.

Las esporas son elípticas, subglobosas, marrón claras y de tipo alveolado. Aparecen en el interior de ascas en grupos de 1 a 5 esporas.

Trufa blanca del Piamonte, *Tuber magnatum* Pico.

Trufa blanca de Piamonte, trufa de Alba o trufa de los magnates. Su producción se localiza prácticamente en su totalidad en Italia. Su aroma exquisito, recuerda al del ajo y al queso siendo un comestible muy apreciado y la más reputada de todas las trufas, ya que habitualmente se comercializa con una cotización que llega a ser hasta cinco veces superior a la de *Tuber melanosporum*.

La forma es tuberiforme, con un tamaño no muy grande comprendido entre una avellana y un huevo.

El peridio liso, delgado, solo a la lupa se observan finas verrugas. Tiene un color ocráceo y amarillento pálido.

La gleba que es inicialmente blanquecina que con la madurez se torna de gris rosada a oscura. Atravesada por numerosas vetas blancas, finas, siendo la carne dura, compacta y de tacto jabonoso.

Las ascas son globosas, subovoides y contienen de 1-4 ascosporas que son subglobosas, retículo alveoladas y en la madurez de color amarillo ocre.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

A pesar de numerosos años de investigación y experimentación en el ámbito viverístico para la producción micorrizada, a día de hoy todavía no se ha conseguido el éxito que con la trufa negra.

Royo, trufa roja, trufa borde, *Tuber rufum* Pico ex Fries.

Es de las especies más ampliamente difundidas, pero carece de valor comercial siendo de interés precisamente por su abundancia, que frecuentemente despista a los perros truferos. Tiene un olor agradable, pero es muy débil y solo se produce cuando alcanza su madurez, que coincide con la del *T. melanosporum*.

Tamaño pequeño, no suelen sobrepasar los 2-3 cm. Puede ser regularmente redondeada, presentar una pequeña fosa basal o ser irregularmente lobulada.

El peridio está recubierto por unas finísimas verrugas, de color marrón rojizo no siendo muy espeso.

La gleba es de color grisácea, a veces algo rojiza, recorrida por venas blancas claras.

Las ascas son pedunculadas y tiene forma de maza, encierran 3-4 esporas. Las ascosporas son traslucidas, elípticas y con cortas espínulas.

3.- LAS MICORRIZAS.

La trufa está incluida en el grupo de hongos denominados simbioses, es decir, necesitan asociarse a las raíces más delgadas de ciertas plantas como las encinas, los robles o los quejigos; sin esta asociación sería incapaz de sobrevivir. Estas simbiosis reciben el nombre de micorriza.

Una micorriza se trata básicamente de una raicilla fina rodeada y penetrada en mayor o menor medida por el micelio del hongo simbiote. Esta relación supone un beneficio mutuo, el hongo recibe productos orgánicos sintetizados procedentes de la planta superior y la planta obtiene ventajas en la absorción de solutos minerales y agua del suelo, mejorando el metabolismo del fósforo y del nitrógeno. También pueden mejorar la absorción de minerales poco móviles o que se encuentran a tan baja concentración que la planta por sí sola no podría absorberlos.

En función de la penetración del hongo las micorrizas pueden clasificarse en los siguientes grupos:

Micorrizas endotróficas o endomicorrizas.

El micelio se sitúa en el interior de las células de la raíz y solo es apreciable mediante la observación de secciones de la misma al microscopio. Dentro de esta se distinguen las micorrizas ericoides, las orquidoides y las arbusculares (AM). Estas últimas son de especial interés en plantas agrícolas y forrajeras dándose en el 80-90% de los vegetales.

Micorrizas ectotróficas o ectomicorrizas.

Son el tipo de micorrizas más comunes en las condiciones forestales de España y a él pertenecen las micorrizas de trufa formadas con las especies a las que se asocia. En este tipo de micorrizas el hongo forma un manto o vaina alrededor de la raíz y penetra intercelularmente en las primeras capas de células formando la red de *Hartig*.

Micorrizas ectendotróficas o ectendomicorrizas.

Presentan características comunes a las anteriormente descritas: forman manto, existe red de Harting y se produce la entrada del hongo en las células de la raíz.

3.1- LA SIMBIOSIS DE LA TRUFA NEGRA.

Las micorrizas formadas por la trufa negra son del tipo ectotrófico o ectomicorrizas anteriormente descritas. En las masas forestales arboladas de zonas templadas es una de las formas simbióticas más extendidas, apareciendo en la mayoría de especies tales como el pino, abeto, encina, rebollo, quejigo, coscoja, avellano, haya, abedul y castaños, entre otros. Forman este tipo de micorriza algunos hongos como *Lactarius* (rebollones) y *Boletus* (Boletos) que tienen una gran apreciación gastronómica.

Esta asociación se produce en las raíces más finas de la planta y ápices radiculares, siendo muy difíciles de apreciar pues no suelen superar los 2-3 mm de longitud y los 0.3-0.5 mm de grosor.

La estructura de las micorrizas de trufa negra está compuesta por las siguientes partes, detalladas a continuación:

-El manto, recubrimiento del micelio alrededor de la raíz. Condiciona el color de las micorrizas pudiendo ser estas negras, blancas, azuladas, rojizas etc. El manto es variable según las especies apareciendo distintas estructuras de las hifas: el plectenquimático, malla más o menos fibrosa donde se distinguen las hifas, y el pseudoparenquimático con una estructura de aspecto celular, parecida a los parénquimas, donde no se distingue las hifas; este último tipo de manto es al que pertenece el género *Tuber*, presentando el manto un dibujo de tipo puzle que las hace muy distinguibles.

-La red de Hartig. Está formada por las hifas procedentes del manto que penetran intercelularmente en las primeras capas de células de la raicilla, zona conocida como el córtex.

-Espínulas. Hifas más o menos largas, presentes en la parte exterior del manto y que se extienden por el perfil del suelo. Su forma y tamaño varía según las especies de hongos, siendo para el caso de la trufa negra tabicadas, rectas, largas, de 200-300 μ hasta 600 μ , con ramificaciones en ángulo recto.

3.2.- EL PAPEL DE LAS MICORRIZAS.

Las micorrizas provocan números efectos beneficios en las plantas vasculares. No obstante, estos beneficios deben contemplarse tanto desde el punto de vista del árbol como el del hongo.

Algunos de estos efectos beneficios en la planta son:

-Mejoran la capacidad de absorción de nutrientes al inducir el engrosamiento y la división celular, aumentando de esta manera la superficie de contacto entre la raíz y el suelo.

-Ampliación del sistema radical a través del micelio, el cual absorbe sustancias simples que luego pasan a la raíz y el árbol a través de la micorriza, mejorando el nivel de asimilación de macronutrientes (nitrógeno, potasio y fósforo).

-Las plantas micorrizadas presentan mayor competitividad en la absorción de agua. Mayor tolerancia a situaciones de estrés como las enfermedades o la sequía.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

- Mejoran la estructura del suelo, favoreciendo el drenado y el aireado.
- Permite a la planta desarrollarse en suelo con condiciones edáficas desfavorables.
- Mejoran sistema de defensa contra enfermedades criptogámicas, por su mayor vitalidad y por su capa biológica de protección constituida por el manto fúngico de las micorrizas que supone una barrera a los agentes parasitarios. Además, como es caso de la producción de ciertos antibióticos por parte de la trufa evita la competencia de otras especies forestales.
- En la fase de viveros favorece el desarrollo de la planta y la acumulación de reservas por lo que la adaptación tras el trasplante será mejor.

Por otra parte, los beneficios que obtiene el hongo son los siguientes:

- Los azúcares elaborados en las hojas son transportados hasta las raíces donde el hongo es capaz de absorberlos.
- Las micorrizas constituyen un núcleo de pervivencia del hongo, produciéndose a partir de estas la propagación del hongo en el sistema radical del árbol y hacia otros árboles próximos.

4.- CICLO BIOLÓGICO DE LA TRUFA.

Este se puede dividir en dos etapas. No obstante, resulta de vital importancia una adecuada diseminación de esporas durante los meses de febrero y marzo. Cuando las trufas están maduras y sus esporas son viables para germinar deben ser liberadas. La emisión de olores conforme avanza la madurez atraerá a todo tipo de vertebrados que serán los vectores encargados de la diseminación de las esporas (jabalíes, tejones, roedores, zorros...)

Etapa vegetativa.

Transcurre desde la germinación de esporas hasta la fructificación, pasando por una fase miceliar corta y una fase micorrízica larga.

- Germinación y formación del micelio. Una vez diseminadas las esporas, cuando se alcanzan la temperatura y la humedad adecuada (abril-mayo) la espora germina emitiendo un filamento muy fino de micelio que ramifica rápidamente. Posteriormente, tras la germinación se produce un micelio que entra en contacto con la raíz la que micorrizará.
- Infección primaria de raíces. El filamento miceliar se introduce y explora en suelo en busca de raicillas, las cuales debe encontrar lo antes posible pues sus nutrientes de reserva son limitados. Cuando el filamento entra en contacto con la raíz se producen una serie de transformaciones morfológicas y funcionales que desembocarán en la formación de la ectomicorriza. El hongo no llega a penetrar en el interior de las células por lo que el intercambio se realiza a través de las superficies de contacto. Del manto partirán de nuevo hifas para propagar la infección hacia raicillas próximas. Esta fase tiene lugar entre marzo y mayo.
- Infección secundaria. Este proceso tiene lugar entre abril y mayo del quinto al décimo año aproximadamente tras la plantación. A partir de micorrizas primarias el micelio coloniza el suelo encontrando nuevas raicillas y formando micorrizas secundarias;

conforme el árbol va creciendo se generan nuevos ápices radicales susceptibles de ser colonizados. En esta fase se produce la formación de glómérulos que son apelonamientos de micorrizas.

Etapa reproductora.

Comprende la fructificación y producción de la trufa.

-Formación de las trufas o carpóforos. Este proceso tiene lugar entre abril y mayo de quinto al décimo año. Los filamentos miceliare se especializan, agrupándose y compactándose hasta dar lugar al primordio de la trufa o trufilla. Su supervivencia y el engrosamiento del carpóforos, dependerán de las buenas condiciones climáticas y ambientales.

-Fase saprofítica del carpóforo. Entre junio y julio el carpóforo se separa de las micorrizas y sobrevive a base de las sustancias orgánicas del suelo, engrosándose hasta finales del otoño. A lo largo de esta etapa pasa por una fase de crecimiento acelerado comprendida entre agosto y mediados de septiembre, siendo la lluvia primordial en estos meses para obtener buenos resultados, para madurar escalonadamente a lo largo del invierno.

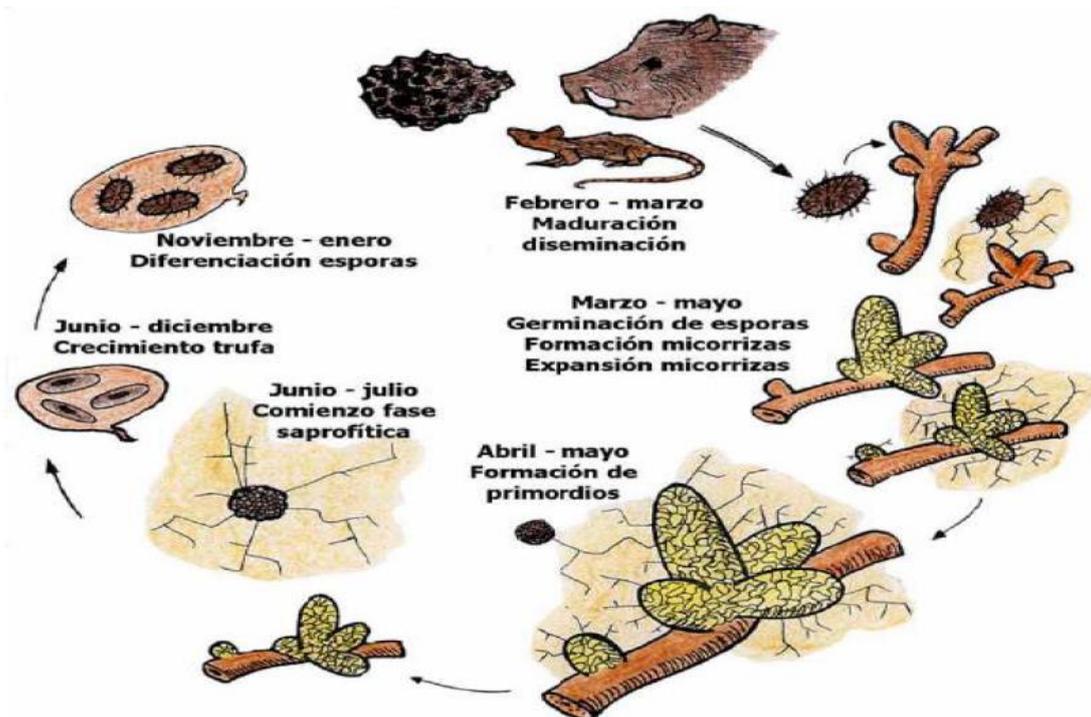


Figura 1. Ciclo biológico de la Trufa negra. Fuente: Reyna, S., 2007, Truficultura. Fundamentos y técnicas.

ANEXO 2: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

ÍNDICE DEL ANEXO

	Página
1.-INTRODUCCIÓN.	1
2.- ELECCIÓN DEL OBSERVATORIO.	1
3.- DATOS CLIMÁTICOS.	1
3.1.- TEMPERATURAS.....	1
3.1.1.-PERIODOS DE HELADAS.	2
3.2- PRECIPITACIONES.....	3
3.3.- HUMEDAD RELATIVA.	4
3.4.- VIENTO.....	5
3.5.- RADIACIÓN Y HORAS DE SOL.	6
3.6.- DÍAS DE NIEBLA Y DE HELADAS.	6
4. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	6
4.1.- FACTOR DE PLUVIOSIDAD DE LANG.	6
4.2.- ÍNDICE DE ARIDEZ DE MARTONNE.	7
4.3.- ÍNDICE TERMOPLUVIOMÉTRICO DE DANTIN-REVENGA.	8
4.4.- CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE.	8
4.5.-CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO-FAO.	12
4.6.-CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE PAPADAKIS.	16
4.7.- CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE RIVAS-MARTÍNEZ.	20
5.- RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución mensual de las precipitaciones.....	3
Figura 2. Distribución mensual de la humedad relativa.	4
Figura 3. Distribución anual de los vientos. Fuente: Windfinder.	5
Figura 4. Diagrama ombrotérmico de Orihuela del Tremedal (Teruel).	14

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Resumen de las temperaturas (en °C).	2
Tabla 2. Resumen de las precipitaciones.....	3
Tabla 3. Distribución estacional de la precipitación, en mm.	3
Tabla 4. Resumen la humedad relativa.....	4
Tabla 5. Resumen de los datos referentes al viento.....	5
Tabla 6. Resumen de la radiación y horas de sol.....	6
Tabla 7. Resumen de días medios mensuales de niebla y heladas.	6
Tabla 8. Zonas climáticas según Lang.....	7

Tabla 9: Zonas climáticas según Martonne.....	7
Tabla 10. Zonas climáticas según Dantin-Revenga.	8
Tabla 11. Coeficientes para la corrección de la ETP debida a la duración media de la luz solar para un determinado mes y altitud, J. Almorox.	9
Tabla 12. Resumen de los diferentes parámetros para el cálculo de la ETP.....	9
Tabla 13. Resumen de los valores necesarios para la clasificación de Thornthwaite..	10
Tabla 14. Índice de humedad Thornthwaite.	11
Tabla 15. Variación estacional de la humedad efectiva Thornthwaite.	11
Tabla 16. Eficacia térmica de Thornthwaite.	12
Tabla 17. Concentración de la eficacia térmica en verano (Cv).	12
Tabla 18. Grupos clasificación UNESCO-FAO.....	13
Tabla 19. Clasificación del grupo 1, UNESCO-FAO.....	13
Tabla 20. Umbrales caracterización del invierno, UNESCO-FAO.	13
Tabla 21. Clasificación según el periodo de sequía, UNESCO-FAO.....	14
Tabla 22. Coeficiente dependiente de la humedad relativa del aire.	15
Tabla 23. : Resumen clasificación climática UNESCO-FAO.	15
Tabla 24. Subdivisión por aridez para el grupo térmico 1: Cálido, templado-cálido y templados. UNESCO-FAO.....	16
Tabla 25. Tipos de invierno de Papadakis.	17
Tabla 26. Tipos de verano según Papadakis.	18
Tabla 27. Régimen térmico de Papadakis.....	19
Tabla 28. Horizontes bioclimáticos Región Mediterránea. Rivas-Martínez.	21
Tabla 29. Ombroclimas Región Mediterránea. Rivas-Martínez.	22

1.-INTRODUCCIÓN.

Antes de establecer la plantación, es necesaria la realización de un estudio de la climatología de la zona, ya que las variables climáticas tales como la temperatura y la precipitación van a determinar junto con los requerimientos de la trufa, la posibilidad de la implantación de la explotación.

2.- ELECCIÓN DEL OBSERVATORIO.

Para la obtención de datos climatológicos se van a utilizar las estaciones más representativas de la zona de actuación. La estación termopluviométrica de la Dirección General de Aragón situada en el término municipal de Orihuela del Tremedal y para completar el resto de datos, por cercanía y similitud altimétrica (238 metros de diferencia respecto a la zona de actuación), la de Prados Redondos (Guadalajara) perteneciente a la Red SIAR. La información sobre la ubicación de dichas estaciones se detalla a continuación:

-Termopluviométrica de Orihuela del Tremedal:

-Altitud: 1.447 m.s.n.m.

-Longitud: 1°39'02"O.

-Latitud: 40°33'00"N.

-Estación de Prados Redondos:

-Distancia a la zona de actuación: 45 km.

-Altitud: 1162 m.s.n.m.

-Longitud: 1° 47' 39" O.

-Latitud: 40° 47' 6" N.

3.- DATOS CLIMÁTICOS.

Se van a utilizar series climáticas de al menos diez años. Para la estación termopluviométrica de Orihuela la serie utilizada es 2006-2016 y para la estación de Prados Redondos 2008-2017.

3.1.- TEMPERATURAS.

Datos pertenecientes a la estación termopluviométrica de Orihuela del Tremedal:

Tabla 1. Resumen de las temperaturas (en °C).

Mes	T ^a media	T ^a máxima absoluta	T ^a media de las máximas	T ^a media de las máximas absolutas	T ^a mínima absoluta	T ^a media de las mínimas	T ^a media de las mínimas absolutas
Enero	1,4	16,52	4,97	9,85	-12,87	-2,14	-6,2
Febrero	1,36	16,99	5,33	13,3	-9,49	-2,65	-5,8
Marzo	4,77	20,42	9,88	15,8	-8,02	-0,56	-3,4
Abril	7,28	23,48	12,39	18,81	-5,17	2,06	-0,5
Mayo	11,71	27,18	17,58	21,62	-2,46	5,8	3,1
Junio	16,97	32,61	23,28	27,35	1,44	10,49	6,7
Julio	19,99	34,35	27,26	29,37	3,12	12,6	8,1
Agosto	19,26	34,84	26,24	28,24	2,65	12,24	9,25
Septiembre	14,76	30,24	20,53	21,9	-0,84	8,93	7,5
Octubre	10,32	25,71	14,71	17,73	-5,48	5,86	2,5
Noviembre	4,79	19,65	8,3	12,57	-9,33	1,24	-2,25
Diciembre	1,83	16,81	5,07	9,31	-12,6	-1,39	-5,1
ANUAL	9,54	24,90	14,63	18,82	-4,92	4,37	1,16

La temperatura mínima absoluta para el mes más frío, enero, es -12.87°C. Aunque es un dato excepcional propio de una ola de frío, deberá tenerse en cuenta en futuras consideraciones de la plantación. No obstante, las temperaturas mínimas absolutas suelen ser mayores.

La temperatura máxima absoluta para el mes más cálido, agosto, es de 34.84°C. Las temperaturas máximas absolutas, suelen ser menores.

3.1.1.-PERIODOS DE HELADAS.

Para determinar el periodo libre de heladas se emplea el método de las estaciones libres de heladas de Papadakis. Para ello, se divide el año en tres estaciones, en función de la media de las temperaturas mínimas absolutas. Para calcular las fechas de inicio y fin de cada periodo, se supone que la temperatura mínima absoluta mensual se da el primer día de cada mes, y a partir de ahí sufre variaciones regulares diarias hasta llegar al mes siguiente, donde se alcanza la mínima del mes que va a continuación.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, las estaciones en función de las mínimas absolutas son las siguientes:

- Estación media libre de heladas (T^a>0°C): 5 de abril–17 de octubre.
- Estación disponible libre de heladas (T^a>2°C): 19 de mayo–15 de octubre.
- Estación mínima libre de heladas (T^a>7°C): 3 de junio–15 de septiembre.

3.2- PRECIPITACIONES.

Las precipitaciones medias mensuales, datos pertenecientes a la estación termopluviométrica de Orihuela del Tremedal, se recogen en la siguiente tabla.:

Tabla 2. Resumen de las precipitaciones.

Mes	Precipitación media mensual (mm)	Número de días de precipitación	Precipitación máxima diaria (mm)
Enero	48	7	14,1
Febrero	40,4	5	11,2
Marzo	45	6	18,3
Abril	69,8	13	23,4
Mayo	73,4	7	19,5
Junio	61,1	8	20,1
Julio	25,7	5	9,7
Agosto	35,2	3	14,2
Septiembre	45,2	4	7,6
Octubre	71	5	17,5
Noviembre	57,9	4	8,6
Diciembre	62,2	9	9,5
ANUAL	634,9	-	-

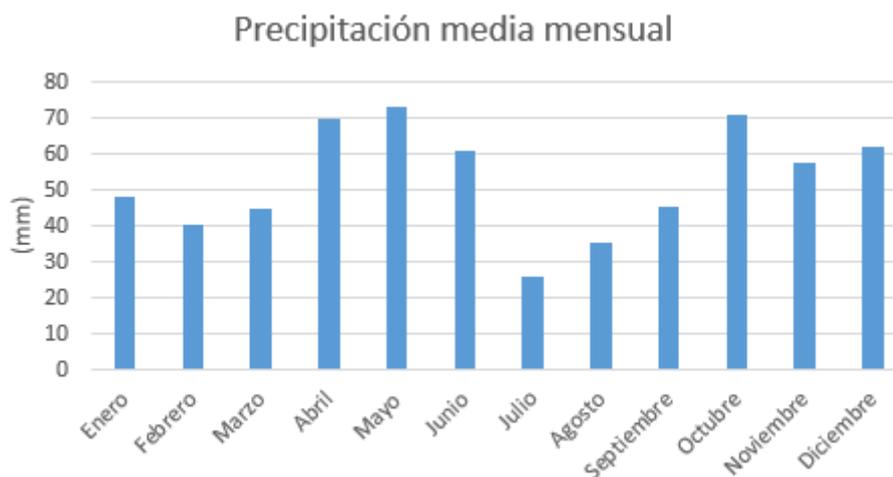


Figura 1. Distribución mensual de las precipitaciones.

Tabla 3. Distribución estacional de la precipitación, en mm.

PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
204.3	106.1	191.1	133.4

*Primavera: abril, mayo y junio.

*Verano: julio, agosto y septiembre.

*Otoño: octubre, noviembre y diciembre.

*Invierno: enero, febrero y marzo.

La distribución de la precipitación es la propia de un clima montañoso: primavera y otoño lluviosos, invierno con precipitaciones en forma de nieve y verano caluroso y con precipitaciones en forma de tormentas.

3.3.- HUMEDAD RELATIVA.

Valores medios de humedad relativa, extraídos de la estación climática de Prados Redondos:

Tabla 4. Resumen la humedad relativa.

Mes	HR (%) Máxima	HR (%) Mínima	HR (%) media
Enero	98.09	20.39	80.54
Febrero	97.44	19.22	76.56
Marzo	97.68	12.55	69.80
Abril	97.59	14.52	69.57
Mayo	97.54	15.26	66.34
Junio	97.04	13.77	60.94
Julio	96.35	10.79	50.47
Agosto	96.55	10.63	52.30
Septiembre	97.37	14.12	63.54
Octubre	98.07	13.27	71.25
Noviembre	98.11	22.60	77.59
Diciembre	98.17	15.23	80.35

La humedad relativa media anual es de 62.27%.

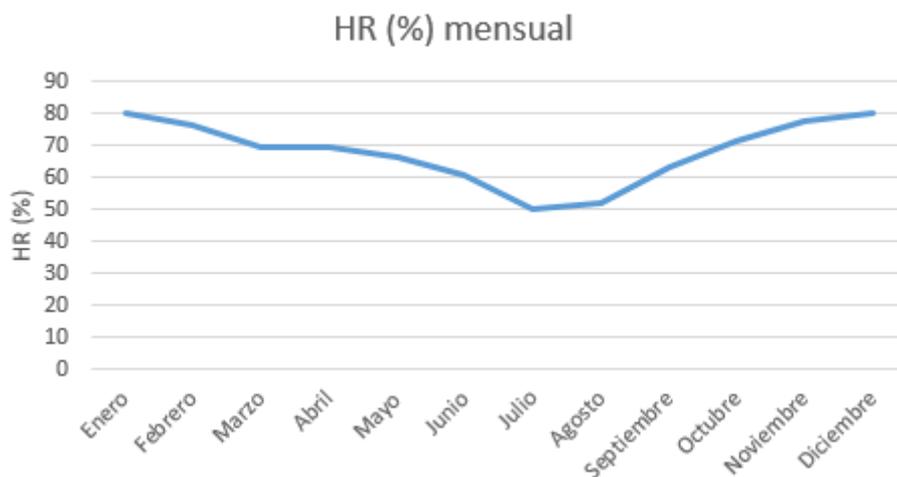


Figura 2. Distribución mensual de la humedad relativa.

3.4.- VIENTO.

Datos de velocidad media, máxima, y direcciones del viento, extraídos de la estación de Prados Redondos:

Tabla 5. Resumen de los datos referentes al viento.

Mes	Vel. media del viento (m/s)	Vel. Media del viento (km/h)	Vel. Viento Máx. (m/s)	Vel. viento Máx. (km/s)	Dirección viento velocidad máxima (°)	Dirección Viento (°)
Enero	2,08	7,49	15,53	55,91	21,16	309,37
Febrero	2,6	9,36	15,44	55,58	261,8	281,61
Marzo	2,38	8,57	14,72	52,99	48,65	210,22
Abril	2,05	7,38	12,62	45,43	290	190,01
Mayo	1,67	6,01	12,56	45,22	276,5	245,03
Junio	1,46	5,26	11,44	41,18	272,1	256,56
Julio	1,51	5,44	11,96	43,06	253,2	226,01
Agosto	1,35	4,86	11,71	42,16	282,9	150,32
Septiembre	1,19	4,28	10,93	39,35	237,6	229,31
Octubre	1,23	4,43	11,43	41,15	251,9	269,42
Noviembre	1,76	6,34	12,89	46,40	254,2	285,3
Diciembre	1,68	6,05	14,5	52,20	248,1	316

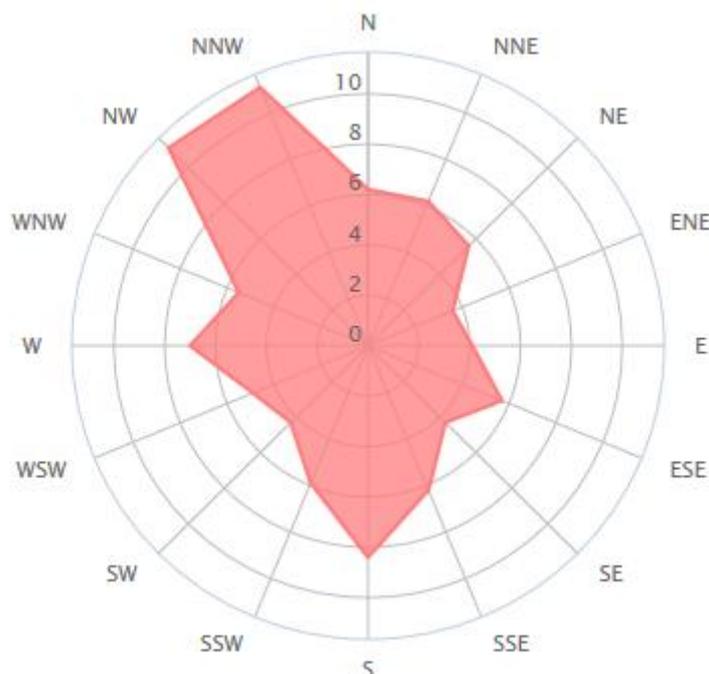


Figura 3. Distribución anual de los vientos. Fuente: Windfinder.

Como podemos observar los vientos predominantes, proceden de la región comprendida entre el Oeste y el Norte, sobre todo del Noroeste. Estos vientos, denominados en Aragón Cierzo, se caracterizan por ser muy fríos y agresivos, en casos extremos. Su presencia suele preceder a días y noches con temperaturas bajas.

3.5.- RADIACIÓN Y HORAS DE SOL.

Estos datos han sido obtenidos de la estación climática de Prados Redondos:

Tabla 6. Resumen de la radiación y horas de sol.

Mes	Radiación (MJ/m ²)	Horas sol (h/día)	Horas sol (h/mes)
Enero	7,29	4,35	130,5
Febrero	10,28	5,50	154
Marzo	15,13	6,52	202,12
Abril	18,68	6,50	195
Mayo	22,49	7,16	221,96
Junio	25,72	9,03	270,9
Julio	27,78	10,55	327,05
Agosto	24,00	9,80	303,8
Septiembre	18,40	7,70	231
Octubre	12,85	5,61	173,91
Noviembre	8,00	4,13	123,9
Diciembre	6,72	3,61	11,91

3.6.- DÍAS DE NIEBLA Y DE HELADAS.

Datos extraídos de la estación termopluviométrica de Orihuela del Tremedal.

Tabla 7. Resumen de días medios mensuales de niebla y heladas.

Mes	Días de niebla	Días de helada
Enero	4,1	26
Febrero	2,5	22
Marzo	1,5	15
Abril	2	12
Mayo	0	6
Junio	0	0,8
Julio	0	0,3
Agosto	0	0,9
Septiembre	0	2,5
Octubre	3,1	5
Noviembre	5,6	7,2
Diciembre	4,6	22
ANUAL	23,4	119,7

4. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.

Tras la recopilación de datos, se va a realizar la clasificación climática, utilizando para ello

4.1.- FACTOR DE PLUVIOSIDAD DE LANG.

La expresión empleada para calcular este factor es la siguiente:

$$I_L = \frac{P}{T}$$

Donde:

-P: Precipitación media anual en mm.

-T: Temperatura media anual en °C.

$$I_L = \frac{P}{T} = \frac{634.9}{9.54} = 66.55$$

Tabla 8. Zonas climáticas según Lang.

Índice de Lang	Zona climática
$0 < I_L < 20$	Desierto
$20 < I_L < 40$	Zona árida
$40 < I_L < 60$	Zona húmeda de estepa y sabana
$60 < I_L < 100$	Zona húmeda de bosques ralos
$100 < I_L < 160$	Zona húmeda de bosques densos
$I_L > 160$	Zona hipehúmeda de prados y tundras.

Según este índice la zona se corresponde con Zona húmeda de bosques ralos.

4.2.- ÍNDICE DE ARIDEZ DE MARTONNE.

La expresión empleada para calcular este índice es la siguiente:

$$I_m = \frac{P}{(T + 10)}$$

Donde:

-P: Precipitación media anual en mm.

-T: Temperatura media anual en °C.

$$I_m = \frac{P}{(T + 10)} = \frac{634.9}{6.54 + 10} = 32.49$$

Tabla 9: Zonas climáticas según Martonne.

Índice de Martonne	Zonas climáticas
$0 < I_m < 5$	Desierto
$5 < I_m < 15$	Zona árida. Semidesierto
$15 < I_m < 20$	Países secos mediterráneos
$20 < I_m < 30$	Subhúmedo
$30 < I_m < 60$	Húmedo
$I_m > 60$	Perhúmedo

Según este índice la zona se corresponde con una zona húmeda.

4.3.- ÍNDICE TERMOPLUVIOMÉTRICO DE DANTIN-REVENGA.

La expresión empleada para calcular este índice es la siguiente:

$$I_{D-R} = \frac{100T}{P}$$

Donde:

-P: Precipitación media anual en mm.

-T: Temperatura media anual en °C.

$$I_{D-R} = \frac{100T}{P} = \frac{100 \times 9.54}{634.9} = 1.5$$

Tabla 10. Zonas climáticas según Dantin-Revenga.

Índice de Dantin-Revenga	Zonas climáticas
0 a 2	Zona húmeda
2 a 3	Zona semiárida
3 a 6	Zona árida
>6	Zona subdesértica y desértica

Según este índice la zona corresponde con una zona semiárida.

4.4.- CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITTE.

Para poder establecer a que grupo pertenece esta zona, inicialmente será necesario calcular la evapotranspiración potencial de la zona, ETP.

La fórmula para calcular la evapotranspiración sin ajustar es la siguiente:

$$e = 19 \times \left(\frac{10t_m}{I} \right)^a$$

Donde:

- t_m : Temperatura media mensual

-I: Índice térmico de la zona.

$$I = \sum_1^{12} i_i$$

Donde:

- i : índice térmico mensual.

Para obtener i , utilizaremos la siguiente expresión:

$$i = \left(\frac{t_m}{5} \right)^{1.514}$$

Por último, hay que calcular el valor de a , que se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$a = 0.675I^3 \times 10^{-6} - 0.771I^2 \times 10^{-4} + 0.01792I + 0.49239$$

Al obtener el valor de la evapotranspiración sin corregir, tenemos que multiplicar por un factor de corrección, L , que depende de la latitud de la zona. Dicho valor se obtiene de las tablas correspondientes.

Tabla 11. Coeficientes para la corrección de la ETP debida a la duración media de la luz solar para un determinado mes y altitud, J. Almorox.

Mes	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
L	0.835	0.83	1.03	1.11	1.245	1.255	1.27	1.185	1.04	0.96	0.825	0.795

Finalmente, para el cálculo de la evapotranspiración potencial, ETP, hay que multiplicar el valor de e por el coeficiente de corrección, L :

$$ETP = L \times e$$

Tabla 12. Resumen de los diferentes parámetros para el cálculo de la ETP.

Mes	Tm (°C)	i	a	E	L	ETP (mm)
Enero	1,4	0,15	1,1	5,32	0,835	4,44
Febrero	1,36	0,14	1,1	5,15	0,83	4,27
Marzo	4,77	0,93	1,1	20,47	1,03	21,09
Abril	7,28	1,77	1,1	32,59	1,11	36,18
Mayo	11,71	3,63	1,1	54,98	1,245	68,45
Junio	16,97	6,36	1,1	82,69	1,255	103,77
Julio	19,99	8,15	1,1	99,01	1,27	125,74
Agosto	19,26	7,70	1,1	95,04	1,185	112,62
Septiem.	14,76	5,15	1,1	70,92	1,04	73,76
Octubre	10,32	3,00	1,1	47,85	0,96	45,93
Noviembre	4,79	0,94	1,1	20,57	0,825	16,97
Diciembre	1,83	0,22	1,1	7,14	0,795	5,67
TOTAL		38,125				618,90

A continuación, calculamos la reserva de humedad del suelo para cada uno de los meses del año. Para poder calcular la reserva del suelo para cada mes, suponemos previamente que la reserva del mes de enero es de 50 mm.

Se considera que la reserva se agota cuando se llega a 0 m, mientras que ésta llega a su máximo cuando alcanza el valor de 100 mm.

Las variaciones en la reserva se deberán a la diferencia entre precipitaciones mensuales, P , y evapotranspiración potencial, $P-ETP$. A continuación, se explican los posibles supuestos:

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel).

- $P - ETP > 0$: incrementa la cantidad de agua de reserva en el suelo en igual cantidad al valor de $P - ETP$.
- $P - ETP < 0$: la reserva se reduce siguiendo la siguiente fórmula:

$$R_n = R_{N-1} \times e^{\frac{P-ETP}{100}}$$

Siendo R_n la reserva para el mes en cuestión, mientras que R_{N-1} , es la reserva del mes anterior.

Posteriormente, se calcula la evapotranspiración actual o real, ETA. Para obtenerla, existen dos posibles casos:

- Aquellos meses en que $P + R_{n-1} > ETP \rightarrow ETA = ETP$
- Aquellos meses en que $P + R_{n-1} < ETP \rightarrow ETA = P + R$

Por último, para poder concluir la clasificación climática, es necesario conocer en qué meses ha habido exceso de agua y en cuales carencia:

- En aquellos meses en los que $ETA < ETP$, se calcula la falta de agua, F_i , como:

$$F_i = ETP_i - ETA_i$$

- En los meses que se acumula agua en el suelo, cuando ésta llega a 100 mm se produce un exceso de humedad.

Con toda esta información, procedemos a calcular los valores pertinentes:

Tabla 13. Resumen de los valores necesarios para la clasificación de Thornthwaite.

Mes	ETP	P	P-ETP	Rn	Variación de Rn	P+R(N-1)	ETA	Déficit	Exceso
Enero	4,44	48	43,56	93,56	43,56	98	4,44	0	0
Febrero	4,27	40,4	36,13	129,69	36,13	133,96	4,27	0	29,69
Marzo	21,09	45	23,91	153,6	23,91	174,69	21,09	0	53,6
Abril	36,18	69,8	33,62	187,22	33,62	223,4	36,18	0	87,22
Mayo	68,45	73,4	4,95	192,17	4,95	260,62	68,45	0	92,17
Junio	103,77	61,1	-42,67	97,57	-94,6	253,27	103,77	0	0
Julio	125,74	25,7	-100,04	35,88	-61,69	123,27	61,58	64,16	0
Agosto	112,62	35,2	-77,42	16,54	-19,34	71,08	51,74	60,88	0
Septiembre	73,76	45,2	-28,56	12,43	-4,11	61,74	57,63	16,13	0
Octubre	45,93	71	25,07	37,5	25,07	83,43	45,93	0	0
Noviembre	16,97	57,9	40,93	78,43	40,93	95,4	16,97	0	0
Diciembre	5,97	62,2	56,23	134,66	56,23	140,63	5,97	0	34,66
TOTAL	618,9	634,9	-	-	-	-	-	141,17	297,34

A continuación, se calculan los cuatro índices que clasifican el clima según Thornthwaite:

Índice de humedad

$$I_m = I_H - 0.6 \times I_a = \frac{\text{Exceso}}{\text{ETP}} \times 100 - 0.6 \left(\frac{\text{Falta}}{\text{ETP}} \times 100 \right)$$

Donde:

- I_H es el índice de humedad se define como el conjunto de los excesos de agua en porcentaje respecto a la ETP.

- I_a es el índice de aridez, que se define como el porcentaje de la falta de agua o déficit de los distintos meses respecto a la ETP del año.

$$I_m = I_H - 0.6 \times I_a = \frac{297.34}{618.9} \times 100 - 0.6 \left(\frac{141.17}{618.9} \times 100 \right) = 34.36$$

Tabla 14. Índice de humedad Thornthwaite.

Im	TIPO CLIMÁTICO	SIGLA
$Im \geq 100$	Perhúmedo	A
$100 > Im \geq 80$	Húmedo	B4
$80 > Im \geq 60$		B3
$60 > Im \geq 40$		B2
$40 > Im \geq 20$		B1
$20 > Im \geq 0$	Subhúmedo	C2
$0 > Im \geq -20$	Seco-subhúmedo	C1
$-20 > Im \geq -40$	Semiárido	D
$Im > -40$	Árido	E

Según esta clasificación, se trata de clima Húmedo B1.

Variación estacional de la humedad efectiva.

Como se trata de un clima húmedo, la clasificación se obtiene a partir de I_a , que tiene un valor de 22,81.

Tabla 15. Variación estacional de la humedad efectiva Thornthwaite.

CLIMAS HÚMEDOS (A, B, C2)		
la	TIPO CLIMÁTICO	SIGLA
$16,7 > la \geq 0$	Poca o ninguna falta de humedad	r
$33,3 > la \geq 16,7$	Moderada falta de humedad	Verano s
		Invierno w
$la \geq 33,3$	Gran falta de humedad	Verano s2
		Invierno w2

La zona de actuación se considera de moderada falta de humedad, con un verano s y un invierno w.

Índice de eficacia térmica.

El valor total de la ETP es de 61,89 cm/año.

Tabla 16. Eficacia térmica de Thornthwaite.

ETP anual (cm)	TIPO CLIMÁTICO	SIGLA
ETP ≥ 114	Megatérmico	A'
114 > ETP ≥ 99,7	Mesotérmico	B'4
99,7 > ETP ≥ 85,5		B'3
85,5 > ETP ≥ 71,2		B'2
71,2 > ETP ≥ 57		B'1
57 > ETP ≥ 42,7	Microtérmico	C'2
42,7 > ETP ≥ 28,5		C'1
28,5 > ETP ≥ 14,2	Tundra	D'
ETP > 14,2	Glacial	E'

Se trata como una zona de tipo climático mesotérmico y sigla B'3.

Concentración de la eficacia térmica en verano (Cv).

Para obtener este valor se recurre al porcentaje que representa la ETP en la época de mayor escasez de agua (junio, julio y agosto) con respecto a la ETP total.

$$Cv = ETP_{\text{verano}} = \frac{ETP_{\text{junio+julio+agosto}}}{ETP} \times 100 = \frac{103.77 + 125.74 + 112.62}{618.9} \times 100 = 55.28$$

Tabla 17. Concentración de la eficacia térmica en verano (Cv).

Cv	Tipo climático	Sigla
Cv > 48	Baja concentración	a'
51,9 > Cv ≥ 48	Moderada concentración	b'4
56,3 > Cv ≥ 51,9		b'3
61,6 > Cv ≥ 56,3		b'2
68 > Cv ≥ 61,6		b'1
76,3 > Cv ≥ 68	Alta concentración	c'2
88 > Cv ≥ 76,3		c'1
Cv ≥ 88	Muy alta concentración	d'

En este caso se trata de una concentración moderada y sigla b'3.

En conclusión, la fórmula de Thornthwaite para esta zona es:

B1 w B'3 b'3

4.5.-CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO-FAO.

Para el cálculo de esta clasificación se tiene en cuenta las temperaturas medias, precipitaciones, humedad relativa y días de niebla, rocío y lluvia.

Con respecto a la temperatura media mensual se distinguen tres grupos:

Tabla 18. Grupos clasificación UNESCO-FAO.

Grupo 1	$T > 0^{\circ}\text{C}$
Grupo 2	Algunos meses del año $T < 0^{\circ}\text{C}$
Grupo 3	Todos los meses del año $T < 0^{\circ}\text{C}$

La zona de actuación se encuentra dentro del grupo 1. Dentro de este grupo, según la temperatura media del mes más frío, se subdivide en:

Tabla 19. Clasificación del grupo 1, UNESCO-FAO.

$T_f > 15^{\circ}\text{C}$	Clima cálido
$15^{\circ}\text{C} > T_f > 10^{\circ}\text{C}$	Clima templado cálido
$10^{\circ}\text{C} > T_f > 0^{\circ}\text{C}$	Clima templado medio
$0^{\circ}\text{C} > T_f > -5^{\circ}\text{C}$	Clima templado frío
$T_f < -5^{\circ}\text{C}$	Clima frío

En este caso el mes más frío es enero con una temperatura media igual a $1,4^{\circ}\text{C}$, por lo que el clima se considera templado medio.

Según la temperatura media de las mínimas del mes más frío se pueden fijar umbrales para caracterizar el invierno:

Tabla 20. Umbrales caracterización del invierno, UNESCO-FAO.

$T_{m.mín} \geq 11^{\circ}\text{C}$	Sin invierno
$11^{\circ}\text{C} > T_{m.mín} > 7^{\circ}\text{C}$	Invierno cálido
$7^{\circ}\text{C} > T_{m.mín} > 3^{\circ}\text{C}$	Invierno suave
$3^{\circ}\text{C} > T_{m.mín} > -1^{\circ}\text{C}$	Invierno moderado
$-1^{\circ}\text{C} > T_{m.mín} > -5^{\circ}\text{C}$	Invierno frío
$-5^{\circ}\text{C} > T_{m.mín}$	Invierno muy frío

La temperatura media de las mínimas de enero es $-2,14^{\circ}\text{C}$ por lo que el invierno se clasifica como Invierno Frío.

Para la determinación de los meses más secos se empleará un diagrama ombrotérmico, el cual representa a la vez la temperatura y las precipitaciones. Si la curva ómbrica está por debajo de la térmica, el área comprendida entre ambas indicará la duración del periodo de sequía.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel).

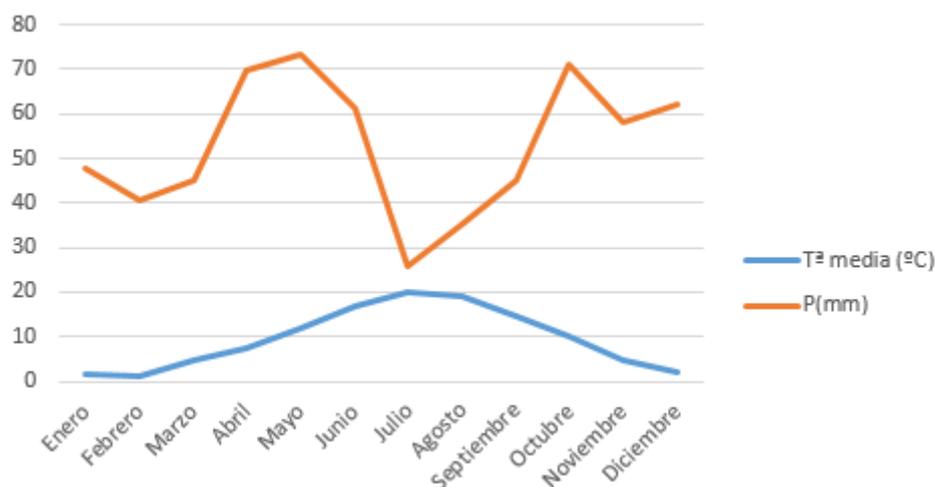


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de Orihuela del Tremedal (Teruel).

En este caso, como puede observarse no hay periodo de sequía.

Tabla 21. Clasificación según el periodo de sequía, UNESCO-FAO.

Xéricos	Áridos: periodo seco mayor de 9 meses
	Mediterráneo: periodo seco de 1 a 8 meses. Coincide con la estación de días más largos.
	Tropical: Periodo seco de 1 a 8 meses. Coincide con la estación de días más cortos.
Bixérico	Periodo seco de 1 a 8 meses, sumando dos periodos diferenciados de sequía.
Axérico	Ningún mes seco.

En este caso no existe ningún periodo seco, visto desde el punto de vista anteriormente comentado. Sin embargo, los meses con precipitación menor a dos veces la temperatura media son consecutivos. Estos meses son julio y agosto por lo que estos meses se considerarán el periodo seco. Por lo tanto, se considera una aridez de tipo Xérico Mediterráneo

Cálculo y determinación del índice xerotérmico.

El índice xerotérmico viene dado por la siguiente fórmula:

$$X_m = \left[N - \left(n + \frac{b}{2} \right) \right] \cdot k$$

Donde:

- X_m: Índice xerotérmico mensual.
- N: número de días del mes.
- n: número de días de lluvia.
- b: número de días de rocío/niebla.
- K: coeficiente dependiente de la humedad relativa del aire.

Tabla 22. Coeficiente dependiente de la humedad relativa del aire.

Humedad relativa (%)	K
40 < HR	1,0
40 <= HR < 60	0,9
60 <= HR < 80	0,8
80 <= HR < 90	0,7
90 <= HR < 100	0,6
HR=100	0,5

Tabla 23. : Resumen clasificación climática UNESCO-FAO.

Mes	T^a media (°C)	T^a media de las mínimas (°C)	Precipitación media mensual (mm)	b	n	HR (%)	K	N	Xm
Enero	1,4	-2,14	48	4,1	7	80,54	0,7	30	14,67
Febrero	1,36	-2,65	40,4	2,5	5	76,56	0,8	28	17,4
Marzo	4,77	-0,56	45	1,5	6	69,8	0,8	31	19,4
Abril	7,28	2,06	69,8	2	13	69,57	0,8	30	12,8
Mayo	11,71	5,8	73,4	0	7	66,34	0,8	31	19,2
Junio	16,97	10,49	61,1	0	8	60,94	0,8	30	17,6
Julio	19,99	12,6	25,7	0	5	50,47	0,9	31	23,4
Agosto	19,26	12,24	35,2	0	3	52,3	0,9	31	25,2
Septiembre	14,76	8,93	45,2	0	4	63,54	0,8	30	20,8
Octubre	10,32	5,86	71	3,1	5	71,25	0,8	31	19,56
Noviembre	4,79	1,24	57,9	5,6	4	77,59	0,8	30	18,56
Diciembre	1,83	-1,39	62,2	4,6	9	80,35	0,7	31	13,79
Anual	9,54	4,37	634,9						222,38

Tabla 24. Subdivisión por aridez para el grupo térmico 1: Cálido, templado-cálido y templados. UNESCO-FAO.

Xéricos		los meses con $P_i < 2 \cdot t_{m_i}$ son consecutivos
	Desértico	$X > 300$
	Subdesértico acentuado	$300 \geq X > 250$
	Subdesértico atenuado	$250 \geq X > 200$
	Xeromediterráneo	$200 \geq X > 150^*$
	Termomediterráneo acentuado	$150 \geq X > 125^*$
	Termomediterráneo atenuado	$125 \geq X > 100^*$
	Mesomediterráneo acentuado	$100 \geq X > 75^*$
	Mesomediterráneo atenuado	$75 \geq X > 40^*$
	Submediterráneo	$40 \geq X > 0^*$
	Tropical acentuado	$200 \geq X > 150^{**}$
	Tropical medio	$150 \geq X > 100^{**}$
	Tropical atenuado	$100 \geq X > 40^{**}$
	Tropical de transición	$40 \geq X > 1^{**}$

Siendo el índice xerotérmico anual 222,38 concluimos que esta zona es de subtipo climático subdesértico atenuado.

Clima templado medio con inviernos fríos. En cuanto a la aridez es de tipo xérico mediterráneo subtipo atenuado.

4.6.-CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE PAPADAKIS.

En este tipo de clasificación se utilizan los parámetros basados en los valores extremos de las variables meteorológicas que resultan más representativas y limitantes, con el fin de estimar las respuestas y condiciones óptimas de los distintos cultivos la zona donde se pretenden implantar.

En lo referente a los cultivos se van a considerar esenciales el frío invernal, el calor estival y la aridez y su distribución a lo largo del año. De tal forma que se determinan: el tipo de invierno, el tipo de verano, el régimen térmico y el régimen de humedad.

Tipo de invierno.

Tabla 25. Tipos de invierno de Papadakis.

TIPO DE INVIERNO	$T min .f$	$Tmin.f$	$Tmax.f$
<u>Ecuatorial</u> Ec	> 7	> 18	
<u>Tropical</u> cálido Tp	>7	13 a 18	> 21
medio tP	>7	8 a 13	> 21
fresco tp	>7		<21
<u>Citrus</u> tropical Ct	-2,5 a 7	>8	> 21
<u>Avena</u> cálida Av	-10 a -2,5	>-4	> 10
fresca av	> -10		5 a 10
<u>Triticum</u> avena-trigo Tv	-29 a -10		> 5
cálido Ti	> -29		0 a 5
fresco ti	> -29		< 0
<u>Primavera</u> cálida Pr	< -29		> -17,8
fresca pr	< -29		< -17,8

Donde:

- Tmax.f: Temperaturas media de las máximas mes mas frío (°C).
- Tmin.f: Temperaturas media de las mínimas mes mas frío (°C).
- T|min|.f: Temperaturas media de las mínimas absolutas del mes más frío (°C).

Para la zona en cuestión, para el mes más frío, enero:

- T|min|.f = -6,2°C
- Tmin.f = -2,14°C
- Tmax.f = 9,85°C

Para esta zona, el tipo de invierno sería Avena fresca, av.

Tipo de verano.

Tabla 26. Tipos de verano según Papadakis.

TIPO DE VERANO	$E(m,D,M)LH$	$T_{max.2/4/6c}$	$T_{max.c}$	$T_{min.c}$	$T_{min.2c}$
<u>Gossypium</u> cálido G	> 4.5 [m]	> 25 [6]	>33.5		
Fresco g	> 4.5 [m]	> 25 [6]	<33.5	>20	
<u>Coffee (Café) c</u>	= 12 [m]	> 21 [6]	<33.5	<20	
<u>Oriza (Arroz) O</u>	> 4 [m]	21 a 25 [6]			
<u>Maize (Maiz) M</u>	> 4.5 [D]	> 21 [6]			
<u>Triticum</u> cálido T	> 4.5 [D]	< 21 [6] > 17 [4]			
Fresco t	2.5 a 4.5 [D]	> 17 [4]			
<u>Polar</u> cálido (taiga) P	< 2.5 [D]	> 10 [4]			>5
Fresco (tundra) p	< 2.5 [D]	> 6 [2]			
<u>Frigido</u> cálido F		< 6 [2]	> 0		
Fresco f			< 0		
<u>Andino-Alpino</u> cálido A	< 2.5 [D] > 1 [M]	> 10 [4]			
Fresco a	< 1 [M]	< 10 [4]			

Donde:

- $E(m/D/M)LH$ = Estación libre de heladas, según Papadakis (m, D, M; mínima, disponible o media).

- $T_{max.2/4/6c}$ = Temperaturas medias de las medias de las máximas de los 2,4 o 6 meses más cálidos (°C).

- $T_{max.c}$ = Temperaturas medias de las máximas mes más cálido (°C).

- $T_{min.c}$ = Temperaturas medias de las mínimas mes más cálido (°C).

- $T_{min.2c}$ = Temperaturas medias de la media de las mínimas de los dos meses más cálidos (°C).

Para la zona de actuación los valores son los siguientes:

- E_{mLH} : 3 meses.

- E_{DLH} : 4.5 meses.

- E_{MLH} : 5.5 meses.

- $T_{max.4c}$ = 24,33°C.

Por lo tanto, el tipo de verano de la zona de actuación será

Régimen térmico.

El régimen térmico consiste en integrar la información tanto del tipo de verano como de invierno para aproximarse a la nomenclatura climática clásica. La definición de

regímenes térmicos en función del tipo de invierno y de verano, se expone en la siguiente tabla:

Tabla 27. Régimen térmico de Papadakis.

TIPO DE INVIERNO	TIPO DE VERANO	REGIMEN TERMICO
Ec Ec	G G	<u>Ecuatorial</u> cálido EQ semi-cálido Eq
Tp Tp tP Tp	G g G, g O, g	<u>Tropical</u> cálido TR semi-cálido Tr cálido con invierno frío tR frío tr
Tp, tP, tp Tp	C T	<u>Tierra templada</u> Tt fresca tt
Ct o más frío Ci o más frío Ci o más frío	g O, M T, t	<u>Tierra fría</u> baja TF media Tf alta tf
Ti o más cálido Ti o más cálido Ti o más cálido Ti o más cálido Ti o más cálido	A a P p F	<u>Andino</u> bajo An alto an taiga aP tundra ap desierto subglacial aF
Ct Ci, Av Ci	G, g G G	<u>Subtropical</u> semi-tropical Ts cálido SU semi-cálido Su
Ci Ci av Av av, Ti, Tv Ti, av Ti	T O, M T P p F	<u>Marino</u> Super- Mm cálido MA fresco Ma frío ma tundra mp desértico subglacial mF
av, Av ti, Ti, Tv ti, Ti	M, O T T	<u>Templado</u> cálido TE fresco Te frío te
Av Tv, av, Av Ti, Tv, av	M, O t P	<u>Pampeano-Patagoniano</u> Pampeano PA Patagoniano Pa Patagoniano frío pa
Av o más frío Ti o más frío pr, Pr	g, G M, O T	<u>Continental</u> cálido CO semi-cálido Co frío co
ti o más frío ti o más frío ti o más frío ti o más frío	P p, a F F	<u>Polar</u> Taiga Po Tundra po Desierto subglacial Fr Hielo permanente fr
Pr, ti, Ti, pr, Tv Pr, ti, Ti, Tv	A A	<u>Alpino</u> bajo AI alto al

Por lo tanto, la zona de actuación el régimen térmico Patagoniano, Pa, con un tipo de invierno Avena fresca, av, y un verano Triticum fresco, t.

Régimen de humedad.

Teniendo en cuenta que la precipitación invernal es mayor que la estival y la zona en cuestión se encuentra a una latitud mayor que 20°C se puede clasificar como un clima Mediterráneo. Dentro de esta clasificación puede catalogarse como un clima Mediterráneo húmedo, ME, ya que índice anual de humedad (L) es mayor de 0,88.

En conclusión, teniendo en cuenta el régimen térmico, Pa, y de humedad, ME, la zona de actuación puede considerarse como una zona de clima Mediterráneo templado fresco.

4.7.- CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE RIVAS-MARTÍNEZ.

La clasificación bioclimática de Rivas-Martínez consiste:

- Determinación de la Región Bioclimática a la que pertenece la estación,
- Determinación del piso bioclimático o termoclima.
- Determinación del ombroclima régimen de humedad.

Antes de determinar la Región Bioclimática a la que pertenece la estación, cabe destacar que en la Península Ibérica solo existen las regiones Mediterránea y Eurosiberiana. Para delimitar ambas, se utilizan los índices de mediterraneidad, que son esencialmente el cociente entre la evapotranspiración Thornthwaite de un periodo veraniego y la precipitación del mismo periodo. De esta forma tenemos:

$$Im1 = \frac{ETP_{jul}}{P_{jul}}$$

$$Im2 = \frac{ETP_{jul} + ETP_{agos}}{P_{jul} + Pagos}$$

$$Im3 = \frac{ETP_{jun} + ETP_{jul} + ETP_{agos}}{P_{jun} + P_{jul} + Pagos}$$

Si $Im1 > 4,4$; $Im2 > 3,5$ y $Im3 > 2,5$ será considerada región Mediterránea.

Si no se cumplen las condiciones anteriores será región Eurosiberiana.

Datos necesarios en mm:

- ETP_{jun}= 103.77
- ETP_{jul}= 125.74
- ETP_{agos}= 112.62
- P_{jun}= 61.1
- P_{jul}= 25.7
- Pagos= 35.2

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel).

$$Im1 = \frac{125.74}{25.7} = 4.89$$

$$Im2 = \frac{125.74 + 112.62}{25.7 + 35.2} = 3.91$$

$$Im3 = \frac{125.74 + 112.62 + 103.77}{25.7 + 35.2 + 61.1} = 2.80$$

Como puede comprobarse, los valores cumplen los requisitos anteriormente enunciados y se trataría de una región Mediterránea.

Para la determinación del piso bioclimático o termoclima dentro de cada región se establecen una serie de pisos, con un criterio térmico y se clasifican con el parámetro It (índice de termicidad).

$$It = 10 * (T + T_{minf} + T_{maxf})$$

Donde:

- T: Temperatura media anual.
- T_{minf}: Temperaturas medias de las mínimas mes más frío.
- T_{maxf}: Temperaturas medias de las máximas del mes más frío.

T: 9.54°C

T_{minf}: -2.65 °C

T_{maxf}: 4.97 °C

$$It = 10 * (9.54 + (-2.65) + 4.97) = 118.6$$

Tabla 28. Horizontes bioclimáticos Región Mediterránea. Rivas-Martínez.

PISO	SUBPISO	<i>It</i>
<u>Crioromediterráneo</u>	Superior	<-30
	Inferior	<-70 -70 a -30
<u>Oromediterráneo</u>	Superior	-30 a 60
	Inferior	-29 a 0 1 a 60
<u>Supramediterráneo</u>	Superior	60 a 210
	Medio	61 a 110
	Inferior	111 a 160 161 a 210
<u>Mesomediterráneo</u>	Superior	210 a 350
	Medio	211 a 260
	Inferior	261 a 300 301 a 350
<u>Termomediterráneo</u>	Superior	350 a 470
	Inferior	351 a 410 411 a 470
<u>Inframediterráneo</u>	Superior	>470
	Inferior	471 a 510 >510

En el caso de la zona de actuación el índice It tiene un valor de 118.6, por lo que estaríamos ante un piso Supramediterráneo y subpiso medio.

Los ombroclimas o grado de humedad se definen de acuerdo con la precipitación anual de la zona de actuación:

Tabla 29. Ombroclimas Región Mediterránea. Rivas-Martínez.

OMBROCLIMA	<i>P</i> anual (mm)
Árido	< 200
Semiárido	200-350
Seco	350-600
Subhúmedo	600-1000
Húmedo	1000-1600
Hiperhúmedo	>1600

Para este caso, con una precipitación anual de 634.9 mm, el ombroclima es subhúmedo.

5.- RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.

El resumen de la clasificación climática es el siguiente:

- Factor de pluviosidad de Lang: zona húmeda de bosques ralos.
- Índice de aridez de Martonne: zona húmeda.
- Índice termopluviométrico de Dantin-Revenga: zona semiárida.
- Clasificación climática de Thornthwaite: fórmula $B1 w B'3 b'3$.
- Clasificación bioclimática UNESCO-FAO: clima templado medio con inviernos fríos, la aridez de tipo xérico mediterráneo subtipo atenuado.
- Clasificación climática de Papadakis: régimen térmico Patagoniano, Pa, con un tipo de invierno Avena fresca, av, y un verano Triticum fresco, t. teniendo en cuenta el régimen térmico, Pa, y de humedad, ME, la zona de actuación puede considerarse como una zona de clima Mediterráneo templado fresco.
- Clasificación climática de Rivas-Martínez: región Mediterránea, piso Supramediterráneo y subpiso medio, y ombroclima es subhúmedo.

ANEXO 3: ANÁLISIS DEL SUELO.

ÍNDICE DEL ANEXO

	Página
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- FACTORES DE FORMACIÓN DEL RELIEVE.....	1
3.- CONTEXTO GEOLOGICO.....	1
4.- HIDROLOGÍA.....	2
5.- RELIEVE Y FISIOGRAFÍA.....	3
6.- EDAFOLOGÍA.....	3
6.1.- PROPIEDADES FÍSICAS.....	4
6.1.1.- TEXTURA.....	4
6.1.2.- CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITEZ Y AGUA ÚTIL.....	4
6.2.- PROPIEDADES QUÍMICAS.....	5

ÍNDICE LA FIGURAS

	Página
Figura 1. : Diagrama textural de la USDA.....	4

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Valores de la parcela cercana a la zona de actuación.....	5
Tabla 2. Comparación valores recomendados.....	6

1.- INTRODUCCIÓN.

El suelo va a ser uno de los factores más determinantes de la futura producción de trufa, ya que en él se produce la simbiosis entre el árbol y el hongo. Las características físicas, químicas y biológicas del suelo van a ser cruciales para que esta simbiosis sea adecuada, ya que de no ser así la *Tuber melanosporum* puede verse desplazada por otras especies de hongos que se instalarán en el árbol y que provocarán el paso de esta a un segundo plano, reduciendo su producción y provocando incluso su muerte.

Por eso es conveniente conocer las características del suelo antes de realizar la plantación, sobre todo los primeros 30-40 centímetros, pues es aquí donde se van a desarrollar los carpóforos.

En este anejo se van a detallar los factores más importantes que condicionan el suelo de las parcelas donde se establecerá la futura plantación. Además, se adjunta un análisis de suelo orientativo, de una zona cercana a las parcelas en cuestión y que se considera extrapolable para este caso.

2.- FACTORES DE FORMACIÓN DEL RELIEVE.

La configuración topográfica que hoy presenta la comarca de la Sierra de Albarracín, con sus parameras alomadas, crestas, amplios valles, estrechos cañones o enormes muelas, es resultado de la actuación de varios procesos geomorfológicos que han ido moldeando una masa rocosa preexistente cuyas características, ubicación y elevación se han ido adquiriendo a lo largo de una prolongada historia geológica.

Algunos de estos factores son los procesos de erosión, incluyendo meteorización, transporte y sedimentación, que han sido cambiantes a través del tiempo, a los que las distintas formaciones litológicas reaccionan en función de sus características físicas y químicas, generando diferentes formas de relieve, que han sido cambiantes a través del tiempo. También la acción de las aguas corrientes, más o menos retenidas por la protección vegetal, la ruptura de las rocas por efecto del hielo o la disolución de los elementos minerales han contribuido a la configuración topográfica que hoy puede observarse. La acción antrópica, actuando sobre todos los elementos del medio, ha mediatizado a través de la historia la acción de los procesos. Su intervención ha sido sobre todo indirecta a partir de la modificación de la cubierta vegetal protectora y la introducción de prácticas agrarias que suponen cambios de funcionamiento hidrológico.

3.- CONTEXTO GEOLOGICO.

La geología de la Sierra de Albarracín se caracteriza por la variedad de materiales y cronologías. Se pueden encontrar formaciones litológicas correspondientes a un abanico crono-estratigráfico, que va desde el Paleozoico, al Mesozoico, Terciario y Cuaternario. Predominan las rocas sedimentarias, de lo que se puede deducir que en su día tuvo su deposición en una zona continental, un medio marino somero, un área lacustre o un mar profundo. Las condiciones paleo-geográficas atravesadas por la Sierra han ido cambiando a lo largo de la historia geológica como consecuencia de la actuación de esfuerzos tectónicos que han movilizado distintas porciones de la corteza terrestre y que pueden seguirse a partir del registro sedimentario y de las deformaciones dejadas sobre las rocas por las fases orogénicas. a su extensión.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

Para la descripción geológica de la zona se ha consultado la hoja número 540 de Checa (Guadalajara) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 editado por el Instituto Geológico y Minero de España, en su formato MAGNA 50 (2º Serie). En Orihuela del Tremedal podemos encontrar dos unidades geomorfológicas, que se van a detallar a continuación.

Los macizos paleozoicos. Se trata de afloramientos de cuarcitas y pizarras de edad primaria y que pueden encontrarse formando el macizo del Tremedal. Son los relieves dominantes donde se localiza el punto más elevado de la Sierra, el pico Caimodorro, a 1.935 metros, dentro del término municipal de Orihuela. Estos materiales paleozoicos fueron deformados por la tectónica herciniana que dio lugar a estrechos pliegues, orientados de norte a sur. Como consecuencia de su antigüedad, estas estructuras han estado sometidas a largos ciclos erosivos que las han terminado arrasando. El modelado macizo del Tremedal constituye una de las peculiaridades más interesantes del medio natural de la comarca. Tanto las vertientes como los fondos de los valles descritos están tapizados por una potente formación de bloques cuarcíticos de gran volumen, que existen bajo el pinar, aunque no siempre sean visibles. Se trata de las famosas vertientes y ríos de bloques que pueden superar los 2 km de longitud y los 4 m de espesor. Todos estos rasgos, evidentes en numerosos puntos del frondoso pinar de Orihuela, pueden relacionarse con procesos ligados a la acción del hielo, en un contexto morfoclimático mucho más frío que el actual, periglacial quizás, durante la primera parte del Cuaternario. Anexas a estas formaciones descritas aparecen las formaciones del Cuaternario, brechas, conglomerados, areniscas, arenas, gravas, limos y arcillas, que tienen su origen en un largo y eficaz ciclo erosivo que conduce a un arrasamiento generalizado, a la formación de las denominadas superficies de erosión, todavía hoy evidentes en el paisaje.

Las lomas y parameras localizadas entre el macizo del Tremedal y el de Sierra Menera y San Ginés. Aquí la superficie de erosión se localiza a unos 1.400 metros sobre el nivel del mar. La ubicación en la que se va a proyectar la plantación se encuentra en esta zona en la que confluyen formaciones del Cuaternario y del Mesozoico, concretamente el Jurásico. Los materiales del Jurásico coinciden con formaciones de carácter carbonatado (calizas, dolomías y margas), organizadas en distintas formaciones estratigráficas, que se depositaron en una cuenca marina de profundidad fluctuante.

4.- HIDROLOGÍA.

Orihuela del Tremedal se encuentra dentro de la Confederación Hidrográfica de Tajo. El río Gallo, que nace al pie del Caimodorro, es el principal agente hidrográfico del término municipal, que posteriormente desemboca en el Tajo tras 89 kilómetros de recorrido en la localidad manchega de Zaorejas. Solamente en el término municipal de Orihuela se nutre de los arroyos de Gargantavellanos, La Garganta, Valdepernando, Valdecalera, La Navazuela, Los Ojos, El Villarejo, Las Tejedas y la rambla Cavera. Además, el pueblo tiene catalogadas más de 50 fuentes como, Los Pradejones, Vizalapeña, Colladillos y La Canaleja que nutren con sus caudales los arroyos anteriormente citados.

Los terrenos en cuestión se encuentran entre la rambla Cavera y el arroyo del Villarejo, ambos con caudal muy irregular y periodo de sequía largo, pero que

raramente podrían afectar por su desbordamiento a la zona en la que se establecerá la plantación puesto que la distancia a ambos agentes hidrográficos es de aproximadamente 300 metros y su cota es mayor que la del cauce de estos.

En cuanto al riesgo de erosión, tras la consulta de los pertinentes mapas de riesgos del visor IDEArgón se puede catalogar como una zona de resistencia alta a la erosión. Además, cabe destacar que, tras la realización de la concentración parcelaria en esta zona, se diseñó una red de cunetas que evacúan el agua en caso de lluvias fuertes, por lo que no existe el riesgo de sufrir inundaciones. No suelen aparecer brechas ni cauces de escorrentía al tratarse de parcelas prácticamente llanas.

5.- RELIEVE Y FISIOGRAFÍA.

Orihuela del Tremedal se ubica en la parte oeste de la provincia de Teruel y de la Sierra de Albarracín, en plenos Montes Universales, uno de los parajes más agrestes del Sistema Ibérico. Se trata de un municipio limítrofe con la comunidad de Castilla la Mancha, concretamente con la provincia de Guadalajara.

Dentro del término municipal existe una gran variabilidad morfológica pudiendo encontrar desde grandes parameras y llanos, a la reconocida Sierra del Tremedal que alberga la cota más alta de la comarca, el “Caimodorro” a 1935 msnm, además de numerosos cerros como el “Tremedal” a 1837 msnm, “Cerro Marinero” a 1795 msnm y “Las Boladeras” a 1862 msnm. La cota del casco urbano se encuentra a una media 1447 msnm.

Desde el pueblo hacia el sureste, siguiendo el cauce del río Gallo, las cotas descienden de forma suave y progresiva, hasta llegar a la zona agrícola mayoritaria del municipio, el “Estepar”. Este paraje se trata de una planicie de aproximadamente 750 hectáreas, en la que la cota varía suavemente desde los 1350 a los 1400 msnm. Es en este paraje donde se encuentran las parcelas de este proyecto, a una cota de 1400-1410 msnm.

La pendiente de las parcelas oscila entre 3 y 7% y además su orientación prácticamente llana y en dirección sureste permite que estas reciban una elevada insolación, considerándose este paraje como zona de solana.

6.- EDAFOLOGÍA.

Para la caracterización edafológica de las parcelas de actuación se va a utilizar un análisis de una parcela próxima, y que se puede considerar extrapolable para la zona donde se establecer esta plantación. Dicho análisis edafológico ha sido cedido por la Oficina Comarcal de Agricultura de Albarracín y se trata de un análisis de 30 centímetros de profundidad.

La zona de actuación se trata de unas parcelas de utilidad agrícola cerealista, con una profundidad de labor de 40-50 centímetros y con una pedregosidad media. A continuación, se van a describir los procesos necesarios para la caracterización de los aspectos edafológicos más determinantes para la producción de trufa.

6.1.- PROPIEDADES FÍSICAS

6.1.1.- TEXTURA.

Para determinar la textura del suelo, conociendo los porcentajes de arcilla, limo y arena y utilizando el triángulo textural de la USDA podemos determinar ante qué tipo de textura estamos.

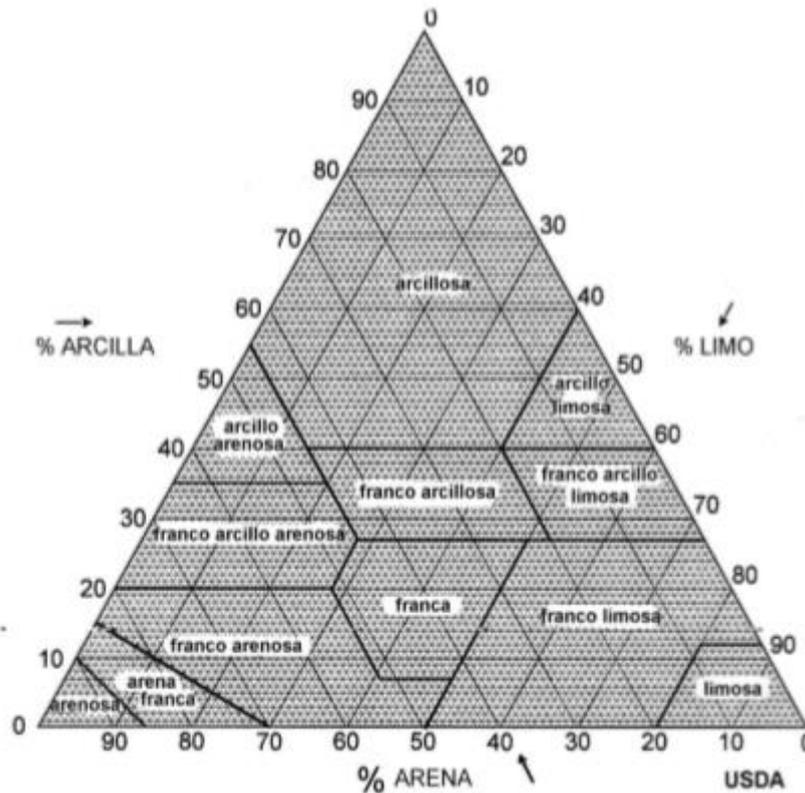


Figura 1. Diagrama textural de la USDA.

En este caso la composición textural de la parcela cercana a la zona de actuación es:

-Arena: 51,14%

-Limo: 33,83%

-Arcilla: 11,45%

Por lo tanto, la textura del suelo se considera franco-arenosa. A partir de la clase textural del USDA se puede determinar la densidad aparente del suelo, siendo en este caso, para la textura franca entre 1,55 y 1,60 g/cm³, tomando como valor intermedio 1,575 g/cm³.

6.1.2.- CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITEZ Y AGUA ÚTIL.

Para poder calcular la capacidad de campo, CC, punto de marchitez, PM y agua útil, AU, utilizaremos unas fórmulas dependientes de la composición textural del suelo:

$$CC(\% \text{ en peso}) = 0,48 * \% \text{arcilla} + 0,162 \% \text{limo} + 0,023 * \% \text{arena} + 2,62$$

$$PM (\% \text{ en peso}) = 0,302 * \% \text{arcilla} + 0,102 * \% \text{limo} + 0,0147 * \% \text{arena}$$

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

El porcentaje en peso hace referencia a los gramos de agua que hay por cada 100 gramos de suelo. Obteniendo dichos valores se puede calcular el agua útil:

$$CC(\% \text{ en peso}) = 0,48 * 11,45 + 0,162 * 33,83 + 0,023 * 51,14 + 2,62 = 14,77$$

$$PM (\% \text{ en peso}) = 0,302 * 11,45 + 0,102 * 33,83 + 0,0147 * 51,14 = 7,66$$

$$AU = CC - PM$$

$$AU = 14,77 - 7,66 = 7,11$$

6.2.- PROPIEDADES QUÍMICAS.

Existen numerosas recomendaciones de los valores que deben alcanzar los distintos parámetros químicos de un suelo para un adecuado desarrollo de las plantas, bien herbáceas o leñosas. Al tratarse las truferas de un cultivo prácticamente por estudiar, para calificar la aptitud del suelo en vez de atender a recomendaciones generalistas se van a tener en cuenta las recomendaciones de algunos de los autores más destacados de la truficultura.

Como se ha indicado anteriormente el análisis de suelo ha sido cedido por un particular y corresponde a una zona cercana a las parcelas de actuación y se va a considerar extrapolable.

Tabla 1. Valores de la parcela cercana a la zona de actuación.

PARÁMETRO	VALOR
pH agua (1:2,5)	7,83
CEes (mhos/cm)	0,28
Caliza total (%)	25,62
Caliza activa (%)	5,14
Materia orgánica (%)	2,08
Relación C/N	7,11
Calcio intercambiable (%)	0,71

* La conductividad está medida en una proporción 1:5 a 25C°.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

Tabla 2. Comparación valores recomendados por algunos autores con los valores del análisis

PARÁMETRO	VALOR ³	S. Reyna ²	C. T. F. C. ¹
Pedregosidad	Media	Pedregosidad superficial favorable	Pedregosidad superficial favorable
Textura	Franca (Fr)	Fr, FrAre, FrArc FrLi	Fr, FrAre, FrArc, Frei, FrArc, Lim
pH agua (1:2,5)	7,83	7,5-8,5	7,5-8,5
CEes (mmhos/cm)	0,28	0-0,35	
Caliza total (%)	25,62	1-80	1-83,7
Caliza activa (%)	5,14	0,1-30	-
Materia orgánica (%)	2,08	1-10	1,5-8
Relación C/N	7,11	5-15	8-15
Calcio intercambiable (%)	0,71	-	0,4-1,6

Donde:

-Fr: franca; Are: arenosa; Arc: arcillosa; Li: limosa.

-C. T. F. C.¹: Guía para el cultivo de la trufa negra, C.T. Forestal de Catalunya, 2005.

-S. Reyna²: Truficultura. Fundamentos y Técnicas. Reyna, S, 2007.

-VALOR³: valores del análisis de suelo cedido.

No se ha realizado análisis de nutrientes N, P y K alno considerarse su presencia o ausencia excesivamente determinante para el cultivo de trufas.

ANEXO 4: ECOLOGÍA DE LA TRUFA NEGRA.

ÍNDICE DEL ANEXO

	Página
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LA TRUFA NEGRA.....	1
3.- FACTORES ABIÓTICOS.....	3
3.1.- CLIMA.....	3
3.1.1.- TEMPERATURAS.....	3
3.1.2.- PRECIPITACIONES.....	4
3.2.- CONDICIONES FISIOGRÁFICAS.....	5
3.2.1.- ALTITUD.....	5
3.2.2.- ORIENTACIÓN.....	5
3.2.3.- PENDIENTE.....	6
3.3.- JUSTIFICACIÓN CLIMÁTICA DE LA ZONA DE ACTUACIÓN.....	6
3.4. SUELO.....	7
3.4.1.- PERFIL DEL SUELO.....	7
3.4.2.- AFLORAMIENTOS ROCOSOS.....	8
3.4.3.- PEDREGOSIDAD.....	8
3.4.4.- TEXTURA.....	8
3.4.5.- ESTRUCTURA.....	8
3.4.6.- REACCIÓN (pH).....	9
3.4.7.- CALIZA: CALIZA TOTAL Y CALIZA ACTIVA.....	9
3.4.8.- MATERIA ORGÁNICA.....	10
3.4.9.- RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO (C/N).....	10
3.4.10.- CONDUCTIVIDAD.....	10
3.4.11. NUTRIENTES N, P y K.....	10
4.- FACTORES BIÓTICOS.....	11
4.1.- FORMACIONES VEGETALES.....	11
4.2.- ÁRBOL SIMBIONTE.....	13
4.3.- EL QUEMADO.....	14
4.4.- ESPECIES INDICADORAS DE LAS ZONAS CON APTITUD TRUFERA.....	15
4.5.- FAUNA Y MICROFLORA ASOCIADA.....	16
4.6.- PATÓGENOS.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución de la trufa negra en Europa. Fuente: Reyna, S., (2007).....	1
Figura 2. Mapa de la producción de Trufa. Fuente: MAGRAMA.....	2

Figura 3. Distribución de la Trufa Negra en la provincia de Teruel. Fuente: ATRUFER.	2
Figura 4. Evaluación de la aptitud trufera. Fuente: Reyna.....	17
Figura 5. Evaluación de aptitud trufera. Fuente: Reyna.	18

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Comparación con las temperaturas recomendadas.	3
Tabla 2. Comparación con las precipitaciones recomendadas.....	4
Tabla 3. Especies indicadoras de aptitud trufera. Reyna S. Truficultura fundamentos y técnicas.	15

1.- INTRODUCCIÓN

Si algo caracteriza a la trufa negra, es su amplia elasticidad ecológica, debida en gran parte al elevado número de especies hospedantes con las que es capaz de asociarse naturalmente. Probablemente, las zonas forestales cuyas especies vegetales pueden estar micorrizadas, son mayores que las zonas donde el hongo llega a fructificar siendo por ello objeto de aprovechamiento, gracias a la posibilidad de plantar especies micorrizadas, siempre que las condiciones edafoclimáticas lo permitan.

Los requerimientos ecológicos de la trufa negra se pueden analizar diferenciando dos grandes grupos: factores abióticos (clima, características del suelo, fisiografía...) y los bióticos (árbol simbionte, fauna asociada...). Ambos serán abordados en el siguiente anexo.

2.- DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LA TRUFA NEGRA.

La trufa negra se distribuye principalmente en Europa meridional, aproximadamente entre los paralelos 37- 47Nº. Aparece fundamentalmente por el sur de Francia, este de España y centro-norte de Italia, aunque también puede encontrarse puntualmente en Portugal, Suiza, Alemania y Hungría, entre otros.

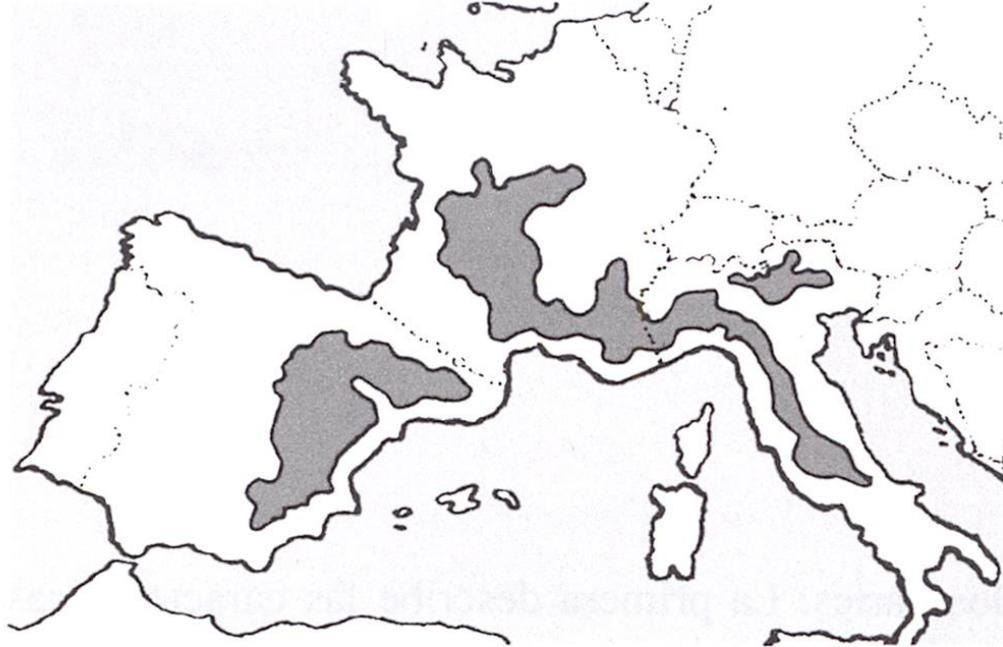


Figura 1. Distribución de la trufa negra en Europa. Fuente: Reyna, S., (2007).

Dentro de España las principales zonas productoras son las Sierras Pirenaicas, Cordilleras Costero-catalanas, Cordilleras Béticas (en torno a la Sierra de Segura), Sierras Norte de Castellón y Valencia y el Sistema Ibérico, destacando dentro de este, las provincias de Soria, Teruel y Guadalajara.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)



Figura 2. Mapa de la producción de Trufa. Fuente: MAGRAMA.

Por sus exigencias ecológicas, la producción de la trufa se ajusta fundamentalmente a zonas de escaso valor agronómico y por ello generalmente deprimidas, como es el caso de gran parte de la provincia de Teruel, destacando la comarca de Gúdar-Javalambre. No obstante, en los últimos años el cultivo se está extendiendo a comarcas como la Sierra de Albarracín, Comunidad de Teruel y Jiloca.



Figura 3. Distribución de la Trufa Negra en la provincia de Teruel. Fuente: ATRUFER.

3.- FACTORES ABIÓTICOS.

Los factores abióticos esenciales que pueden afectar a la futura producción de trufa negra son entre otros el clima, la fisiografía y el suelo. La interacción entre ellos junto con los factores bióticos serán determinantes en la prosperidad o fracaso de la plantación. A continuación, se van a detallar de forma individual, describiendo su influencia sobre la trufa negra.

3.1.- CLIMA.

En España, *T. melanosporum* suele encontrarse en climas de transición entre el clima mediterráneo y el atlántico. El clima atlántico presenta veranos húmedos, mientras que el mediterráneo se caracteriza por tener un periodo de sequía estival, durante el cual la precipitación es inferior al doble de la temperatura media (como puede observarse en el diagrama ombrotérmico del anejo de clima). Utilizando la clasificación bioclimática de Rivas Martínez (realizada para la zona en cuestión en el Anexo 2), las áreas truferas en España se encuentran mayoritariamente en los termotipos Mesomediterráneo y Supramediterráneo de ombroclimas secos (precipitación media anual entre 350 y 600 mm) y preferiblemente subhúmedos (precipitación media anual aproximada entre 600 y 1000 mm).

En el caso de la zona de actuación el clima es Supramediterráneo, subpiso medio y ombroclima subhúmedo, por lo que puede considerarse una zona apta para la producción de trufa negra.

3.1.1.- TEMPERATURAS.

Los intervalos de temperaturas recomendadas para España, en las zonas con presencia de trufa negra se enuncian a continuación:

Tabla 1. Comparación con las temperaturas recomendadas.

Temperatura (°C)	C. T. F. C. ¹	P. Teruel ²	S. Reyna ³	Orihuela del Tremedal ⁴
Tm	8.6-14.8	7.6-14.4	8.6-14.8	9.54
Tc	17.4-23.5	16.9-23.1	17.4-23.2	19.99
Tmáx.c	23-32	-	24.2-29.5	27.26
T max .c	43	-	38.7-43	34.84
Tf	1-8.2	1-8.2	2.3-8.2	1.4
Tmin.f	-6, -2	-4.6, -3.2	-1, 3.8	-2.4
T min .f	-25, -9	-	-19, -7	-12.87

-C. T. F. C.¹: Guía para el cultivo de la trufa negra, C.T. Forestal de Catalunya, 2005.

-P. Teruel²: Modelo de potencialidad climática para la trufa negra en Teruel, 2010.

-S. Reyna³: Truficultura. Fundamentos y Técnicas. Reyna, S, 2007.

-Orihuela del Tremedal⁴: temperaturas de Orihuela del Tremedal (Teruel).

-Donde:

-Tm: temperatura media anual.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

- Tc: temperatura media del mes más cálido.
- Tmin.c: temperatura media de las máximas del mes más cálido.
- T |max|.c: temperatura máxima absoluta.
- Tf: temperatura media del mes más frío.
- Tmin.f: temperatura media de las mínimas del mes más frío.
- T |min|.f: temperatura mínima absoluta.

- C.T.F.C: Guía para el cultivo de la trufa negra, C.T. Forestal de Catalunya, 2005.
- P. Teruel: Modelo de potencialidad climática para la trufa negra en Teruel, 2010.
- S. Reyna: Truficultura. Fundamentos y Técnicas. Reyna, S, 2007.

Puede observarse que las temperaturas anteriormente indicadas de Orihuela del Tremedal entran en los distintos rangos recomendados por algunos autores de truficultura.

3.1.2.- PRECIPITACIONES.

Tabla 2. Comparación con las precipitaciones recomendadas.

Precipitación (mm)	C. T. F. C. ¹	P. Teruel ²	S. Reyna ³	Orihuela del Tremedal ⁴
Anual	425-1500	463-934	425-962	634.9
Verano	72-187	98-137	50-150	106.1
Agosto	-	>25	-	35.2

- C. T. F. C.¹: Guía para el cultivo de la trufa negra, C.T. Forestal de Catalunya, 2005.
- P. Teruel²: Modelo de potencialidad climática para la trufa negra en Teruel, 2010.
- S. Reyna³: Truficultura. Fundamentos y Técnicas. Reyna, S, 2007.
- Orihuela del Tremedal⁴: precipitaciones de Orihuela del Tremedal (Teruel).

Puede observarse que la mayoría de los valores recomendados por algunos autores coinciden en un rango ideal de pluviometría para la trufa comprendido entre 600-800 ó 500-900 mm/año, teniéndose en cuenta que la influencia de las precipitaciones estivales sobre la producción es mucho más importante que la total anual, siendo necesario un mínimo de precipitación estival del orden de 90-100 mm.

No obstante, la mayoría de estudios realizados sobre la trufa demuestran que las mejores producciones trufas, se obtienen los años en que hay abundantes tormentas veraniegas, especialmente en los meses de julio y agosto. A continuación, se adjuntan las estimaciones realizadas por algunos autores sobre la cantidad de lluvia acumulada en verano, necesaria para unas adecuadas producciones:

-Reyna (2007). Indica que entre julio y agosto las plantaciones deben recibir un aporte entre lluvia y riego de 150 mm, permitiendo periodos de sequía de 15-20 días y no superiores a los 25 días, aunque variable en función del suelo.

-Tagliaferro (2001). Recomienda riegos de 25 a 30 l/m² cada 15 días desde mediados de junio a final de septiembre, descontando del riego en caso de que hubiera lluvias superiores a 10mm.

-Carbajo (1999). Recomienda aplicar riegos de 25 l/m^2 cada 15 días en julio, agosto y septiembre.

-Grente y Delmas (1974), Olivier *et al.* (1996) recomiendan aportaciones de mayo-junio a agosto-septiembre de $50\text{-}60 \text{ l/m}^2$ al mes. Sourzat (1997) de 30 l/m^2 cada 15-20 días;

Todas las cantidades variaran en función de la capacidad de retención del suelo, restando de estas las precipitaciones caídas.

En este caso, la precipitación estival es de 106.1 mm y la de agosto 35.2mm. No obstante, esto no quiere decir que el riego sea innecesario, pues las precipitaciones pueden variar de año en año, siendo en algunos casos deficitarias y haciendo imprescindibles las aplicaciones de agua artificiales mediante riego.

3.2.- CONDICIONES FISIAGRÁFICAS.

Las condiciones fisiográficas pueden condicionar la distribución de la trufa, pero por si solos no tienen gran relevancia y se deben considerar conjuntamente con el clima. Sin embargo, pueden determinar la mayor o menor erosión del suelo.

3.2.1.- ALTITUD.

El rango de altitudes en los que se presenta la trufa negra es muy variable. Alcanza su mínimo en Francia e Italia, donde pueden encontrarse desde los 100 m, y su máximo en el sur de España, donde puede encontrarse hasta los 1800 m. En España, la gran mayoría de las truferas se suele localizar entre los 600-1500m de altitud, teniendo su óptimo entre los 900-1250 m.

En el caso de este proyecto, las parcelas se encuentran a una media de 1410 msnm, una altitud un tanto elevada para la producción de trufa. Sin embargo, las condiciones edafológicas son favorables y junto con el gradual aumento de las temperaturas a día de hoy y de cara al futuro, harán posible una adecuada producción. No obstante, a pesar de la altitud la producción de trufa negra sería posible, pero con menores rendimientos que otras zonas truferas situadas a 900-1000 msnm.

3.2.2.- ORIENTACIÓN.

La orientación influye en la insolación recibida por la planta. Por norma general, la mayoría de las truferas silvestres se encuentran en exposición Sur (solana o mediodía). Sin embargo, en las zonas más secas y calurosas (más hacia el Sur peninsular) se observa una mayor presencia de truferas en umbría, aunque zonas trufígenas en fondos de valle con poca insolación y terrenos muy umbríos presentan malos resultados e incluso nulos.

En el caso de las parcelas donde se establecerá la plantación, la orientación es sureste por lo que los árboles micorrizados recibirán una adecuada insolación. Además, al situarse en una planicie recibirán muy poca sombra a lo largo del día, por lo que podría considerarse una zona de solana.

3.2.3.- PENDIENTE.

La pendiente tiene una triple influencia: sobre la circulación del agua, sobre la erosión y sobre la insolación. Las trufas silvestres se sitúan mayoritariamente en pendientes moderadas (5-30%), aunque pueden encontrarse especies trufas silvestres con hasta un 60% de pendiente, en las cuales el quemado se desplaza hacia abajo, ya que la escorrentía arrastra propágulos trufígenos.

A día de hoy, cada vez es más común el aumento de trufas silvestres situadas sobre pendientes suaves, que se sitúan en la mayoría de ocasiones en antiguos campos improductivos o que llevan numerosos años sin ser cultivados, dado que evolutivamente van perdiéndose las enclavadas en terreno puramente forestales. No suelen encontrarse trufas en terrenos totalmente llanos y encharcadizos, hecho muy negativo para la supervivencia del micelio, ni en fondos de valle donde además de estar muy frecuentemente sujetos a heladas primaverales, el drenaje del suelo no es bueno.

Las parcelas en las que se establecerá la plantación tienen una pendiente de 2,40% de media, siendo esta constante y suave, y sin presencia de vaguadas o zonas potencialmente inundables.

3.3.- JUSTIFICACIÓN CLIMÁTICA DE LA ZONA DE ACTUACIÓN.

La zona en la que está proyectada la plantación trufera puede ser considerada como límite de las recomendaciones altitudinales de los principales autores. Ante el consecuente cambio climático, en esta zona, tradicionalmente de clima montañoso en el que las temperaturas han sido extremas, en los últimos años está registrándose un aumento de las mismas, al igual que en el resto del mundo.

La temperatura global está aumentando a una velocidad cada vez mayor, dato que ha sido revelado tras un estudio llevado a cabo por investigadores del Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste en EEUU publicado en la revista 'Nature Climate Change', que han llegado a la conclusión de que la Tierra está entrando en un periodo de cambio climático que probablemente será más rápido de lo que se ha producido de forma natural durante los últimos 1.000 años.

En las últimas cumbres internacionales se habla de umbrales de incremento de 2°C. No obstante, este valor no es el único que refleja el cambio que la Tierra está sufriendo, pudiendo observarse la alteración de otros valores como pueden ser las temperaturas locales, los patrones de temperaturas diurnas y nocturnas en función de la estación del año o las lluvias y tormentas.

La novedad del trabajo anteriormente citado es que, en este caso, se han analizado estas tasas de cambio en periodos de 40 años, lo que permite obtener resultados más concluyentes. Tras analizar los datos climáticos existentes y más de 20 modelos climáticos para simular la variación de temperatura en las próximas décadas, las tasas de cambio se han establecido en una media de 0.2-0.3 °C por década.

Con esta información se quiere justificar que, aunque la zona de actuación está en el límite de los valores de temperatura y altitud establecidos por algunos autores, con el paso de los años y el consecuente aumento de las temperaturas harán que las condiciones ecológicas para la producción de trufa mejoren.

3.4. SUELO.

De los parámetros que se van a desarrollar a continuación pueden observarse los valores obtenidos, en el Anejo 3 Análisis de suelo. No obstante, a continuación, se van a comentar algunos de los aspectos más importantes y los valores más recomendados de estos valores para la truficultura.

3.4.1.- PERFIL DEL SUELO.

La trufa aparece preferentemente en suelos calizos. El material originario puede ser de diversas edades geológicas (Jurásico, Cretácico, Terciario, Cuaternario) y diferentes litologías (calizas, margas, areniscas, conglomerados, coluvios, etc.) siempre que contenga carbonato cálcico. Son especialmente favorables las calizas duras (calizas del Jurásico medio o superior). La trufa no vive en terrenos silíceos, yesosos ni salinos. Para hacer posible el cultivo de la trufa en suelos ácidos es necesario aplicar costosas enmiendas para aumentar el pH.

En lo que a la génesis edáfica se refiere, encontramos truferas silvestres en suelos someros y/o poco evolucionados (leptosoles, regosoles) como en otros más desarrollados (luvisoles, calcisoles, cambisoles, suelos humíferos, etc.). No obstante, para el cultivo de la trufa, la profundidad del suelo jugará un papel importante ya que de ella dependerá la capacidad de retención del agua y por tanto aumentará la disponibilidad para la vegetación y la trufa. Es común en zonas secas y cálidas donde aparece trufa la existencia de suelos más profundos, en comparativa con otras zonas de mayor precipitación. El drenaje natural de un suelo depende de su porosidad, la transición entre horizontes edáficos, el material originario y su fracturación, la pendiente y la actividad biológica. Son muy escasas las truferas silvestres sobre suelos hidromorfos en los que el encharcamiento puede ser prolongado.

Los suelos trufígenos son en su mayoría arcilloso-calizos humíferos con un perfil homogéneo y pedregosos. Pueden encontrarse también en suelos pardos calizos, es decir, suelo arcilloso-calizo cuyo horizonte inferior presenta una estructura particular, generalmente poliédrica y no grumosa como en el caso de las renzinas típicas.

En conclusión, el perfil del suelo más adecuado para la trufa negra, es un perfil homogéneo sobre una roca madre más o menos profunda, que generalmente no suele superar los 50cm.

La ubicación en la que se va a proyectar la plantación se encuentra en una zona en la que confluyen formaciones del Cuaternario y del Mesozoico, concretamente el Jurásico. Dicha zona se caracteriza por tener un suelo calizo y de profundidad entre los 50-60 cm.

3.4.2.- AFLORAMIENTOS ROCOSOS.

Los suelos con abundantes canchales de piedra, cuya superficie presenta una cobertura superior al 10% obviamente no son aptos para la trufa negra.

3.4.3.- PEDREGOSIDAD.

La pedregosidad de un suelo es un aspecto que puede tener un carácter determinante en su valor trufígeno. Sin embargo, los pedregales, cuyo volumen de gravas y cantos supera al de tierra fina, no son idóneos, dificultando la producción de trufa. La presencia de gravas (diámetro mayor de 2 mm) es muy variable en los suelos trufígenos, oscilando entre un 0,2% y un 92%, aunque la mayoría de las trufas se sitúan en terrenos bastante pedregosos.

Si la pedregosidad es un elemento positivo para el desarrollo de la trufa, aún lo es más cuando está es superficial. La presencia de una tasa elevada de guijarros o gravas en el suelo favorece el drenaje, la aireación, la captación de calor en invierno, la disminución de la evaporación en verano, la provisión de carbonato cálcico, la protección contra la compactación y la erosión hídrica e incluso la protección contra la prelación de la fauna. Sin embargo, las piedras blancas o claras provocan, en climas secos y en ausencia total de vegetación, un efecto de reverberación de la insolación sobre las plantas jóvenes, que no siempre es deseable.

3.4.4.- TEXTURA.

La textura es la proporción en porcentaje de peso de las partículas menores a 2 mm de diámetro, arena, arcilla y limo, existentes en los horizontes del suelo. En general en Europa se forman trufas silvestres en casi todo tipo de texturas, exceptuando las más extrema. Las texturas de suelo recomendadas para la mayoría de autores son las de tipo franco (equilibrada), franco-arcillosa, franco-limosa y franco-arenosa. No son favorables al desarrollo la trufa negra los suelos cuya textura es:

- Muy arcillosa (con un porcentaje de arcilla superior al 50 %) por su excesiva compactación. No obstante, los niveles máximos de arcilla dependerán de la pedregosidad, la materia orgánica y la actividad biológica que mejoran la aireación y evitan la excesiva compactación del suelo.
- Limosa, limo-arcillosa o limo-arenosa, que implican una reducción de la porosidad.
- Excesivamente arenosa, por su poca retención de agua.

3.4.5.- ESTRUCTURA.

La estructura hace referencia a la agregación de partículas individuales del suelo para generar unidades de mayor tamaño conocidas como agregados o terrones y que son el resultado de procesos pedogenéticos. En el caso de la trufa negra la mejor estructura para su desarrollo es aquella que permite la máxima aireación del suelo, una buena circulación de agua por los poros, así como una buena penetración de las raíces del árbol y el micelio de la trufa. Por lo tanto, es necesario un adecuado drenaje que evacúe los excesos de agua, que permita la retención suficiente de agua en los capilares, fluidez en la exploración del suelo por la raíz y el micelio, y la buena

aireación, evitando la asfixia de organismos aerobios, del árbol hospedante y la trufa negra.

En los suelos destinados a la producción de trufa negra es necesario un perfil, que en su conjunto y hasta la roca madre, tenga una buena estructura, sin que una discontinuidad o alguna capa limitante dificulte el enraizamiento o la circulación del aire y del agua.

Para la mayoría de autores la estructura óptima es la llamada estructura granular o grumosa (agregados del tamaño de un grano de trigo), resultante de un equilibrio textural y la constitución de un complejo arcillo-húmico estable.

3.4.6.- REACCIÓN (pH).

La presencia de calcio en el suelo, resultante de la descomposición química de la caliza, determina en gran parte la reacción (pH) de los suelos trufígenos. Para un adecuado desarrollo de la trufa negra es indispensable para la trufa negra que el suelo sea rico en calcio y pH (medida de la acidez o alcalinidad del suelo) alcalino.

Los valores de pH de recomendados por numerosos autores para el cultivo de la trufa se sitúan entre 7,5 y 8,5 (pH medido en agua en proporción 1:2,5). El valor óptimo para la trufa negra se considera del orden de 8 aunque el pH de los montes truferos este puede oscilar entre 7,0-8,85.

3.4.7.- CALIZA: CALIZA TOTAL Y CALIZA ACTIVA.

La trufa negra aparece asociada a suelos ricos en calcio siendo el carbonato cálcico el primer factor limitante y requerimiento indispensable para su adecuado desarrollo. Este carbonato cálcico proviene del material originario del suelo (la roca madre) y/o de los materiales gruesos (pedregosidad). En el suelo puede encontrarse en forma de partículas finas (arena, limo o arcilla) o bien solubilizado. Para detectar la presencia de carbonato cálcico en el suelo o en las gravas puede observarse la efervescencia que se produce al verter unas gotas de ácido clorhídrico sobre sus partículas; si se produce efervescencia el suelo es calizo. Dentro del calcio presente en los suelos podemos identificar las siguientes fracciones:

- La caliza total: se corresponde con la cantidad de las calizas con diámetro menor de 2 mm (arenas, limos y arcillas calizas). En los suelos trufígenos su porcentaje varía entre 0-84%.
- La caliza activa: es la fracción más fina de la caliza y por ello la más activa químicamente. Se corresponde con el porcentaje de limos y arcillas calizas, pudiéndose encontrar valores, en trufas silvestres, comprendidos entre un 0 - 30%.
- El calcio intercambiable es una medida del calcio solubilizado en el suelo y disponible para las plantas. Algunos autores recomiendan valores comprendidos entre un 0,4- 1,6% para la producción de *Tuber melanosporum*.

3.4.8.- MATERIA ORGÁNICA.

La materia orgánica de los suelos es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte. Ésta tiene un papel decisivo en la supervivencia de la trufa, constituye una reserva de nutrientes para la planta hospedante, aumenta la agregación del suelo, la capacidad de intercambio catiónico, la porosidad y por tanto aireación, la capacidad de retención de agua y estimula la actividad biológica. En las trufas silvestres es un parámetro bastante variable, encontrando valores situados entre el 0,6% y el 17%. Para cada tipo de textura y para una tasa de caliza dada corresponde una tasa óptima de materia orgánica en el suelo.

Para el desarrollo de la trufa no son adecuados suelos con contenidos inferiores al 1 % ni superior al 10 % de materia orgánica total. Los valores más recomendados se sitúan en porcentajes comprendidos entre el 1,5 y el 8 % en los primeros horizontes, reduciéndose la tasa a medida que se avanza en profundidad en el perfil.

3.4.9.- RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO (C/N).

La relación entre el carbono y el nitrógeno contenidos en un suelo es un indicador del grado de evolución de la materia orgánica y de su velocidad de humificación. Da una idea de la actividad biológica de un suelo por lo que se debe considerar sobre todo en suelos pesados con un contenido en arcillas elevado.

En trufas silvestres se han encontrado como valores mínimos y máximos de 0,1 y 26 respectivamente. Para el cultivo de la trufa son recomendables valores entre 5-15 considerando como valor óptimo alrededor de 10.

3.4.10.- CONDUCTIVIDAD.

La conductividad es una medida la cantidad de sales presentes en un suelo y permite conocer su nivel de salinidad, que puede tener gran influencia sobre los cultivos. En suelos truferos silvestres se mantendrá un nivel bajo y estable; de hecho, no se localizan trufas silvestres en terrenos con alta conductividad como pueden ser los salinos o yesosos. Valores elevados de conductividad en un suelo pueden ser debidos al material

originario, pero también a un exceso de fertilidad, exceso de nitratos, sobre todo). En forestaciones de terrenos agrícolas se ha de tener en cuenta este parámetro cuando se hayan utilizado purines en la fertilización, donde además se valorarán los posibles efectos de los elementos pesados y compuestos nitrogenados que contiene ya que en la mayoría de suelos transformados a plantaciones trufas anteriormente solían dedicarse al cultivo convencional de cereal en el que se utilizan elevadas cantidades de fertilizantes químicos.

Para el cultivo de la trufa los autores expertos en el tema recomiendan valores inferiores a 0,35 mmhos/cm medidos en una solución 1:5.

3.4.11. NUTRIENTES N, P y K.

La presencia de los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo para la producción de trufa no son determinantes, a pesar de su condición de nutrientes

esenciales. En general la mayoría de los suelos tiene cantidades suficientes de estos nutrientes para hacer viable sin necesidad de aplicaciones para corregir las deficiencias. Además, la acción de las micorrizas mejora la capacidad de asimilación de las plantas, haciendo innecesarios aportes de macronutrientes al suelo. Por otra parte, un exceso de nutrientes en el suelo puede llegar a ser perjudicial para la futura producción, ya que la planta se apoya en las micorrizas para suplir deficiencias o mejorar su nutrición. Si se suple con abono esta deficiencia la planta no necesitará las micorrizas y la producción de trufa negra descenderá drásticamente.

Para el cultivo de la trufa los valores mínimos y máximos de contenido de nitrógeno orgánico (Kjeldahl) recomendados son entre 0,1 y 0,5%. Los microorganismos y el micelio de la trufa negra son capaces de transformar las diferentes fracciones de fósforo en forma asimilable para el huésped, por lo que en truficultura resulta más relevante la medición del fósforo total. Su rango recomendado expresado como P_2O_5 total en %, así como P_2O_5 asimilable por el método Olsen es de 0,1-0,3% y 5-150ppm respectivamente. Los valores recomendables de potasio expresados como ppm de K_2O son 50-500ppm.

4.- FACTORES BIÓTICOS.

Los factores bióticos son los organismos vivos que influyen la forma de un ecosistema. En este apartado se van a describir los más determinantes para la producción de trufa.

4.1.- FORMACIONES VEGETALES.

La vegetación característica de las zonas truferas son los encinares y en menor medida los coscojares, quejigares y robledales de roble pubescente. Los límites altitudinales para la producción de trufa negra en España se sitúan en torno a 600-1500 m, teniendo su óptimo en torno a 900 y 1200m. Por importancia en cuanto a este proyecto se van a describir los quejigares ya que es este tipo de formación la que conforma el entorno que rodea a la futura plantación. Aunque su presencia es menor a la anterior, también se van a describir los encinares.

Los quejigares.

El quejigo es una especie forestal que también puede convertirse en árbol trufero, aunque en menor medida en comparación con la encina. Los quejigares son bosques cuyo estrato arbóreo, que alcanza entre los 6 y 15 metros de altura, está formado además de quejigos, por otros caducifolios como arces (*Acer opalus* subsp. *granatense* y *Acer monspessulanum*) y serbales (*Sorbus domestica*). La mayor representación de estos bosques se encuentra en territorios calizos supramediterráneos subhúmedos peninsulares caracterizados por abundantes lluvias y situados generalmente en zonas montañosas entre 500 y 1800 metros.

En el estrato arbustivo de los quejigares aparecen especies como el boj (*Buxus sempervirens*), el guillomo (*Amelanchier ovalis*), el espinillo negro (*Crataegus monogyna*), el cerezo de santa lucía (*Prunus mahaleb*), el endrino (*Prunus spinosa*), etc.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

En el estrato herbáceo son frecuentes especies como el heléboro (*Helleborus phoetidus*), los rosales silvestres (*Rosa sp. pl.*), o las violetas (*Vioala sp. pl.*), así como orquídeas, (*Cephalanthera rubra*, *Epipactis helleborine*), anémones (*hepática nobilis*), primulas (*Primula columnae*), etc.

Los quejigares se encuentran ampliamente distribuidos e por el territorio peninsular, pero los potencialmente truferos son característicos de los territorios manchegos y maestrencos donde se entremezclan con encinares constituyendo bosques mixtos en los que ambas especies son codominantes, siendo en estas situaciones donde más probabilidades pueden haber de encontrar quejigos truferos.

Los encinares.

Los encinares constituyen los bosques esclerófilos planifolios más característicos de la Península Ibérica ocupando una superficie de 2,5 millones de ha. La actuación del hombre sobre el territorio de estos bosques ha conducido a que únicamente representen el 10% de la superficie forestal arbolada que potencialmente correspondía. Las encinas, por su elasticidad ecológica están presentes prácticamente en cualquier punto de España ya que se adaptan a casi todos los suelos y climas. Sin embargo, su presencia es poco significativa a la hora de indicar la calidad de un terreno para la trufa negra. Los encinares en la península Ibéricas son bosques bien estructurados, densos, más o menos impenetrables y sombríos cuando están su óptimo. Pueden distinguirse en los territorios potencialmente truferos los siguientes tipos de encinares:

-Continetales Supramediterráneos castellano-maestrazgo-manchegos con sabinas albares (*Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae*). Se distribuyen preferencialmente en los macizos de Gúdar, Javalambre y Puertos de Tortosa-Beceite, así como en las montañas periféricas, superiores a 900m. La concurrencia de *Quercus rotundifolia* con *Juniperus thurifera* (sabina albar) u otros fanerófitos como el pino negral (*Pinus nigra ssp. Salzmanni*) en la mayoría de casos, es una indicación de la potencial presencia de trufa negra. El estrato arbustivo de estos bosques no es muy rico, destacándose la presencia de enebros (*Juniperus communis subsp.hemisphaerica*, *Juniperus oxycedrus*) y sabinas negras (*Juniperus phoenicea*). En el estrato herbáceo se pueden subrayar la *Festuca hystrix*, *Dactylis hispanica* y *Koeleria vallesiana*.

-Supramediterráneos valenciano-tarraconenses de ombroclimas subhúmedo (*Hedero-Quercetum rotundifoliae*). El estrato arbóreo está dominado por la carrasca (*Quercus rotundifolia*) y la encina (*Quercus ilex*). En el estrato arbustivo podemos destacar el torvisco (*Daphneginidium*), el aladierno (*Rhamnus alaternus*), los espárragos (*Asparagus acutifolius*), mientras que en el herbáceo es común encontrarse *Teucrium chamaedrys*, *Carex halleriana*, *Carex distachya*, o *Brachypodium retusum*.

-Continetales Mesomediterráneos castellano-aragoneses (*Quercetum rotundifoliae*). Se presentan en altitudes inferiores a los castellano-maestrazgo-manchegos y tiene un estrato arbustivo algo más rico siendo frecuentes elementos de tendencia continental como *Genista scorpius* y *Lonicera etrusca*. En el estrato herbáceo hay elementos

comunes a otros encinares como *Carex hallerana*, *Brachypodium retusum*, *Viola dehnhardtii*, *Rumex intermedius*...

4.2.- ÁRBOL SIMBIONTE.

La trufa negra, *Tuber melanosporum* Vitt, es capaz de formar micorrizas de forma natural o con la ayuda del hombre. Los géneros con los que es capaz de formar micorrizas, de forma natural o con ayuda del hombre con los siguientes géneros: *Quercus* (robles, encina y coscoja), *Fagus* (hayas), *Populus* (chopos), *Salix* (sauces), *Ostrya*, *Carpinus* (carpes), *Alnus* (alisos), *Betula* (abedul), *Corylus* (avellanos), *Castanea* (castaños), *Tilia* (tilos), *Fumana*, *Eucalyptus*, *Pinus*, *Abies* (abetos) y *Cedrus*.

Sin embargo, no todas las especies son capaces de mantener una producción trufera habitual. Algunas de las especies recomendadas por autores expertos en truficultura son las siguientes:

-Género *Quercus*:

- Quercus pubescens* Willd.= *Quercus humilis* Mill. (Roble pubescente).
- Quercus x cerrioides* Wk et Costa. (Roble cerrioide).
- Quercus petraea* (Matt.) Liebl. (Roble albar).
- Quercus robur* L. = *Quercus pedunculata* Ehrh. (Roble común).
- Quercus ilex* L.= *Q. ilex* L. subsp. *Ilex*. (Encina).
- Quercus rotundifolia* L.= *Q. ilex* Subsp. *Ballota* (Desf) Samp. (Carrasca).
- Quercus faginea* Lam. (Quejigo).
- Quercus coccifera* L. (Coscoja).

-Género *Carpinus*:

- Carpinus betulus* L. (Carpe).

-Género *Corylus*:

- Corylus avellana* L. (Avellano).

-Género *Castanea*:

- Castanea sativa* Miller. (Castaño)

-Género *Tilia*:

- Tilia platyphyllos* Scop. subsp. *platyphyllos* Scop.(Tilo).

-Género *Pinus*:

- Pinus uncinata* Mirb. (Pino negro).
- Pinus halepensis* Mill. (Pino carrasco).
- Pinus pinea* L. (Pino piñonero).

Ocasionalmente aparecen citadas como simbioses el nogal (*Juglans regia* L.), los enebros (*Juniperus communis* L. y *Juniperus oxycedrus* L.) y algunas jaras (*Cistus creticus* L.). A pesar del gran número de especies hospedantes, sólo unas pocas son capaces de mantener una producción trufera habitual, que hacen viable su cultivo. En España las especies simbioses más frecuentes son: la carrasca (*Quercus rotundifolia*), la encina (*Quercus ilex*), el quejigo (*Quercus faginea*), el roble pubescente (*Quercus pubescens*), el roble cerrioides (*Quercus x cerrioides*), el roble común (*Quercus robur*), la coscoja (*Quercus coccifera*) y el avellano (*Corylus avellana*).

4.3.- EL QUEMADO.

De forma general las plantas trufas acaban formando en el terreno una zona desprovista de vegetación que recibe el nombre de quemado, trufal, calvero o pelado. Sin embargo, la formación del quemado no es condición necesaria ni suficiente para que el árbol produzca trufas, siendo normal que existan quemados en los que no hay producción, que pueden ser producidos por micelios estériles del hongo de la trufa o por otros hongos como *Scleroderma verrucosa*, *Astraeus hygometricus* o especies del género *Russula*, y por el contrario hay zonas sin un quemado aparente en el que hay producción de trufa. Estudiar los quemados es de gran importancia ya que pueden proporcionar datos interesantes sobre el avance del estado de la micorrización en el sistema radical, en el que año tras año se instalan, permanecen, desaparecen o aparecen distintas micorrizas, en respuesta a las condiciones microecológicas que suceden entorno a la raíz.

El quemado es consecuencia del efecto antibiótico que tiene el micelio de la trufa expandido por el suelo que impide la emergencia de otras plantas, fenómeno técnicamente conocido como alelopatía. Otros autores justifican el fenómeno destacando la gran capacidad que tiene el micelio de la trufa para captar los recursos hídricos y elementos nutritivos del suelo, monopolizándolos en detrimento de otros organismos (plantas y otros hongos). Probablemente ambas acciones (alelopatía y competencia) se combinen, obteniendo grandes resultados, pues, aunque ciertas especies vegetales subsisten, entre el 70-80% de las que viven en los alrededores se ven afectadas y desaparecen del interior del quemado.

Los quemados aparecen entre el 4º y 10º año de la plantación del árbol micorrizado, comenzando alrededor de la planta para posteriormente ir superándose según va avanzando a la zona de raíces más finas. El área suele ser más o menos circular con una superficie comprendida entre los 3 y 25-30 m² y corresponde a la zona de exploración radical del micelio, donde se producen los carpóforos, siendo el tronco del árbol su centro. La duración del quemado y por lo tanto la vida del árbol simbiote no es uniforme, aunque si no cambian las condiciones ecológicas su longevidad podría ser como la del árbol hospedante.

El grado de recubrimiento de la vegetación, las especies presentes en el quemado y las características del suelo son buenos indicadores del estado productivo de la trufa. Algunas de las plantas que pueden desarrollarse en los quemados son: el cerezo de Santa Lucía (*Prunus mahaleb*), el cornejo (*Cornus sanguinea*), los enebros (*Juniperus oxycedrus*, *Juniperus communis*), la uva de pastor (*Sedum sediforme*), la

uña de gato (*Sedum album*), la festuca (*Festuca rubra*) la lechetrezna verde azulada de flor amarilla (*Euphorbia nicaeensis*) o en climas más suaves ocasionalmente la aliaga morisca (*Ulex parviflorus*). No obstante, existen numerosas especies vegetales asociadas a los quemados que varían según la zona de producción, habiéndose destacado anteriormente las más comunes en la provincia de Teruel.

4.4.- ESPECIES INDICADORAS DE LAS ZONAS CON APTITUD TRUFERA.

Para la producción de trufa negra no se requieren grandes masas vegetales tupidas y frondosas, ya que el micelio y la formación de cuerpos fructíferos requieren que el suelo reciba una adecuada insolación. Prácticas culturales que mejoren y favorezcan la insolación de suelos como pueden ser el pastoreo o la extracción de leñas, mejoran la producción de trufa, como es el caso de coscojares, quejigares y encinares cuya producción de trufa se ve favorecida con el pastoreo. Existen especies que pueden utilizarse como indicadoras de las zonas con aptitud trufera para cada una de las formaciones vegetales. En la siguiente se tabla se recogen las más características, para el encinar mesomediterráneo, así como las del encinar, quejigar y robledal.

Tabla 3. Especies indicadoras de aptitud trufera. Reyna S. Truficultura fundamentos y técnicas.

	Encinar Mesomediterráneo	Encinar Supramediterráneo	Quejigar Supramediterráneo	Robledales Pubes. Montanos
Bosque	<i>Quercus rotundifolia</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Pinus halepensis</i>	<i>Quercus rotundifolia</i> <i>Juniperus thurifera</i> <i>Pinus nigra ssp. salzmannii</i>	<i>Quercus faginea</i> <i>Acer granatense</i> <i>Acer monspessulanum</i>	<i>Quercus humilis</i> <i>Acer monspessulanum</i> <i>Sorbus torminalis</i> <i>Sorbus aria</i> <i>Tilia plathypillos</i> <i>Corylus avellana</i>
Arbustadas	<i>Quercus coccifera</i> <i>Dhapne ginidium</i> <i>Rhamnus alaternus</i> <i>Rhamnus lyciodes</i>	<i>Juniperus hemisphaerica</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Prunus spinosa</i> <i>Juniperus phoenicea</i> <i>Lonicera etrusca</i> <i>Hedera helix</i>	<i>Buxus sempervirens</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Amelanchier ovalis</i> <i>Prunus spinosa</i> <i>Rosa sp.</i> <i>Prunus mahaleb</i>	<i>Buxus sempervirens</i> <i>Amelanchier ovalis</i> <i>Cornus sanguinea</i> <i>Berberis seroi</i> <i>Viburnum lantana</i> <i>Prunus spinosa</i> <i>Acer campestre</i>
Matorral degradado	<i>Genista scorpius</i> <i>Lavandula latifolia</i> <i>Linumsuffruticosum</i> <i>Salvia lavandulifolia</i> <i>Sideritis sp.</i>	<i>Erinacea anthyllis</i> <i>Salvia lavandulifolia</i> <i>Sideritis sp.</i> <i>Globularia vulgaris</i> <i>Genista pumilla</i>	<i>Erinacea anthyllis</i> <i>Salvia lavandulifolia</i> <i>Sideritis sp</i> <i>Globularia vulgaris</i>	<i>Lonicera etrusca</i> <i>Rosa agrestes</i> <i>Teucrium pyrenaicum</i> <i>Genista occidentalis</i> <i>Echinopartum horridum</i>
Pastizal	<i>Brachypodium retusum</i> <i>Dactylis hispanica</i> <i>Koeleria vallesiana</i>	<i>Artemisia pedemontana</i> <i>Fetusca hystriis</i> <i>Poa ligulata</i> <i>Dactylis hispanica</i> <i>Koeleria vallesiana</i>	<i>Artemisia pedemontana</i> <i>Fetusca hystriis</i> <i>Poa ligulata</i> <i>Dactylis hispanica</i> <i>Koeleria vallesiana</i>	<i>Brachypodium</i> <i>Carex flacca</i> <i>Stachys officinalis</i>

Una de las especies más representativas y destacables es *Pinus nigra ssp. salzmannii* (pino negral o salgareño) ya que su distribución en España suele coincidir sensiblemente con las grandes zonas trufígenas, dejando paso a *Pinus sylvestris* (pino albar) en zonas de mayor altitud donde el clima es excesivamente frío, o al *Pinus halepensis* (pino carrasco) cuando es excesivamente cálido.

En Orihuela del Tremedal cerca de la zona en la que se ubicará la plantación podemos encontrar masas mixtas o contiguas de pino albar (*Pinus sylvestris*) y *quejigo* (*Quercus Faginea*) principalmente, aunque pueden observarse numerosas arbustivas como *Rosa sp.* o *Prunus mahaleb* entre otros.

4.5.- FAUNA Y MICROFLORA ASOCIADA.

Una de las especies animales silvestres más dañinas y que exploran la superficie del suelo buscando la trufa negra para consumirla es el jabalí (*Sus scrofa*) que atraído por el aroma que exhala el carpóforo maduro excava en suelo casi labrándolo para localizarlo y comérselo. Sin embargo, el jabalí participa en el ciclo biológico de la trufa ya que existe la probabilidad de que fragmentos del cuerpo fructífero pueden quedar adheridos a su hocico y pelos, lo cual puede facilitar el transporte y la dispersión del hongo hasta otros lugares. Igualmente, las ascosporas hipotéticamente no digeridas y capaces de atravesar el tracto digestivo del jabalí pueden contribuir a la difusión de la trufa negra.

También destacan por su afición al consumo de carpóforos, a menudo, sin apenas esperar su maduración, los gastrópodos de los géneros *Arion sp.* (babosas rojas y negras) y *Limax sp.* (babosas grises) y los roedores de la especie *Apodemus sylvaticus* (ratón de campo). Además, es conocido que algunos insectos también participan activamente en el ciclo biológico de la trufa negra, asumiendo una importante función en la diseminación del hongo, al hacer sus puestas en los carpóforos. De entre ellos, destaca el género *Suillia sp.* de la familia *Helomyzidae* formada por especies más conocidas como “moscas de la trufa negra”.

Las lombrices y las hormigas juegan un papel importante en los quemados, ya que su actividad mejora la estructura del suelo (lo descompacta mejorando el drenaje y la aireación) y aumenta la cantidad de carbonato cálcico en los horizontes más superficiales.

4.6.- PATÓGENOS.

En terrenos trufígenos es habitual la manifestación de algunos hongos como *Amanita strobiliformis* (amanita solitaria), *Hebeloma crustuliniforme* (hebeloma común), *Tricholoma portentosum* (capuchina), *Tricholoma terreum* (negrilla), *Inocybe fastigiata* (bruja), Género *Morchella sp.* (colmenillas), etcétera. Algunos de los anteriormente citados, en especial amanita solitaria y hebeloma común, son competidores de trufa de tal forma que en las zonas donde se localizan truferas adultas los árboles asociados a estas especies no producen trufa negra. Es también importante la mención de algunos patógenos de la carrasca y de otras quercineas, que, si bien no afectan directamente al hongo, lo hacen indirectamente al limitar el desarrollo de la planta hospedante.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

Algunos de los enemigos naturales de la producción trufera son también *Armillaria mellea*, el oidio (*Microsphaera alphitoides*), la roya (*Micosphaerella maculiformis*) o el chancro de los *Quercus sp.* Orugas defoliadoras como la lagarta peluda (*Lymantria dispar*) o la de cola parda (*Euproctis Chrysorrhoea*), el piral (*Tortrix viridiana*), la Cochinilla de escudo (*Leucaninum corylii*) o algunos taladradores como el *Ceramix cerdo*, *Ceramix scopoli* o el *Buprestis rustica*.

5.-APTITUD TRUFERA.

Para analizar la aptitud trufera de la zona, se ha utilizado un test de evaluación (Reyna, S.) que evalúa la zona en función de una serie de parámetros edafoclimáticos. El valor obtenido es que se trata de una zona de aptitud muy buena.

<input checked="" type="radio"/> Suelo calizo
<input type="radio"/> Suelo no calizo
<input type="radio"/> pH <6,5 en H2O
<input checked="" type="radio"/> pH 6,5 a 7,5 en H2O
<input type="radio"/> pH 7,5 a 8,5 en H2O
<input checked="" type="radio"/> Suelo franco
<input type="radio"/> Suelo arenoso
<input type="radio"/> Suelo arcilloso
<input type="radio"/> Suelo encharcado o capa freática a menos de 1,5 m de profundidad
<input checked="" type="radio"/> Suelo pedregoso
<input type="radio"/> Suelo no pedregoso
<input type="radio"/> Terreno forestal
<input type="radio"/> Terreno procedente de cultivo intensivo
<input type="radio"/> Terreno agrícola de cultivos leñosos
<input checked="" type="radio"/> Terreno agrícola de cultivos herbáceos, vid o aromáticas
<input checked="" type="radio"/> Pendiente del 2 % al 12 %
<input type="radio"/> Pendiente < 2 % o > 12 %
<input type="radio"/> Presencia natural, simultáneamente, en el área de <i>Pinus nigra</i> , <i>Juniperus thurifera</i> , <i>Quercus faginea</i> y <i>Q. ilex</i>
<input type="radio"/> Presencia natural, simultáneamente, en el área de <i>Quercus pubescens</i> y <i>Q. ilex</i>
<input type="radio"/> Presencia natural en el área de <i>Pinus nigra</i> como especie dominante
<input type="radio"/> Presencia natural, simultáneamente, en el área de <i>Quercus faginea</i> y <i>Q. ilex</i>
<input checked="" type="radio"/> Presencia natural en el área de <i>Quercus ilex</i> y <i>Juniperus thurifera</i>
<input type="radio"/> Presencia natural en el área de <i>Pinus halepensis</i> como especie dominante
<input type="radio"/> Presencia natural en el área de <i>Pinus sylvestris</i> como especie dominante

Figura 4. Evaluación de la aptitud trufera. Fuente: Reyna.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

P. estival entre 25 y 300 mm, y P anual entre 310 y 1200 mm, de lo contrario da error por estar fuera de rango	Temperatura media anual °C	9,4
	Precipitación anual	634,9
	Precipitación estival	106,5
	Numero de dias de lluvia en julio	5
Rango de altitud entre 0 y 2000 m	Numero de dias de lluvia en agosto	6
	ALTITUD m	1410
Rango de latitud entre 37 y 45° Norte	LATITUD	40
Coefficiente obtenido		0,530
Puntuación sobre 100		53
Muy bueno		
Posibles valores del indice de valoracion		
MALA		0 a 10
BAJA		10 a 20
BUENA		20 a 40
MUY BUENA		40 a 70
EXCELENTE		70 a 100

Figura 5. Evaluación de aptitud trufera. Fuente: Reyna.

ANEXO 5: ESTABLACIMIENTO DE LA PLANTACIÓN.

ÍNDICE DEL ANEXO

	Página
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.-PLANTA MICORRIZADA.....	1
2.1.- ÁRBOL HOSPEDANTE.....	1
2.2.- EL HONGO.....	3
2.3.- EI VIVERO.....	4
2.4.- CALIDAD DE LA PLANTA.....	7
2.4.1.- CALIDAD GENÉTICA.....	8
2.4.2.- CALIDAD BIOLÓGICA.....	8
2.4.3.- CALIDAD CABAL.....	9
2.4.4.- CALIDAD COMERCIAL.....	9
2.4.5.- CERTIFICACIÓN DE CALIDAD DE LAS PLANTAS MICORRIZADAS.....	10
3.- LABORES PREVIAS A LA PLANTACIÓN.....	11
3.1.- VEGETACIÓN PREEXISTENTE.....	11
3.2.- PARCELAS.....	12
3.3.- PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	13
3.4.- SERVIDUMBRES.....	14
3.5.- MARCO DE PLANTACIÓN.....	14
3.6.- REPLANTEO Y MARCAJE.....	15
4.- PLANTACIÓN.....	15
4.1.- ÉPOCA DE PLANTACIÓN.....	15
4.2.- ADQUISICIÓN DE LOS PLANTONES.....	16
4.3.-APERTURA DE HOYOS.....	16
4.4.- COLOCACIÓN DE PLANTA.....	17
4.5.- PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	18
4.6.- RIEGO DE ASENTAMIENTO.....	18
4.7.- REPOSICIÓN DE MARRAS.....	18
5.- VALLADO DE LA PLANTACIÓN.....	19
5.1.- ALTERNATIVAS DE VALLADO.....	19
5.2.- PUERTAS DE ACCESO.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Regiones de procedencia para Quercus fagínea. Fuente: MAGRAMA.	5
Figura 2. Regiones de procedencia para Quercus fagínea. Fuente: MAGRAMA.	6
Figura 3. Pasaporte fitosanitario C.E.E.	10
Figura 4. Certificación individual de cada planta. Fuente: Diputación Provincial de Teruel.	11

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Vegetación actual de las parcelas.	12
Tabla 2. Información parcelaría de la zona de actuación.	13

1.- INTRODUCCIÓN.

En este anexo se van a detallar los distintos pasos a seguir para establecer una plantación trufera, así como las distintas labores a realizar para conseguir alcanzar las perspectivas de éxito del proyecto trufero. Una de las cuestiones en las que se debe insistir es que la trufa es un organismo simbiótico que no puede entenderse sin su árbol simbiote, por lo que una de las decisiones más importantes a tomar antes de establecer la plantación es la elección del árbol simbiote, teniendo en cuenta las características edafo-climáticas de la zona.

Las plantaciones de árboles inoculados con *Tuber melanosporum* deben entenderse más como un cultivo agrícola de zonas en las que otros cultivos no son suficientemente rentables, que como una simple reforestación. Es una práctica que a día de hoy está entre la actividad agrícola y forestal.

Teniendo en cuenta que lo primero que se colocará será la valla, posteriormente habrá que preparar el terreno se estima una duración del establecimiento de la plantación de unos 12 meses (desde la colocación de la valla al trasplante).

2.-PLANTA MICORRIZADA.

Para establecer una plantación trufera es importante escoger la especie o especies que mejor se adapten a las características ambientales de la zona. Lo más práctico, en una zona en la que ya es conocida su aptitud trufera, es observar que especies están dando los mejores resultados de forma natural y utilizarla para la futura plantación. Además, la elección del hongo, su procedencia y calidad, es clave para asegurar el futuro buen funcionamiento de la plantación.

2.1.- ÁRBOL HOSPEDANTE.

En la mayoría de las plantaciones en España la especie por excelencia es la encina. Sin embargo, en numerosas ocasiones, bien porque se intenta implantar la trufa fuera de su área natural, o bien, porque se va a realizar una plantación en una zona agrícola que tiene condiciones ecológicas algo diferentes a la media de las áreas productivas que la rodean, puede ser de gran interés la utilización de otras especies simbiotes. Las especies más frecuentes en España son: la carrasca (*Quercus rotundifolia*), la encina (*Q. ilex L.*), el quejigo (*Quercus faginea Lam*), el roble pubescente (*Quercus pubescens Willd.*), el roble cerriode (*Quercus x cerrioides Wk et Costa*), el roble común (*Quercus robur L.*), la coscoja (*Quercus coccifera L.*) y el avellano (*Corylus avellana L.*).

Atendiendo a los diagramas bioclimáticos y a las características ecológicas de las distintas especies alternativas, puede concluirse que, de todas ellas, las especies que más se acercan a las características de la zona son el quejigo, *Quercus faginea* y en menor medida la carrasca *Quercus rotundifolia*. A pesar de que está demostrado que otras especies como el avellano, tienen mayor precocidad productiva, sus mayores requerimientos hídricos, su sensibilidad a heladas tardías, a posibles plagas, a enfermedades... y su nula presencia de forma natural en la zona hacen descartar rápidamente su elección.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

Tras consultar el Atlas de Idoneidad Topo-climática de Leñosas en la Península Ibérica creado por Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y el CREAM, la zona presenta una idoneidad alta a las frondosas *Quercus Faginea*, seguida de *Quercus ilex*. Como dato orientativo destaca la buena disposición actual al *Pinus sylvestris*, al tratarse de una zona situada a 1400 m de altitud, y en menor medida *Pinus nigra*, siendo buenos indicadores de la aptitud trufera de la zona.

Para este proyecto se van a elegir el quejigo (*Quercus faginea Lam*), por ser el árbol que de forma natural produce trufas en la zona de actuación y porque está climáticamente muy adaptado, y la carrasca (*Quercus ilex spp. Ballota*) que de forma natural en la zona aparece en menor medida, destaca por su gran adaptabilidad y buenos resultados de producción de trufa. Además, al tratarse de un proyecto de gran superficie, las parcelas se sembrarán con estas dos especies, pero de forma independiente, es decir, cada parcela se sembrará de una especie, sin mezclarlas.

Las características más importantes de las especies se detallan a continuación:

El quejigo (*Quercus faginea Lam*).

Presenta un sistema radical potente, extendido, con ramificación secundaria somera y más abundante en ápices tróficos que la encina. Normalmente se sitúa en zonas de mayor pluviometría que las de carrasca, con más de 600 mm de precipitación anual, aunque es capaz de vivir en terrenos donde la precipitación ronda los 400 mm si hay humedad edáfica. Debe recibir de 75-100 mm en verano, soportando temperaturas medias de agosto entre 15 y 25 °C y de -3 a 10 °C en enero. Prefiere los suelos calizos y arcillosos, aunque es capaz de vivir en silicios y yesos. Es un buen productor de trufas en las zonas más continentales, exceptuando cuando se sitúa sobre suelos muy arcillosos y en umbrías. En las plantaciones es importante vigilar su desarrollo en altura y si es preciso realizar despuntes para controlar su vigor.

La carrasca (*Quercus ilex spp. Ballota*).

Distribuida por Sistema radical pivotante, raíz principal potente que penetra a gran profundidad si el suelo lo permite. Al principio, esta raíz no se ramifica, pero en una segunda fase desarrolla numerosas raíces secundarias someras de gran vitalidad y fuerza. En la fase adulta, las raíces secundarias presentan pocas ramificaciones y escasa barbada (masa de raíces finas en las que se localizan los ápices tróficos micorrizables).

Suele desarrollarse de forma natural en suelos calizos, silíceos y yesosos, huyendo de los suelos encharcadizos y arcillosos compactos. Aparece en zonas en las que la pluviometría anual es de 300-350 mm de precipitación en las que la precipitación estival oscila entre 50 y 250 mm. Las temperaturas medias de las zonas donde vive son de -3°C a 11°C en el mes de enero y entre 14°C y 28°C en agosto. Pueden encontrarse entre desde el nivel del mar hasta zonas montañosas que alcanzan los 2200 m de altitud: no obstante, su óptimo está entre los 200 m y los 1200-1400 m. Es muy resistente al frío y no sufre daños hasta temperaturas de -15°C y -25°C. Es por

esto que las encinas se adaptan a la mayoría de las plantaciones truferas que se realizan en el territorio español.

2.2.- EL HONGO.

Dentro de la familia *Tuberacea*, el género *Tuber* constituye el grupo de mayor importancia dados los elevados precios que puede llegar a alcanzar en el mercado, por lo que ha sido muy estudiado con respecto a otros géneros. Pueden encontrarse numerosas sinonimias y confusiones en los nombres científicos de las especies que comprende el género, conociéndose más de 150 especies en todo el mundo.

Una de las especies más apreciadas del género *Tuber*, es la trufa blanca de Piamonte (*Tuber magnatum* Pico), y es además la que mayor valor económico alcanza; ésta no se cultiva en España. La más comercializada y recolectada en nuestro país es la trufa negra de invierno, *Tuber melanosporum* Vitt., seguida de la trufa de verano, *Tuber aestivum* Vitt (trufa de verano) y la trufa de otoño, *Tuber brumale* Vitt., siendo estas las posibles alternativas para la futura plantación.

De las tres especies anteriormente citadas, *Tuber melanosporum*, se encuentra en segunda posición detrás de la trufa blanca en valoración económica y apreciación gastronómica, ya que las otras dos tienen inferior calidad organoléptica, menor precio en el mercado y se consideran como productos sustitutivos de la verdadera trufa negra.

Tuber melanosporum tiene numerosos nombres comunes: trufa, trufa negra, trufa negra de invierno, trufa de Perigod (español), tartuffo nero preggiatto (italiano), trufa d'ivern (valenciano) y trifola (piamontés), entre muchos otros. Es la trufa de mayor valor comercial de las que se recolectan en España. Es de forma globosa, irregular, lobulada (a veces) y tamaño variable. La época de recolección está comprendida entre mediados de noviembre y finales de marzo, siendo la tendencia actual anticipar la apertura y el cierre de la campaña de recogida.

Viene asociada de forma natural en España en simbiosis ectomicorrícica a la encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota*), el quejigo (*Quercus faginea* Lamk.), la coscoja (*Quercus coccifera* L.), el roble pubescente (*Quercus humilis* Miller = *Q. pubescens*) y el avellano (*Corylus avellana* L.).

De forma natural se puede encontrar trufa negra en los alrededores, en los parajes “el Quejigar”, “Cañada labrada” y “Camino de Alustante”, estando asociada al quejigo y dando de forma natural unas producciones no muy elevadas, pero significativas, que nos permiten predecir la aptitud trufícola de la zona. Además, desde el año 2000 han sido varias las plantaciones establecidas en la vecina comarca del Señorío de Molina, produciendo éstas trufas comestibles de buena calidad gastronómica y cuya cotización en mercado es elevada. Además, la planta micorrizada con este hongo está disponible comercialmente, siendo de buena calidad, en algunos de los viveros especializados de

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

la comarca Gúdar-Javalembre, especialmente en el municipio de Sarrión (Teruel). Por todo ello se considera la especie más adecuada.

2.3.- EI VIVERO.

La producción de planta micorrizada mediante *Tuber melanosporum* Vitt., es una de las bases más importantes sobre la que hoy se sustenta el mundo de la truficultura. La micorrización de las plantas es un proceso que en la naturaleza se produce de forma espontánea en numerosas familias de plantas verdes.

La micorrización controlada de las plantas consiste básicamente en poner en contacto las raíces de la planta hospedante con las esporas o el micelio del hongo para que con unas condiciones ambientales adecuadas y una precisa metodología, poder reproducir aquello que en la naturaleza constituye un proceso natural y espontáneo. La intervención humana en este proceso se limita a la puesta en contacto del hongo y la raíz y proporcionar el soporte y las condiciones ambientales apropiadas para estimular la micorrización.

La planta se encargará a un vivero especializado que produce planta micorrizada, en envase, gracias a la utilización de las herramientas adecuadas para el correcto control y certificación de la micorrización. Dentro del territorio nacional existen diversos viveros especializados en la micorrización de plantas con trufa negra. La elección del vivero más adecuado se hará en función de la calidad-precio de las plantas, así como considerando la procedencia del material forestal de reproducción empleado por este, teniendo en cuenta cual será el que mejor se adapta las condiciones de la zona de actuación.

Los materiales propagación, en este caso serán las bellotas, que empleará el vivero para la obtención de las plantas serán recogidos en la misma Región de Procedencia que la zona a forestar. Con esto se conseguirá una mayor adaptación de los plantones. Prestando atención a las Regiones de Procedencia para la carrasca y el quejigo, la zona donde se establecerá la plantación pertenecerá:

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

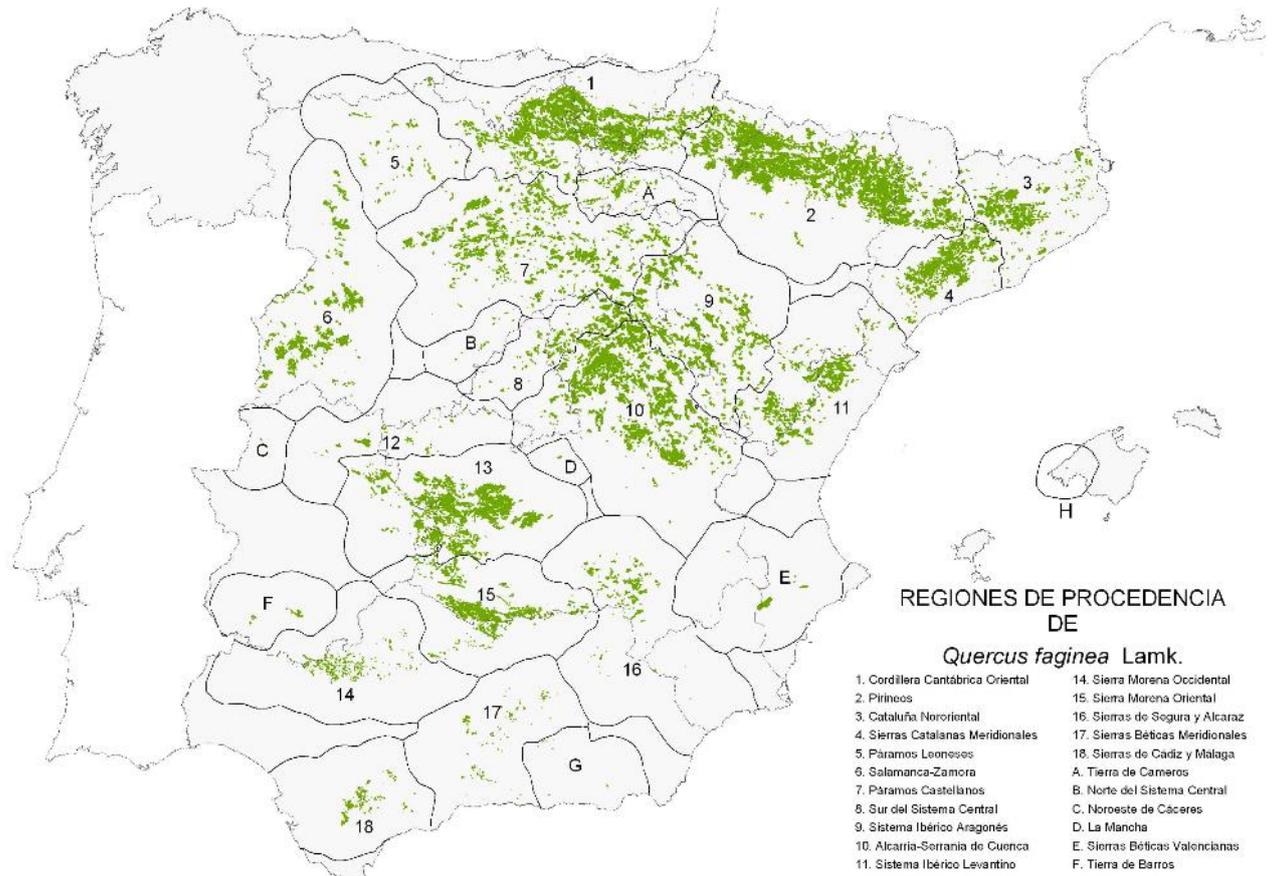


Figura 1. Regiones de procedencia para *Quercus faginea*. Fuente: MAGRAMA.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

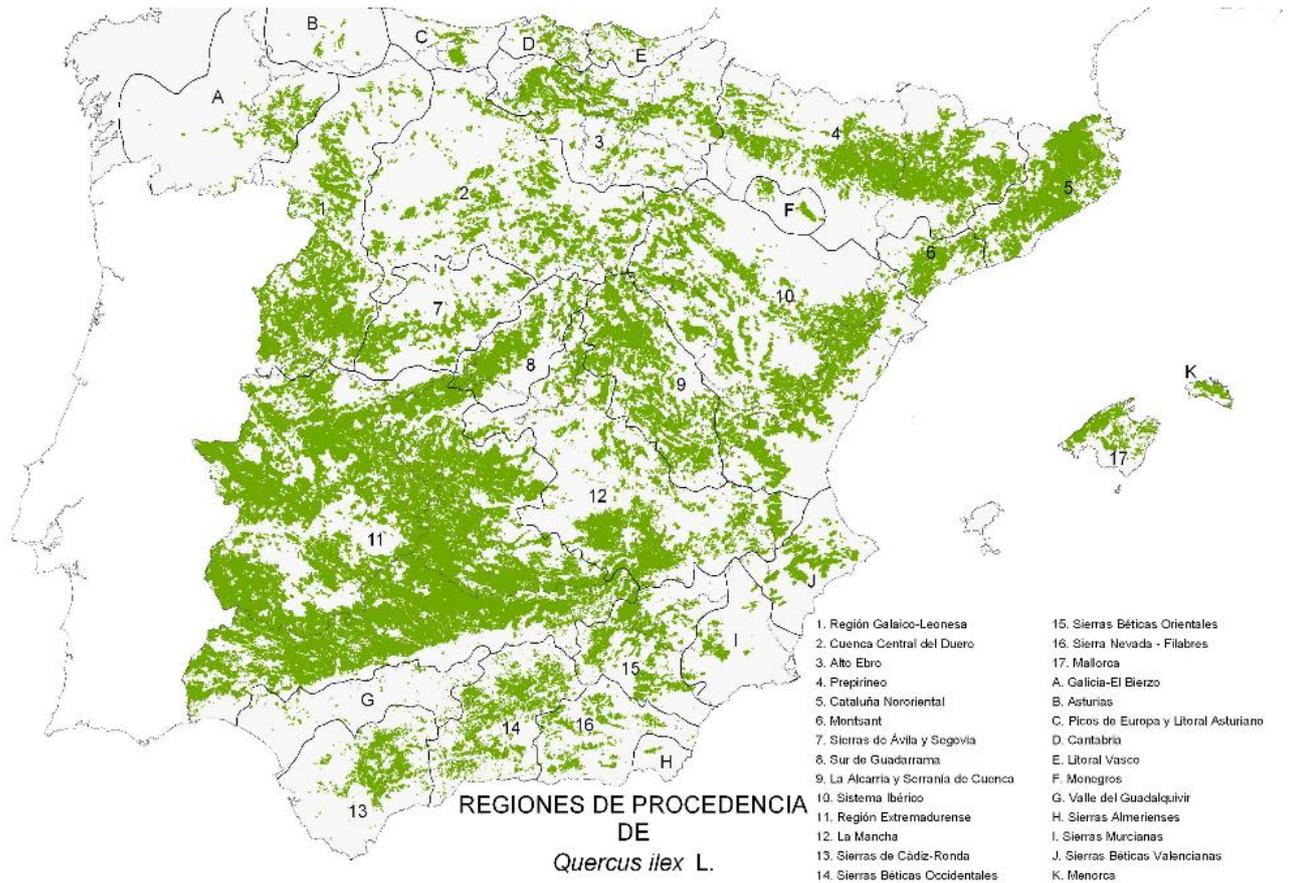


Figura 2. Regiones de procedencia para *Quercus fagínea*. Fuente: MAGRAMA.

Prestando atención a las Regiones de Procedencia para la carrasca y el quejigo, la zona donde se establecerá la plantación pertenecerá:

- Región de Procedencia para la carrasca, correspondiente a la región Nº 10, “Sistema Ibérico”.
- Región de Procedencia para el quejigo, correspondiente a la región Nº 9, “Sistema Ibérico aragonés”.

Uno de los aspectos más importantes a la hora de establecer una plantación, de la leñosa que sea, es la utilización de planta certificada, que nos garantice que tanto la procedencia del material como que los métodos utilizados para su propagación son los adecuados y se han realizado bajo unas condiciones higiénico-sanitarias óptimas. Por ello, los viveros deberán rellenar la ficha correspondiente de recogida y cumplir las condiciones especificadas para la categoría del material de reproducción como indica el Real Decreto 289/2003 de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción.

La calidad forestal de las plantas deberá ser óptima, siendo plantones de 1 o 2 savias, estar correctamente endurecidos, tener un sistema radicular bien desarrollado, presentarse en contenedores adecuados (de capacidad mínima de 400ml y con estrías para evitar enrollamiento de las raíces), estar correctamente repicados, no presentar ningún tipo de pudrición, ni desecación...

Dentro de la provincia de Teruel la oferta viverística es muy variada, concentrándose la mayoría de varios viveros especializados en los municipios de Sarrión y Mora de Rubielos. Estos viveros deben estar inscritos en el Registro Oficial de Viveristas de la D.G.A (Diputación General de Aragón) y suscrito al convenio para la producción de planta trufera existente entre la Diputación Provincial de Teruel. Según este convenio la Diputación controlará anualmente, la producción de planta del vivero, certificando la calidad de la misma en las etiquetas numeradas con las que los plantones salen a la venta. Dichas etiquetas dan fe de que se trata de plantones micorrizados por la trufa negra

Tras consultar varios viveros, precios, instalaciones de micorrización y constatar la calidad de las plántulas en numerosas plantaciones, el vivero que suministrará la planta micorrizada para la plantación será INOTRUF S.L y Viveros José Rozalén.

Los plantones suministrados serán de 1 savia y colocados en contenedores individuales de 450ml de capacidad, con estrías y puestos a su vez en bandejas de 20 para su adecuado manejo y transporte. Todos los plantones deberán ir acompañados de la etiqueta individual que certifique la correcta micorrización.

En total serán necesarios un total de: 2346 quejigos (para las parcelas 70, 71 y 72) y 3625 carrascas (para las parcelas 13, 14, 15, 19, 20 y 21). La distribución puede observarse en el plano 7, Accesos y distribución de las plantas.

2.4.- CALIDAD DE LA PLANTA.

El control de la calidad de las plantas empleadas en cualquier tipo de plantación agrícola o forestal es imprescindible para obtener buenos resultados. Es primordial utilizar un material vegetal libre de virus y patógenos, por lo que se considera imprescindible utilizar material correctamente certificado. En los siguientes apartados se detallan las consideraciones a tener en cuenta para un correcto control la calidad.

Además, en algunos puntos se darán nociones de las consideraciones que tendrán que tener en cuenta los viveristas para asegurar la correcta calidad y por tanto certificación de los plantones. Todo el material vegetal debe ceñirse a las directrices del RD 289/2003, de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción que fue publicado como consecuencia de la Directiva 1999/105/CE (BOE de 8 de marzo de 2003). Se tendrán en cuenta aspectos relacionados con la genética, morfología, fisiología y biología, de tal forma que los resultados tras el trasplante sean satisfactorios.

Como indica el Real Decreto en el anexo VI, plantas como *Quercus ilex* y *Quercus faginea* no se comercializarán, en la zona Mediterránea, a menos que el 95% de las plantas de cada lote tengan buena calidad cabal y comercial. No se consideran de buena calidad cabal y comercial las plantas que presenten algunos de los siguientes defectos:

- Heridas por podas o heridas por arranque.
- Ausencia de yemas susceptibles de producir un brote apical.

- Tallos múltiples.
- Sistema radicular deformado.
- Signos de desecación, recalentamiento, enmohecimiento, podredumbre o daños causados por organismos nocivos.
- Desequilibrio entre la parte aérea y la parte radical.

2.4.1.- CALIDAD GENÉTICA.

El vivero deberá tener identificados las regiones y lugares de procedencia las semillas. Las plantas que deben utilizarse deben ser lo más parecidas posible a las plantas autóctonas de la zona que producen trufa de forma natural, pues así se conseguirá una adecuada adaptación y evolución de los plantones. La calidad genética es un aspecto del plantón que debe exigirse al proveedor, pudiendo comprobar en las etiquetas y pasaportes fitosanitarios correspondientes la procedencia del material vegetal.

Para la producción de los ejemplares que se plantarán en un futuro sería recomendable que la recolección de las bellotas se realice en ejemplares cercanos a la zona a forestar, o por lo menos de una zona que sea extrapolable a la zona de actuación, sanos, vigorosos, frondosos, de las mejores cualidades posibles (nunca de árboles enfermos o mal formados). Forma de obtener una gran diversidad genética, es recolectar las bellotas de un número de árboles lo más elevado posible, siempre teniéndose en cuenta que tengan condiciones edafo-climáticas similares.

2.4.2.- CALIDAD BIOLÓGICA.

En el caso de las truferas, al hablar de calidad biológica es necesario hablar sobre su calidad de micorrización y al estado fitosanitario que presentan.

Para las plantaciones de especies de producción trufera, se exige entre un 20% y un 33 % como mínimo de ápices micorrizados, haciendo referencia este porcentaje a los ápices finos o terminaciones de las raíces más finas, pertenecientes a la barbada de la planta, susceptibles de ser micorrizadas. Algunos de los aspectos que deberán tenerse en cuenta a la hora de elegir el material fúngico son los siguientes:

- Especie de *Tuber* elegida.
- Origen geográfico de la especie utilizada.
- Grado de madurez de los carpóforos.
- Calidad esporal de los carpóforos.
- Tamaño de los carpóforos.
- Utilizar material libre de virus y de patógenos.

Lo primordial es que la planta tenga una micorrización abundante sobre un sistema radicular bien desarrollado y sobre todo lo más importante será conseguir una micorrización en exclusiva con el hongo pretendido, en este caso *Tuber melanosporum*. Esta será la principal exigencia para que una planta tenga la máxima calidad.

Para los plántones de esta plantación los controles se realizarán en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Se basarán en el conteo de 300 ápices, repartido equitativamente por 3 sectores de la raíz. Se exige un mínimo de 30% de micorrizas de *T. melanosporum* y ausencia de micorrizas de otras especies de este género. La etiqueta individual de la planta certificará la correcta micorrización.

Respecto al estado fitosanitario, de acuerdo con la normativa, la especie *Quercus ilex* y *Quercus faginea* producidas en vivero deberán tener pasaporte fitosanitario. Este documento acreditará que las plantas han sido sometidas a los controles oficiales exigidos en el Real Decreto 58/2005 relativos a impedir la introducción y la difusión en la Unión Europea de las plagas y enfermedades.

2.4.3.- CALIDAD CABAL.

Para el quejigo y la carrasca, la legislación (RD 289/2003 y RD 1356/1998) indica el rango de los parámetros morfológicos más importantes que se deben cumplir y que son los que deben considerarse para la futura plantación.

- Edad: 1,2 años.
- Altura mínima: 8cm para 1 año, 15 cm para 2 años.
- Altura máxima: 30cm para 1 año, 50 cm para 2 años.
- Diámetro mínimo del cuello de la raíz: 2mm 1 año, 3mm 2 años.
- Volumen mínimo de contenedor: 200cc.
- La consistencia del cepellón es un requisito de calidad.

Otro aspecto a tener en cuenta para considerar de una buena calidad la planta será poseer buenos parámetros fisiológicos, mucho más difíciles de medir y con procedimientos más complejos (adecuada nutrición mineral, estrés hídrico, concentración de reservas...).

2.4.4.- CALIDAD COMERCIAL.

El control de la planta no termina una vez está preparada para su venta. El control continúa tras la salida del vivero, ya que en muchas ocasiones debido a un mal manejo el material vegetal ha perdido calidad o se ha infectado al llegar a la plantación. Se debe prestar especial atención a todos los procesos de la cadena de transporte (salida del vivero, el transporte, descarga, almacenaje ...). Los requisitos mínimos que deben presentar los lotes son los marcados en la legislación anteriormente citada, existiendo test rápidos y fáciles de interpretar para determinar la capacidad cabal y comercial.

Los requisitos de calidad comercial propuestos por Peñuelas (1993 y 1995) con carácter orientativo y de recomendación son:

- La altura de la parte aérea no puede superar el doble de la longitud del cepellón.
- El diámetro de cuello debe tener más de 2 o 3 mm (para plantas de 1 o 2 p dos años respectivamente).

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

- La raíz pivotante debe estar bien repicada sin bucles o ángulos inferiores a 110°.
- No debe tener raíces secundarias ascendentes.
- Debe tener raíces secundarias a lo largo de la raíz pivotante con abundancia de raíces tróficas.
- La planta debe estar sana tanto en la parte aérea como en la parte radical, sin pudriciones y desecación.
- La planta debe haber pasado un periodo de endurecimiento y tener el cuello lignificado.

2.4.5.- CERTIFICACIÓN DE CALIDAD DE LAS PLANTAS MICORRIZADAS.

La producción de planta micorrizada con trufa negra en España carece a día de hoy de una normativa legal que regule su producción y certifique su calidad y pureza. No obstante, la situación actual en España viene condicionada por los Gobiernos Autonómicos, en los que cada uno en particular posee competencias para establecer las normas de calidad y de certificación de las plantas producidas dentro de su territorio.

En el caso de Aragón la planta micorrizada que se produce es sometida a dos controles externos: uno referente a la sanidad del cultivo por parte del Centro de Semillas y Plantas de Vivero de la Diputación General de Aragón (Gobierno Autónomo) y cada salida de planta de nuestros viveros lleva su correspondiente pasaporte fitosanitario.

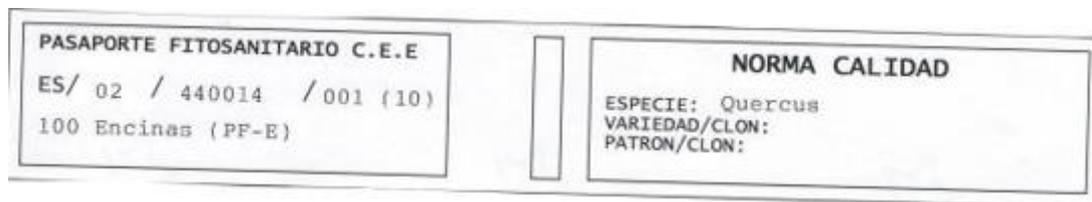


Figura 3. Pasaporte fitosanitario C.E.E.

Por otra parte, la Diputación Provincial de Teruel a través de sus Servicios Agropecuarios controla los lotes de planta micorrizados por la trufa negra (*Tuber melanosporum*), de las diferentes especies forestales que se producen en la provincia. Cada año desde el otoño y a lo largo del invierno son recogidas plantas de los diferentes lotes y examinadas. El control se viene realizando desde el año 1997 y las incidencias negativas y rechazo de lotes ha sido mínima.

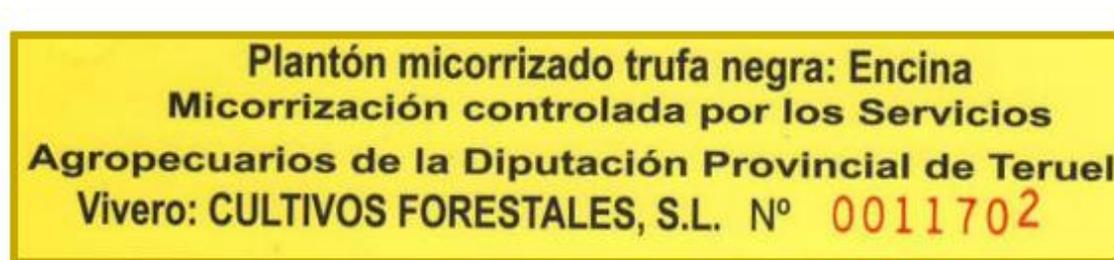


Figura 4. Certificación individual de cada planta. Fuente: Diputación Provincial de Teruel.

Cualquier tipo de certificación debe abarcar como mínimo una serie de controles de tipo general, que garanticen y constituyan la base de las buenas prácticas viverísticas. Entre otras pueden destacarse:

- Control fitosanitario de sustratos (esterilización, pasterización...)
- Control de la calidad del agua de riego: el agua utilizada será de pozo o clorada. Ésta última deberá reposar en un depósito abierto, al menos durante una semana, para que pierda el cloro. Control de la conductividad eléctrica, del pH, concentración de nitratos...
- Control de semillas y su desinfección previa a la utilización.
- Control de los contenedores, utilizando aquellos por sus características y capacidad, son los recomendados en el ámbito de la micorrización
- Control sobre el material inoculante.
- Control de los accesos de los accesos a los invernaderos de las plantas, mediante la adecuada instalación de pequeñas zanjas con desinfectante para el calzado del personal que acceda a los mismos.

3.- LABORES PREVIAS A LA PLANTACIÓN.

Antes de establecer la plantación es necesario realizar una serie de labores que se detallan a continuación.

3.1.- VEGETACIÓN PREEXISTENTE.

Resulta de gran interés conocer y estudiar la vegetación preexistente antes de realizar la plantación, ya que ésta afectará a la evolución futura de la plantación siendo preferibles los cultivos de cereales, plantas forrajeras o leguminosas, considerándose buenos también la viña y los frutales. En este caso las parcelas se han dedicado al cultivo de cereal y el barbecho, algo que resulta beneficioso para la futura ya que presentan un potencial de inóculo ectomicorrízico muy pequeño asociados a sus raíces.

Algunos autores recomiendan una limpieza biológica del terreno a base de plantaciones durante uno o varios años de especies cerealistas o forrajeras. En este caso los cultivos llevan cultivándose en las parcelas desde hace más de 50 años lo que asegura que la presencia de hongos ectomicorrízicos será mínima, como el caso del hongo patógeno *Armillaria sp.*, que podría afectar seriamente la plantación.

Tabla 1. Vegetación actual de las parcelas.

Nº parcela	Cultivo actual	Vegetación y otros elementos
13	Cultivo en secano de trigo duro (<i>Triticum durum</i>)	Herbáceas y arbustivas espontáneas en los márgenes
14	Cultivo en secano de trigo duro (<i>Triticum durum</i>)	Herbáceas y arbustivas espontáneas en los márgenes
15	Cultivo en secano de trigo duro (<i>Triticum durum</i>)	Herbáceas y arbustivas espontáneas en los márgenes
19	Barbecho	Herbáceas y arbustivas espontáneas en los márgenes
20	Cultivo en secano de centeno (<i>Secale cereale</i>)	Herbáceas y arbustivas espontáneas en los márgenes
21	Barbecho	Herbáceas y arbustivas espontáneas en los márgenes
70	Cultivo en secano de centeno (<i>Secale cereale</i>)	Herbáceas y arbustivas espontáneas en los márgenes
71	Cultivo en secano de trigo duro (<i>Triticum durum</i>)	Herbáceas y arbustivas espontáneas en los márgenes
72	Cultivo en secano de centeno (<i>Secale cereale</i>)	Herbáceas y arbustivas espontáneas en los márgenes

Al tratarse de unas parcelas que en los años 90 fueron sometidas a un proceso de concentración parcelaria no aparecen árboles ni en los márgenes ni en el interior de las mismas. La vegetación espontánea de los márgenes queda reducida a algunas herbáceas espontáneas, familia de las gramíneas principalmente y a pequeñas arbustivas como la sabina rastrera (*Juniperus sabina*), alguna aromática como el tomillo (*Thymus vulgaris*), y aliagas (*Genista Scorpius*).

Al permanecer las anteriores especies en los márgenes, no afectarán al diseño de la plantación y no será necesaria su retirada o modificación. No obstante, en caso de ser eliminada alguna planta como la sabina rastrea, se solicitará el permiso pertinente al Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (I.N.A.G.A) al ser.

3.2.- PARCELAS.

La superficie a plantar está formada por 9 parcelas, sumando todas ellas un total de 23.0489 hectáreas, que aparecen como tierras arables, según se ha podido comprobar en el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (S.I.G.P.A.C) que proporciona la superficie catastral.

Tabla 2. Información parcelaría de la zona de actuación.

Nº parcela	Ref. Catastral	Pol.	Clase	Uso	Paraje	Superficie (Ha)
13	44183A509000130000IK	509	Rústico	Agrario	La humedilla	2.9273
14	44183A509000140000IR	509	Rústico	Agrario	La humedilla	3.8104
15	44183A509000150000ID	509	Rústico	Agrario	La humedilla	3.8636
19	44183A509000190000IE	509	Rústico	Agrario	La humedilla	1.5901
20	44183A509000200000II	509	Rústico	Agrario	La humedilla	0.8277
21	44183A509000210000IJ	509	Rústico	Agrario	La humedilla	1.0992
70	44183A509000700000IQ	509	Rústico	Agrario	Estepar	3.4179
71	44183A509000710000IP	509	Rústico	Agrario	Estepar	3.8218
72	44183A509000720000IL	509	Rústico	Agrario	Estepar	1.6909

Estas parcelas fueron diseñadas y ejecutadas en la concentración parcelaria, en la década de los 90. Están agrupadas en dos lotes, parcelas 13, 14, 15, 19, 20 y 21 por un lado y 70, 71 y 72 por otro. Al tratarse de parcelas colindantes cada lote de parcelas se tratará como una única para mejorar el aprovechamiento del terreno, favorecer el diseño del riego, la distribución de los árboles y optimizar los rendimientos en los trabajos mecanizables (laboreo, riego de asentamiento...).

3.3.- PREPARACIÓN DEL TERRENO.

La preparación del terreno antes de la plantación va a depender en gran medida de cuál era el uso anterior. La importancia de la preparación previa del terreno radica fundamentalmente en favorecer la infiltración del agua, mejorar las condiciones de aireación y mejorar la exploración por parte de las raíces micorrizadas del suelo. Para la preparación del terreno en la zona de actuación, por la escasa pendiente, se realizará de forma mecánica no existiendo ninguna restricción al acceso de la maquinaria y sin ningún movimiento de tierras ni nivelado previo.

Al tratarse de unas parcelas en las que el cultivo de partida es cereal, lo más recomendable para la plantación de trufas, es una labor profunda de 40-50 cm, para que la planta tenga un buen perfil de exploración, realizándose tras las primeras lluvias de otoño, así los hielos de invierno meteorizan los terrones y el suelo queda mejor preparado para la siguiente labor. También podría resultar interesante realizar un subsolado a 100cm de profundidad para romper la suela de labor que ha podido crearse durante tantos años de cultivo del cereal. Para esta labor suele utilizarse un subsolador, un arado de vertedera o un arado tipo Chissel. Para este caso primeramente se realizará un semisubsolado, con arado tipo Chissel, a una profundidad entorno a los 40-50 cm. Para realizar esta labor será necesario un tractor

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

de unos 180 CV de doble tracción al que se le acoplará un subsolador de 5 brazos separados 0,5 m en forma angular con un rendimiento de 1,50 horas/hectárea.

En este caso, tras el subsolado se realizará una labor con arado de vertedera a unos 30-40 cm de profundidad, volteando la tierra, enterrando los residuos provenientes del cultivo anterior, así como alguna mala hierba que haya proliferado. Para esta labor se utilizará un tractor de doble tracción de en torno a 120 CV con un arado de vertedera trisurco reversible de tres cuerpos de 18 pulgadas cada uno. Se estima un rendimiento de 1,38 horas/hectárea. Esta labor convendría realizarla tras las primeras lluvias del verano.

Finalmente se pasará una grada de discos o cultivador para igualar el terreno y deshacer los terrones, siendo conveniente realizar esta labor al final del invierno o comienzo de la primavera. Unos 25 días antes de empezar la operación de marcaje y plantación. Se empleará un tractor de unos 120 CV de doble tracción con un cultivador 17 brazos tipo golondrina, al que se le estima un rendimiento de 0,56 horas/hectárea.

No se recomienda hacer ningún abonado de fondo o enmienda.

3.4.- SERVIDUMBRES.

Este concepto consiste en tomar una serie de distancias a las plantas micorrizadas para que tengan un correcto desarrollo, consiguiendo que no se vean afectadas en un futuro por los hongos ectomicorrícicos de los árboles y arbustos forestales presentes en las inmediaciones o los perjuicios que les pueden causar su sombra.

Se estimará un crecimiento de las raíces micorrizadas de en torno a 3-4.5 m de radio considerando una extensión por la totalidad de la superficie, por ello se va a considerar una servidumbre de 4 metros alrededor de todo el vallado lo que permitirá que la producción de trufa no salga de la parcela y además facilitará las labores mecanizadas tales como el laboreo y el riego con cuba.

3.5.- MARCO DE PLANTACIÓN.

Para la producción de trufa no conviene formar grandes masas vegetales, puesto que el micelio y la formación de carpóforos, requieren que el suelo reciba insolación directa. El marco de plantación ideal sería aquél en el que en todo momento la separación entre pies fuera siempre el doble de la altura del árbol. Plantaciones muy densas además de aumentar el coste, en un futuro se deberán aclararse con el fin de que el suelo reciba la insolación necesaria. Si por el contrario el marco de plantación es demasiado grande, no se aprovechará correctamente el terreno. Elegir el marco de plantación depende fundamentalmente de varias cuestiones:

- El desarrollo que previsiblemente tendrán los árboles.
- Si la plantación no se va a regar y la zona es seca, cada planta necesitará mayor superficie, por ello, también en este caso, el marco debe ser mayor si set rata de una zona húmeda o se va a regar.
- El precio de la planta, pues plantaciones densas suponen una costosa inversión a veces muy poco recompensada.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

- El precio de la unidad de superficie del terreno también influye, en general se tiende a marcos pequeños cuanto más caro es el terreno.
- Cuando se realizan plantaciones muy densas, además de aumentar el coste, se planteará en el futuro la necesidad de tener que eliminar los árboles excedentes con objeto permitir una mejor insolación. Esto plantea un gran problema a la hora de decidir que pies cortar ya que pueden eliminarse pies que estén produciendo trufa.

Los primeros marcos de plantación utilizados eran de 5x5 para conseguir densidades de 400 plantas/ha e incluso mayores. Actualmente los marcos de plantación tienden a obtener densidades más bajas siendo los más utilizados 6x5, 6x6, 7x5, 7x7 que persiguen densidades en torno a 250-300 plantas/ha. Los más recomendados son los marcos reales (dos dimensiones iguales) ya que facilitan la mecanización y no producen áreas de sombra continuas.

Para este caso se ha optado por un marco de plantación real de 6x6 m obteniéndose una densidad teórica de 277pies/ha.

3.6.- REPLANTEO Y MARCAJE.

Se trata básicamente de trasladar el diseño de la plantación o croquis al terreno, para posteriormente proceder al ahoyado y finalmente al trasplante. En el caso de este proyecto, el marco de plantación elegido es un marco real de 6x6 m por lo que se puede direccionar la plantación hacia cualquier punto cardinal. Al tratarse de parcelas aproximadamente regulares y con forma de rectángulo la disposición de las líneas será paralela al lado largo del rectángulo, es decir, al lado más largo de cada parcela, respetando las servidumbres y de tal forma que se optimice la utilización del terreno y puedan mecanizarse las labores.

El marcaje (floreo) de los puntos donde irán los plantones se realizará con maquinaria que disponga de GPS con buena precisión tras la preparación del terreno, no debiéndose hacer con lluvias o suelo helado. El uso del tractor frente al marcaje manual tradicional se justifica por su mayor rapidez y por la frecuente disposición de equipos con precisión a día de hoy. Así pues, se empleará un tractor de unos 50/70CV, con sistema GPS de precisión con un rejón con un rendimiento de 0,56 h/ha.

4.- PLANTACIÓN.

Una vez decido el marco de plantación y tras haber preparado el terreno, se floreará o marcará y podrán colocarse las plantas. En los siguientes puntos se detallan algunos aspectos a tener en cuenta.

4.1.- ÉPOCA DE PLANTACIÓN.

La colocación del plantón en las parcelas se realiza de acuerdo a la climatología de cada región, debiéndose realizar a savia parada, desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo (mediados de otoño hasta la primavera) o incluso hasta abril si hay problemas de heladas tardías. En las zonas con periodo de heladas prolongado en invierno es recomendable realizar la plantación en primavera, aunque en esta época la planta dispondrá de menos tiempo para adaptarse a las condiciones de campo antes de la llegada de la época estival (periodo seco), siendo un inconveniente.

La zona de actuación se encuentra a una altitud considerada que provoca que el periodo de heladas sea bastante prolongado, siendo las temperaturas mínimas negativas hasta el mes de abril incluso. Por ello se decide que la época más adecuada para realizar la plantación es principios de abril, donde el riesgo de heladas y nevadas será menor.

4.2.- ADQUISICIÓN DE LOS PLANTONES.

Los plantones podrán ser adquiridos en el vivero el mismo día de la plantación, si el vivero está cerca de la zona donde se van a plantar, o bien, como en este caso, al estar a 90 kilómetros de Sarión y necesitar un gran volumen de planta, los plantones serán suministrados por el vivero uno o dos días antes de la plantación. De esta manera será necesario almacenarlos durante algunos días en un lugar seco, aireado y al abrigo del frío, siendo indispensable su riego para conservar su perfecto estado. Para ello los plantones, una vez recibidos se colocarán en el interior de una nave agrícola donde las condiciones ambientales sean adecuadas y puedan ser regados.

Tras la entrega, y antes del trasplante a campo, se comprobará la calidad de la planta de tal forma que no presente heridas de poda o arranque, tallos múltiples, sistema radicular deformado o desequilibrios entre la parte aérea y radical. Tampoco deberán presentar signos de desecación, recalentamiento, enmohecimiento, podredumbre o daños causados por organismos nocivos. Se controlará también la presencia de yemas susceptibles de producir un brote apical. Además, es imprescindible comprobar que la etiqueta que certifica la planta se corresponde con el plantón que se ha adquirido y que el pasaporte fitosanitario es correcto.

A parte de buena calidad, las plantas cumplirán algunos requisitos morfológicos propios de la especie para plantas de 1 savia. Deberán tener una altura mínima y máxima de 8cm y 30cm respectivamente, un diámetro mínimo de cuello de raíz de 2mm y presentarán buena consistencia en el cepellón.

En la zona de actuación se recibirán 2346 quejigos y 3625 carrascas de 1 savia en contenedor de 450cc, estriado, servido en bandejas de 20 plantas para su transporte. Estos envases, más grandes de los que se suelen emplear en los viveros para planta forestal, propician un buen crecimiento del cepellón, permitiendo desarrollar un buen sistema radicular para asegurar una buena micorrización, y una reducción del número de marras.

4.3.-APERTURA DE HOYOS.

El ahoyado consiste en realizar agujeros para colocar la planta, pudiendo ser estos de distintas dimensiones, pero siempre superior al cepellón. Es una tarea que en la mayoría de las plantaciones trufera se realiza de forma posterior a la preparación del suelo y simultáneamente a la plantación; en otras se realiza como operaciones separadas. Existen varios tipos de hoyos:

- Hoyo ciego, en el que se realiza la remoción del terreno sin extraer la tierra.
- Hoyo semiabierto, en el que se extrae parte de la tierra removida.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

- Hoyo abierto, en el que se extrae la tierra por completo.

Respecto a su realización podemos distinguir dos métodos a la hora de ejecutar el ahoyado en las plantaciones:

- Manual. El hoyo lo realiza un operario, ayudado de la herramienta pertinente, que normalmente es una azada. Con este método no existe compactación del terreno, pero es caro, siendo rentable en zonas donde hay que realizar pocos hoyos o plantaciones de pequeña extensión.
- Mecánica. El ahoyado es realizado con maquinaria (condicionándose a la pendiente), normalmente tractores con un apero alzado, excavadoras o motoahoyadoras. Estos métodos son más económicos y rápidos, pero producen compactación en el terreno. Son utilizados en plantaciones de gran extensión

Para este caso como el terreno ha sido preparado adecuadamente de forma previa a la plantación, el ahoyado se realizará de forma manual y simultánea a la plantación. La dimensión de los hoyos abiertos estará alrededor de 30 x 30 cm. Al no tratarse de hoyos excesivamente profundos, como pueden ser el caso de los utilizados en algunos frutales, la forma manual es la más apropiada, evitando así la compactación del terreno por las máquinas ahoyadoras.

4.4.- COLOCACIÓN DE PLANTA.

Esta operación consiste básicamente en trasplantar el plantón del recipiente con el que salen del vivero, al terreno. Es una labor que se verá muy condicionada por la preparación previa que se haya realizado en el terreno. Se distinguen fundamentalmente dos formas de ejecución de la plantación:

- Manual: la introducción de la planta en el suelo la realiza una persona con la ayuda de una herramienta, normalmente una azada, que le permita abrir un hoyo o si este está abierto la remoción de la tierra, para posteriormente introducir la planta y compactar el terreno con los pies.
- Mecánica: la introducción de las plantas se realiza mediante la utilización de máquina plantadora arrastrada normalmente por un tractor, sobre el suelo previamente preparado. Este método suele ser más barato y más rápido, pero no suele ser muy beneficioso, ya que las plantas suelen sufrir algunos daños en la parte aérea y en el sistema radical.

En el caso de este proyecto, la plantación se realizará de forma manual, ya que los plantones deben ser tratados con mucho cuidado, con el fin de no dañar el sistema radical, en el que se encuentran las micorrizas. El procedimiento de plantación tras la preparación del terreno, ahoyado y la distribución previa del plantón se realizará de igual manera que se hace con cualquier tipo de árbol, introduciendo el plantón en el hoyo para rellenarlo posteriormente con tierra. Además, en este tipo de plantaciones es común la realización de un alcorque de alrededor de 1 metro de diámetro para

incrementar la recogida de agua, mejorar los posteriores riegos de asentamiento y ayudar a la infiltración del agua hacia las raíces.

La planta se extraerá del contenedor con cuidado para que no se rompa el cepellón, se rellenará parcialmente la zanja con tierra hasta que la planta colocada quede verticalmente con el cuello de raíz a nivel del suelo. Después se rellenarán los huecos laterales disgregando los terrones y procurando no introducir piedras y se pisará ligeramente alrededor para compactar la tierra, evitando así queden bolsas de aire.

4.5.- PROTECCIÓN INDIVIDUAL.

Una práctica muy común en la plantación de árboles es la utilización de protectores individuales. Su misión fundamental es evitar los daños que pueda producir la fauna en los pequeños plantones, sobre todo roedores como el conejo. Se distinguen fundamentalmente dos tipos de protectores:

- Mallas. Éstas pueden ser rígidas, es decir, no necesitan tutor para mantenerse, o flexibles. Además de la protección física ante la depredación, producen una disminución de la luminosidad, que será tan leve que no introduce modificaciones en el porte de las plantas.
- Tubos protectores suelen estar constituidos por una plancha de plástico que se presentara de forma cilíndrica o prismática. Además, la protección mecánica ante la fauna, producen efecto invernadero (en climas cálidos deberán ir perforados para evitar un excesivo calentamiento), mejoran las condiciones entorno a la planta y provocan una mayor esbeltez de éstas.

En el caso particular de está plantación se colocará un tubo protector de propileno de 60cm de altura degradable, que le generará mejores condiciones de crecimiento y le propiciará protección del viento y de los pequeños mamíferos depredadores.

4.6.- RIEGO DE ASENTAMIENTO.

El riego de asentamiento en la mayoría de las plantaciones leñosas a día de hoy se realiza con el propio sistema de riego. En este caso, como el riego no se instalará hasta el séptimo año el riego de asentamiento se realizará de forma manual. Se aportarán 10l de agua a cada una de las plantas, depositándola en los alcorques. Esta operación se realizará con una cuba de agua de 6000l de capacidad arrastrada por tractor agrícola de entorno a 120CV con doble tracción.

4.7.- REPOSICIÓN DE MARRAS.

Como en la mayoría de las plantaciones existe a posibilidad de que algunas plantas mueran tras el trasplante al no conseguir una buena adaptación. A pesar de que la planta será de buena calidad se considerará un 5 % de marras, considerándose un total de 300 plantas a reponer. Esta operación se llevará a cabo en la primavera siguiente siguiendo el mismo procedimiento que para la plantación.

5.- VALLADO DE LA PLANTACIÓN.

La mayoría de las zonas en las que se establecen plantaciones truferas suelen estar habitadas por numerosos depredadores de las mismas como puede ser el jabalí. Es por ello por lo que se considera necesario realizar un cercado o vallado, para proteger las plantaciones de los posibles daños producidos por la fauna y los robos. La verdadera necesidad de esta delimitación aparece con las primeras producciones de trufa, aunque para este caso la valla se va a colocar tras la plantación para evitar el robo de plantones y los posibles daños que pudieran causar los numerosos rebaños que pastorean la zona en verano.

En esta plantación se instalará antes de realizar ninguna otra operación para que la máquina interfiera con plantas y compacte demasiado el terreno.

5.1.- ALTERNATIVAS DE VALLADO.

En el ámbito de la truficultura algunas de las alternativas más comunes son las siguientes:

- Valla tipo ganadera o malla cinegética: consiste en la instalación de mallas metálicas sobre postes. Suelen emplearse mallas de simple torsión, triple torsión, o anudadas con diferentes dimensiones de luz. El anclaje se suele realizar con postes tubulares galvanizados, perfiles de metal o postes de madera tratada, de diferentes alturas y con empotramientos en el suelo directos o con cemento.
- Cercado mediante pastor eléctrico: instalación de un hilo conductor sujetado con varillas con aislamientos y conectado a una batería o red eléctrica, similar al utilizado en ganadería. De esta forma se crea un circuito cerrado que proporciona una descarga al entrar en contacto con él. A pesar de ser efectivo resulta caro y necesita un mantenimiento constante.

Para esta plantación se va a optar por la instalación de un vallado con valla tipo ganadera para evitar el paso de fauna silvestre como el jabalí y el ciervo, y el del ganado. Además, con este tipo de vallado se impide también el acceso de personas ajenas a la plantación, evitando así posibles hurtos.

Materiales.

- Malla galvanizada de 1,5m de altura con una luz o apertura de 14 x15 cm. Longitud total necesaria de 2972 m.
- Postes para anclar la malla de perfil tipo T de 60 X 60 X 7 de acero galvanizado y de 1,90m de altura. Distancia entre postes de 5 m, sobresaliendo 1,50m del suelo, reforzados con riostras. Serán necesarios 564 postes de este tipo.
- Postes para las riostras de perfil tipo L de dimensiones 40 x40 x 4 de acero galvanizado de 1,90 m de longitud para la mejor sujeción en cambios de dirección de la valla o en su defecto entre distancias que no superarán nunca los 100 m entre uno y otro poste. Serán necesarios 72 postes de este tipo.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

- Para la mejor sujeción de todos los postes se introducirán en hoyos de 20 X 40 cm con aproximadamente 0.05 m³ cemento HM-20/P/20.

Previa colocación de los postes se realizará un marcado con spray, para la posterior ejecución de los hoyos con una retroexcavadora mixta hidráulica de ruedas de 70/100CV, con ahoyador para cerramientos. Serán necesarios unos 636 hoyos de las dimensiones citadas anteriormente.

Finalmente, la malla se amarrará a los postes y riostras utilizando para ello elementos de amarre tales como alambre, tensores, grapas y tornillos.

5.2.- PUERTAS DE ACCESO.

Para favorecer una mejor accesibilidad de la maquinaria para las distintas labores culturales que se realizarán en la plantación, se van a colocar 5 puertas de acceso en la explotación. En el mapa 7, Accesos y distribución de plantas de las plantas, puede observarse la situación de estos accesos que en los primeros años permitirá un mejor manejo a la hora de realizar los riegos con tractor y cuba.

Las características de las puertas que se colocarán son las siguientes:

- Puerta de 5 m de anchura y 1,5m de altura de dos hojas de 2,5 m.
- Malla soldada galvanizada de las mismas características que la del vallado (14x15cm de luz).
- Montada sobre un marco con 2 refuerzos diagonales, formado por tubos de acero galvanizado de 48 mm de diámetro.
- Dos postes sobre los que se montará la puerta de 100 mm de diámetro y de 2 m de altura. Los postes se empotrarán en el suelo a una profundidad de 50 cm, al igual que los 2 refuerzos o tornapuntas acompañantes por poste, que serán de 50 mm de diámetro y altura de 2 m y 1 m respectivamente.
- La puerta estará provista de cerrojo con candado y pasadores de anclaje inferiores.

Previa colocación de la puerta se realizarán 6 hoyos cilíndricos de aproximadamente 30 X 50cm usando una retroexcavadora mixta hidráulica de ruedas de 70/100CV, con ahoyador para cerramientos. Finalmente se colocarán los postes y los tornapuntas, estos últimos en la dirección de la cerca, anclándose en el suelo con cemento HM-20/P/20 al igual que los postes, empleándose en la operación 0,13 m³ por hoyo.

Por último, se colocarán las dos hojas que forman la puerta.

ANEXO 6: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO

ÍNDICE DEL ANEXO

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- SISTEMAS DE RIEGO.....	1
3.- DISEÑO AGRONÓMICO DE LA PLANTACIÓN.....	2
3.1.- NECESIDADES HÍDRICAS DE LA PLANTACIÓN.....	2
3.2.- MARCO DE LOS EMISORES DE RIEGO.....	5
3.3.- MICROASPERSOR ELEGIDO.....	5
3.4.- UNIFORMIDAD PLUVIOMÉTRICA.....	7
3.6.- TIEMPO DE RIEGO.....	9
3.7.- SECTORIZACIÓN DEL RIEGO.....	9
3.8.- TURNOS DE RIEGO.....	10
4.- DISEÑO HIDRAÚLICO.....	11
4.1.- DISEÑO DE LAS SUBUNIDADES DE RIEGO.....	11
4.1.1.- ELECCIÓN DEL LATERAL.....	11
4.1.2.- ELECCIÓN DE LAS TUBERÍAS TERCIARIAS.....	12
4.1.3.- VARIACIÓN DE CAUDALES MÁXIMA ADMISIBLE EN LA SUBUNIDAD.....	12
4.1.4.- VARIACIÓN DE PRESIÓN MÁXIMA EN LA SUBUNIDAD.....	12
4.1.5.-PÉRDIDA TOTAL DE CARGA EN LA SUBUNIDAD.....	13
4.1.6.- PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS.....	13
4.1.7.- PRESIÓN REQUERIDA AL INICIO DE LA TUBERÍA.....	13
4.1.8.- DATOS DE PARTIDA.....	14
4.1.9.- DIMENSIONADO DEL LATERAL.....	14
4.1.10.- DIMENSIONADO DE LA TERCIARIA.....	17
4.1.11.- RESUMEN DE LAS SUBUNIDADES.....	22
4.2.- CÁLCULO DE LA RED DE TRANSPORTE.....	23
4.2.1.- DIMENSIONADO DE LA RED DE TRANSPORTE.....	23
4.2.2.- MEDICIONES DE LA RED DE TRANSPORTE.....	29
4.3.- EL POZO.....	29
4.4.- SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	30
4.5.- DISEÑO DEL CABEZAL DE RIEGO.....	33
4.5.1- TUBERÍA PRINCIPAL DEL CABEZAL: TUBERÍA DE IMPULSIÓN.....	33
4.5.2. EQUIPO DE FILTRADO.....	34
4.5.3.- CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.....	36
4.6.- CÁLCULO DE APERTURA DE ZANJAS.....	39

INDICE DE FIGURAS.

	Página
Figura 1. Esquema del microaspersor. Fuente: Regaber.	6
Figura 3. Curvas de potencia P1 y P2, curva NPSH y curva eta (%) del equipo de	31
Figura 4. Detalle de la bomba. Fuente: Grundfos.....	32
Figura 5. Esquema dimensional. Fuente: Grundfos.	33

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Resumen de las necesidades hídricas de la plantación.	4
Tabla 2. Riegos corregidos con la eficiencia de aplicación.....	5
Tabla 3. Características del microaspersor. Fuente: Regaber.....	7
Tabla 4. Condiciones de trabajo del microaspersor. Fuente: Ragaber.	7
Tabla 5. Valores de Infiltración en mm/h según textura, pendiente y vegetación presente.....	8
Tabla 6. Calendario de riegos.	10
Tabla 7. Espesores de pared (mm). Fuente UNE 53367:2005.....	11
Tabla 8. Coeficiente C en función de la temperatura, fórmula de Blasius.....	15
Tabla 9. Coeficiente de Christiansen, F.	15
Tabla 10. Pérdidas de carga totales en los laterales de cada subunidad.	16
Tabla 11. Resumen de variación máxima de presión en el lateral para cada subunidad.	16
Tabla 12. Resumen de las presiones necesarias al inicio del lateral.	17
Tabla 13. Resumen de variación máxima de presión en la terciaria.....	18
Tabla 14. Resumen pérdidas de carga admisibles en las terciarias.	18
Tabla 15. Resumen de los diámetros interiores teóricos de las terciarias.	19
Tabla 16. Diámetros comerciales de las tuberías terciarias telescópicas, PVC PN6 Norma UNE EN 1452).	20
Tabla 17. Resumen de las pérdidas de carga totales en la terciaria.	21
Tabla 18. : Resumen de la presión requerida al inicio de la subunidad.	22
Tabla 19. Resumen de las subunidades.	22
Tabla 20. Datos de partida de la red de transporte.	23
Tabla 21. Características y dimensiones generales de la red de transporte.....	24
Tabla 22. Diámetros teóricos internos.....	25
Tabla 23. Diámetros nominales de la red de transporte PVC PN6 y PVC PN10 UNE EN ISO 1452.	26
Tabla 24. Pérdidas de carga calculadas con el diámetro nominal interno elegido.....	27
Tabla 25. Resumen del cálculo del nudo más desfavorable.....	28
Tabla 26. Resumen del cálculo de presiones resultantes.	29
Tabla 27. Resumen de mediciones de la red de transporte.	29
Tabla 29. Parámetros técnicos del equipo de bombeo.....	30
Tabla 28. Características del líquido bombeado.	31
Tabla 30. Materiales del equipo de bombeo seleccionado.....	32
Tabla 31. Características eléctricas del equipo de bombeo.	32
Tabla 32. Características de la tubería de impulsión.....	34
Tabla 33. Resumen de las longitudes de las terciarias.	40

Tabla 34. Resumen de zanjas de la red de transporte.....	40
--	----

1.- INTRODUCCIÓN

Para aumentar la producción de trufa negra, el riego por microaspersión es uno de los sistemas más eficaces con el que se pueden suplir las necesidades hídricas en los periodos de sequía prolongados. La trufa está adaptada a una cierta carencia de agua, pero generalmente requiere precipitaciones elevadas en verano, respecto al clima típicamente mediterráneo, y un periodo de aridez estival relativamente corto. Es por eso que rehúye de las zonas más calurosas y secas del Sistema Ibérico.

En el siguiente anexo se describe el sistema de riego que será instalado en la plantación tanto en el periodo juvenil (hasta los 7 años) como en la fase adulta. Al no disponer de una red de regadío social, el agua se extraerá de pozo diseñándose para ello la pertinente red de riego, llevando a cabo el desarrollo del diseño de las subunidades de riego, la red de distribución de las parcelas, el sistema de bombeo y el cabezal. Se realizará un dimensionado de los laterales y de las tuberías terciarias de cada subunidad, así como el dimensionado de la red de transporte necesaria para conectar con el cabezal. Se prevé una duración de obra de aproximadamente 10 meses

2.- SISTEMAS DE RIEGO.

Los principales sistemas de riegos utilizados en las actuales plantaciones leñosas agrícolas y forestales con necesidad de riego son los riegos a presión. Los sistemas de riego en lámina libre por gravedad se consideran incompatibles con la producción de trufa por lo que quedan descartados.

Dentro de los sistemas a presión pueden distinguirse entre riego por aspersión (aspersión convencional y cañón autoenrollable) y riego localizado (riego por goteo y microaspersión). Por su importancia dentro del ámbito de la truficultura se detallarán las principales características los siguientes sistemas de riego:

-Aspersión convencional. Recomendable en superficies medias, pudiendo ser fijo o desmontable. Si la aspersión es fija, las tuberías deberán ir enterradas para no dificultar otras labores sobre el terreno, sobre todo si éstas son mecanizadas. Una de las ventajas que podemos destacar es la cobertura total de la superficie, sus reducidos problemas por obturaciones y su coste económico más bajo que los sistemas de riego localizado, en especial cuando son desmontables; no obstante, al ser desmontables necesitarán mayor mano de obra. Entre los principales inconvenientes se encuentran la falta de uniformidad en la distribución del agua, su sensibilidad a los vientos, sus exigencias de altas presiones y caudal. Este sistema de riego, en su variedad desmontable, puede ser interesante para regar en los primeros años de la plantación.

-Cañón autoenrollable. Este tipo de riego es recomendable en grandes superficies de morfología regular con alineaciones largas, ya que de no ser así se precisa mucha mano de obra en su colocación. Como principales ventajas destaca su bajo coste de implantación, su poca interferencia con otras labores y la cobertura total de la superficie. En cuanto a inconvenientes cabe destacar su falta de uniformidad en la distribución del agua, su gran sensibilidad a los vientos, el ligero apelmazamiento del suelo al golpear las gotas sobre la superficie del terreno, sus exigencia de alta presión

(presiones de trabajo en torno a los 5 kg/cm²) y caudal. . Este sistema de riego puede ser adecuado para regar en los primeros años de la plantación.

-Riego por goteo. Este riego cuando es utilizado en plantaciones truferas, no debe emplearse de la misma manera que con los cultivos de frutales (en los que se manteniendo el bulbo húmedo de forma permanente) ya que puede ser contraproducente. En las plantaciones truferas se aplicarán riegos discontinuos cada 10 o 20 días. Como principales ventajas puede destacarse el máximo ahorro de agua con una presión de trabajo mínima (normalmente se trabaja a 0,5-1 atm), elevada eficiencia de aplicación, posibilidad de utilizar aguas de baja calidad para el riego, y la menor aparición de malas hierbas, pues sólo una parte de la superficie es regada. Como principales inconvenientes se recalca su excesiva localización de agua en una zona concreta (no riega toda la superficie), su gran facilidad de obturación y la posible interferencia con determinadas labores. También, en estos casos se puede perjudicar el desarrollo de la trufa al producirse anoxia en zonas del bulbo húmedo.

-Microaspersión. Este tipo de riego es muy adecuado para las plantaciones truferas y uno de los más extendidos a día de hoy. Sus principales ventajas son la menor facilidad de obturación, su mayor superficie mojada que en el riego por goteo, mayor uniformidad de riego, menores requerimientos de presión (en torno a 1,5-2 atm) y caudal, y su gran adaptabilidad a la morfología de los árboles al no interceptarse las gotas con las copas de los árboles. Como inconvenientes se cita su mayor coste económico de instalación en comparación con los otros sistemas y sus problemas para realizar algunas labores culturales.

Otro sistema de riego de las plantaciones truferas, sobre todo en el periodo de colonización del micelio, es aquel que se realiza con una cuba o cisterna de agua a la que se le acopla varias mangueras con las que puede aportarse agua en los alcorques previamente realizados. Regando en los primeros años de la plantación con éste método se limitará el crecimiento de malas hierbas, de los posibles hongos hidrófilos competidores y se favorecerá la adaptación de la planta al terreno.

En este proyecto se ha optado por la instalación de un sistema de riego a presión localizado de microaspersión el séptimo año. A pesar de su mayor coste económico, es el sistema de riego que mejor se adapta a la morfología de las plantas, permitiendo una cobertura total del terreno. Este sistema de riego no supondrá grandes impedimentos en la realización de otras labores culturales cuando las tuberías principales están enterradas y permite una buena uniformidad en el riego con una relativa baja presión y caudal, lo que supone menores costes energéticos.

3.- DISEÑO AGRONÓMICO DE LA PLANTACIÓN.

3.1.- NECESIDADES HÍDRICAS DE LA PLANTACIÓN.

Las plantas exigen una determinada cantidad de agua para su adecuado desarrollo, que depende fundamentalmente de los factores intrínsecos de la misma tales como, la especie vegetal, salud y etapa de su desarrollo, como de factores externos constituidos básicamente por las características edafo-climáticas de la zona.

Las necesidades hídricas de los cultivos suelen estimarse por métodos de balance de agua a través de los cuales el riego constituye la cantidad de agua a aportar para compensar la evapotranspiración del cultivo, ETc. El método oficial que recomienda la FAO para estimar la ETc es mediante la evapotranspiración de referencia (ETo) de tal forma que:

$$ETc = ETo * Kc$$

Donde:

-ETo: Evapotranspiración de un cultivo de referencia, calculada a partir de variables climáticas de cada zona.

-Kc: coeficiente del cultivo, expresa la relación entre la Evapotranspiración real, ETr, y la Evapotranspiración de referencia, ETo. Puede obtenerse de tablas de recomendación publicadas por numerosos autores.

En el ámbito de la truficultura el cálculo de las necesidades de agua mediante el diseño agronómico anteriormente citado, teniendo en cuenta el Kc, no tiene mucho sentido, ya que se trata de un cultivo en el que no se busca la producción de frutos en el árbol, sino que se produce trufa, fruto de la simbiosis con *Tuber melanosporum* Vitt. y el árbol, por lo que las necesidades de riego son diferentes, no existiendo estudios concluyentes sobre el valor Kc. Cabe citar un estudio realizado por la Universidad de Lleida y el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, que considera cinco Kc diferentes con distintas dosis de riego, sin obtener datos relevantes del valor óptimo del coeficiente de cultivo.

Para el cálculo de la cantidad de riego a aplicar y su distribución en el periodo de explotación de las truferas se tendrán en cuenta las recomendaciones propuestas por los distintos autores expertos en truficultura y las condiciones climáticas y del suelo de la parcela. Las recomendaciones son sensiblemente distintas de un autor a otro, coincidiendo todos ellos en que se deben realizar en el periodo de estrés hídrico, manteniendo periodos de sequía de 15 a 25 días y en cantidad necesarias para que entre riego y precipitaciones sumen 50-75 l/m² al mes. Las recomendaciones de algunos autores se exponen a continuación:

- Reyna (2007). Indica que entre julio y agosto las plantaciones truferas deben recibir un aporte entre lluvia y riego de 150 mm, permitiendo periodos de sequía de 15-20 días y no superiores a los 25 días, aunque variable en función del suelo.

-Tagliaferro (2001). Recomienda riegos de 25-30 l/m² cada 15 días, desde mediados de junio a final de septiembre, solo se descontaría del riego en caso de que hubiera lluvias superiores a 10 mm.

-Carbajo (1999). Indica que se deben aplicar riegos de 25 l/m² cada 15 días en julio, agosto y septiembre.

-Grente y Delmas (1974), Olivier *et al.* (1996) recomiendan aportaciones de mayo o junio a agosto o septiembre de 50-60 l/m² al mes; Sourzat (1997) de 30 l/m² cada 15-20 días; Fortuny y Estrada (1986) aportaciones de 30 l/m² cada 3 semanas. Todas las

cantidades variaran en función de la capacidad de retención del suelo, restando de estas las precipitaciones caídas.

Para este proyecto se recomienda como norma general riegos cada 15-20 días que sumen junto con las precipitaciones volúmenes de 50 l/m² y mes en los meses de junio y septiembre y de 60 l/m² y mes en julio y agosto, siendo julio el mes de máximas necesidades. La cantidad de agua necesaria estimada por metro cuadrado es menor que en otras zonas truferas ya que debido a la altitud en la que están las parcelas las temperaturas son menos elevadas que en otras zonas de producción de trufa negra como Sarrión, siendo los veranos más frescos. El periodo entre riegos será de 15 días.

Tabla 1. Resumen de las necesidades hídricas de la plantación.

L/m ²	JUNIO*	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL
Precipitación	61.1	25.7	35.2	45.2	167.2
Necesidades	50	60	60	50	260
Riegos	-	34.4	24.8	4.8	64

*Como podemos observar en junio las precipitaciones cubren las exigencias de riego. No obstante, eso no quiere decir que no haya que regar, pues en años de sequía las precipitaciones pueden no cubrir las necesidades de riego, siendo necesaria su aplicación.

La irregularidad en las precipitaciones de la zona durante el verano y tras años en los que las precipitaciones en el periodo estival han sido prácticamente nulas, con meses donde no ha llovido nada, calcularemos el riego para la situación más desfavorable de la media, el mes de julio, creyéndose que no será necesario el cálculo del sistema con la situación más crítica, 60 mm. El caso más desfavorable será la aplicación de 34.4 mm dentro de un mismo mes.

Para determinar la cantidad total de agua a aportar, hay que tener en cuenta la eficiencia de aplicación, pues habrá pérdidas ocasionadas por el viento y las altas temperaturas. Según Keller (1990), la eficiencia de aplicación, Ea, alcanza valores orientativos del 85% para los sistemas por aspersión. Considerando este valor, será necesario incrementar las necesidades de riego en torno a un 15% y así compensar las posibles pérdidas anteriormente citadas. No obstante, si los riegos se efectúan por la noche y en las primeras horas de la mañana las pérdidas por elevadas temperaturas y acción del viento serán mucho menores.

Por tanto, presentándose las mayores necesidades en el mes de julio con un total de 34.4 L/m², si se tiene en cuenta una eficiencia de aplicación del 85% la cantidad total que habrá que aportar será la siguiente:

$$\text{Cantidad de agua total (Ea = 85\%)} = \frac{34.4}{85} * 100 = 40.5 \text{ l/m}^2$$

Tabla 2: riegos corregidos con la eficiencia de aplicación.

Tabla 2. Riegos corregidos con la eficiencia de aplicación.

L/m ²	JUNIO*	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL
Riegos	-	40.5	29.2	5.7	75.4

Por tanto, se realizarán riegos quincenales con una dosis de riego de 20.25 mm en el mes de máximas necesidades.

3.2.- MARCO DE LOS EMISORES DE RIEGO.

El marco de riego elegido para la disposición de microaspersores es de 6x6 m, colocando el emisor en el centro de la distancia entre árbol y árbol. Esta opción en la disposición de los microaspersores es la más recomendada por numerosos autores, pues se consigue una adecuada uniformidad pluviométrica. Otra forma de colocar los emisores es junto al tronco del árbol simbiote, con el fin de que el quemado, situado en la base del árbol, reciba la mayor cantidad de agua ya que será en esta zona donde se producirán las trufas negras. Sin embargo, de esta manera el tronco del árbol recibe gran cantidad de agua, que en el peor de los casos podría desembocar en enfermedades fúngicas del tronco y de las raíces, y asfixia radical; no obstante, es un tema en el que no se ha investigado lo suficiente como para justificar que no es la mejor opción en la distribución de los emisores de riego para trufas.

3.3.- MICROASPELOR ELEGIDO.

En la plantación objeto del presente proyecto se utilizarán microaspersores autocompensantes, recomendados para el riego subarbóreo, invernaderos y jardinería. Están diseñados para proporcionar un amplio rango de aspersión y una mayor resistencia a la obturación (poseen protección contra insectos y mecanismo de presión diferencial). Permite un riego uniforme, aportando a cada planta la misma cantidad de agua aun cuando se riegan áreas de topografía irregular y con líneas de suministro particularmente largas.

Características generales.

La regulación del caudal de estos microaspersores se realiza por el sistema de presión diferencial: el diafragma de silicona inyectada recibe parte de la presión de entrada en la superficie posterior, evitando que el microaspersor se obstruya a altas presiones. Este sistema de regulación de caudal permite trabajar a presiones de hasta 4,5 bares. Este sistema de presión diferencial permite que el aspersor se autolimpie constantemente.

Para evitar turbulencias en el microaspersor, la boquilla es de forma cilíndrica y corta, a diferencia de las boquillas habituales que son cónicas y largas. La boquilla dispone de un circuito de agua doble para mejorar el problema de la turbulencia.

Independientemente de la presión de entrada, estos microaspersores proporcionan la misma curva característica del agua gracias al tubo estabilizador de caudal, que permite a la bailarina trabajar siempre en las mismas condiciones óptimas. Este microaspersor está producido bajo un control de calidad que garantiza un coeficiente de variación, CV, menor al 5%.



Figura 1. Esquema del microaspersor. Fuente: Regaber.

Tabla 3. Características del microaspersor. Fuente: Regaber.

Características	Descripción Supernet y Supernet Jet
Tipo de microaspersor	Autocompensado
Conexión	Conector dentado y rosca rápida
Presión máxima	4,5 bar
Presión mínima	1,5 bar
Filtración hasta 40 l/h	120 mesh
Filtración más 50 l/h	80 mesh
Material cuerpo	Polibutileno (PBT)
Material boquilla	Polibutileno (PBT)
Material puente	Polibutileno (PBT)
Material bailarina o difusor	Polibutileno (PBT)
Material membrana	Silicona inyectada con vulcanización posterior

El tipo de bailarina del microaspersor elegido es de largo alcance, LR. Hay dos versiones de bailarinas para caudales altos y bajos, diferenciados por su color negro o violeta.

Tabla 4. Condiciones de trabajo del microaspersor. Fuente: Ragaber.

Modelo	Código colores	Presión (bar)	Caudal nominal (l/h)	Largo alcance	
				Color bailarina	Ø LR
020	Violeta	1,5-4,5	20	Violeta	5,0
030	Marrón	1,5-4,5	30	Violeta	5,5
035	A. celeste	1,5-4,5	35	Violeta	6,0
040	Azul	1,5-4,5	40	Violeta	6,0
050	Verde	1,5-4,5	50	Negra	6,5
058	Gris	1,5-4,5	58	Negra	7,0
070	Negro	1,5-4,5	70	Negra	7,0
090	Naranja	1,5-4,5	90	Negra	7,0
110	Rojo	2-4,5	110	Negra	8,0

El microaspersor elegido para la instalación de riego será el modelo 110, con un caudal de 110 l/h a un intervalo de presión de autocompensación de 2 a 4.5 bar.

3.4.- UNIFORMIDAD PLUVIOMÉTRICA.

En regadío mediante microaspersión es recomendable el solape entre los difusores para obtener una adecuada uniformidad de riego, por lo que deberemos tener en cuenta su radio de acción. En este caso los microaspersores se colocarán cada 6 metros, en la línea de las plantas situándose a una distancia de 3 metros del tronco de

los árboles de la línea, con un radio de alcance de 4 m, por lo que la uniformidad pluviométrica será adecuada, ya que el solape estará alrededor del 70%.

3.5.- CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL SUELO.

Tabla 5. Valores de Infiltración en mm/h según textura, pendiente y vegetación presente.

TIPO DE SUELO	Pte. 0 – 5%		Pte. 5 – 8%		Pte. 8 - 12%		Pte. > 15%	
	VEG.	DES.	VEG.	DES.	VEG.	DES.	VEG.	DES.
Arena gruesa de textura uniforme	50	50	50	38	38	25	25	12
Arena gruesa sobre suelo compacto	44	38	31	25	25	19	19	10
Arenoso franco de textura uniforme	44	25	32	20	25	15	19	10
Arenoso franco sobre subsuelo compacto	32	19	25	13	19	10	13	7.5
Limoso franco de textura uniforme	25	13	20	10	15	7.5	10	5.1
Limoso franco sobre subsuelo compacto	15	7.5	13	6.4	10	3.8	7.5	2.5
Arcilloso fuerte o arcilloso franco	5	3.8	3.8	2.5	3	2	2.5	1.5

Siendo:

- VEG: suelo con vegetación.
- DES: suelo desnudo.
- Pte: pendiente.

En el estudio sobre el suelo se calificó la textura del suelo como franco-arenosa, siendo la pendiente media en las parcelas alrededor de 2.4%. En la anterior tabla pueden observarse los valores de infiltración según textura, pendiente y presencia de vegetación, pudiendo observar que para una textura franco-arenosa de 2.4% de pendiente los valores máximos de infiltración están entre 20 y 32 mm/h, por lo que el caudal aportado por el aspersor no puede superar estos valores ya que, si no se producirán daños por escorrentía o encharcamientos que pueden derivar en posibles enfermedades fúngicas.

Considerando que el caudal emitido por el aspersor es de 110 l/h y teniendo en cuenta que el marco de riego es de 6x6 m, se puede calcular la pluviometría del aspersor con la siguiente fórmula:

$$P_{\text{media}} = \frac{q_a}{s}$$

Donde:

- P: pluviometría media real del aspersor (mm/h).
- q_a: caudal del aspersor (l/h)
- s: superficie efectiva del marco de plantación (m²).

$$P_{\text{media}} = \frac{110}{36} = 3.06 \text{ mm/h}$$

Como podemos observar la pluviometría del aspersor no supera la capacidad de absorción del suelo, por lo que los riegos podrán ser asimilados perfectamente por suelo.

3.6.- TIEMPO DE RIEGO.

El mes de máximas necesidades, que va a ser el condicionará el dimensionamiento de la instalación, es julio. En este mes habrá que aportar un total mensual de 40.5 l/m² en dos riegos, uno cada 15 días, de 20.25 l/m². Sabiendo la pluviometría del emisor de mm/h se calcula el tiempo de riego.

$$T_r = \frac{N_r \text{ brutas}}{q_u} = \frac{20.25}{3.06} = 6.62 \text{ h}$$

Donde:

- T_r: tiempo de riego (h)
- N_r brutas: necesidades de riego brutas (mm)
- P_{media}: pluviometría media del emisor (mm).

El tiempo de riego teniendo en cuenta la pluviometría del aspersor elegido será de 6.62 horas.

3.7.- SECTORIZACIÓN DEL RIEGO.

El suministro del agua para el riego se obtendrá de un pozo con una bomba que habrá que seleccionar previamente, ya que la zona no dispone de red de regantes ni de ningún hidrante que suministre un determinado caudal y presión. Al no tener disponible un caudal y presión determinados y fijados por una comunidad de regantes, éstos los proporcionará una bomba que extraerá el agua del pozo, por lo que para no encarecer la inversión del sistema de bombeo se va a sectorizar al máximo la plantación. El periodo entre riegos para esta plantación será de 15 días y el número de sectores será de 13, por lo que la superficie regada al día, aproximadamente será:

$$S_{\text{diaria}} = \frac{S_T}{N \text{ sectores}} = \frac{23.0489}{13} = 1.77 \text{ Hectáreas/día}$$

Donde:

- S_{diaria}: superficie a regar diaria (ha).
- S_T: superficie total a regar (ha).
- N sectores: número total de sectores.

A continuación, teniendo en cuenta la sectorización, se calcula el caudal total y caudal por sector:

$$n^{\circ} \text{ árboles} = n^{\circ} \text{ emisores} = \frac{S_T}{S_e} = \frac{230489 \text{ m}^2}{36 \text{ m}^2} = 6402 \text{ emisores}$$

Donde:

- S_T : superficie total a regar (m^2).

- S_e : superficie efectiva en función del marco de riego (m^2).

El caudal total necesario para regar toda la superficie será:

$$Q_T = n^{\circ} \text{ emisores} \times q_e = 6402 \times 110 = 704220 \text{ L/h}$$

Donde:

- Q_T : caudal total (L/h).

- q_e : caudal del emisor (L/h)

El caudal medio por sector será:

$$Q_{\text{sector}} = \frac{Q_T}{N \text{ sectores}} = \frac{704220}{13} = 46948 \text{ L} = 57.171 \text{ m}^3$$

No obstante, este caudal puede variar ya que, por cuestiones de diseño, no todas las parcelas tendrán la misma superficie y por tanto la superficie de los sectores podrá variar.

3.8.- TURNOS DE RIEGO.

El tiempo entre riegos se va a considerar de 15 días con una duración en función del emisor que nos da un tiempo de riego de 6.62 horas. En estos dos turnos de riego por parcela y mes se suplirán las necesidades hídricas de la plantación, 40.5 mm/mes en julio, el mes más desfavorable.

Para este proyecto se va a regar un sector al día ya que se regará de pozo y el caudal será limitado, no permitiendo regar un mismo día toda la superficie. Además, con este calendario las necesidades de bombeo diarias serán menores, por tanto, las dimensiones de la bomba necesaria serán más reducidas y por tanto la inversión económica menos elevada. En la siguiente tabla se recogen los turnos de riego serán los siguientes:

Tabla 6. Calendario de riegos.

MES	Primer riego (días)	Segundo riego días)
JULIO	Del 1 al 13	Del 15 al 27
AGOSTO	Del 1 al 13	Del 15 al 27
SEPTIEMBRE	Del 1 al 13	Del 15 al 27

4.- DISEÑO HIDRAÚLICO.

El objetivo del diseño hidráulico del riego de este proyecto es el dimensionamiento de la red de distribución en función del mes de máximas necesidades (julio en este caso), la optimización de su trazado, el diseño del cabezal de riego y la selección del sistema de bombeo. El criterio de diseño y dimensionado será el de mayor uniformidad y eficacia. Para el caso particular de este proyecto donde no se dispone de toma de agua con presión y elementos de filtrado, procederemos siguiendo los siguientes pasos:

- Diseño y cálculo de las subunidades de riego.
- Diseño y cálculo de la red de transporte.
- Elementos de regulación, control y distribución.
- Diseño del cabezal.
- Dimensionado del sistema de bombeo.

4.1.- DISEÑO DE LAS SUBUNIDADES DE RIEGO.

Las subunidades de riego son las unidades más básicas de riego, compuesta por terciarias, laterales y un elemento de maniobra para apertura y cierre del riego de la parcela.

En este apartado se diseñarán y dimensionarán estas subunidades de forma que riego se realice de la forma más cómoda posible. En este caso se ha optado por el diseño de 13 subunidades de riego de superficie similar, como puede observarse en el plano 3, Diseño de las subunidades y sectores de riego.

4.1.1.- ELECCIÓN DEL LATERAL.

Un lateral se define como una tubería donde se conectan los emisores de riego, en este caso microaspersores. A la hora de la elección de los laterales, hay que ceñirse a la UNE 53367, Tubos de polietileno de PE 32 y PE 40 para microirrigación.

Tabla 7. Espesores de pared (mm). Fuente UNE 53367:2005.

DN	Diámetro Exterior Medio mm	PE 32			PE 40		
		S 10 PN 2,5	S 6,3 PN 4	S 4 PN 6	S 12,5 PN 2,5	S 8 PN 4	S 5 PN 6
12	12 ^{+0,3}	1,0 ^{+0,3}	1,1 ^{+0,3}	1,4 ^{+0,4}	–	1,1 ^{+0,3}	1,1 ^{+0,3}
16	16 ^{+0,3}	1,2 ^{+0,4}	1,4 ^{+0,4}	1,8 ^{+0,4}	1,0 ^{+0,3}	1,2 ^{+0,4}	1,5 ^{+0,4}
20	20 ^{+0,3}	1,3 ^{+0,4}	1,5 ^{+0,4}	2,3 ^{+0,5}	1,2 ^{+0,4}	1,5 ^{+0,4}	1,9 ^{+0,4}
25	25 ^{+0,3}	1,4 ^{+0,4}	1,9 ^{+0,4}	2,8 ^{+0,5}	1,2 ^{+0,4}	1,5 ^{+0,4}	2,3 ^{+0,5}
32	32 ^{+0,3}	1,6 ^{+0,4}	2,4 ^{+0,5}	3,6 ^{+0,6}	1,5 ^{+0,4}	1,9 ^{+0,4}	2,9 ^{+0,5}

El lateral elegido para este proyecto y sus características son las siguientes:

- Material: Polietileno de baja densidad, PE 32.

- Diámetro nominal: 32 mm.
- Espesor: 2.4 mm.
- Diámetro interior: 27.2 mm.
- Presión máxima de trabajo: 4 bar.

4.1.2.- ELECCIÓN DE LAS TUBERÍAS TERCIARIAS.

La terciaria se define como una tubería donde se conectan los laterales de riego y en cuyo extremo aguas arriba dispone de un elemento para regular la presión, ya sea manual o automático.

En este proyecto se ha optado por que las tuberías terciarias estén enterradas por lo que el material de estas será PVC según la UNE EN ISO 1452 con un PN 6.

4.1.3.- VARIACIÓN DE CAUDALES MÁXIMA ADMISIBLE EN LA SUBUNIDAD.

El coeficiente de variación, CV, es un dato que facilita el fabricante. Para el microaspersor elegido el CV que garantiza el fabricante es del 5%, por lo que pueden considerarse emisores de buena calidad.

4.1.4.- VARIACIÓN DE PRESIÓN MÁXIMA EN LA SUBUNIDAD.

La variación máxima de la presión en la subunidad puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$\Delta H_s = H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}$$

Donde:

- $H_{m\acute{a}x}$: altura de presión máxima requerida (mca).
- $H_{m\acute{i}n}$: altura de presión mínima requerida (mca).

Los emisores seleccionados son autocompensantes dentro del rango de presiones operativas, proporcionadas por el fabricante, de 2 y 4.5 bar, lo que equivale a un rango entre 20 y 45 mca.

Los laterales seleccionados son PE 32 PN4 (Norma UNE 53367), que admiten una presión máxima de trabajo de 4 bar, lo que equivale a 40 mca.

Como presión mínima se va considerar la presión mínima de trabajo de los emisores, que en este caso es 20 mca (presión de trabajo mínima del aspersor). La tubería seleccionada admite una presión máxima de hasta 40 mca, pero se seleccionará como valor máximo 28 mca, fijados estos valores:

$$\Delta H_s = H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n} = 28 - 20 = 8 \text{ mca}$$

La variación máxima de presión admitida en la subunidad para este proyecto se va a considerar 8 mca.

4.1.5.-PÉRDIDA TOTAL DE CARGA EN LA SUBUNIDAD.

La variación de presión admitida en la subunidad, H_{sub} , se repartirá entre el lateral y la terciaria distribuyéndose entre desniveles y pérdidas de carga, y puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$H_{sub} = \frac{P_{lat}}{Y} + \frac{P_{ter}}{Y} = \Delta Z_{lat} + h_{lat} + \Delta Z_{ter} + h_{ter}$$

Donde:

$\frac{P_{lat}}{Y}$: presión en el lateral (mca).

$\frac{P_{ter}}{Y}$: presión en la terciaria (mca.).

$-\Delta Z_{lat}$: diferencia de cotas del lateral (m).

$-h_{lat}$: pérdida de carga total en el lateral (mca.).

$-\Delta Z_{ter}$: diferencia de cotas de la terciaria (m).

$-h_{ter}$: pérdida de carga total en el lateral (m.c.a.).

El valor dado por esta fórmula no podrá superar el valor máximo de variación de presión calculado en el apartado anterior.

4.1.6.- PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS.

Se denominan pérdidas de carga localizadas de una subunidad a aquellas que son causadas por la conexión de los emisores en los laterales y aquellas producidas por la conexión de los laterales a las tuberías terciarias. Para calcular dichas pérdidas pueden utilizarse los siguientes métodos:

-Método de las longitudes equivalentes, L_e . Este método se basa en suponer una longitud ficticia de tubería, L_e , en la que se produzca una pérdida de carga por rozamiento igual a la pérdida de carga localizada en la singularidad considerada. La longitud equivalente depende, del tipo emisor, del número de éstos por lateral, del caudal medio arrojado por emisor y de la relación de geometrías entre la sección útil de la tubería y la sección que incluye la perturbación creada por la conexión del emisor. Para el tipo de emisor elegido para este proyecto, se aceptará una longitud equivalente de 0,25 m.

-Método del coeficiente mayorante K_m . Consiste en aplicar un coeficiente mayorante superior a 1 de manera que las pérdidas de carga localizadas, se consideran como un porcentaje de las pérdidas continuas. Para las tuberías terciarias los valores de K_m pueden oscilar entre 1,1 y 1,4. En el dimensionamiento de las tuberías terciarias de las subunidades de este proyecto se tomará un valor de K_m igual a 1,1.

4.1.7.- PRESIÓN REQUERIDA AL INICIO DE LA TUBERÍA.

La presión requerida al inicio del lateral y al inicio de la terciaria deber ser suficiente para que la presión media en las derivaciones sea la necesaria para que el caudal por derivación sea de diseño. Para una tubería con distribución discreta y servicio en ruta, la presión requerida al inicio puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$\frac{P_0}{\gamma} = \frac{P}{\gamma} + \beta h_r + \alpha Z$$

Donde:

- $\frac{P_0}{\gamma}$ = Presión requerida en la tubería considerada (mca).
- $\frac{P}{\gamma}$ = Presión media en la tubería considerada (mca).
- Z: desnivel de la tubería considerada (m).
- β y α : coeficientes adimensionales según el caso considerado.

En el caso del presente proyecto al tener emisores compensantes, los valores de α y β serán igual a la unidad.

4.1.8.- DATOS DE PARTIDA.

Para el dimensionado de las subunidades de riego se van a tener en cuenta los siguientes parámetros generales:

- Marco de plantación: 6 x 6 m.
- Caudales del emisor: 110 l/h.
- Tipo de emisor: microaspersor autocompensante.
- Presión mínima de trabajo: 20 mca.
- Presión máxima de trabajo: 28 mca.
- Separación entre emisores en el lateral: 6 m.
- Disposición de único lateral por fila de plantas.
- Separación entre laterales: 6 m.
- Longitud equivalente de los emisores: $L_e = 0,25$ m.
- Coeficiente mayorante por pérdidas localizadas en terciaria: $K_m = 1,1$.
- Coeficiente de variación: inferior al 5%.
- Temperatura del agua: 20 °C
-

4.1.9.- DIMENSIONADO DEL LATERAL.

El lateral ha sido seleccionado previamente, por lo que para el dimensionado del lateral se va a considerar un diámetro comercial para todos los laterales de 32 mm, diámetro nominal (DN) norma UNE 53367, con un espesor de 2,4 mm y un diámetro interno de 27,2 mm. A partir de este valor pueden calcularse las pérdidas de carga y la variación de presión en el lateral. Una vez calculada la variación de presión del lateral, podrá dimensionarse la tubería terciaria teniendo en cuenta este valor.

Para el dimensionado de subunidades se ha empleado el programa de cálculo DimSub (Arviza, 2018).

PÉRDIDA TOTAL DEL CARGA EN EL LATERAL

Las pérdidas totales de carga de los laterales pueden calcularse aplicando la forma de Blasius, que considera un régimen turbulento liso con una temperatura del agua igual a 20°C.

$$hc = C * F * (L + n_e * L_e) * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Donde:

- C: coeficiente en función de la temperatura.
- F: coeficiente de Christiansen en función del número de derivaciones.
- L: longitud total de la tubería (m).
- n_e: número de emisores por lateral.
- L_e: longitud equivalente (m).
- Q: caudal al inicio de la tubería (l/h).
- D: diámetro interior de la tubería (mm).

Tabla 8. Coeficiente C en función de la temperatura, fórmula de Blasius.

Temperatura (°C)	C	Temperatura (°C)	C
5	0.516	30	0.441
10	0.497	35	0.430
15	0.480	40	0.420
20	0.466	45	0.411
25	0.453	50	0.402

El valor del coeficiente C para una temperatura de referencia de 20°C, tendrá un valor de 0,466.

Del mismo modo el coeficiente de Christiansen, F, se extrae de tablas que proporcionan su valor en función del número de derivaciones de la tubería. Para cada subunidad se partirá de la peor de las condiciones, es decir, del lateral con mayor número de emisores. En este caso al tratarse de parcelas rectangulares, todos los laterales de cada subunidad tendrán el mismo número de emisores.

Tabla 9. Coeficiente de Christiansen, F.

n	F	n	F	n	F	n	F	n	F	n	F
1	1	7	0,438	13	0,403	19	0,390	30	0,380	80	0,370
2	0,650	8	0,428	14	0,400	20	0,389	32	0,379	100	0,367
3	0,546	9	0,421	15	0,397	22	0,387	35	0,378	∞	0,367
4	0,497	10	0,415	16	0,395	24	0,385	40	0,376		
5	0,469	11	0,410	17	0,393	26	0,383	50	0,374		
6	0,451	12	0,406	18	0,392	28	0,382	60	0,372		

Datos:

-L: longitud de tubería. Se coge la opción más desfavorable, es decir, del tramo de tubería más largo. En este caso todos los laterales dentro de una subunidad van a tener el mismo número de laterales.

-L_e: longitud equivalente, 0,25 m.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

-Q: caudal al inicio de la tubería, en este caso el lateral. Es el resultado del producto del número de emisores del lateral por el caudal nominal de éstos en l/h.

-D: diámetro interior del lateral elegido, en este caso 27,2 mm.

Tabla 10. Pérdidas de carga totales en los laterales de cada subunidad.

Sector	Subunidad	n _e	L _e	L	C	F	Q(L/h)	D(mm)	h _{lat}
1	1	18	0.25	108	0.466	0.392	1980	27.2	1.85
2	2	17	0.25	105	0.466	0.393	1870	27.2	1.72
3	3	16	0.25	96	0.466	0.395	1760	27.2	1.35
4	4	17	0.25	107	0.466	0.393	1870	27.2	1.81
5	5	18	0.25	108	0.466	0.392	1980	27.2	1.85
6	6	17	0.25	106	0.466	0.393	1870	27.2	1.77
7	7	18	0.25	108	0.466	0.392	1980	27.2	1.85
8	8	17	0.25	107	0.466	0.393	1870	27.2	1.81
9	9	30	0.25	185	0.466	0.380	3300	27.2	7.9
10	10	32	0.25	197	0.466	0.379	3520	27.2	9.37
11	11	33	0.25	201	0.466	0.378	3630	27.2	9.86
12	12	34	0.25	204	0.466	0.378	3740	27.2	10.29
13	13	34	0.25	205	0.466	0.378	3740	27.2	10.42

VARIACIÓN MÁXIMA DE PRESIÓN DEL LATERAL.

Este valor viene dado por la siguiente fórmula:

$$\Delta H_{lat} = h_{lat} + \Delta Z_{lat}$$

Donde:

- ΔH_{lat} : variación máxima de presión en el lateral (m.c.a.).

- h_{lat} : pérdida total de carga en el lateral (m.c.a.).

- ΔZ_{lat} : diferencia de cotas entre los extremos del lateral (m).

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para las trece subunidades:

Tabla 11. Resumen de variación máxima de presión en el lateral para cada subunidad.

Subunidad	h _{lat} (m.c.a.)	L (m)	Pte (%)	ΔZ_{lat} (m)	ΔH_{lat} (m.c.a.)
1	1.85	108	-1,88	-2,03	-0,18
2	1.72	105	-1,88	-1,97	-0,25
3	1.35	96	-1,58	-1,52	-0,17
4	1.81	107	-1,58	-1,69	0,12
5	1.85	108	-2,02	-2,18	-0,33
6	1.77	106	-1,97	-2,09	-0,32
7	1.85	108	-2,22	-2,40	-0,55
8	1.81	107	-2,13	-2,28	-0,47
9	7.9	185	-1,91	-3,53	4,37
10	9.37	197	-1,82	-3,59	5,78
11	9.86	201	-1,98	-3,98	5,88
12	10.29	204	-2,41	-4,92	5,37
13	10.42	205	-1,91	-3,92	6,50

Donde:

- Pte: la pendiente de la lateral expresada en tanto por ciento.
- L: longitud del lateral.
- ΔZ_{lat} : diferencia de cotas entre los extremos del lateral, expresada en metros.

PRESIÓN REQUERIDA AL INICIO DEL LATERAL.

La presión requerida al inicio del lateral para satisfacer las necesidades de presión a lo largo de este puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$\frac{P_{0lat}}{\gamma} = \frac{P_{min_e}}{\gamma} + \beta * h_{lat} + \alpha * \Delta Z_{lat}$$

Donde:

- $\frac{P_{0lat}}{\gamma}$: presión requerida al inicio del lateral (mca).
- $\frac{P_{min_e}}{\gamma}$: presión mínima de trabajo del emisor, en este caso microaspersor (mca).
- α y β : coeficientes adimensionales. Para emisores autocompensantes tienen un valor igual a 1.
- h_{lat} : pérdida total de carga del lateral (mca).
- ΔZ_{lat} : diferencia de cotas entre los extremos del lateral, expresada en metros.

Tabla 12. Resumen de las presiones necesarias al inicio del lateral.

Subunidad	$\frac{P_{min_e}}{\gamma}$ (m.c.a.)	α	β	h_{lat} (m.c.a.)	ΔZ_{lat} (m)	$\frac{P_{0lat}}{\gamma}$ (m.c.a.)
1	20	1	1	1.85	-2,03	20.74
2	20	1	1	1.72	-1,97	20.74
3	20	1	1	1.35	-1,52	20.56
4	20	1	1	1.81	-1,69	20.56
5	20	1	1	1.85	-2,18	20.83
6	20	1	1	1.77	-2,09	20.8
7	20	1	1	1.85	-2,40	20.97
8	20	1	1	1.81	-2,28	20.9
9	20	1	1	7.9	-3,53	24.36
10	20	1	1	9.37	-3,59	25.78
11	20	1	1	9.86	-3,98	25.88
12	20	1	1	10.29	-4,92	25.37
13	20	1	1	10.42	-3,92	26.5

4.1.10.- DIMENSIONADO DE LA TERCIARIA.

VARIACIÓN MÁXIMA DE PRESIÓN EN LA TERCIARIA.

La variación máxima de presión en la terciaria, ΔH_{ter} , puede obtenerse mediante la siguiente fórmula, siendo conocidos los valores de la variación de presión máxima en la subunidad, ΔH_{sub} , y la variación de presión máxima en el lateral, expresadas en metros de columna de agua.

$$\Delta H_{\text{ter}} (\text{m. c. a.}) = \Delta H_{\text{sub}} - \Delta H_{\text{lat}}$$

Tabla 13. Resumen de variación máxima de presión en la terciaria.

Subunidad	$\Delta H_{\text{sub}} (\text{m.c.a.})$	$\Delta H_{\text{lat}} (\text{m.c.a.})$	$\Delta H_{\text{ter}} (\text{m.c.a.})$
1	8	-0,18	8,18
2	8	-0,25	8,25
3	8	-0,17	8,17
4	8	0,12	7,88
5	8	-0,33	8,33
6	8	-0,32	8,32
7	8	-0,55	8,55
8	8	-0,47	8,47
9	8	4,37	3,63
10	8	5,78	2,22
11	8	5,88	2,12
12	8	5,37	2,63
13	8	6,50	1,5

PÉRDIDA DE CARGA ADMISIBLE EN LA TERCIARIA.

Este valor puede calcularse como la diferencia entre la variación máxima de presión en la terciaria y la diferencia de cotas entre los extremos de la terciaria.

$$\Delta h_{\text{ter}} = \Delta H_{\text{ter}} - \Delta Z_{\text{ter}}$$

Tabla 14. Resumen pérdidas de carga admisibles en las terciarias.

Subunidad	$\Delta H_{\text{ter}} (\text{m.c.a.})$	$L_{\text{ter}} (\text{m})$	Pte (%)	$\Delta Z_{\text{ter}} (\text{m})$	$\Delta h_{\text{ter}} (\text{m.c.a.})$
1	8,18	132	-1,3	-1,72	9,9
2	8,25	132	-1,3	-1,72	9,97
3	8,17	162	-1	-1,62	9,79
4	7,88	162	-1	-1,62	9,5
5	8,33	168	-1,9	-3,27	11,6
6	8,32	168	-1,6	-2,69	11,01
7	8,55	156	-1	-1,56	10,11
8	8,47	156	-2,1	-3,15	11,62
9	3,63	84	-1,5	-1,26	4,89
10	2,22	96	-1,5	-1,44	3,66
11	2,12	90	-1,5	-1,35	3,47
12	2,63	78	-1,3	-1,01	3,64
13	1,5	78	-1,6	-1,25	2,75

Donde:

- L_{ter}: longitud de la terciaria (m).
- Pte: pendiente de la terciaria (%)
- ΔZ_{ter}: diferencia de cotas entre los extremos de la terciaria (m).

DIMENSIONADO DEL DIÁMETRO DE LAS TERCIARIAS.

Para calcular el diámetro teórico de las terciarias se utiliza la fórmula de Blasius, anteriormente utilizada para el cálculo de las pérdidas totales en los laterales. Despejando el parámetro D, diámetro, obtendremos el valor mínimo que debe tener la terciaria, con el que podremos elegir el diámetro comercial inmediatamente superior al valor obtenido.

$$h_{ter} = C * F * L * K_m * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

$$D_i = \left(\frac{C * F * L * K_m * Q^{1.75}}{h_{ter}} \right)^{\frac{1}{4.75}}$$

Donde:

- Δh_{ter}: pérdida de carga en la terciaria (mca).
- C: coeficiente en función de la temperatura.
- F: coeficiente de Christiansen en función del número de derivaciones.
- K_m: coeficiente mayorado, 1,1.
- L: longitud de la terciaria (m).
- Q: caudal al inicio de la terciaria (l/h).
- D_i: diámetro interior teórico de la tubería (mm).

Tabla 15. Resumen de los diámetros interiores teóricos de las terciarias.

Subunidad	Nº laterales	L(m)	Q _{ter} (l/h)	Δh _{ter} (m.c.a.)	C	F	K _m	D _i (mm)
1	22	132	43560,0	9,9	0.466	0.392	1.1	74.3
2	22	132	43560,0	9,97	0.466	0.393	1.1	74.3
3	27	162	47520,0	9,79	0.466	0.395	1.1	92.9
4	27	162	53460,0	9,5	0.466	0.393	1.1	97
5	28	168	55440,0	11,6	0.466	0.392	1.1	80
6	28	168	55440,0	11,01	0.466	0.393	1.1	81.6
7	26	156	51480,0	10,11	0.466	0.392	1.1	81.4
8	26	156	51480,0	11,62	0.466	0.393	1.1	81.7
9	14	84	47740,0	4,89	0.466	0.380	1.1	80.2
10	16	96	59840,0	3,66	0.466	0.379	1.1	96.6
11	15	90	54450,0	3,47	0.466	0.378	1.1	94.4
12	13	78	48620,0	3,64	0.466	0.378	1.1	86.2
13	13	78	48620,0	2,75	0.466	0.378	1.1	84.1

En el caso de este proyecto las terciarias o bien, porque son muy largas, o bien, no son excesivamente largas, pero al alimentar laterales muy largos necesitan transportar caudales elevados, necesitan diámetros interiores grandes.

Para ello con el fin de optimizar al máximo esta conducción, se ha diseñado utilizando el programa de dimensionado DimSub (Arviza 2016) con el que se ha utilizado la opción de tubería telescópica.

Esta solución consiste en utilizar a lo largo de la terciaria varios diámetros diferentes con el fin de optimizar el funcionamiento y de reducir el coste de la terciaria. En este proyecto la solución adoptada para cada subunidad es la utilización de un diámetro en un primer tramo y en el siguiente tramo otro diámetro comercial inferior que satisfaga correctamente las necesidades de funcionamiento de la terciaria y reduzca los costes.

Tabla 16. Diámetros comerciales de las tuberías terciarias telescópicas, PVC PN6 Norma UNE EN 1452).

Subunidad	L1 (m)	DN1 (mm)	e (mm)	D _i 1 (mm)	L2 (m)	DN2 (mm)	e (mm)	D _i 2 (mm)
1	24	90	2.8	84.4	108	75	2.3	70.4
2	24	90	2.8	84.4	108	75	2.3	70.4
3	48	110	2.7	104.6	114	90	2.8	84.4
4	72	110	2.7	104.6	90	90	2.8	84.4
5	78	90	2.8	84.4	90	75	2.3	70.4
6	90	90	2.8	84.4	78	75	2.3	70.4
7	84	90	2.8	84.4	72	75	2.3	70.4
8	90	90	2.8	84.4	78	75	2.3	70.4
9	42	90	2.8	84.4	66	75	2.3	70.4
10	42	110	2.7	104.6	54	90	2.8	84.4
11	30	110	2.7	104.6	60	90	2.8	84.4
12	6	110	2.7	104.6	72	90	2.8	84.4

Donde:

- L1: longitud del primer tramo de terciaria (m).
- DN1: diámetro nominal (mm) del primer tramo de terciaria de PVC PN6 (norma UNE EN ISO 1452).
- e: espesor (mm).
- D_i 1: diámetro interior del primer tramo de terciaria (mm).
- L2: longitud del segundo tramo de terciaria (m).
- DN2: diámetro nominal (mm) del segundo tramo de terciaria de PVC PN6 (norma UNE EN ISO 1452).
- D_i 2: diámetro interior del segundo tramo de terciaria (mm).

PÉRDIDA TOTAL DE CARGA EN LA TERCIARIA.

Una vez dimensionadas las terciarias se elige el diámetro comercial inmediatamente superior y se procede a calcular las pérdidas totales de carga que se producen en la terciaria. Para calcular este valor puede utilizarse la fórmula de Blasius:

$$h_{ter} = C * F * L * K_m * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

En el caso de este proyecto se ha optado por la opción de tubería telescópica, por lo que las pérdidas de carga totales de la terciaria estarán compuestas por la suma de las pérdidas de carga totales de cada uno de los tramos que la componen.

Tabla 17. Resumen de las pérdidas de carga totales en la terciaria.

Sub.	Q _{ter} (l/h)	C	F	K _m	L1 (m)	DN1 (mm)	D _i 1 (mm)	L2 (m)	DN2 (mm)	D _i 2 (mm)	h _{ter} (mca)
1	43560	0.466	0.392	1.1	24	90	84.4	108	75	70.4	4.37
2	43560	0.466	0.393	1.1	24	90	84.4	108	75	70.4	4.37
3	47520	0.466	0.395	1.1	48	110	104.6	114	90	84.4	2.09
4	53460	0.466	0.393	1.1	72	110	104.6	90	90	84.4	2.08
5	55440	0.466	0.392	1.1	78	90	84.4	90	75	70.4	5.85
6	55440	0.466	0.393	1.1	90	90	84.4	78	75	70.4	5.48
7	51480	0.466	0.392	1.1	84	90	84.4	72	75	70.4	4.48
8	51480	0.466	0.393	1.1	90	90	84.4	78	75	70.4	4.34
9	47740	0.466	0.380	1.1	42	90	84.4	66	75	70.4	2.3
10	59840	0.466	0.379	1.1	42	110	104.6	54	90	84.4	1.58
11	54450	0.466	0.378	1.1	30	110	104.6	60	90	84.4	1.46
12	48620	0.466	0.378	1.1	6	110	104.6	72	90	84.4	1.59
13	48620	0.466	0.378	1.1	66	90	84.4	12	75	70.4	1.74

PRESIÓN REQUERIDA AL INICIO DE LA SUBUNIDAD.

La presión requerida al inicio de la subunidad viene dada por la siguiente fórmula:

$$\frac{P_{0ter}}{\gamma} = \frac{P_{0lat}}{\gamma} + \beta * h_{ter} + \alpha * \Delta Z_{ter}$$

Donde:

- $\frac{P_{0ter}}{\gamma}$: presión requerida al inicio de la subunidad (m.c.a.).

- $\frac{P_{0lat}}{\gamma}$: presión requerida al inicio del lateral (m.c.a.).

- α y β : coeficientes adimensionales. Para emisores autocompensantes tienen un valor igual a 1.

- h_{ter} : pérdida total de carga de la terciaria (m.c.a.).

- ΔZ_{ter} : diferencia de cotas entre los extremos de la terciaria (m).

Tabla 18. : Resumen de la presión requerida al inicio de la subunidad.

Subunidad	$\frac{P_{0lat}}{\gamma}$ (m.c.a.)	α	β	h_{ter} (m.c.a.)	ΔZ_{ter} (m)	$\frac{P_{oter}}{\gamma}$ (m.c.a.)
1	20.74	1	1	4.37	-1.71	23.4
2	20.74	1	1	4.37	-1.71	23.4
3	20.56	1	1	2.09	-1.62	21
4	20.56	1	1	2.08	-1.62	21
5	20.83	1	1	5.85	-3.19	23.5
6	20.8	1	1	5.48	-3.19	23.6
7	20.97	1	1	4.48	-1.56	23.9
8	20.9	1	1	4.34	-1.56	23.7
9	24.36	1	1	2.3	-1.76	24.9
10	25.78	1	1	1.58	-1.44	25.9
11	25.88	1	1	1.46	-1.35	26
12	25.37	1	1	1.59	-1.01	26
13	26.5	1	1	1.74	-1.25	27

4.1.11.- RESUMEN DE LAS SUBUNIDADES.

A modo de resumen se adjunta la siguiente tabla que recoge todas las mediciones de las subunidades. Podemos comprobar como aparecen las longitudes de tubo a instalar.

Tabla 19. Resumen de las subunidades.

Sector	Sub.	L_{lat} (m)	DN_{lat} (mm)	L1 (m)	DN1 (mm)	L2 (m)	DN2 (mm)	Q_i (l/h)	P_i (mca)
1	1	2376	32	24	90	108	75	43560	23.4
2	2	2310	32	24	90	108	75	43560	23.4
3	3	2592	32	48	110	114	90	47520	21
4	4	2889	32	72	110	90	90	53460	21
5	5	3024	32	78	90	90	75	55440	23.5
6	6	2968	32	90	90	78	75	55440	23.6
7	7	2808	32	84	90	72	75	51480	23.9
8	8	2782	32	90	90	78	75	51480	23.7
9	9	2590	32	42	90	66	75	47740	24.9
10	10	3152	32	42	110	54	90	59840	25.9
11	11	3015	32	30	110	60	90	54450	26
12	12	2652	32	6	110	72	90	48620	26
13	13	2665	32	66	90	12	75	48620	27

Donde:

- L_{lat} : longitud total de lateral (m).
- DN_{lat} : diámetro nominal (mm) del lateral de PE PN4 (Norma UNE 53367)
- L1: longitud del primer tramo de terciaria (m).
- DN1: diámetro nominal (mm) del primer tramo de terciaria de PVC PN6 (norma UNE EN ISO 1452).
- L2: longitud del segundo tramo de terciaria (m).
- DN2: diámetro nominal (mm) del segundo tramo de terciaria de PVC PN6 (norma UNE EN ISO 1452).

- Q_i : caudal al inicio de la subunidad (l/h).
- P_i : presión requerida al inicio de la subunidad (mca).

En el plano 4, Dimensionado de las subunidades de riego, pueden observarse las subunidades con su diámetro de terciaria indicada en dos tramos, al tratarse de tuberías telescópicas, siendo el diámetro de mayor tamaño el del primer tramo.

4.2.- CÁLCULO DE LA RED DE TRANSPORTE.

La red de transporte será la encargada de suministrar el agua necesaria a cada subunidad desde el pozo. Tras ser extraída por la bomba, el agua pasará por el cabezal de filtrado para posteriormente mediante electroválvulas para apertura y cierre de cada sector de riego llegar a la cabeza de la subunidad mediante una conducción independiente que partirá del cabezal y permitirá automatizar el riego de los 13 sectores.

Las tuberías de la red de transporte de este proyecto irán enterradas por eso serán de PVC PN6 y PVC PN10, estando ambos tipos de tubería de acuerdo a la norma UNE EN ISO 1452, Sistemas de Canalización en Materiales Plásticos para Conducción de Agua y para Saneamiento Enterrado o Aéreo con Presión.

4.2.1.- DIMENSIONADO DE LA RED DE TRANSPORTE.

Para el dimensionado de la red de transporte se ha utilizado el programa de cálculo de redes RG WIN (Arviza 2016) que utiliza el criterio clásico de Restricción de Velocidad. Existe también la posibilidad de cálculo utilizando el criterio de Optimización técnico-económica, siendo los resultados obtenidos en este caso muy similares a los del cálculo con el criterio de Restricción de Velocidad, por lo que se ha descartado la utilización de este método, siendo mucho más lógico para el dimensionamiento de redes de riego de mayor superficie. A modo de resumen se adjunta la siguiente tabla en la que se recogen las consideraciones previas para el dimensionamiento de la red.

Tabla 20. Datos de partida de la red de transporte.

Número líneas	16
Cota nudo 1 (m)	1320,10
Temperatura (°C)	20
Coeficiente mayorante, Km	1,10
Pérdidas en cabezal filtrado (m)	8
Velocidad máxima (m/s)	1,60
Número de sectores	13,00
Tiempo funcionamiento sector (h)	6,62
Unidades de caudal	m ³ /h
Material de la tuberías de la red	PVC UNE EN 1452
Tipo de alimentación de la red	Grupo de bombeo

¿CARACTERÍSTICAS DE LAS LINEAS, TOPOLOGÍA Y CAUDALES CIRCULANTES.

En primer lugar, se define la topología de la red de riego y se calculan las longitudes de los tramos de tubería, así como los caudales circulantes por ellas. En la siguiente tabla se exponen las características de las diferentes líneas de las que se compone este proyecto y el elemento al que se corresponde cada uno de los nudos:

Tabla 21. Características y dimensiones generales de la red de transporte.

Línea	Nudo(+)	Nudo (-)	Cota nudo (-)	Tipo línea	L _{línea} (m)	Caudal línea (m ³ /h)	Sector de riego
1	1	2	1320,10	Bomba	0,0	59.84	0
2	2	3	1410,78	T. Impulsión	90,0	59.84	0
3	3	4	1410,78	Filtrado	0,0	59.84	0
4	4	5	1409,20	Tubería	151,0	43.56	1
5	4	6	1407,05	Tubería	263,0	43.56	2
6	4	7	1410,78	Tubería	8,0	47.52	3
7	4	8	1409,04	Tubería	112,0	53.46	4
8	4	9	1414,06	Tubería	170,0	55.44	5
9	4	10	1411,84	Tubería	278,0	55.44	6
10	4	11	1415,42	Tubería	328,0	51.48	7
11	4	12	1412,90	Tubería	438,0	51.48	8
12	4	13	1412,42	Tubería	429,0	47.74	9
13	4	14	1413,52	Tubería	332,0	59.84	10
14	4	15	1414,98	Tubería	235,0	54.45	11
15	4	16	1416,60	Tubería	315,0	48.62	12
16	4	17	1417,36	Tubería	405,0	48.62	13

El caudal más restrictivo y en función del cual habrá que dimensionar la red de transporte en algunos tramos comunes a todos los sectores, como son la línea 1, 2 y 3, será de 59,84 m³/h.

DIÁMETRO MÍNIMO INTERNO.

Para el cálculo del diámetro interno mínimo de cada línea se va a utilizar como se ha indicado anteriormente el criterio de clásico de Restricción de Velocidad, que consiste en fijar unas velocidades máximas de circulación, que dependerán del material de las tuberías y de los caudales circulantes por cada uno de los tramos. Fijadas las velocidades máximas los diámetros interiores teóricos se calculan aplicando la ecuación de continuidad.

$$D_i \geq 16.67 \times \sqrt{\frac{4 \times Q_i}{\pi \times V_{\text{máx}}}}$$

Donde:

- D_i : Diámetro interior mínimo del tramo i , en m.
- Q_i : Caudal circulante por el tramo i , en m^3/h .
- $V_{m\acute{a}x}$: Velocidad máxima de circulación, en m/s.

Tabla 22. Diámetros teóricos internos.

Línea	Nudo(+)	Nudo (-)	Tipo línea	Etiqueta nudo (-)	Caudal línea m^3/h	Diámetro int. Teórico (mm)
1	1	2	Bomba	BOMBA BUZO	59,84	115,0
2	2	3	T. Impulsión	T. IMPULSIÓN	59,84	115,0
3	3	4	Tubería	FILTRADO	59,84	115,0
4	4	5	Tubería	SUB 1	43,56	98,1
5	4	6	Tubería	SUB 2	43,56	98,1
6	4	7	Tubería	SUB 3	47,52	102,5
7	4	8	Tubería	SUB 4	53,46	108,7
8	4	9	Tubería	SUB 5	55,44	110,7
9	4	10	Tubería	SUB 6	55,44	110,7
10	4	11	Tubería	SUB 7	51,48	106,7
11	4	12	Tubería	SUB 8	51,48	106,7
12	4	13	Tubería	SUB 9	47,74	102,7
13	4	14	Tubería	SUB 10	59,84	115,0
14	4	15	Tubería	SUB 11	54,45	109,7
15	4	16	Tubería	SUB 12	48,62	103,7
16	4	17	Tubería	SUB 13	48,62	103,7

DIÁMETRO NOMINAL.

Una vez calculado los diámetros internos de cada línea. Para las tuberías de abastecimiento de las subunidades el material escogido será PVC PN6, siendo PVC PN10 para la tubería de impulsión. Se seleccionarán aquellos diámetros comerciales de tubería inmediatamente superiores a los calculados.

Tabla 23. Diámetros nominales de la red de transporte PVC PN6 y PVC PN10 UNE EN ISO 1452.

Línea	Nudo(+)	Nudo (-)	Etiqueta nudo (-)	Diámetro interior (mm)	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (MPa)
1	1	2	BOMBA BUZO	-	-	-
2	2	3	TUBERIA IMPULSIÓN	115,4	125	1,00
3	3	4	FILTRADO	-	-	-
4	4	5	SUB 1	104,6	110	0,60
5	4	6	SUB 2	104,6	110	0,60
6	4	7	SUB 3	104,6	110	0,60
7	4	8	SUB 4	118,6	125	0,60
8	4	9	SUB 5	118,6	125	0,60
9	4	10	SUB 6	118,6	125	0,60
10	4	11	SUB 7	118,6	125	0,60
11	4	12	SUB 8	118,6	125	0,60
12	4	13	SUB 9	104,6	110	0,60
13	4	14	SUB 10	118,6	125	0,60
14	4	15	SUB 11	118,6	125	0,60
15	4	16	SUB 12	104,6	110	0,60
16	4	17	SUB 13	104,6	110	0,60

En este caso al ser las tuberías de PVC se va a utilizar para el cálculo de las pérdidas de carga la fórmula de Veronesse Datei:

$$h_i = 91716 * L_i * K_m * \frac{Q_i^{1.8}}{D_{iN}^{4.8}}$$

Donde:

- h_i : pérdidas de carga, en mca.
- L_i : longitud de la línea, en mca.
- K_m : coeficiente mayorante, 1,1.
- Q_i : caudal circulante por la línea en m^3/h .
- D_{iN} : diámetro interior nominal seleccionado, en m.

Tabla 24. Pérdidas de carga calculadas con el diámetro nominal interno elegido.

Línea	Etiqueta nudo (-)	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (MPa)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (mca)	Pérdida acumulada (mca)
1	BOMBA BUZO	-	-	0,00	-143,06	-
2	T. IMPULSIÓN	125	1,00	1,59	1,81	1,81
3	FILTRADO	-	-	0,00	8,00	9,81
4	SUB 1	110	0,60	1,41	2,75	12,56
5	SUB 2	110	0,60	1,41	4,79	14,60
6	SUB 3	110	0,60	1,54	0,17	9,98
7	SUB 4	125	0,60	1,34	1,61	11,43
8	SUB 5	125	0,60	1,39	2,62	12,43
9	SUB 6	125	0,60	1,39	4,28	14,09
10	SUB 7	125	0,60	1,29	4,42	14,23
11	SUB 8	125	0,60	1,29	5,90	15,71
12	SUB 9	110	0,60	1,54	9,22	19,03
13	SUB 10	125	0,60	1,50	5,86	15,67
14	SUB 11	125	0,60	1,37	3,50	13,31
15	SUB 12	110	0,60	1,57	6,99	16,80
16	SUB 13	110	0,60	1,57	8,99	18,80

CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA.

Antes de calcular la altura manométrica de la bomba será necesario determinar cuál es el nudo más desfavorable de la red de transporte, NMD. Se considera como nudo más desfavorable aquel que más valor alcanza en la siguiente expresión:

$$Z_n + \frac{P_n}{\gamma} + h_{ac}$$

Donde:

- Z_n : cota del punto considerado (m).

$\frac{P_n}{\gamma}$: presión requerida en el punto considerado.

- h_{ac} : pérdida de carga acumulada desde el origen al punto considerado.

Tabla 25. Resumen del cálculo del nudo más desfavorable.

Línea	Nudo (+)	Nudo (-)	Cota nudo (m)	Tipo línea	Etiqueta nudo (-)	P _{req} (mca)	NMD (z+P/γ+h _{acum})
1	1	2	1320,10	Bomba	BOMBA	-	-
2	2	3	1410,78	Impulsión	T.IMPULSIÓN	-	-
3	3	4	1410,78	Tubería	FILTRADO	-	-
4	4	5	1409,20	Tubería	SUB 1	23.4	1445.16
5	4	6	1407,05	Tubería	SUB 2	23.4	1445.05
6	4	7	1410,78	Tubería	SUB 3	21	1441.76
7	4	8	1409,04	Tubería	SUB 4	21	1441.47
8	4	9	1414,06	Tubería	SUB 5	23.5	1449.99
9	4	10	1411,84	Tubería	SUB 6	23.6	1449.53
10	4	11	1415,42	Tubería	SUB 7	23.9	1453.55
11	4	12	1412,90	Tubería	SUB 8	23.7	1452.31
12	4	13	1412,42	Tubería	SUB 9	24.9	1456.35
13	4	14	1413,52	Tubería	SUB 10	25.9	1455.09
14	4	15	1414,98	Tubería	SUB 11	26	1454.29
15	4	16	1416,60	Tubería	SUB 12	26	1459.4
16	4	17	1417,36	Tubería	SUB 13	27	1463.16

El valor máximo de la expresión anteriormente citada se alcanza en el nudo 17, correspondiente a la subunidad 13.

La aplicación de la ecuación de Bernoulli entre un nudo, n, y el origen, i, despreciando términos cinéticos conduce a la siguiente expresión, donde se determina la energía necesaria para la impulsión del agua por bombeo:

$$H_{\text{Bomba}} = Z_n - Z_i + \frac{P_n}{\gamma} + h_{ac}$$

Donde:

- n: número de nudos de la red.
- H_{Bomba}: altura manométrica requerida (mca).
- Z_n: cota del punto considerado (m).
- Z_i: cota del punto inicial (m).
- $\frac{P_n}{\gamma}$: presión requerida en el punto considerado (mca).
- h_{ac}: acumulación de pérdidas de carga desde el origen al punto considerado (mca).

Para el cálculo de la altura manométrica de la bomba se aplica la ecuación de Bernoulli entre el origen de la red y el punto más desfavorable de la red, el punto 17.

$$H_B = Z_{13} - Z_B + \frac{P_{13}}{\gamma} + h_{1-17} = 1417.36 - 1320.1 + 27 + 18.80 = 143.1 \text{ mca}$$

Una vez calculada la altura manométrica puede obtenerse la presión final resultante, en cada uno de los nudos que componen la red, aplicando la ecuación de Bernoulli entre el nudo inicial y cada uno de los nudos con consumo de la red.

$$\frac{P_{res}}{\gamma} = H_B - Z_n + Z_B - h_{ac}$$

Tabla 26. Resumen del cálculo de presiones resultantes.

Línea	Nudo(+)	Nudo (-)	Cota (m)	Etiqueta nudo (-)	Presión resultante (mca)
1	1	2	1320,10	BOMBA BUZO	-
2	2	3	1410,78	T.IMPULSIÓN	-
3	3	4	1410,78	FILTRADO	-
4	4	5	1409,20	SUB 1	41,4
5	4	6	1407,05	SUB 2	41,5
6	4	7	1410,78	SUB 3	42,4
7	4	8	1409,04	SUB 4	42,7
8	4	9	1414,06	SUB 5	36,7
9	4	10	1411,84	SUB 6	37,2
10	4	11	1415,42	SUB 7	33,5
11	4	12	1412,90	SUB 8	34,6
12	4	13	1412,42	SUB 9	31,7
13	4	14	1413,52	SUB 10	34,0
14	4	15	1414,98	SUB 11	34,9
15	4	16	1416,60	SUB 12	29,8
16	4	17	1417,36	SUB 13	27,0

4.2.2.- MEDICIONES DE LA RED DE TRANSPORTE.

Teniendo en cuenta que todas las conducciones de la red de transporte serán de PVC, las mediciones finales son las siguientes.

Tabla 27. Resumen de mediciones de la red de transporte.

DN (mm)	Presión nominal (mPa)	Longitud (m)
110,0	0,60	1571
125,0	0,60	1893
125,0	1,00	90

En el plano 5, Red de transporte pueden observarse las distintas líneas junto con sus diámetros nominales.

4.3.- EL POZO.

Para la extracción de agua del pozo habrá que presentar el modelo 884 de Declaración de aprovechamiento de aguas permios pertinentes de Explotación y Aprovechamiento de aguas subterráneas ante el Instituto Aragonés del Agua del

departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad, para poder extraer agua del pozo, acogiéndose a:

-Ley 6/2001, de 17 de mayo, de Ordenación y Participación en la Gestión del Agua en Aragón. BOA Número 64, de 1 de junio de 2001.

-Reglamento regulador del Canon de Saneamiento, aprobado por Decreto 266/2001, de 6 de noviembre, del Gobierno de Aragón (BOA Núm. 141, de 30 de noviembre de 2001), y modificado por Decreto 206/2008, de 21 de octubre, del Gobierno de Aragón (BOA Núm. 184, de 6 de noviembre 2008).

El agua se extraerá de un pozo existente con un nivel dinámico medio del acuífero de aproximadamente 90 metros y un caudal máximo de extracción aprobado por el Instituto Aragonés del Agua de 65 m³/h.

4.4.- SELECCIÓN DE LA BOMBA.

Bomba de agotamiento sumergible, apta para el bombeo de agua. Se instalará en vertical. Todos los componentes de acero están fabricados en acero inoxidable (EN 1.4301; AISI 304) para garantizar la máxima resistencia a la corrosión.

La bomba está equipada con un motor MMS8000 de 37 kW con protección contra arena, cojinetes de deslizamiento lubricados con agua y una membrana de compensación de volumen. El carácter rebobinable del motor proporciona acceso total a los bobinados y facilita el rebobinado. El motor está equipado con un cierre mecánico.

Para la selección del equipo de bombeo se tienen en cuenta los siguientes parámetros técnicos:

Tabla 28. Parámetros técnicos del equipo de bombeo.

Parámetros técnicos	Valores
Velocidad nominal de la bomba	2900 rpm
Caudal real calculado	60 m ³ /h
Altura manométrica de la bomba	143.7 mca
Cierre mecánico del motor	SIC/SIC
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B
Versión del motor	T30
Número de rodets	10

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

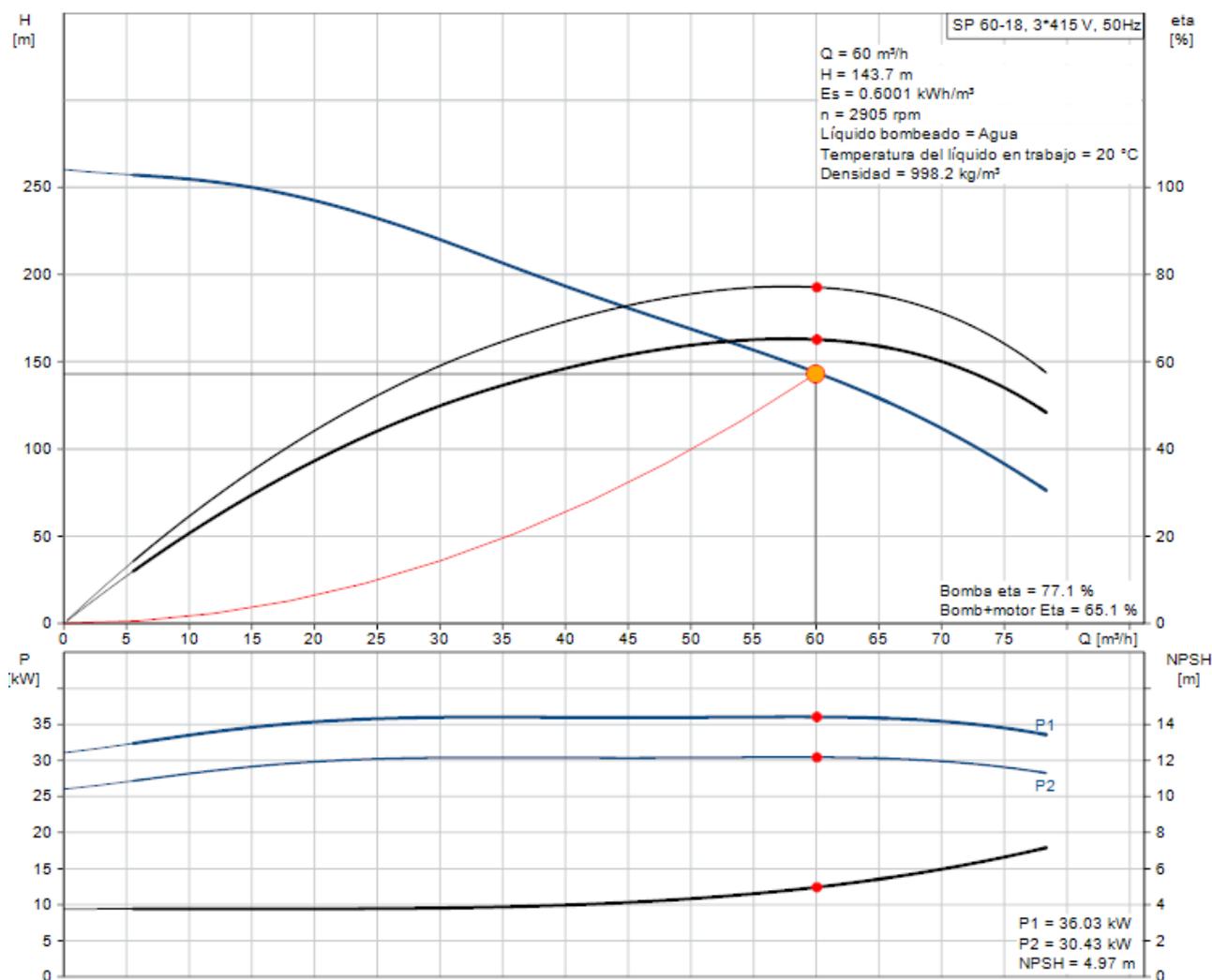


Figura 2. Curvas de potencia P1 y P2, curva NPSH y curva eta (%) del equipo de

Tabla 29. Características del líquido bombeado.

Líquido	Valores
Líquido bombeado	Agua
Temperatura máxima del líquido	40°C
T ^a máx. líquido a 0.15 m/seg	25°C
T ^a máx. líquido a 0.5 m/seg	30°C
Temperatura de trabajo del líquido	20°C
Densidad	998.2 Kg/m ³
Viscosidad cinemática	1 mm ² /s

Tabla 30. Materiales del equipo de bombeo seleccionado.

Equipo	Material
Bomba	Acero inoxidable EN 14301 AISI 304
Impulsor	Acero inoxidable EN 14301 AISI 304
Motor	Acero inoxidable DIN W.-Nr 1.4401 AISI 316

Tabla 31. Características eléctricas del equipo de bombeo.

Datos eléctricos	Valores
Tipo de motor	MMS8000
Potencia nominal P2	37Kw
Potencia (P2) requerida por la bomba	37Kw
Frecuencia de alimentación	50Hz
Tensión nominal	3 x 380-400-415 V
Corriente nominal	78.8-76.0 A
Intensidad de arranque	540-570 %
Cos phi, factor de potencia	0.86-0.85
Velocidad nominal	2880-2890 rpm
Tipo de arranque	directo
Grado de protección (IEC 34-5)	IP 58
Transmisor de Tª incorporado	No
Devanados	PE2/PA



Figura 3. Detalle de la bomba. Fuente: Grundfos

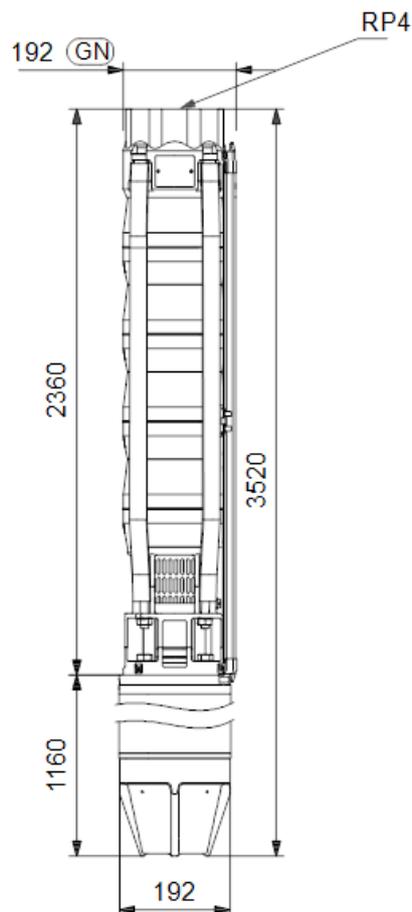


Figura 4. Esquema dimensional. Fuente: Grundfos.

4.5.- DISEÑO DEL CABEZAL DE RIEGO.

El cabezal de riego está formado por el conjunto de dispositivos cuya misión es filtrar el agua extraída del pozo, regular las presiones y llevar acabo la programación del riego de riego. Para el caso de esta instalación de riego el cabezal estará formado por el equipo de filtrado y por los elementos de control y automatización. No dispondrá de equipo de fertirrigación, al no ser ésta una práctica común en este tipo de cultivo.

El cabezal estará ubicado en la parcela 14 del polígono 509 y se trata de una caseta de 10 x 15 metros ya existente. Está construida con bloque de hormigón gris de 40x20x10 cm, solera de hormigón armado y techumbre de panel de sándwich. Dicha caseta alojará el cabezal y se utilizará a su vez como almacén de la explotación.

En el plano 6, Diseño del cabezal de riego, puede observarse la distribución de los distintos elementos.

4.5.1- TUBERÍA PRINCIPAL DEL CABEZAL: TUBERÍA DE IMPULSIÓN.

La tubería principal ascenderá desde el pozo hasta la caseta del cabezal. En la siguiente tabla se adjuntan las características principales de esta conducción cuyo material es PVC-U PN10 UNE EN ISO 1452, Sistemas de Canalización en Materiales

Plásticos para Conducción de Agua y para Saneamiento Enterrado o Aéreo con Presión.

Tabla 32. Características de la tubería de impulsión.

Longitud (m)	Caudal Máx línea (m ³ /h)	Diámetro int. Teórico (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (MPa)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (m)
90	59,84	115,0	115,4	125	1,00	1,59	1,81

4.5.2. EQUIPO DE FILTRADO.

Todo sistema de riego localizado exige la instalación de elementos de filtrado que retengan toda materia que lleve el agua en suspensión de naturaleza orgánica o inorgánica y que sea susceptible de obturar los emisores, tubos de comando hidráulico y cualquier otro elemento de la red de riego susceptible de alterar su comportamiento por la obturación o acumulación de los sólidos en suspensión que lleva el agua.

Para este caso se ha decidido utilizar filtros automáticos de discos, para obtener la máxima calidad en la filtración y un mínimo consumo de energía en el proceso de contralavado. Algunas de las ventajas de este tipo de filtros son un gran ahorro de agua y energía, y una filtración de máxima seguridad.

El funcionamiento de este tipo de filtros se resume en dos fases básicamente:

-Fase de filtrado: la hélice genera un efecto centrífugo helicoidal a la entrada del filtro, que aleja las partículas de los discos al pasar el agua efectivamente y en profundidad por los discos.

-Fase de contralavado. El agua limpia es introducida desde la dirección de la inversa a través del elemento filtrante, liberando la pila de discos, cosa que permite que los discos se separen entre ellos y se produzca un lavado efectivo. Los sólidos son expulsados desde los discos y evacuados a través del colector de drenaje. El proceso de filtrado volverá a comenzar con la compresión de los discos.

A la hora de dimensionar el filtrado habrá que tener en cuenta una serie de factores que condicionarán este equipo:

-Caudal máximo de la red: 59.84 m³/h.

-La calidad del agua, que en este caso se considera media.

-Grado de filtración, 130µm .

Dentro de cada tipo de filtros, el fabricante proporcionará un máximo caudal por elemento filtrante en función del grado de filtración, siendo para la opción tomada de 30 m³/h para el caso de 3" y 20 m³/h para filtros de 2". A continuación, se calcula el número de filtros que serán necesarios en esta instalación para estas dos alternativas.

$$\text{Número de filtros} = \frac{Q_{\text{máx}}}{Q_{\text{filtro}}}$$

Donde:

- $Q_{m\acute{a}x}$: caudal máximo de la red (m^3/h)

- Q_{filtro} : máximo caudal por elemento filtrante (m^3/h).

$$\text{Número de filtros} = \frac{59.84}{30} = 2$$

$$\text{Número de filtros} = \frac{59.84}{20} = 3$$

Por tanto, se puede instalar en paralelo de 2 o 3 filtros de 3" y 2", respectivamente.

Para calcular la pérdida de carga a filtro limpio el fabricante proporciona una curva de la que puede extraerse las pérdidas de carga en función del caudal circulante por el elemento filtrante. Para este tipo de filtrado se recomienda que las pérdidas de carga no superen 1-2 metros de columna de agua. Para las dos posibilidades de este caso las pérdidas de carga por filtro son las siguientes:

-Para la opción de 2 filtros 3": 1.4 mca.

-Para la opción de 3 filtros 2": 0.64 mca.

Puede comprobarse que las pérdidas de carga están dentro de los límites recomendados.

La velocidad de filtración de elemento está recomendada en un rango de 130-350 m/h para que la calidad de filtración sea la adecuada. Es necesario para este cálculo conocer la superficie de filtración, normalmente suministrada por el fabricante y que para este caso tiene un valor de 1492 cm^2 . Este parámetro puede calcularse con la siguiente expresión:

$$V_{\text{filtrado}} = \frac{Q_{\text{filtro}}}{S_{\text{filtración}}}$$

Donde:

- Q_{filtro} : caudal que atraviesa el filtro (m^3/h).

- $S_{\text{filtración}}$: superficie de filtración (m^2).

$$V_{2 \text{ filtros}} = \frac{59.84}{0.1492} = 200.4 \text{ m/h}$$

$$V_{3 \text{ filtros}} = \frac{59.84}{0.1492} = 133.37 \text{ m/h}$$

La velocidad instalando tres filtros de anillas esta justo en el límite inferior del rango recomendado, por lo que se descartará esta opción y se optará por colocar dos filtros de tres pulgadas, 3".

La opción adoptada finalmente será la instalación de un equipo autolimpiable en línea con elementos filtrantes de discos maniobrados de 3", con colectores de polietileno de alta densidad, de fácil instalación y que garantiza una adecuada resistencia y durabilidad.

Las pérdidas de carga en función del caudal circulantes las suministra el fabricante siendo para este caso de 3 mca y una superficie de filtrado de 2984 cm². La presión mínima y el caudal mínimo de contralavado por filtro será de 2.8 bar y 2.5l/s, respectivamente. Los materiales de los distintos elementos del equipo se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 32: Materiales del equipo de filtrado.

Elemento	Material
Carcasa del filtro	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
Elemento filtrante	Discos ranurados de polipropileno
Elementos de sellado	NBR
Válvulas de contralavado	Plástico técnico reforzado
Colectores equipo	Polietileno de alta densidad

El equipo de filtración ejecuta el proceso de contralavado en una estación mientras que el resto del equipo continúa en fase de filtración, abasteciendo a la instalación. No obstante, periódicamente será necesario controlar el adecuado funcionamiento del equipo para comprobar que no hay fugas de agua y que el contralavado automático se efectúa de acuerdo a lo expuesto por el fabricante.

4.5.3.- CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.

Válvula de mariposa

Una válvula de mariposa es un dispositivo cuya función es interrumpir o regular el flujo de un fluido en un conducto, aumentando o reduciendo la sección de paso mediante una placa, denominada mariposa, que gira sobre un eje. Al disminuir el área de paso, aumenta la pérdida de carga local en la válvula, reduciendo el flujo. Este tipo de válvula se colocará en la tubería principal del cabezal de riego para que, en caso de rotura, avería, reparación o limpieza de filtros, pueda detenerse el flujo de agua por la instalación, y tendrá un diámetro nominal de 125 mm en PVC.

Válvula de esfera

Una válvula de esfera es un dispositivo cuya función es interrumpir o regular el flujo de agua en la tubería, aumentando o reduciendo la sección de paso. Al disminuir el área de paso, se provoca un aumento la pérdida de carga local en la válvula, reduciendo el flujo. Este tipo de válvula en PVC se instalará a la salida del cabezal, en cada una de las conducciones de cada sector, de tal forma que en caso de mantenimiento o avería pueda detenerse el movimiento de agua en la red de riego.

Válvula de retención o antirretorno.

Las válvulas de retención, antirretorno o unidireccionales tienen la función de cerrar por completo el paso del fluido en circulación en un sentido, dejándolo libre en el contrario. Esta forma de actuación permite proteger la instalación existente aguas arriba de la válvula de retención del fenómeno golpe de ariete. Este tipo de válvula se colocará a la salida de la bomba de extracción del pozo y antes de la entrada al equipo de filtrado. Su diámetro coincidirá con la tubería de impulsión, 125 mm.

Electroválvula

Este tipo de válvula consiste en un dispositivo que es accionado por una señal eléctrica. Las electroválvulas pueden ser de dos tipos:

- Normalmente abiertas, se cierran al recibir la señal.
- Normalmente cerradas, se abren al recibir la señal.

Las utilizadas con mayor frecuencia en el riego localizado son cerradas. Este tipo de válvulas, están con presión en su extremo aguas arriba, ocupando el agua la cámara situada encima del diafragma. La fuerza generada por esta presión, más la debida al resorte, superan a la fuerza derivada de la presión que actúa sobre la cara inferior del diafragma y la válvula permanece cerrada. Cuando se envía la señal, el agua de la cámara superior sale hacia la tubería en el extremo aguas abajo de la válvula, disminuye su presión y el diafragma se desplaza hacia arriba, dejando vía libre a través del cuerpo de la válvula. La señal eléctrica activa un solenoide que, a su vez, retira el vástago que deja libre el orificio de conexión de la cámara con la tubería aguas abajo. Cuando la señal eléctrica termina, el solenoide provoca el cierre del orificio, la presión en la cámara vuelve a subir y el diafragma cierra, siempre que la presión en la tubería aguas arriba tenga un valor mínimo. Ésta condición es fundamental para el adecuado cierre, debiendo asegurarse presiones entre 5 y 7 mca para las válvulas comerciales. En caso de producirse un fallo en el envío de la señal, la válvula puede abrirse manualmente aflojando el tornillo superior para dejar paso al agua de la cámara hacia la atmósfera, cortándose este flujo para que la válvula vuelva a cerrarse. Los solenoides se activan con una tensión de 12V o 24V (por razones de seguridad básicamente), con corriente alterna o continua.

Estas válvulas se instalarán a la salida del cabezal en cada una de las tuberías que abastecen a cada sector, que en este caso está formado por una sola subunidad, siempre antes de la válvula de retención. Para esta red de riego serán necesarias:

- 6 válvulas DN 110mm para los sectores y subunidades 1, 2, 3, 9, 12 y 13.
- 7 válvulas DN 125mm para los sectores y subunidades 4, 5, 6, 7, 8, 10 y 11.

Ventosa

Las ventosas son las encargadas de expulsar el aire cuando una tubería se llena y permitir la entrada de éste si se vacía, además de expulsar el aire que se desprende de forma gradual durante el funcionamiento.

Al circular el agua forzada por una conducción, lleva aire disuelto que suele ocupar las zonas más altas. Si no se extrae este aire, a medida que se acumula, la sección transversal de la tubería va estrangulándose, reduciendo el caudal, provocando sobrepresiones por desplazamiento de las bolsas de aire y, finalmente, anulando el flujo. Pueden distinguirse las siguientes ventosas:

-Las ventosas o purgadores, encargadas de extraer el aire para evitar la acumulación de aire.

-Las ventosas de doble efecto, encargadas de permitir la entrada y salida de los grandes caudales de aire.

-Las ventosas trifuncionales o de triple efecto satisfacen los tres objetivos anteriormente citados.

Será necesario instalar ventosas de doble efecto en los puntos altos del cabezal y en los máximos absolutos y relativos de la red de distribución evitando tramos horizontales para evitar la acumulación de aire, colocando en éstos un purgador cada 500m a 700m. En este proyecto al tratarse de una red de riego no muy extensa se instalarán ventosas de doble efecto.

Contador volumétrico

El contador volumétrico tipo Woltman permite la medición del volumen de agua consumido en el riego de la plantación. Este elemento se colocará a la entrada del equipo de filtrado en una tubería de PVC PN10 DN 125 mm para el control del agua consumida en los riegos, ya que será necesario anualmente informar al Instituto Aragonés del Agua de los volúmenes de agua extraídos. Además, de esta manera podrán detectarse anomalías en el funcionamiento de la bomba y los volúmenes aplicados serán más precisos.

Manómetro

Su función será medir la presión de las conducciones. Existen manómetros de diferentes tipos, siendo el más empleado para los cabezales de riego el manómetro Bourdon. Estos instrumentos se colocarán antes y después del grupo de impulsión, al inicio del cabezal de riego (después de la válvula de mariposa) y antes y después del equipo de filtrado.

Como la salida de un elemento coincide con la entrada de otro, solamente serán necesarios cuatro manómetros. En el hidrante ya existe un manómetro que indica la presión que llega hasta allí.

Programador de riego

Con el fin de automatizar la instalación y hacer más cómodo su manejo se instalará un programador por tiempos, en el cual se fijarán las horas de inicio y fin del riego. Dicho programador deberá tener un número de estaciones suficientes para controlar las electroválvulas colocadas en el cabezal.

Las características principales del hardware son las siguientes:

- Alimentación a 12VDC mediante placa solar y batería.
- Hasta 24 salidas tipo latch DC para solenoides de 2 ó 3 hilos (en módulos de 8).
- Hasta 4 entradas digitales/pulsos.
- Hasta 4 entradas analógicas de 0-5Vdc y 4-20mAmp.
- Compatible con el sistema monocable SingleNet.
- Comunicación con PC vía cable y telefonía fija o móvil.

5.- CÁLCULO DE APERTURA DE ZANJAS.

Para evitar dificultar las labores culturales de la futura plantación se ha optado por la solución de enterrar las terciarias, así como las tuberías de la red de transporte. Se realizarán las pertinentes zanjas de dimensiones adecuadas en función de las tuberías que discurrirán por ellas. Además, la zanja será aprovechada para introducir el cableado eléctrico que dará servicio a las electroválvulas que permitirán la automatización del riego.

Con el fin de evitar movimientos excesivos de tierras, las uniones de tubos y piezas se realizará fuera de las zanjas. La profundidad de las zanjas va a depender del diámetro de la tubería, del lecho de apoyo, climatología y topografía. Para la apertura de zanjas se utilizará un retroexcavadora mixta.

En el caso de las terciarias, para cada una de ellas se abrirá una zanja para cada una, ensanchándose en los puntos de unión entre las terciarias y los laterales, así como los lugares donde vayan a ir las arquetas. Posteriormente se nivelará y refinará cuidadosamente el fondo de la zanja, usándose para ello una cama de 10 cm de arena. Las dimensiones de las zanjas serán de 50 cm de ancho por 60 cm de profundidad.

Tabla 33. Resumen de las longitudes de las terciarias.

L1 (m)	DN1 (mm)	L2 (m)	DN2 (mm)	Longitud total terciaria (m)
24	90	108	75	132
24	90	108	75	132
48	110	114	90	162
72	110	90	90	162
78	90	90	75	168
90	90	78	75	168
84	90	72	75	156
90	90	78	75	156
42	90	66	75	84
42	110	54	90	96
30	110	60	90	90
6	110	72	90	78
66	90	12	75	78
			Total	1662

Total de volumen de tierras a excavar de las terciarias:

$$0.6 \times 0.5 \times 1662 = 498.6 \text{ m}^3$$

Cantidad de arena de lecho:

$$0.5 \times 0.1 \times 1662 = 83.1 \text{ m}^3$$

Las zanjas que contendrán las tuberías de la red de transporte del mismo modo que las zanjas de las terciarias, tendrán 0,6 metros de profundidad y una anchura variable en función de número de tuberías que contenga. De esta forma la anchura de la zanja vendrá dada por la suma de los diámetros de las tuberías que contenga, más 25 cm a cada extremo.

Tabla 34. Resumen de zanjas de la red de transporte.

Tuberías del tramo	Longitud del tramo (m)	Dimensión zanja (m)	Volumen de tierra (m ³)	Volumen arena de lecho (m ³)
L4-L5	150.17	0.6 x 0.75	67.58	11.26
L5	110.35	0.6 x 0.5	33.11	5.52
L6-L7	4	0.6 x 0.75	1.8	0.3
L7	110.17	0.6 x 0.5	33.05	5.51
L8-L9-L10-L11	166.26	0.6 x 1	99.76	16.63
L9	112.49	0.6 x 0.5	33.75	5.62
L10-L11	154.94	0.6 x 0.75	69.72	11.62
L11	116.75	0.6 x 0.5	35.03	5.84
L12-L13-L14-L15-L17	233.05	0.6 x 1.1	153.81	25.64
L12-L13	91.09	0.6 x 0.75	41	6.83
L12	46.59	0.6 x 0.5	13.98	2.33
L15-L16	70.74	0.6 x 0.75	31.83	5.31
L16	84	0.6 x 0.5	25.2	4.2
		TOTAL	639.61	106.64

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

El total de volumen de tierra a extraer en la apertura de zanjas será la suma de las zanjas de las terciarias más las de la red de transporte, dando lugar a un total de 1138.21 metros cúbicos de tierra a extraer y 189.74 metros cúbicos de arena para el lecho.

**ANEXO 7: LABORES CULTURALES DE LA
PLANTACIÓN.**

ÍNDICE DEL ANEXO

	Página
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- CICLO PRODUCTIVO DE UNA PLANTACIÓN TRUFERA.	1
3.- MANTENIMIENTO DEL SUELO.....	2
3.1.- EL LABOREO.	2
3.2.- HERBICIDAS.	3
3.3.- ACOLCHADO.	3
3.4.- SISTEMAS MIXTOS.	3
3.5.- FERTILIZACIÓN Y ABONADO.	4
3.6.- LOS NIDOS.	4
4.- PODA.	4
5.- RIEGOS.	5
6.- PLAGAS Y ENFERMEDADES.	6
7.- RESUMEN DE LAS LABORES CULTURALES DE LA PLANTACIÓN.	9

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Plagas y enfermedades de las trufas.	8

1.- INTRODUCCIÓN.

Las truferas, a diferencia de otros cultivos leñosos como pueden ser los frutales, no son cultivadas para la obtención de sus frutos por lo que los cuidados culturales de la plantación no serán iguales. Con el cultivo de truferas lo que se busca es la producción de carpóforos asociados a las raíces, cosa que no se puede apreciar a simple vista; no obstante, sí que podrá comprobarse el desarrollo y vigor de las plantas hospedantes y hasta pasados por lo menos 7 años no podrán observarse indicadores de que la plantación está comenzando a dar resultados, como es el caso de la aparición de los quemados (la aparición de los quemados no quiere decir que habrá producción de trufa con toda seguridad). Alrededor del octavo y noveno año podrán empezar a recolectarse las primeras trufas.

Los cuidados culturales buscan básicamente equilibrar las condiciones de humedad e insolación, de forma que éstas estén dentro de un rango óptimo.

2.- CICLO PRODUCTIVO DE UNA PLANTACIÓN TRUFERA.

El ciclo productivo de una plantación trufera pasa por tres fases con requerimientos diferentes:

Periodo de colonización

Desde la plantación hasta la aparición de los primeros Quemados, del cuarto u octavo año de la plantación. En este periodo de tiempo se produce la extensión del micelio en el suelo y la proliferación de micorrizas de trufa en el sistema radical, por lo que será necesario mantener óptimas las condiciones de suelo y clima, sin modificar fuertemente la ecología. Es conveniente mantener las sequías sin suprimirlas al completo con riegos y que exista una buena insolación, de esta forma, aunque el crecimiento de la planta sea pequeño, la invasión de otras micorrizas es menos probable. En resumen, consiste en mantener al máximo las condiciones naturales del suelo.

Periodo de asentamiento

Desde la aparición de los primeros quemados hasta el periodo de explotación. Desde el 4-8 año hasta el 10-12 año. En este periodo las micorrizas han alcanzado una masa crítica y se empiezan a producir las primeras trufas. Interesa mantener unas buenas condiciones para la planta, pero sin excederse, pues podría ser negativo para la producción de trufa.

Periodo de explotación

Hace referencia a la vida útil de la plantación. Desde el año 10-12 hasta aproximadamente 35-50 años.

En el caso de este proyecto va a considerarse el final del periodo de colonización al año seis desde la plantación y como final del periodo de asentamiento el año doce, año en que comenzará el periodo de explotación.

3.- MANTENIMIENTO DEL SUELO.

Es necesario un adecuado mantenimiento del suelo que permita un correcto desarrollo de la planta y del hongo, reduciendo o eliminando los principales competidores de éstos y favoreciendo las condiciones del suelo.

3.1.- EL LABOREO.

Consiste en remover y descompactar el suelo de forma que se favorece la aireación del mismo y se mejora la capacidad de absorción de agua. Sin embargo, un exceso de laboreo puede provocar la erosión del suelo, creación de suelo de labor, modificación de su estructura... El laboreo del suelo variará en función del periodo en el que se encuentre la plantación, deberá realizarse en el momento óptimo, cuando el suelo este en tempero y hay que tener especial cuidado con la rotura de raíces de las trufas, alcorques y compactación excesiva del suelo.

Periodo de colonización

Durante los tres primeros años deben hacerse escardas poco profundas sin dañar la planta para evitar la competencia por agua y nutrientes. Se realizarán entre dos y tres pasadas entre líneas aprovechando las mejores condiciones de tempero y a una profundidad que no deberá sobrepasar los 15-20 cm alterar la estructura el suelo ni provocar inversiones en sus horizontes, teniendo especial cuidado con las carrascas para no dañar la expansión incipiente de su sistema radical y los alcorques. Para esta labor se recomienda el cultivador intercepas pues de una forma sencilla, lleva un sensor electrónico que detecta la presencia de un árbol o de un aspersor o incluso un microaspersor y da una orden a un pistón hidráulico que retrae la reja intercepas que va entre los árboles, para esto lleva su propia central hidráulica movida por el cardan del tractor ya que tiene que hacer esta función cada 6 metros. Con este sistema se evita tener que dar pasadas al cruzado y tener que repasar a mano la plantación. Bajo mi punto de vista cuando antes incorporemos a la plantación el intercepas mejor ya que lo vamos a disfrutar antes y nos va a evitar jornales y lo vamos a poder amortizar rápidamente.

Periodo de asentamiento

En este periodo comienzan a aparecer los característicos quemados, por lo que el laboreo va siendo cada vez más innecesario ya que el micelio de la trufa impide el crecimiento de hierbas competidoras. En caso de realizarse el laboreo deber hacerse evitando los quemados o hacerlo de forma muy superficial en primavera sin profundizar más de 10 cm. Con esta labor se favorece la aireación, la esponjosidad del suelo y la infiltración de agua por lo que aumentará la colonización del suelo por el micelio.

Periodo de explotación

Se recomienda realizar una labor de 10-15 cm al finalizar la campaña de recolección, antes de que la actividad de las malas hierba haya comenzado. Además, en primavera la propagación de los filamentos miceliares no ha comenzado y es más difícil

destruirlos y perjudicar la futura producción de carpóforos. Para ello puede utilizarse el cultivador intercepas o el clásico cultivador de golondrinas.

3.2.- HERBICIDAS.

Con el uso de herbicidas se consigue mantener el suelo desnudo de vegetación mediante la aplicación de productos químicos. Su utilización debe hacerse con precaución pues puede resultar dañina para las plantas y para las micorrizas. No está recomendado como sistema de mantenimiento del suelo, aconsejándose la aplicación de herbicidas solo de forma puntual en caso de que la invasión de malas hierbas sea tan grande que no puedan eliminarse de forma mecánica con el laboreo. En caso de aplicarse herbicidas deberá hacerse con un pulverizador hidroneumático inscrito en el R.O.P.O. y con la pertinente inspección de equipos fitosanitarios aprobada.

3.3.- ACOLCHADO.

El acolchado consiste en cubrir total o parcialmente el suelo con materiales naturales o artificiales. Este sistema de manejo del suelo contribuye ampliamente en la lucha contra malas hierbas, a reduce la evaporación del agua del suelo y limita los efectos de las heladas invernales. Esta técnica suele utilizarse en aquellas truferas que no se labran y consiste en colocar diferentes materiales en los quemados tales como piedras, restos de poda, geotextiles...

Muchos productores de trufa utilizan piedras de tamaño medio como acolchado, por lo que a medida que van creciendo las truferas van colocando piedras del campo en la zona del quemado.

La paja de cereal es uno de los mejores cobertores en la truficultura, por su acción reguladora de la temperatura del suelo (la paja mantiene una cierta frescura en verano y mitiga los efectos del hielo prolongado en invierno, facilitando el rápido calentamiento del suelo desde el inicio de la primavera), mantiene la humedad durante el período estival, conservar la vida microbiana y liberar materia orgánica asimilable por el hongo. Así pues, acolchado con paja, conocido como empajado, consiste en colocar alrededor de mayo o principios de junio, sobre los quemados de la trufera, placas de paja (lavada de productos químicos que haya podido recibir de los tratamientos de los cereales y sin semillas) de 40-50cm de diámetro, de alrededor de 8 cm de espesor y mantenidas por piedras.

Por norma general este tipo de acolchado se retira a partir de las primeras lluvias de otoño, pero si se dejan para reducir los efectos de las heladas, será importante su retirada tan pronto acabada la recolección, pues su descomposición puede provocar el aumento de la razón C/N, lo cual puede comprometer las futuras recolecciones.

3.4.- SISTEMAS MIXTOS.

Consiste en la combinación de las técnicas anteriormente expuestas. Este tipo de manejo será el utilizado en este proyecto, en el que se va a combinar la utilización de laboreo y el empajado combinado con piedras para mitigar los efectos perjudiciales de los periodos de heladas, que en el caso de la zona de actuación pueden ser muy severos durante el invierno.

3.5.- FERTILIZACIÓN Y ABONADO.

Se trata de unas prácticas desaconsejables en el caso de la truficultura. La aportación de nutrientes podría hacer que la simbiosis dejara de ser necesaria para la planta dejando a las micorrizas en un segundo plano e incluso prescindiendo de ellas. Solamente se recomiendan aportaciones cuando tras realizar un análisis de suelo se considera adecuado enmendar deficiencias de elementos como el calcio, por ejemplo. Últimamente se están utilizando productos basados en aminoácidos.

En el caso de este proyecto no se realizará ningún tipo de fertilización pues al tratarse de un campo dedicado al cultivo de cereales se considera innecesaria esta práctica.

3.6.- LOS NIDOS.

Consiste en realizar un agujero u hoyos en la zona del quemado y a una profundidad de 20-25 cm en el que se introduce una mezcla de sustrato, tierra y esporas de trufa, elaborado exclusivamente para la truficultura. Con esta práctica se consigue favorecer el desarrollo de los micelios y micorrizas, adelantando la aparición del quemado y contrarrestando la contaminación por hongos competidores.

En este proyecto primeramente las producciones iniciales de trufa se dejarán en campo para favorecer la expansión del micelio. No obstante, si se observa un retraso en la aparición de los quemados o la producción de trufa se considera baja se utilizará esta técnica.

4.- PODA.

Los principales objetivos de la poda de las truferas son los siguientes:

- Favorecer la insolación del quemado y su aireación.
- Controlar la forma de crecimiento de forma que ésta sea equilibrada. En el caso del quejigo se recomienda el descabezado cuando estos alcanzan gran tamaño.
- Eliminar los rebrotes en la cepa, evitando la invasión del quemado.

La poda de formación recomendada es el cono invertido con la base del tronco y el tercio inferior despejado de ramas y rebrotes, permitiendo de esta forma la entrada de los rayos del sol cuando son oblicuos.

La intensidad de poda debe ser baja y equilibrada de forma que no se provoquen desórdenes nutricionales ni fisiológicos que puedan afectar a las micorrizas.

Los cortes deberán cubrirse con masilla o pintura fungicida para evitar la entrada de agentes patógenos. Además, las herramientas utilizadas en la poda deberán estar correctamente desinfectadas.

La época más adecuada (S. Reyna) es el final de la campaña, cuando la actividad vegetativa del árbol está detenida.

Las podas que se realizarán en la plantación serán diferentes para los distintos periodos:

Periodo de asentamiento y colonización

En la fase joven habrá que favorecer un crecimiento equilibrado y construir un árbol que cumpla las exigencias de la trufa negra. El objetivo principal será obtener un árbol con un follaje aéreo escalonado y no una morfología de mata, es decir, con uno o varios troncos bien definidos. Tres o cuatro años después de la plantación se realizará un aclarado de ramas que facilite la llegada de la luz al pie de la planta y continuarla todos los años hasta el periodo de explotación. Las ramas verticales demasiado vigorosas, que tienen tendencia a crecer verticalmente se eliminarán. También deberán eliminarse los rebrotes de la base de planta. La poda en estas fases se realizará anualmente.

Periodo de explotación

La mayoría de los expertos en truficultura recomiendan que de los 10-20 años se produzca podas bianualmente y a partir de los 20 años cada 3-5 años. Cuando las truferas alcanzan una cierta edad y por tanto un importante volumen, es necesario un aclareo de ramas, pues pueden dificultar las labores culturales y la insolación de los quemados.

A los 40-50 años las truferas son ya voluminosas y forman una masa vegetal donde los rayos solares entran con dificultad, la poda no será efectiva y será necesario un aclareo.

5.- RIEGOS.

Es una de las técnicas más eficaces para mejorar la producción de trufas, sobre todo cuando se aplican en los meses estivales, época en la que las lluvias resultan determinantes para la futura recolección. Los riegos deben ser los adecuados en los tres periodos del ciclo productivo, ya que un exceso de estos podría provocar la pérdida de la micorrización al no hacerse necesaria la simbiosis entre el vegetal y el hongo produciéndose un desplazamiento de éste por otros hongos más hidrófilos, con la consecuente pérdida de producción.

Periodo de colonización y asentamiento (hasta el año 7).

Los riegos deben garantizar adecuado establecimiento de la planta en campo y la propagación del micelio en el suelo siendo la época más crítica, pues si se riega en exceso las truferas, dejarán de formar micorrizas con las trufas para hacerlos con otros hongos. Dependiendo de las condiciones climáticas la frecuencia de los riegos puede ser cada tres semanas o 20 días, desde finales de la primavera hasta la mitad del verano aproximadamente a finales de julio, dejando en la segunda mitad de del verano que la planta sufra estrés hídrico, salvo que se dé una sequía extrema, donde se deberá aplicar un riego más en septiembre. La cantidad recomendada es de 3 a 4

litros por planta cada dos o tres semanas, según la intensidad de la sequía y el tipo de suelo. Otros recomiendan reducir a la mitad el déficit hídrico de la planta calculado en función de la evapotranspiración potencial, no siendo nada recomendable para la proliferación de micorrizas de *T. melanosporum* riegos superiores a la mitad del déficit hídrico.

Los riegos se aplicarán desde finales de la primavera a mediados del verano, desde la segunda quincena a de mayo hasta finales de julio. Estos se realizaran en caso de haber una sequía prolongada, en torno a 20 días sin llover, sin que en ningún caso estos superen la mitad del déficit hídrico para el periodo considerado. Serán riegos individuales empleándose una cuba acoplada a un tractor agrícola y se aplicaran en los alcorques, debido a la limitada prospección radicular que presentara las encinas en este periodo.

Atendiendo a la evapotranspiración potencial, las precipitaciones mensuales medias, la superficie del alcorque (0,15-0,2 m²) y teniendo en cuenta que si el volumen de agua es inferior a 5l/m² no se regara (aproximadamente 1 litro en el alcorque), porque apenas mojara la superficie. Se propone a modo de ejemplo, los siguientes riegos para un año de climatología media:

1-20 de junio: 3 litros/planta.

21 de Junio a 10 de julio: 4-5 litros/planta.

11-30 de julio: 5-6 litros/planta.

Periodo de asentamiento. Los riegos en este periodo tendrán características intermedias entre el riego en periodo de colonización y explotación, debiendo variar progresivamente de un periodo a otro.

Periodo de explotación

En este periodo la finalidad del riego es obtener mejores producciones de trufa, con mayor número de carpóforos y de mayor tamaño. Las recomendaciones son sensiblemente distintas de un autor a otro, coincidiendo todos ellos en que se deben realizar en el periodo de estrés hídrico, manteniendo periodos de sequía de 15 a 25 días y en cantidad necesarias para que entre riego y precipitaciones sumen 50-75 litros/ m² al mes. Las matizaciones de cada autor ya se han expuesto en el anejo anterior, dedicado al riego.

6.- PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Al igual que en la mayoría de cultivos leñosos, el cultivo de truferas lleva asociado una serie de plagas y enfermedades que habrá que controlar durante todo el año. Para evitar la proliferación y ataques excesivos será necesario realizar muestreos constantes para detectar los posibles daños y tratar lo antes posible.

La lucha contra los patógenos de la carrasca es más que necesaria si se desea obtener un crecimiento adecuado del árbol y mantener la asociación micorrícica. No obstante, está muy extendida la idea de desear árboles perfectos, exentos de toda

patogenicidad o competencia. Es una práctica aconsejable favorecer la presencia de aves insectívoras, así como propiciar la presencia de insectos beneficiosos, que permitan un control biológico de los posibles ataques parasitarios.

Tabla 1. Plagas y enfermedades de las truferas.

ESPECIE	DAÑOS	TRATAMIENTO
Oidio (<i>Microsphaera alphitoides</i>) de los <i>Quercus sp.</i>	Follaje recubierto de un fieltro Blanco. Reducen la fotosíntesis, perturbándose su alimentación y la de las micorrizas (reciben menos azúcares y sustancias de crecimiento). Provoca un debilitamiento general de la planta	Azufre coloidal y micronizado en pulverizaciones sobre las pequeñas plantas a finales de mayo y a mediados de junio. Aplicaciones en las horas más frescas del día.
Orugas defoliadoras. Orugas de lagarta peluda (<i>Lymantria dispar</i>) y las de cola parda (<i>Euproctis Chrysorrhoea</i>).	Daños considerables en el follaje de las carrascas (en pocos días puede perder las hojas) suponiendo el fin de la producción de trufas.	Insecticidas que no sean peligrosos para las abejas que son sus depredadoras). Para un tratamiento más limpio, se puede usar lucha biológica con <i>Bacillus Thuringiensis</i> en el momento de la aparición de las orugas
Piral de los <i>Quercus sp.</i> o brugo (<i>Tortrix viridiana</i>)	Se alimentan devorando la yema de la flor y las hojas jóvenes del género <i>Quercus</i> , observándose sus daños en la primavera.	Productos similares a los usados para las orugas defoliadoras mencionadas anteriormente.
Algavaros o taladradores (<i>Cerambyx sp.</i>)	Coleópteros con largas antenas cuyas larvas forman galerías en las ramas y en los troncos, dando lugar a desecación y muerte de ramas de la parte superior del tronco en la cual ha formado su galería.	Cortar y quemar las ramas de los árboles afectados.
Cochinilla de escudo o de caparazón (<i>Leucaninum corylii</i>)	Escamas que parecen pústulas redondeadas y de color marrón en las ramas de las carrascas. Succiona la savia elaborada que contiene las sustancias de las cuales se alimentan el árbol y las micorrizas y en caso de un ataque importante, el árbol puede debilitarse y ramas enteras se desecan y mueren	Tratar a finales del verano con insecticida. En algunos casos se puede tratar en invierno o antes de la salida del reposo invernal.
Chancro de los <i>Quercus sp.</i>	Las ramas de las especies del género <i>Quercus</i> aumentan de volumen, se resquebrajan formando grietas más o menos profundas.	Las plantas jóvenes que son atacadas deben podarse antes de la primavera eliminando los chancros y librando de ellos a las ramas sanas y vigorosas.

7.- RESUMEN DE LAS LABORES CULTURALES DE LA PLANTACIÓN.

A continuación, se van a resumir las principales labores a realizar en la plantación según la edad de la misma.

Periodo de colonización

Hasta el año 5 tras la plantación (este periodo puede variar entre 4 y 8 años).

- Laboreo y escarda. Dos veces al año: al final de la primavera y al comienzo del otoño.
- Riego de apoyo con cuba. De 3 a 4 riegos entre junio y septiembre cada 20 días. Hasta el año 7, año en que se implantará la instalación de riego.
- Poda manual. Desde el año 4 tras la plantación. Una vez al año desde mitad a finales del invierno.

Periodo de asentamiento

Desde el año 5 hasta el año 10 (puede variar desde los 4-8 años hasta los 10-12).

- Laboreo. Superficial y una vez al año, desde mitad del invierno al comienzo de la primavera.
- Riego de apoyo con cuba hasta el año 7. Tras la instalación del riego por microaspersión realizar riegos cada 15-20 días entre junio y septiembre.
- Poda manual. Una vez al año desde mitad a finales del invierno.

Periodo de explotación

A partir del año 10-12 hasta el envejecimiento de la plantación.

- Laboreo. Superficial y una vez al año, desde mitad del invierno al comienzo de la primavera.
- Riego por microaspersión cada 15-20 días entre junio y septiembre.
- Poda manual. Una vez al año desde mitad a finales del invierno.

Se luchará con cualquier patógeno en la época que sea si se detecta la presencia de este.

ANEXO 8
ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN

ÍNDICE DEL ANEXO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2.-LEGISLACIÓN VIGENTE ACTUAL EN LA RECOLECCIÓN DE TRUFA.....	1
3.- MERCADO DE LA TRUFA NEGRA.....	1
4.- PRODUCCIONES ESTIMADAS.....	2
5.-PRECIO DE MERCADO.....	2
6.- VIDA ÚTIL.....	3
7.- COSTES.....	3

1. INTRODUCCIÓN.

En el siguiente anexo se va a tratar la situación actual del mercado de la trufa negra. Además se realizará un análisis de los rendimientos de la explotación en base a unas premisas sobre la vida útil, los gastos y los ingresos del proyecto con el fin de calcular el flujo de caja y la rentabilidad.

2.-LEGISLACIÓN VIGENTE ACTUAL EN LA RECOLECCIÓN DE TRUFA.

En la comunidad autónoma de Aragón tan solo está regulada la recolección de trufa en los montes de utilidad pública según la Orden de 10 de noviembre de 1998 del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se regula la recolección de la trufa negra de invierno en los montes de Aragón.

En el caso de la recolección de trufa en terrenos privados se aplicará la normativa estatal, concretamente el Decreto 1688/1972, de 15 de junio de 1.972, por el que se regula la búsqueda y recolección de la trufa negra de invierno (*Tuber melanosporum* Vitt. Y *Tuber brumale* Vitt) y la Orden del Ministerio de Agricultura de 8 de noviembre de 1.972, desarrollando el anterior decreto. Esta normativa a la que habrá que ceñirse recoge varias pautas:

- La época de recolección queda comprendida entre el 1 de diciembre y el 15 de marzo del año siguiente, no pudiendo desenterrarse aquellas trufas que no hayan alcanzado un grado de madurez suficiente.
- A fin de no dañar el micelio de los hongos no podrán emplearse en la recolección herramientas que den lugar a una considerable remoción del terreno como azadas, picos, palas y similares. Únicamente quedarán autorizados útiles de hoja, larga y estrecha, como cuchillos, machetes y otros similares.
- Solamente podrán utilizarse como animales auxiliares los perros amaestrados para este fin y tras la extracción de la trufa se rellenará el hueco practicado con la misma tierra extraída.

3.- MERCADO DE LA TRUFA NEGRA.

En comparación con los mercados de cualquier otro producto agrícola, el de la trufa negra presenta ciertas peculiaridades que lo hacen prácticamente único:

- Cuantitativamente, la oferta no satisface a la demanda.
- Las producciones son cuantitativamente muy variables de una campaña a otra.
- Prácticamente se exporta la totalidad de la producción.
- El producto es estacional y perecedero.

El mercado español es generalmente poco transparente, muy parecido al italiano mientras que el francés suele ser más claro y fiable. No obstante, en los últimos años, desde que

muchas plantaciones han comentado a producir, se aprecia cierto aperturismo existiendo mayor flujo de información.

En muchas ocasiones la compraventa de trufa se realiza en mercados locales situados en poblaciones con fuerte tradición trufera, aunque cada vez se hace más patente la figura del corredor.

La característica que tiene estas ventas es que muchas veces sólo los entendidos o los participantes en el comercio, saben que se están realizando transacciones.

Además de esto, prácticamente no existe ningún tipo de regulación a la hora de entregar la trufa (su envase suele ser en muchas ocasiones una bolsa de plástico) ni a la hora de su clasificación: en el mismo envase y al mismo precio pueden aparecer trufas de calidad, troceadas e incluso parcialmente podridas.

Los principales mercados españoles son el de Albetosa (La Estación de Mora de Rubielos) en Teruel, Vic en Barcelona y Morella en Castellón. Los días de mercado por semana son específicos para cada población y se indican en la siguiente tabla, aunque algunos casi han desaparecido siendo sustituidos por la compra de trufa a domicilio:

4.- PRODUCCIONES ESTIMADAS.

La trufa puede proceder de dos lugares diferentes: zonas forestales productoras de trufa de forma natural y de plantaciones de truferas.

Actualmente resulta difícil conocer las producciones de trufa en España, ya que se trata de un sector con bastante secretismo y competencia entre productores. Algunas estimaciones realizadas revelan que la distribución de la producción de *Tuber melanosporum* en Europa en la década de los 90, corresponde a un 38% en España, un 19% en Italia y un 43% en Francia. En el caso de España, según el MAGRAMA en el periodo de 1998-2003 las comunidades con mayor producción son Cataluña y Aragón.

Atendiendo a las producciones de las zonas truferas más cercanas, la zona de Sarrión (Teruel) y el Señorío de Molina (Guadalajara), teniendo en cuenta que éstas pueden variar de un año a otro incluso en la misma plantación, influyendo en ella los cuidados culturales realizados (riegos, podas, laboreos, nidos...), se van a suponer producciones a partir del 10 año que van desde los 10 a los 50 kg/ha.año.

5.-PRECIO DE MERCADO.

El precio de mercado es muy variable, sobre todo de un año a otro y existiendo una marcada diferencia entre el precio de otoño y el de invierno. Algunos años, la cifra del precio de invierno puede ser un 50% más elevada que la de otoño, ya que la trufa ha madurado e incrementa sus cualidades organolépticas y es más codiciada en el mercado.

El precio también variara en función de la calidad de la trufa, siendo más baratas las destinadas a conserva, productos procesados...siendo la de consumo fresco la trufa que mejor precio alcanza.

Los precios franceses suelen ser un 40% más alto que los españoles, siendo los precios mucho más elevados en países en los que no existe la producción de trufa. En París la trufa negra de invierno puede alcanzar precios del orden d 2.500 €/kg, llegando en Londres a los 5.040 €/kg.

En el entorno de la zona de actuación los mercados más cercanos son, el mercado de La Estación de Mora de Rubielos que recibe buena parte de la trufa procedente de las plantaciones de Sarrión, La Puebla de Valverde, San Agustín, Barracas, El Toro, etc. Y el mercado de Molina de Aragón que recibe trufa de toda la comarca del Señorío de Molina como Peralejos de las Truchas, Megina, Tordellego... El precio puede oscilar entre 300-500 €/kg fluctuando en función de la oferta y la demanda.

6.- VIDA ÚTIL.

Para esta plantación se va a estimar una vida útil de la de 40 años, fecha a partir de la cual habrá que estudiar una renovación de la plantación o el arranque de los arboles, ya que la producción descenderá hasta un punto en que la plantación deje de ser rentable.

7.- COSTES.

Los costes fundamentales son el establecimiento de la plantación, las diferentes labores culturales y la recolección de las trufas.

Costes de instauración

Son los calculados en el presupuesto, se tendrán en cuenta los gastos generales, el I.V.A y el beneficio industrial:

- Zanjas: 11.730,03€
- Red de transporte: 18.034,66€.
- Subunidades: 68.311,32€.
- Sistema de riego: 81.206,00€.
- Cabezal: 24.763,00€.
- Plantación (incluida reposición de marras): 63.796,47€.
- Instalación de vallado: 25.377,85€.

El periodo de colonización llega hasta el quinto año, el periodo de asentamiento desde el año 5 al 10 y el periodo de explotación desde el año 10 al 40 aproximadamente

Labores culturales

En el periodo de colonización, se realizarán 2 labores al año que consistirán en la escarda alrededor de las plantas y un laboreo en las calles a una profundidad de 10- 15cm, con tractor agrícola de entorno a 60-70CV provisto de un cultivador de golondrinas o un cultivador especial con intercepas. Se estima un coste por cada labor de 125€/ha.

En el periodo de asentamiento y explotación se realizará una labor anual por calles a una profundidad de 3-4cm con tractor agrícola de entorno a 60-70CV con un cultivador de golondrinas o un cultivador especial con intercepas. Se estima un coste por cada labor de 65€/ha

Las podas. Durante el periodo de colonización y asentamiento se realizarán podas de formación poco agresivas y de manera anual a partir del 4º año. Se prevé un coste por cada poda de 65€/ha. Durante el periodo de explotación de los 10 a los 40 años se realizarán podas bianuales con coste similar al anterior, 65€/ha.

Los riegos. Tras la plantación y hasta el año 7 se realizarán riegos utilizando una cuba provista con manguera de localización, acoplada a un tractor. Aproximadamente se realizarán entre 3 y 4 riegos anuales (dependiendo de las precipitaciones estivales). Estos riegos tendrán un coste aproximado de 150-160 €/ha, es decir 625 €/ha.año. En el año 7 colocará el sistema de microaspersión (el coste se ha estimado anteriormente) y se estiman unos gastos por hectárea y año, teniendo en cuenta el consumo de luz del cabezal de 300€.

El perro para la recolección. Los gastos del animal se resumen en el precio de compra del animal y los de su mantenimiento (alimentación, veterinario...). Se calcula la necesidad de un perro cada 5 o 6 ha de producción, por lo que serán necesarios cuatro perros, a los que se les estima una vida útil de 9 años. El coste de la compra de los perros se estima en 3000€, y los de su mantenimiento en 500€/perro.año, por lo que el coste anual será de 1500€/año.

Gastos generales. Como gasto general se entiende cualquier gasto que pueda surgir por posibles causas de forma inesperada o gastos rutinarios como puede ser el desplazamiento a las parcelas, etc... Se va a suponer un gasto general de 75€/ha.año

8. BENEFICIOS.

Los beneficios obtenidos vendrán prácticamente de la recolección de trufa. Se estima una recolección media de entorno a 15-17 kg/ha.año del año 10 al 15 y de 28-30kg/ha.año a partir del año 16 hasta el año 40. El precio estimado por kilogramo recolectado se estima de forma bajista de 300€/kg.

5. FLUJO DE CAJA Y ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD.

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

AÑO	CONCEPTO	GASTO (€/HA)	BENEFICIO (€/HA)	GASTO TOTAL €	BENEFICIO TOTAL €	FLUJO DE CAJA (€/AÑO)
0	Cercado	1,103,38		25.377,85 €		-103.549,32 €
	Plantación	2.773,76 €		63.796,47 €		
	Riego con cuba	625,00 €		14.375,00 €		
1	Reposición de marras	900,00 €		900,00 €		-22.750,00 €
	Laboreo y escardas	250,00 €		5.750,00 €		
	Riego con cuba	625,00 €		14.375,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
2	Laboreo y escardas	250,00 €		5.750,00 €		-21.850,00 €
	Riego con cuba	625,00 €		14.375,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
3	Laboreo y escardas	250,00 €		5.750,00 €		-21.850,00 €
	Riego con cuba	625,00 €		14.375,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
4	Laboreo y escardas	250,00 €		5.750,00 €		-23.345,00 €
	Poda	65,00 €		1.495,00 €		
	Riego con cuba	625,00 €		14.675,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
5	Laboreo y escardas	250,00 €		5.750,00 €		-23.345,00 €
	Poda	65,00 €		1.495,00 €		
	Riego con cuba	625,00 €		14.375,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
6	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		-23.345,00 €
	Poda	65,00 €		1.495,00 €		
	Riego con cuba	625,00 €		14.375,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
7	Instalación del riego	4.830,83 €		111.108,98 €		-124.103,98 €
	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		
	Poda	65,00 €		1.495,00 €		
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
8	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		-12.995,00 €
	Poda	65,00 €		1.495,00 €		
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
9	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		-16.995,00 €
	Poda	65,00 €		1.495,00 €		
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Adquisición perros			4.000,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

AÑO	CONCEPTO	GASTO (€/HA)	BENEFICIO (€/HA)	GASTO TOTAL €	BENEFICIO TOTAL €	FLUJO DE CAJA (€/AÑO)
10	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		89.805,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		4.500,0 €		103.500,00 €	
	Poda	65,00 €		1.495,00 €		
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
11	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		91.700,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		4.500,0 €		103.500,00 €	
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
12	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		89.805,00 €
	Riego	625,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		4.500,0 €		103.500,00 €	
	Poda	65,00 €		1.495,00 €		
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
13	Laboreo y escardas	125,00 €		1.725,00 €		91.300,00 €
	Riego	625,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		4.500,0 €		103.500,00 €	
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
14	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		89.805,00 €
	Riego	625,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		4.500,0 €		103.500,00 €	
	Poda	65,00 €		1.495,00 €		
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
15	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		183.300,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

AÑO	CONCEPTO	GASTO (€/HA)	BENEFICIO (€/HA)	GASTO TOTAL €	BENEFICIO TOTAL €	FLUJO DE CAJA (€/AÑO)
17	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		183.300,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			400,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
18	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.805,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
19	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		183.700,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
20	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		177.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			4800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
21	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		182.900,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			200,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
22	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

AÑO	CONCEPTO	GASTO (€/HA)	BENEFICIO (€/HA)	GASTO TOTAL €	BENEFICIO TOTAL €	FLUJO DE CAJA (€/AÑO)
23	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.900,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
24	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
25	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		182.900,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
26	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
27	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		183.700,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
28	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

AÑO	CONCEPTO	GASTO (€/HA)	BENEFICIO (€/HA)	GASTO TOTAL €	BENEFICIO TOTAL €	FLUJO DE CAJA (€/AÑO)
29	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		182.900,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
30	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		177.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			4.800,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
31	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		182.900,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
32	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
33	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		182.900,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
34	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

AÑO	CONCEPTO	GASTO (€/HA)	BENEFICIO (€/HA)	GASTO TOTAL €	BENEFICIO TOTAL €	FLUJO DE CAJA (€/AÑO)
35	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		182.900,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
36	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
37	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		182.900,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
38	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
39	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		182.900,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
40	Laboreo y escardas	125,00 €		2.875,00 €		181.405,00 €
	Riego	300,00 €		6.900,00 €		
	Recolección		8.500,0 €		195.500,00 €	
	Poda	65,00 €				
	Perro			300,00 €		
	Otros gastos	75,00 €		1.725,00 €		
TOTAL						4.606.646,70 €

Por hectárea este flujo de caja es igual a 200.888,00€/ha para todo el periodo y 5.007,22€/ha.año, lo que aparentemente lo convierte en un cultivo con buenas perspectivas y una buen alternativa al actual improductivo cultivo del cereal.

A la hora de realizar el análisis de la rentabilidad, se calcula el valor actual neto (V.A.N), que permite determinar el valor presente de un determinado número de flujos de caja

Diseño de una plantación trufera en Orihuela del Tremedal (Teruel)

futuros originados por la inversión. La obtención del V.A.N es una herramienta fundamental para la evaluación de proyectos, así como para la administración financiera. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto.

En este proyecto se descontara un tipo de interés igual a 4,5% para todo el período considerado, obteniéndose un V.A.N = 1.274.353,06€. La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (T.I.R) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (V.A.N) es igual a cero.

Para los supuestos planteados se obtiene un T.I.R de 13,6%. No obstante se ha hecho teniendo una tendencia bajista de los precios de la trufa.

ANEXO 9
PARCELAS SIG PAC

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPACMINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTEFONDO ESPAÑOL DE
GARANTÍA AGRARIA

Provincia: 44 - TERUEL

Municipio: 183 - ORIHUELA DEL TREMEDAL

Agregado: 0

Zona: 0

Polígono: 509

Parcela: 13

Referencia Catastral: 44183A509000130000IK

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centro de la parcela:	06/2015
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	08/03/2017
X: 616926,52	Fecha de impresión:	24/07/2018
Y: 4489878,59		
DATUM WGS84	Escala aproximada de impresión:	1 : 2000
HUSO 30		



(*) Pueden existir cambios en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC.

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
1	2,9018	2,30	TIERRAS ARABLES			0		0401 (2)

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC.

(2) Región del Régimen de Pago Básico según el Anexo II del Real Decreto 1076/2014.

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
TIERRAS ARABLES	2,9018	

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPACMINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTEFONDO ESPAÑOL DE
GARANTÍA AGRARIA

Provincia: 44 - TERUEL

Municipio: 183 - ORIHUELA DEL TREMEDAL

Agregado: 0

Zona: 0

Polígono: 509

Parcela: 14

Referencia Catastral: 44183A509000140000IR

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	06/2015
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	08/03/2017
X: 617063,3	Fecha de impresión:	24/07/2018
Y: 4489824,04		
DATUM WGS84	Escala aproximada de impresión:	1 : 2000
HUSO 30		



(*) Pueden existir cambios en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC.

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
1	3,8104	2,40	TIERRAS ARABLES			0		0401 (2)

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC.

(2) Región del Régimen de Pago Básico según el Anexo II del Real Decreto 1076/2014.

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
TIERRAS ARABLES	3,8104	

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

FONDO ESPAÑOL DE
GARANTÍA AGRARIA

Provincia: 44 - TERUEL

Municipio: 183 - ORIHUELA DEL TREMEDAL

Agregado: 0

Zona: 0

Polígono: 509

Parcela: 15

Referencia Catastral: 44183A509000150000ID

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	06/2015
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	08/03/2017
X: 617216,55	Fecha de impresión:	24/07/2018
Y: 4489757,21		
DATUM WGS84	Escala aproximada de impresión:	1 : 2000
HUSO 30		



(*) Pueden existir cambios en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC.

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
1	3,8637	2,40	TIERRAS ARABLES			0		0401 (2)

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC.

(2) Región del Régimen de Pago Básico según el Anexo II del Real Decreto 1076/2014.

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
TIERRAS ARABLES	3,8637	

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPACMINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTEFONDO ESPAÑOL DE
GARANTÍA AGRARIA

Provincia: 44 - TERUEL

Municipio: 183 - ORIHUELA DEL TREMEDAL

Agregado: 0

Zona: 0

Polígono: 509

Parcela: 19

Referencia Catastral: 44183A509000190000IE

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	06/2015
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	08/03/2017
X: 617384,29	Fecha de impresión:	24/07/2018
Y: 4489751,68		
DATUM WGS84	Escala aproximada de impresión:	1 : 1500
HUSO 30		



(*) Pueden existir cambios en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC.

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
1	1,6549	2,80	TIERRAS ARABLES			0		0401 (2)

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC.

(2) Región del Régimen de Pago Básico según el Anexo II del Real Decreto 1076/2014.

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
TIERRAS ARABLES	1,6549	

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

FONDO ESPAÑOL DE
GARANTÍA AGRARIA

Provincia: 44 - TERUEL

Municipio: 183 - ORIHUELA DEL TREMEDAL

Agregado: 0

Zona: 0

Polígono: 509

Parcela: 20

Referencia Catastral: 44183A509000200000II

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	06/2015
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	08/03/2017
X: 617362,11	Fecha de impresión:	24/07/2018
Y: 4489676,39		
DATUM WGS84	Escala aproximada de impresión:	1 : 1500
HUSO 30		



(*) Pueden existir cambios en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC.

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
1	0,8549	2,70	TIERRAS ARABLES			0		0401 (2)

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC.

(2) Región del Régimen de Pago Básico según el Anexo II del Real Decreto 1076/2014.

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
TIERRAS ARABLES	0,8549	

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPACMINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTEFONDO ESPAÑOL DE
GARANTÍA AGRARIA

Provincia: 44 - TERUEL

Municipio: 183 - ORIHUELA DEL TREMEDAL

Agregado: 0

Zona: 0

Polígono: 509

Parcela: 21

Referencia Catastral: 44183A509000210000IJ

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	06/2015
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	08/03/2017
X: 617342,6	Fecha de impresión:	24/07/2018
Y: 4489620,87		
DATUM WGS84	Escala aproximada de impresión:	1 : 1500
HUSO 30		



(*) Pueden existir cambios en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC.

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
1	1,1231	2,40	TIERRAS ARABLES			0		0401 (2)

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC.

(2) Región del Régimen de Pago Básico según el Anexo II del Real Decreto 1076/2014.

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
TIERRAS ARABLES	1,1231	

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPACMINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTEFONDO ESPAÑOL DE
GARANTÍA AGRARIA

Provincia: 44 - TERUEL

Municipio: 183 - ORIHUELA DEL TREMEDAL

Agregado: 0

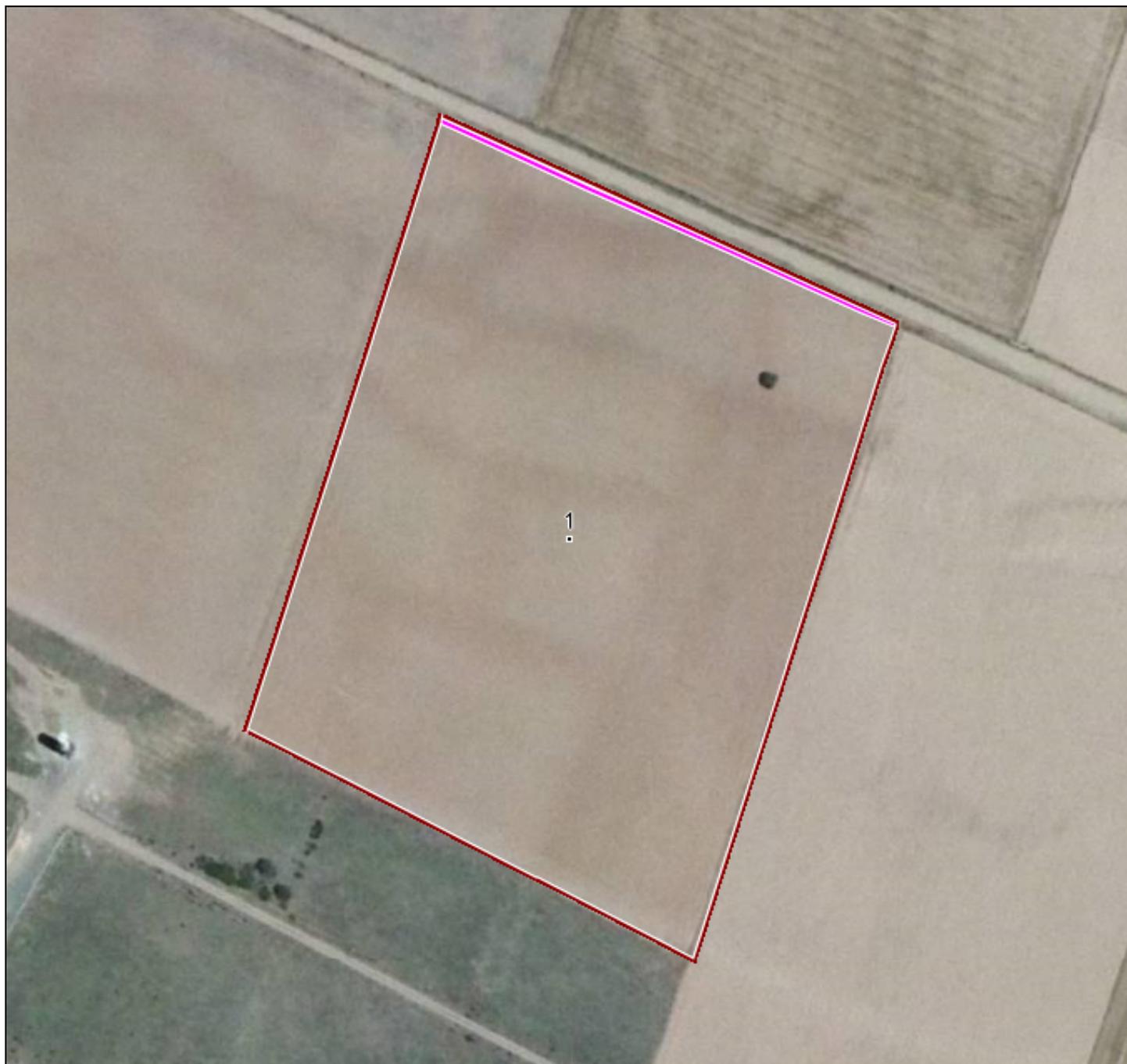
Zona: 0

Polígono: 509

Parcela: 70

Referencia Catastral: 44183A509000700000IQ

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	06/2015
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	08/03/2017
X: 617114,38	Fecha de impresión:	24/07/2018
Y: 4489548,42		
DATUM WGS84	Escala aproximada de impresión:	1 : 2000
HUSO 30		



(*) Pueden existir cambios en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC.

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
1	3,3832	2,50	TIERRAS ARABLES			0		0401 (2)
2	0,0347	1,90	PASTO ARBUSTIVO	100	0,0347	0	136	0401 (2)

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC.

(2) Región del Régimen de Pago Básico según el Anexo II del Real Decreto 1076/2014.

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
PASTO ARBUSTIVO	0,0347	0,0347
TIERRAS ARABLES	3,3832	
Superficie Total	3,4179	0,0347

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

FONDO ESPAÑOL DE
GARANTÍA AGRARIA

Provincia: 44 - TERUEL

Municipio: 183 - ORIHUELA DEL TREMEDAL

Agregado: 0

Zona: 0

Polígono: 509

Parcela: 71

Referencia Catastral: 44183A509000710000IP

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	06/2015
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	08/03/2017
X: 616954,85	Fecha de impresión:	24/07/2018
Y: 4489622,77		
DATUM WGS84	Escala aproximada de impresión:	1 : 2000
HUSO 30		



(*) Pueden existir cambios en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC.

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
1	3,8275	2,30	TIERRAS ARABLES			0		0401 (2)

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC.

(2) Región del Régimen de Pago Básico según el Anexo II del Real Decreto 1076/2014.

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
TIERRAS ARABLES	3,8275	



MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

FONDO ESPAÑOL DE
GARANTÍA AGRARIA

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC

Provincia: 44 - TERUEL

Municipio: 183 - ORIHUELA DEL TREMEDAL

Agregado: 0

Zona: 0

Polígono: 509

Parcela: 72

Referencia Catastral: 44183A509000720000IL

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centro de la parcela:	06/2015
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	08/03/2017
X: 616828,88	Fecha de impresión:	24/07/2018
Y: 4489682,4		
DATUM WGS84	Escala aproximada de impresión:	1 : 2000
HUSO 30		



(*) Pueden existir cambios en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC.

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
1	1,7001	2,30	TIERRAS ARABLES			0		0401 (2)

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC.

(2) Región del Régimen de Pago Básico según el Anexo II del Real Decreto 1076/2014.

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
TIERRAS ARABLES	1,7001	