



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

MEMORIA

Proyecto de diseño de una plantación trufera
para 10.43 ha con sistema de riego por
microaspersión en el término municipal de
Ababuj (Teruel)

Autor

Rodrigo López Sánchez

Director/es

José Antonio Cuchí Oterino
Pablo Martín Ramos

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
2018

RESUMEN

Ante el crecimiento del sector trufero en la provincia de Teruel, por la idoneidad de su clima y suelo para el cultivo de trufa (*Tuber melanosporum*), en el presente Proyecto se plantea el diseño de una plantación de 10,43 ha en el municipio de Ababuj (Teruel). Se ha comenzado por un análisis de la climatología, edafología, calidad del agua para riego y situación del sector trufero en la zona a fin de determinar la adecuación de las condiciones del entorno cara a un correcto funcionamiento de la plantación. Al ser positiva la valoración de la aptitud trufera de la parcela, se ha procedido al diseño de la plantación, de un sistema de riego por microaspersión, de un pozo aforado y de un vallado perimetral. Dicho diseño y dimensionamiento se han acompañado de una descripción del ciclo de la trufa y de una guía de manejo que abarca la vida prevista para la explotación. Finalmente, se ha realizado un presupuesto y un estudio de rentabilidad económica, concluyendo que la plantación es viable.

Palabras clave: Trufa, *Tuber melanosporum*, aptitud trufera, riego por microaspersión

ABSTRACT

In view of the growth of the truffle sector in the province of Teruel, as a result of the suitability of its climate and soil for the cultivation of truffle (*Tuber melanosporum*), in the Project presented herein the design of a 10.43 ha plantation in the municipality of Ababuj (Teruel) is set out. Firstly, an analysis of the climatology, pedology, water quality for irrigation and situation of the truffle sector in the area have been conducted, in order to determine the adequacy of the environmental conditions for a proper functioning of the plantation. Since the evaluation of the truffle aptitude of the plot resulted to be positive, the plantation, a micro-sprinkler irrigation system, a well and a perimeter fencing have been designed. This design and sizing is accompanied by a description of the truffle cycle and a management guide that covers the entire life of the plantation. Finally, a budget and a study of economic profitability have been prepared, concluding that the plantation is viable.

Keywords: Truffle, *Tuber melanosporum*, truffle aptitude, micro sprinkler irrigation

DOCUMENTO 1: MEMORIA DEL PROYECTO

Índice

1. EXPLOTACIÓN PREVIA.....	1
1.1 Motivación.....	1
1.2 Finca objeto de proyecto.....	1
1.2.1 Localización.....	1
1.2.2 Dimensiones.....	2
1.3 Objeto del proyecto.....	2
1.3.1 Naturaleza de la transformación.....	2
1.3.2 Justificación del proyecto.....	3
2. ANÁLISIS DEL SECTOR TRUFERO.....	5
2.1 Sector trufero español.....	5
2.2 Sector trufero internacional.....	5
2.3 Precios en el mercado.....	5
3. ESTUDIO CLIMÁTICO.....	7
3.1 Temperatura.....	7
3.2 Pluviometría.....	8
3.3 Otros factores climáticos.....	9
3.3.1 Granizo.....	9
3.3.2 Viento.....	9
3.3.3 Nieve.....	9
3.3.4 Insolación.....	10
3.4 Resumen de los índices termopluviométricos.....	10
4. ANÁLISIS EDAFOLÓGICO.....	11
5. ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO.....	13
6. DESCRIPCIÓN DEL HONGO Y DEL MATERIAL VEGETAL A UTILIZAR.....	15
6.1 Biología del hongo.....	15
6.1.1 Clasificación botánica de la trufa.....	15
6.1.2 Partes de una ectomicorriza.....	15
6.1.3 La trufa y sus etapas.....	16
6.2 Material vegetal.....	17
6.2.1 Encina (<i>Quercus ilex</i> L. subsp. <i>ballota</i>).....	17
6.2.2 Roble pubescente (<i>Quercus humilis</i> Mill.).....	18
6.3 Enfermedades y patologías.....	19
6.3.1 Malas hierbas.....	19
6.3.2 Animales comedores de trufas.....	19
6.3.3 Micorrizas competidoras.....	19
6.3.4 Plagas en la plantación.....	19
6.3.5 Enfermedades criptogámicas.....	20
6.3.6 Parásitos de la trufa negra.....	20
6.3.7 Miriápodos.....	20
6.3.8 Dípteros.....	20
7. VALLADO PERIMETRAL.....	21
7.1 Materiales necesarios.....	21
7.2 Tramos del vallado.....	22

8. MANEJO DE LA PLANTACIÓN	23
8.1 Etapas de plantación	23
8.1.1 Periodo de implantación	23
8.1.2 Periodo de colonización	23
8.1.3 Periodo de asentamiento.....	23
8.1.4 Periodo de explotación	24
8.2 Cuadros resumen de las labores por etapa	24
9. DISEÑO AGRONÓMICO	27
9.1 Necesidades por etapas	27
9.1.1 Periodo de establecimiento	27
9.1.2 Periodo de colonización	28
9.1.3 Periodo de plena producción	28
9.2 Calculo necesidades en la época más critica.....	29
9.2.1 Necesidades netas.....	29
9.2.2 Necesidades totales	29
9.3 Determinación real de las necesidades	30
9.4 Sistema de riego seleccionado	30
9.5 Emisores para cada etapa de la plantación	31
9.5.1 Emisores para la etapa de establecimiento	31
9.5.2 Emisores para la etapa de colonización	31
9.5.3 Emisores para la etapa de producción	31
9.6 Duración de los riegos	31
10. DISEÑO HIDRÁULICO.....	33
10.1 Situación más exigente.....	33
10.2 Diámetros obtenidos para cada tubería	33
10.2.1 Diámetros de los laterales	33
10.2.2 Diámetros de las terciarias	37
10.2.3 Diámetro de la tubería principal	37
10.3 Elementos del cabezal de riego.....	38
11. POZO Y EQUIPO DE BOMBEO.....	39
11.1 Características del pozo	39
11.2 Potencia de la bomba	39
11.3 Grupo electrógeno.....	39
11.4 Caseta de riego	39
12. ECONOMÍA DE LA EXPLOTACIÓN.....	41
13. BIBLIOGRAFÍA	45

1. EXPLORACIÓN PREVIA

Actualmente la parcela está dedicada a la producción de cereales de invierno y girasol en seco. El promotor, ante el auge que está teniendo el cultivo de la trufa en la provincia, decide plantear la conversión de dicha parcela para producir trufa negra implantando además un sistema de riego por microaspersión con el fin de aumentar la productividad.

Para ello el promotor realizará las labores que entren sus capacidades, utilizando la maquinaria que puede reutilizarse de la anterior actividad de la parcela, la cual seguirá practicando en el resto de parcelas de su propiedad, compatibilizando ambas actividades.

1.1 Motivación

La motivación inicial del promotor es la de obtener un mayor beneficio económico que con el cultivo tradicional de cereal, pero a su vez aprovechar los beneficios no económicos producidos de este tipo de cultivo, como puede ser la disminución de uso de agroquímicos, menor necesidad de maquinarias y menor necesidad de inversión inicial.

1.2 Finca objeto de proyecto

1.2.1 Localización

La parcela se encuentra en el término municipal de Ababuj (Teruel), el cual se encuentra a 45 km de la capital de la provincia. Este municipio cuenta con 76 habitantes censados y una superficie de 54,3 km², a una altitud de 1368 metros sobre el nivel del mar.

Para acceder a la finca desde el núcleo urbano (Ilustración 1) se debe realizar un tramo de 1,6 km por la carretera (TE-8001), que une Ababuj con el Pobo de la sierra, y salir a un camino por el cual se debe circular durante 0,97 km, hasta llegar a la misma puerta de la parcela.

Las coordenadas UTM (WGS84; Huso 30) al centro de la parcela son:

Longitud: 40° 31' 42,2" N

Latitud: 0° 48' 55,24" W

X: 684465,57

Y: 4488603,03



Ilustración 1. Ubicación de la parcela respecto al núcleo urbano (Ababuj)

1.2.2 Dimensiones

Las dimensiones de la parcela vienen determinadas por un total de 11 parcelas que se han unido, generando una superficie total de 10,43 ha.

El perímetro total de la parcela, en el que se colocara el vallado perimetral, tiene una distancia total de 1314,12 m.

Como la parcela coincide en uno de sus laterales con un camino, no se prevé que haya que realizar ningún acceso de nueva construcción, con el fin de aprovechar dicho camino como entrada a la parcela, colocando una puerta entre la parcela y el camino.

Además, la posición de este camino facilita mucho el trasiego de maquinaria tanto durante la obra, como en la explotación de la parcela.

1.3 Objeto del proyecto

1.3.1 Naturaleza de la transformación

El objeto y naturaleza del proyecto, es la realización y puesta en marcha de una plantación de encinas y robles micorrizados con *Tuber melanosporum*, con un sistema de riego por microaspersión, a partir de una parcela dedicada tradicionalmente al cultivo de cereales de invierno.

Durante la transformación se realizarán las siguientes obras:

- Realización de un pozo para suministro de la red de riego.
- Instalación del sistema de riego incluyendo cabezal de riego con equipos de filtrado y sistema de tratamiento de la red.
- Colocación de un vallado perimetral.
- Plantación de las encinas y robles micorrizados.

1.3.2 Justificación del proyecto

Con la realización del proyecto, el promotor quiere obtener los siguientes objetivos:

- Producción alternativa al monocultivo cereal, tan tradicional en la zona de la plantación.
- Crear masa forestal que pueda contribuir a la mejora ambiental, favoreciendo a su vez a un incremento de la biodiversidad de la zona.
- Reducción del impacto químico generado por la agricultura tradicional.
- Posibilidad de generar puestos de trabajo, favoreciendo la fijación de población en una zona tan afectada por la despoblación.

2. ANÁLISIS DEL SECTOR TRUFERO

2.1 Sector trufero español

Por lo general el mercado de la trufa negra en España, es un mercado muy oscuro y oculto, en el que la comercialización se realiza a través de dos caminos, como son los de corredores y comisionistas (gran mayoría), los cuales gestionan las ventas bien sean al extranjero o al mercado nacional (comercios, restaurantes y bares...), y otra parte vendida directamente a la industria conservera y envasadora. Los principales mercados en España se localizan en las zonas de producción (Ilustración 2), siendo algunos de los más importantes en Mora de Rubielos (Teruel), Graus (Huesca), Vic (Barcelona) y Morella (Castellón).

La gran mayoría del producto nacional se destina a la exportación a países con más tradición de trufa, principalmente Francia.

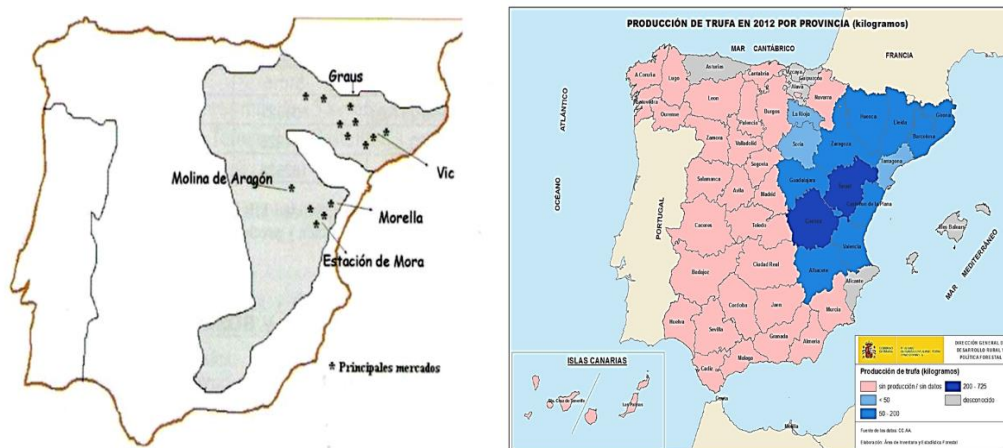


Ilustración 2. Comparación de los lugares productores de España y la localización de los principales mercados del país. Izq. (Reyna & Colinas, 2007) Dcha. (MAPAMA, 2012).

2.2 Sector trufero internacional

Solo hay tres países en los que se produzca trufa, estos son Francia, Italia y España, por lo que solo estos tres deben mantener la demanda mundial, que cada vez se extiende más allá de las fronteras de estos países, llegando a Japón, Nueva Zelanda y Estados Unidos.

2.3 Precios en el mercado

Conforme a lo indicado en la Tabla 1, el precio medio del kilogramo de trufa varía cada año, incluso sufre subidas y bajadas a lo largo de toda la campaña de recolección, por lo que establecer un precio es complicado. Estos precios están además muy influenciados por el clima, ya que, si existiera una sequía prolongada durante los meses de verano, las buenas producciones sólo se darían en el regadío (bajando las de secano), incrementándose de este modo el precio de la trufa.

Considerando los valores alcanzados a lo largo de varias campañas, se prevé un precio medio de 454.17 €/kg para los cálculos posteriores del estudio económico de la plantación.

Tabla 1. Variación de los precios de la trufa negra en el mercado español. (Selvitecum, 2014)

AÑO	PRECIO (€/KG)
1955-1960	158
1960-1965	184
1965-1970	189
1970-1980	281
1980-1985	441
1985-1990	237
1990-1991	333
1991-1992	321
1992-1993	323
1993-1994	309
1994-1995	294
1995-1996	420
1996-1997	229
1997-1998	186
1998-1999	167
1999-2000	533
2000-2001	295
2001-2002	504
2002-2003	572
2003-2004	296
2004-2005	550
2005-2006	436
2006-2007	483
2007-2008	457
2008-2009	462
2009-2010	371
2010-2011	394
2011-2012	525
2012-2013	450
Media global	358.62
Media últimos 10 años	454.17

3. ESTUDIO CLIMÁTICO

Ante la ausencia de estaciones meteorológicas cercanas, los datos han sido estimados a partir de una comparación de los facilitados por la Oficina del Regante (SARGA), obtenidos de la red SIAR del MAPAMA, para la estación meteorológica de Teruel en el periodo 2005-2018 con los disponibles en el documento de la Diputación de Aragón para el cálculo de la evapotranspiración de referencia para la estación termopluviométrica de Aliaga, situada a 18 km de la zona de estudio (AEMET, 1998).

En el caso de las heladas, se han extraído los datos del mapa de riesgo de heladas y horas de frío en la España peninsular, elaborado por el MAPAMA.

Con estos datos se pretende valorar lo apto que es el clima de la zona de plantación para el desarrollo de la vida de la encina (y secundariamente el roble) y del hongo.

3.1 Temperatura

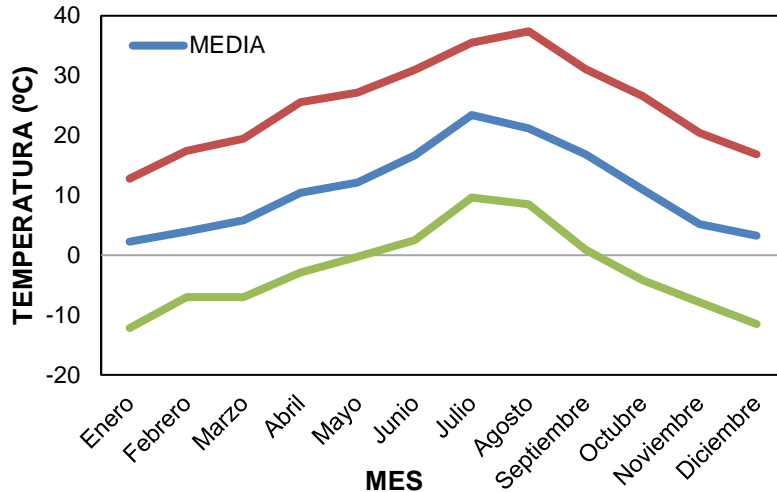
El clima de la zona se caracteriza por tener unos inviernos fríos con altas probabilidades de nevadas importantes, mientras que los veranos son frescos y secos marcados por tormentas. La temperatura media anual es de 11°C, siendo los meses más cálidos julio y agosto, y los más fríos diciembre y enero, tal y como se contempla en la Gráfica 1. La temperatura media mínima es de -2.6 °C, mientras que la temperatura media máxima es de 25,09 °C

El periodo de heladas es muy amplio, abarcando desde mediados-finales de septiembre, hasta principios de mayo, llegando a alcanzar durante este periodo mínimas punta de hasta -20°C en años muy fríos. Así pues, el periodo de heladas se extiende durante 221 días, mientras que el periodo sin riesgo es de 144 días.

Por otra parte, las temperaturas máximas se producen durante los meses de verano, llegando a alcanzar los 35 °C en el mes de julio.

Las primaveras y los otoños suelen ser de temperaturas suaves y agradables durante el día mientras que durante la noche son temperaturas más frías, en las que pueden darse heladas.

En primera estancia, las temperaturas de la zona no son incompatibles con el cultivo de la trufa negra, por lo que se puede afirmar que la parcela es apta, desde el punto de vista climático, para el funcionamiento de la plantación.



Gráfica 1. Temperatura media, media máxima y media mínima.

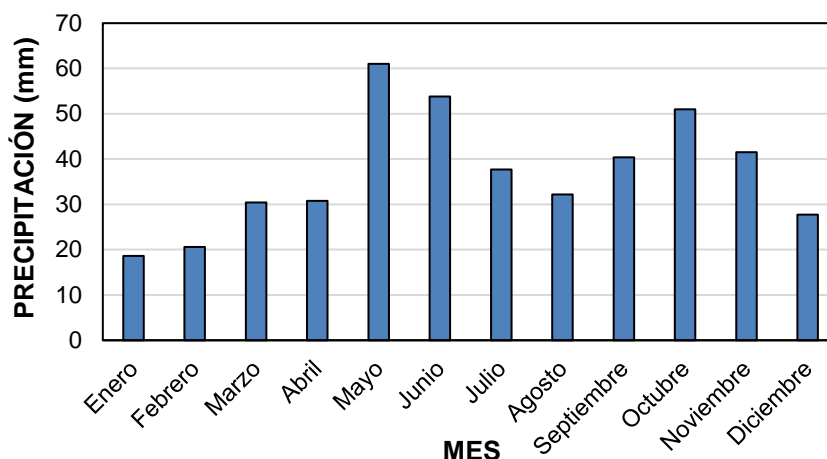
3.2 Pluviometría

En cuanto a la precipitación media en la zona, es de 445,7 mm al año, concentrándose las más abundantes durante los meses de otoño y primavera, siendo los más lluviosos mayo y abril con 61-55 mm. Por otra parte, los meses más secos corresponden a los meses de enero y febrero, no llegando a acumular 20 mm, siendo la mayoría de la precipitación en forma de nieve.

En el caso del proyecto la precipitación que más interesa conocer es la precipitación estival. En la zona precipitan durante el verano una media de 164,1 mm.

Como se observa en el diagrama ombrotérmico, presentado en el Anejo 3 “Estudio climático”, la zona cuenta con una sola época de aridez coincidiendo con los meses de verano, en los que la precipitación se da en forma de tormentas y la temperatura media es más alta.

Estas condiciones de precipitación son óptimas para el cultivo de la trufa, pero se pueden pasar por alto, ya que la plantación se hará con la instalación de un sistema de riego por microaspersión, por lo que las precipitaciones solo pueden hacer que se reduzca el número de riegos.



Gráfica 2. Precipitación media por meses.

3.3 Otros factores climáticos

3.3.1 Granizo

Este fenómeno meteorológico suele desarrollarse durante los meses de calor, durante la primavera y el verano y es de carácter muy localizado.

En la zona es común que se produzcan granizadas, pero suelen ser débiles.

Este tipo de acontecimientos pueden causar daños a las plantaciones trufas si el tamaño de la piedra fuera lo suficientemente grande como para poder generar la rotura de ramas, hojas y troncos, que a su vez pueden facilitar la entrada de patógenos a través de las heridas causadas.

En el caso del hongo, no suponen un riesgo las granizadas, ya que al estar protegido bajo tierra no sufre impactos directos y no se daña.

3.3.2 Viento

Es un factor que no es limitante en la zona, ya que no suelen darse vientos muy fuertes.

En el caso de que se dieran vientos muy fuertes, podrían causar daños mecánicos y físicos a la planta, pero en ningún caso dañarían el objeto de producción que es la trufa y se encuentra bajo la superficie del suelo ajena a la acción del viento.

Puede generar más problemas cuando la planta es muy pequeña al partir el tronco.

3.3.3 Nieve

En la zona es común que se den nevadas durante los meses de otoño, invierno, y en ocasiones primaverales. No es un factor limitante para la producción, pero sí que puede afectar en la época de recolección, ya que coincide con estas épocas de nevadas.

Por lo general la nieve no queda en el terreno durante mucho tiempo, de modo que no se considera un problema a la hora de la recolección. Por lo tanto, se considera un factor beneficioso debido a que aporta humedad al terreno y mitiga los fríos intensos, evitando congelaciones de las primeras capas del suelo.

3.3.4 Insolación

La zona se encuentra sobre la latitud 40° N, por lo que recibe la misma cantidad de luz solar que cualquier otro punto de la parte central de la península.

Para el cultivo de la trufa es un factor importante ya que se debe garantizar el soleado del quemado para aumentar la temperatura, pero dando sombra en las horas de más calor, por ello se debe realizar una poda en forma de cono invertido.

3.4 Resumen de los índices termopluviométricos

Tabla 2. Resumen de las clasificaciones climáticas utilizadas.

ÍNDICE DE LANG	
(40-60)	Zona húmeda de estepa y sabana
ÍNDICE DE MARTONNE	
(20-30)	Región de olivo y cereales
ÍNDICE DE DANTIN-CERECEDA	
(2-3)	Semiárido
ÍNDICE DE EMBERGER	
(50-90)	Subhúmedo
CLASIFICACIÓN UNESCO-FAO	
Temperatura	Grupo 1 (cálido, templado, cálido-templado)
Aridez	Mediterráneo
Índice xerotérmico	Monoxérico
Clima monoxérico mesomediterráneo atenuado	
CLASIFICACIÓN DE PAPADAKIS	
Rigor de invierno	Zona trigo - avena
Calor en verano	Triticum cálido - Triticum menos cálido
Clase térmica	Templado frío
Caracterización hídrica	Mediterráneo seco

4. ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

Con el fin de valorar la aptitud trufera del suelo de la parcela se ha realizado un análisis edafológico en laboratorio y se han comparado los datos con un análisis real de una parcela adyacente, para comprobar si los resultados obtenidos en el laboratorio eran correctos.

El análisis edafológico se compone de dos partes, una de análisis físico y otra de análisis químico, las cuales quedan expuestas respectivamente en la Tabla 3 y la Tabla 4.

Tabla 3. Resultados de la parte física del análisis edafológico.

ANÁLISIS FÍSICO	
Profundidad	Buena y roca madre fragmentada
Pedregosidad	28 % de elementos gruesos
Textura	Franco-arcillosa
Arena (%)	40
Limo (%)	30
Arcilla (%)	30

Tabla 4. Resultados de la parte química del análisis edafológico.

ANÁLISIS QUÍMICO	
Materia orgánica (%)	2,7 %
pH	8,3
Potasio	200
Fosforo	12,7
Nitrógeno Kjendal (%)	0,17
Relación C/N	13,58
Conductividad (mohs/cm)	0,0989
Salinidad	Inapreciable
Caliza total (%)	40

Una vez analizadas las características se comparan con las condiciones óptimas para la trufa, presentadas en la Tabla 5, y se decide si el suelo es apto.

Al comparar los resultados del análisis con los rangos óptimos, se observa que el suelo reúne las características necesarias para el desarrollo de la trufa negra.

Tabla 5. Rangos óptimos tanto químicos como físicos para el desarrollo de la trufa negra.

ELEMENTOS	RANGO
Arena (%)	18-71
Limo (%)	8-61
Arcilla (%)	12-31
Textura	Franca/Franca-arcillosa/Franca-limosa/ Franca-arenosa
Elementos gruesos (%)	0.2-56
Materia Orgánica (%)	1-10
pH	7,5-8,5
Nitrógeno Kjendal (%)	0.1-1
Potasio (ppm)	50-500
Fósforo (ppm)	5-150
Relación C/N	5-15
Caliza total (%)	1-80
Caliza activa (%)	0,1-30
Conductividad (Mohs/cm)	0-0,35

5. ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO

El agua procede de un pozo aforado de 100 m de profundidad, que se va a realizar en la esquina nor-oeste de la parcela.

Para conocer la calidad del agua para el riego de las trufas se ha realizado, al igual que en el análisis edafológico, un análisis de laboratorio y se ha comparado con resultados de análisis de laboratorios reales, con el fin de cometer el menor error posible.

Los análisis realizados en el Anejo 5 “Análisis del agua de riego”, quedan resumidos en la Tabla 6 y Tabla 7.

Tabla 6. Índices de primer grado en el análisis del agua para riego.

ÍNDICES DE PRIMER GRADO	
pH	Dentro del rango deseado
Conductividad eléctrica	Riesgo medio
Contenido en sales	Buen contenido en sales
Cloruros	No causa problemas
Nitratos	Bajo nivel
Sulfatos	No causa problemas
Sodio	No causa problemas
Magnesio	No causa problemas
Presión osmótica del agua	0,13 atm

Tabla 7. Índices de segundo grado en el análisis del agua para riego.

ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO	
SAR	Alcalinidad media
Relación de calcio	Buena para el riego
Relación de sodio	Apta para riego
Dureza del agua	Agua dura
Índice de Langelier	Riesgo alto de obstrucción

Con el fin de elaborar una conclusión que determine la calidad del agua de riego se utilizan una serie de normas combinadas, que determinan si el agua a utilizar es de buena o mala calidad. Los resultados obtenidos mediante este método quedan reflejados en la Tabla 8.

Tabla 8. Determinación de la calidad del agua para riego mediante normas combinadas.

NORMAS COMBINADAS	
Norma H. Greene	Buena calidad para riego
Norma de Riverside	Buena calidad para riego
Norma de Wilcox	De excelente a buena calidad

6. DESCRIPCIÓN DEL HONGO Y DEL MATERIAL VEGETAL A UTILIZAR

Con el fin de conocer el proceso de formación de la trufa se da una breve descripción de la biología del hongo y posteriormente se describen las especies arbóreas que se utilizarán en el proyecto, así como las enfermedades y patologías que pueden sufrir.

6.1 Biología del hongo

6.1.1 *Clasificación botánica de la trufa*

REINO: Fungi
 DIVISIÓN: Eumycota
 SUBDIVISIÓN: Ascomycota
 CLASE: Ascomycetes
 ORDEN: Pezizales
 FAMILIA: Tuberaceae
 GÉNERO: Tuber
 ESPECIE: melanosporum

6.1.2 *Partes de una ectomicorriza*

La estructura de las ectomicorrizas está formada por el manto miceliar, la red de Harting y las espínulas.

- El **manto** es el recubrimiento del micelio alrededor de la raíz. Este hace que modifique su color, dando el color final de la trufa. La consistencia del manto varía según la especie y presenta diferentes formas en función de la estructura que formen sus hifas. Distinguimos dos tipos de manto:
 - Plectenquimático, que constituye una malla fibrosa alrededor de las raicillas en las que se aprecian claramente las hifas del hongo.
 - Pseudoparenquimático: Es el tipo de manto que forman las micorrizas de Tuber. Forma una estructura de aspecto celular similar a los parénquimas, en el que ya no se aprecia la forma alargada o fibrosa de las hifas. El dibujo que conforma el manto será un carácter distintivo para reconocer las diferentes micorrizas (poligonal, puzle...)
- La **red de Harting** está formada por las hifas que proceden del manto que penetran intercelularmente en el córtex (primeras capas de células) de la raicilla, formando en las primeras capas celulares una red de hifas. Esta estructura es un factor discriminante para poder afirmar que se trata de una ectomicorriza, ya que, si se tratara de una endomicorriza, estas hifas penetrarían hasta el interior de la raicilla.
- **Espínulas** son las hifas que se extienden a partir de la parte exterior del manto por todo el perfil del suelo. Estas estructuras variarán en tamaño y forma en cada especie de hongo, por lo que puede ser un carácter de determinación para determinar a qué especie corresponde.

6.1.3 La trufa y sus etapas

La trufa negra (*Tuber melanosporum*), es un hongo ectomicorrícico que se asocia con las raíces de las plantas, generalmente del género *Quercus*, obteniendo ambos beneficios de esta asociación. Esta asociación se produce en las raíces más finas de la planta sin llegar a penetrar al interior de la raicilla, de ahí que sea una ectomicorriza.

Esta unión genera un engrosamiento de estas raicillas, debido a un recubrimiento del manto fúngico, que a su vez provoca una intensa división radicular que otorga a las raíces un aspecto coraloide.

Entre los beneficios que se encuentran de esta relación se pueden destacar los obtenidos por la trufa, en la que esta obtiene los azúcares sintetizados por la planta a partir de la fotosíntesis y las raíces proporcionan un entorno favorable para la vida del hongo además de que permite la propagación a otros árboles vecinos. La planta, por su parte, obtiene una mejora en la absorción de nutrientes y agua, que le permite resistir más tiempo ante los periodos de sequía, además de que se mejoran las condiciones de estructura del suelo aumentando la aireación y el drenaje.

En cuanto a las etapas de desarrollo de las trufas, se pueden distinguir dos grandes etapas, la etapa vegetativa y la etapa reproductora. A su vez estas etapas se dividen en varias sub etapas. Estas etapas se pueden observar resumidas en la Ilustración 3.

6.1.3.1 Etapa vegetativa

Esta corresponde a los primeros estadios, desde la germinación hasta el inicio de la fructificación.

- **Diseminación de esporas:** cuando la trufa está en su estado máximo de madurez (invierno-primavera), libera las esporas que tenía almacenadas en su interior, expulsando un fuerte olor al mismo tiempo, provocando así una atracción a animales que serán los encargados de diseminar las esporas.
- **Germinación:** Una vez las esporas caen al suelo desde el portador, se lavan con la lluvia perdiendo los inhibidores de la germinación y penetrando hacia el interior de la tierra. Una vez llegada al perfil del suelo germina emitiendo un filamento que tomara contacto con la raicilla de la planta simbiote.
- **Formación de micorrizas:** Cuando el micelio toma contacto con la raicilla se produce la infección primaria que comienza a generar una serie de cambios morfológicos, físicos y químicos. Una vez finalizada esta primera infección, comienza la infección secundaria, en la que el micelio continúa infectando las raicillas vecinas colonizando el perfil del suelo.

6.1.3.2 Etapa reproductora

Corresponde a la etapa de fructificación y maduración de las trufas.

- **Formación de las trufas:** Cuando la infección secundaria alcanza una biomasa crítica y las condiciones son óptimas, comienza la fructificación. Esta condición se suele alcanzar en plantaciones a los 5-10 años de edad. Durante los meses de abril-mayo los filamentos miceliares comienzan a agruparse compactándose hasta formar un núcleo de pequeño tamaño que se convertirá en el primordio de la futura trufa. En este momento parecen a partir de primordios los gametangios masculinos y los femeninos, los cuales se unen formando una masa de hifas que formaran la parte fructífera de la trufa.

- **Fase saprofítica:** A finales de primavera – principios de verano, se produce una independización del carpóforo pasando a alimentarse de las sustancias que hay disponibles en el suelo, produciéndose un gran engrosamiento de la trufa si las precipitaciones estivales son correctas. Esta sub etapa se extiende hasta la maduración final de la trufa (meses de invierno), en la que comienza de nuevo el ciclo.

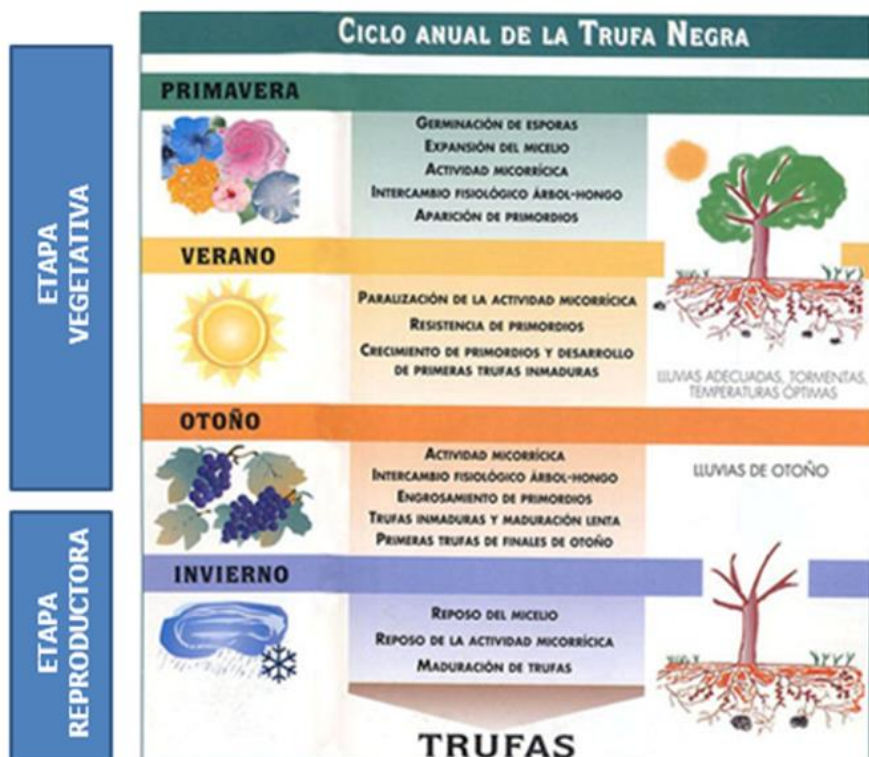


Ilustración 3. Cuadro resumen de la formación de las trufas por etapas. (Callot, 1999)

6.2 Material vegetal

Para la plantación del proyecto se van a emplear dos especies arbóreas, encina o carrasca (especie principal) y roble pubescente (especie de entrenamiento).

6.2.1 Encina (*Quercus ilex L. subsp. ballota*)

6.2.1.1 Clasificación botánica de la encina

REINO: Plantae
 DIVISIÓN: Magnoliophyta
 CLASE: Magnoliopsida
 ORDEN: Fagales
 FAMILIA: Fagaceae
 GÉNERO: Quercus
 ESPECIE: Ilex

6.2.1.2 Descripción de la encina

La encina o carrasca es una especie arbórea de gran rusticidad, que habita en suelos calizos, silíceos y yesos, evitando aquellos que están encharcados o tienen una gran compactación.

Tiene unas necesidades hídricas de, como mínimo, 300-350 mm anuales para poder desarrollarse, pero cabe destacar que las mayores exigencias hídricas tienen lugar en la época estival, en la que necesitará de entre 50 a 250 mm, siendo la menor cantidad en veranos que no sean excesivamente acusados en cuanto a temperaturas y la mayor cuando las temperaturas estivales sean altas, debido a que cuanto mayor sea la temperatura mayor será esta necesidad.

La planta cuenta con un sistema radical dominado por una raíz principal pivotante muy potente, la cual se diferencia ya desde la germinación de la bellota. Las raíces secundarias se desarrollan en otra etapa distinta a la del desarrollo de la pivotante y están dotadas de fuerza y mucha vitalidad. A partir de estas secundarias surgirán las raíces más finas, denominadas barbado, que son las raíces más micorrizables.

En España se distinguen dos subespecies de encina: *Quercus ilex ballota*, está extendida por casi todo el territorio salvo en las zonas donde se desarrolla la siguiente. *Quercus ilex ilex*, la cual está más adaptada a las zonas del norte de la península (desde Asturias hasta Cataluña) y es más exigente en cuanto a necesidades hídricas. Las zonas de contacto entre ambas subespecies se encuentran en las zonas de Tarragona y Castellón.

Ambas subespecies son aptas para la producción de trufa y su producción es similar a lo largo del tiempo.

En el caso de la plantación se utilizará la que se adapta más favorablemente a la zona, que es la *Quercus ilex ballota*.

6.2.2 Roble pubescente (*Quercus humilis* Mill.)

6.2.2.1 Clasificación botánica del roble pubescente

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Fagales

FAMILIA: Fagaceae

GÉNERO: Quercus

ESPECIE: Humilis

6.2.2.2 Descripción del roble pubescente

El roble pubescente es una especie arbórea que se adapta tanto a suelos calizos como silíceos, con cierta preferencia por los calizos.

Tiene un crecimiento en altura que puede llegar a alcanzar los 25 metros de altura en naturaleza, de ahí que en plantación sea necesario realizar podas en altura para evitar que crezca y pueda sombrear el quemado (zona de crecimiento de las trufas).

Es una especie que es ideal para plantaciones en zonas del norte de la península, en Francia y en Italia, siempre en secano, debido a que necesita de una precipitación de 600 mm al año, con necesidades en la época estival de 150 mm para un correcto desarrollo.

Aunque en la zona de la plantación no se cumplan esos 600 mm de lluvia anuales, se plantará también esta especie debido a que se dispone de un sistema de riego que nos permitirá aportar la cantidad necesaria.

6.3 Enfermedades y patologías

En la producción de trufas no se suelen utilizar fitosanitarios, ya que no existen enfermedades que comprometan seriamente la producción, incluso en algunos casos es positivo que manifiesten un grado leve de alguna enfermedad en la planta.

Por lo tanto, solo se utilizarán productos cuando sea estrictamente necesario, pero en la explotación del proyecto se pretende evitar su uso con el fin de reducir el impacto en el medio ambiente.

6.3.1 Malas hierbas

En el caso del proyecto es fácil que aparezcan este tipo hierbas debido al sistema de riego, por ello se plantean una serie de pases de cultivador cuando la densidad de estas especies es muy alta. Además, se debe tener en cuenta la formación de los quemados, que evitan en gran medida la aparición de estas plantas por su efecto alelopático.

6.3.2 Animales comedores de trufas

En estado natural es interesante que los animales se coman la trufa con el fin de diseminar esporas, pero en el caso de la plantación no es nada beneficioso, por ello se plantea un vallado para evitar la entrada de animales de gran talla que puedan devorarlas (jabalíes, zorros, tejones).

6.3.3 Micorrizas competidoras

La micorriza de la trufa no es agresiva con otras micorrizas, de modo que puede favorecer la aparición de otras. En el caso de la plantación al proceder de un sistema de cereal no hay riqueza de hongos micorrícicos, por lo que en primera instancia no debería existir ningún problema.

6.3.4 Plagas en la plantación

6.3.4.1 Lagarta peluda (*Lymantria dispar* L.)

Los daños que genera esta especie tienen que ver con la defoliación de las plantas cuando están en estado de oruga, lo que causa que no se realice la fotosíntesis, no pudiendo alimentar a la trufa. Se evitarán tratamientos para esta especie por su gran impacto en el medio, aunque si fuera excesivo se trataría.

6.3.4.2 Lagarta verde de los Quercus (*Tortrix Viridiana* L.)

También llamada palomilla, se alimenta de hojas y corteza de los Quercus, evitando flujos de azúcares de las hojas a las raíces, causando que no se desarrollen las trufas. Como en el caso anterior se evitará el tratamiento, salvo que sea estrictamente necesario.

6.3.4.3 *Coroebus* (*Coroebus undatus Fabricius*)

En este caso la larva de *Coroebus*, construye túneles en el interior de los troncos, causando la muerte de las plantas.

6.3.5 **Enfermedades criptogámicas**

Estas se refieren a los hongos patógenos que afectan a los árboles, causándoles problemas rara vez como pueden ser las royas, el oídio o las fumaginas. En caso de tener que tratar se evitarán los fungicidas sistémicos que viajan por la savia del árbol pudiendo matar la trufa.

6.3.6 **Parásitos de la trufa negra**

6.3.6.1 *Coleópteros*

- *Leiodes cinnamomea*

Genera daños en la trufa tanto en estado larvario como en estado adulto. En el caso de las larvas, excavan galerías en el peridio y en la gleba, lo que provoca que estas trufas ya no sean aptas para la venta. Por otro lado, los adultos también provocan grandes perforaciones en la parte externa de la trufa. No tienen todavía un tratamiento de lucha contra ellos.

6.3.7 *Miriápodos*

- *Ommatoilus sabulosus*

Estos parásitos generan galerías de gran diámetro en la trufa, provocando grandes pérdidas en la gleba. Para su control, si fuese necesario, sería ideal la eliminación del resto de plagas, debido a que estos son parásitos secundarios y, por lo tanto, no podrían aprovechar sus galerías, lo que mantendría su población controlada.

6.3.8 *Dípteros*

- *Magaselia* sp.

El mayor daño causado por este insecto tiene lugar durante su estado larvario, ya que producen multitud de túneles en la gleba que generan graves deterioros en la calidad. Los adultos por su parte se consideran dañinos por ser vectores de enfermedades. Si fuera necesario el tratamiento bastaría con la retirada de carpóforos de otras especies que no fueran de *Tuber melanosporum*.

- *Lycoriella* sp.

Tiene un periodo larvario, en el cual se alimenta en la parte interna de la trufa, disminuyendo notablemente su calidad final. Los adultos también se consideran dañinos, por hacer las puestas en las bases de los carpóforos, lo que aprovechan otras plagas para su dispersión.

- *Helomyza tuberivora*

La plaga causada por este insecto es la más común asociada al cultivo de la trufa junto a la ya nombrada *Leiodes cinnamomea*.

7. VALLADO PERIMETRAL

Para defender la plantación de animales que se alimentan de trufas y de personas ajenas a la plantación se plantea un vallado perimetral con las características que a continuación se describen.

La valla estará compuesta de postes de madera tratados que darán sujeción y tensión a la malla ganadera que cerrará el perímetro de 1314,12 m.

La malla tendrá una altura de 2 m, de los cuales 1,90 m estarán en superficie y 10 cm estarán enterrados en el suelo.

La puerta será de dos cuerpos de madera y tendrá una longitud total de 6 m, para garantizar la entrada de maquinaria. Estará situada en la esquina noroeste de la parcela, por ser la zona más cercana al pueblo.

Antes de comenzar el cerramiento propiamente dicho, se hará un marcaje de las posiciones que ocuparán los postes a lo largo de todo el perímetro, así como un marcaje de la línea a seguir por la malla.

De este modo se facilita el pase del tractor con subsolador a lo largo de todo el perímetro, que irá haciendo una zanja de 15 cm de profundidad, en la cual se introducirán 10 cm de malla.

El vallado se va a realizar tramo por tramo, los cuales a su vez estarán divididos en subtramos, siendo cada tramo el espacio comprendido entre dos postes de tensión que impliquen un cambio de dirección, y cada subtramo la distancia que habrá entre los postes de tensión.

7.1 Materiales necesarios

Para la ejecución del vallado se emplearán los materiales expuestos en la Tabla 9.

Tabla 9. Resumen de los materiales necesarios para la ejecución del vallado.

ELEMENTO	UNIDADES	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Postes Intermedios	418 Uds.	Fijarán la valla y mantendrán la separación entre alambres tensores.	Madera pelada y tratada de 10 cm de \varnothing y 2.50 m de altura.
Postes tensión	21 Uds.	Colocados al inicio de líneas, esquinas y a 100 m entre sí en rectas. Darán tensión a la malla.	Madera pelada y tratada de 10 cm de \varnothing y 2.70 m de altura.
Postes laterales tensión	42 Uds.	Encargados de dar fijación a los postes de tensión.	Madera pelada y tratada de 8 cm de \varnothing y 2 m de altura. (2 x poste tensión)
Malla ganadera (HJ/200-8-30)	1315 m	Cierre de todo el perímetro.	Acero galvanizado, anudada, de 2m de altura.
Alambre espinoso	3943 m	Rechazo a la entrada a la explotación y enlace entre poste y malla.	Acero galvanizado.
Grampillones	2926 Uds.	Unen postes a malla.	Acero galvanizado.
Tensores	126 Uds.	Dar tensión al alambre de espinoso.	Carracas de acero galvanizado.
Tornillos M5	200 Uds.	Unión entre tensores y postes.	Bicromados de 100 mm.
Puerta	1 Uds.	Acceso a la parcela.	Madera tratada, dos hojas, de 3 m y 1.9 m cada una.

7.2 Tramos del vallado

En la Tabla 10 quedan representadas las características de cada tramo del vallado y el número de postes tanto intermedios como de tensión serán necesarios en cada uno de ellos.

Tabla 10. Características de cada tramo del vallado.

TRAMO	LONGITUD (m)	POSTES INTERMEDIOS (Uds.)	POSTES DE TENSIÓN (Uds.)
Puerta	6	--	--
1	4	0	1
2	312,64	101	5
3	236,09	78	3
4	51,71	17	2
5	82,44	27	1
6	42,81	15	1
7	55,77	18	1
8	104,26	32	2
9	184,96	61	2
10	92,13	29	1
11	117,31	40	2 + Puerta
Total	1314.12	418	21

8. MANEJO DE LA PLANTACIÓN

Con el fin de mantener buenas condiciones en la plantación se proponen una serie de manejos, que van desde las labores previas a la plantación hasta el último año.

Se debe tener en cuenta que cada etapa de la plantación requiere unas actividades individualizadas que en este documento quedan resumidas. Mas detalladamente se explican en el Anejo 8 "Manejo de la plantación".

8.1 Etapas de plantación

Antes de describir las labores que se deben realizar en la parcela se deben conocer las etapas que tiene la plantación, para poder adecuar las labores a las necesidades de las plantas y del hongo.

8.1.1 *Periodo de implantación*

Corresponde a los dos - tres primeros años de vida de la plantación, periodo en el cual deben hacerse escardas poco profundas alrededor de las plantas jóvenes para evitar la aparición de malas hierbas y mejorar la entrada de agua en la tierra. Los riegos serán escasos, realizándolos cuando sea necesario durante los meses de verano. Las labores se realizarán durante los meses de más precipitación para evitar que las hierbas compitan con la planta y entorpezcan su desarrollo. Esta etapa queda resumida en las Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13.

8.1.2 *Periodo de colonización*

Este periodo corresponde con la extensión del micelio en el suelo y, por lo tanto, con la proliferación de las micorrizas de trufa en el sistema radical. En este punto del desarrollo del hongo y de la planta, lo principal es fomentar el desarrollo de las micorrizas de trufa negra e impedir que se formen otras micorrizas.

Para ello, a rasgos generales, se intentará mantener la plantación en condiciones algo estresadas de humedad, ya que de este modo -al existir una sequía- es más improbable que se formen otras micorrizas. Por lo tanto, los riegos tendrán que ser los mínimos posibles para que la planta y el hongo sobrevivan a la época de sequía.

Este periodo corresponderá a los cuatro-ocho primeros años de vida de la planta.

Esta etapa queda resumida en la Tabla 14.

8.1.3 *Periodo de asentamiento*

Esta época se refiere a cuando el micelio y las micorrizas forman la masa crítica de la trufa, es decir, cuando la colonización ha sido completada. Suele tener lugar a partir del cuarto-sexto año, cuando ya empiezan a ser visibles los quemados, que irán creciendo poco a poco hasta la entrada en producción a partir de los siete-doce años. Estas fechas pueden variar dependiendo de diversos factores como el clima, la planta, el suelo, etc.

Este periodo es importante en la explotación, ya que no se puede tener a la planta en las condiciones más favorables porque podría causar una disminución de la producción. Es decir, el riego debe ser mínimo para garantizar un mínimo de estrés que obligue a la planta a micorrizar con el hongo. Las labores se mantendrán con el mismo fin que en las etapas anteriores, pero alejándose del tronco de la planta para no dañar el quemado.

Esta etapa queda resumida en la Tabla 15.

8.1.4 Período de explotación

Es la fase correspondiente a la extracción de trufas.

Se estima que esta etapa llega de forma variable a la explotación, ya que los robles entrarán antes en esta época que las encinas. Además, es también variable dentro de la misma especie. Se estima que el roble entrará entre el quinto y séptimo año de edad, mientras que la encina tardará algo más, rondando los siete-diez años de edad y alcanzando su máximo al décimo o duodécimo.

Por lo tanto, solo habrá laboreo para controlar malas hierbas en las calles lejos del quemado, el riego se realizará tal y como queda descrito en el Anejo 9 “Diseño agronómico”, la poda se realizará cada dos o cuatro años según la carga de las plantas, y la recolección se hará con perro adiestrado por el propio truficultor.

Esta etapa queda resumida en las Tabla 16, Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 20.

8.2 Cuadros resumen de las labores por etapa

Tabla 11. Calendario de trabajos para el año 0.

ÉPOCA	LABOR
Septiembre	Vallado del perímetro de la parcela
2ª quincena de octubre	Desfonde con vertedera
2ª quincena de diciembre	Ruptura de la suela labor con subsolador

Tabla 12. Calendario de trabajos para el año 1. (Período de implantación)

ÉPOCA	LABOR
Enero	Instalación del sistema de riego
1ª quincena de febrero	Pase de cultivador
2ª quincena de febrero	Marcaje de la plantación
1ª semana de marzo	Plantación, formación del alcorque
2ª semana de marzo	Riegos de apoyo (10 litros/planta)
2ª quincena de marzo	Labor con cultivador por calles (10-15 cm)
Verano	Riegos de apoyo
Octubre	Reposición de marras
1ª quincena de noviembre	Labor en calles

Tabla 13. Calendario de trabajos para el año 2.

ÉPOCA	LABOR
2ª quincena marzo	Labor en calles
1ª quincena de mayo	Alcorque
Verano (finales junio - agosto)	Riego de apoyo
1ª quincena de noviembre	Labor en calles

Tabla 14. Calendario de trabajos para los años 3, 4 y 5. (Período de colonización)

ÉPOCA	LABOR
Febrero	Poda suave de formación
2ª quincena de marzo	Labor en las calles
1ª quincena de mayo	Alcorques.
	Disminuirá hasta cero del año 3 al 5
Verano (finales junio - agosto)	Riegos de apoyo
1ª quincena de noviembre	Labor en calles
Diciembre año 5	Recolección en robles

Tabla 15. Calendario de trabajos para el año 6. (Periodo de asentamiento // Formación del quemado)

ÉPOCA	LABOR
Enero-marzo	Recolección en robles
Febrero	Poda suave de formación
1ª quincena de marzo	Labor en calles
1ª quincena de mayo	Preparación de nidos
Verano (finales junio - agosto)	Riego de transición a producción
Diciembre	Recolección en robles

Tabla 16. Calendario de trabajos para los años 7 y 8. (Entrada en producción)

ÉPOCA	LABOR
Enero-marzo	Recolección en robles
Febrero	Poda de aclareo
1ª quincena de marzo	Labor en calles
Verano	Riegos, según programa
Diciembre	Recolección

Tabla 17. Calendario de trabajos para el año 9.

ÉPOCA	LABOR
Enero-marzo	Recolección
Febrero	Poda
2ª quincena de marzo	Labor en calles
Mayo	Preparar nidos
Verano	Riegos, según programa
Diciembre	Recolección

Tabla 18. Calendario de trabajos para el año 10.

ÉPOCA	LABOR
Enero-marzo	Recolección
Febrero	Poda
2ª quincena de marzo	Labor en calles
Mayo	Preparar nidos
Verano	Riego, según el programa
Diciembre	Recolección

Tabla 19. Calendario de trabajos para los años 11 – 49.

ÉPOCA	LABOR
Enero-marzo	Recolección
Febrero (cada 4 años cuando exista mucha carga de ramas)	Poda de descarga
2ª quincena de marzo	Labor en calles
Mayo	Preparación de nidos
Verano	Riego, según programa
Diciembre	Recolección

Tabla 20. Calendario de trabajos para el año 50.

ÉPOCA	LABOR
Enero-marzo	Recolección
A partir de marzo se decide	Levantamiento o continuación

9. DISEÑO AGRONÓMICO

A diferencia de otros cultivos leñosos, en los que el aporte de agua se realiza con el fin de mantener a la planta cubierta de todas sus necesidades, el caso de la trufa es distinto, ya que el aporte de agua se realiza para garantizar el crecimiento y desarrollo de la trufa y no de la planta. Por lo tanto, el interés en el agua para el proyecto es el de aportar las condiciones de humedad correctas en los primeros 40 cm de suelo, donde la trufa se desarrolla.

Si por el contrario los riegos se realizaran con el fin de regar la planta, la micorrización caería, ya que para que esta se produzca la planta debe tener motivos para realizar esa asociación, y además se podría favorecer el crecimiento de otros hongos de los cuales no interesa su presencia.

La problemática que tiene este tipo de cultivos es que no existe un coeficiente de cultivo (K_c), con el que poder calcular unas dosis de riego correctas. Por lo tanto, ante esta ausencia, se determinan las necesidades para cada estado de desarrollo en base a revisión bibliográfica.

9.1 Necesidades por etapas

En el caso de las plantaciones truferas, las necesidades son muy relativas y dependientes del desarrollo de la plantación y de la textura del suelo, por lo que se procede a la estimación de unas determinadas cantidades para cada etapa de desarrollo en función de la textura del suelo y de la zona de plantación.

9.1.1 *Periodo de establecimiento*

Esta etapa corresponde a los dos-tres primeros años de la plantación, en los que no conviene cubrir por exceso las necesidades hídricas de la planta, con el fin de garantizar un buen desarrollo radicular, de la raíz principal y las secundarias, además de fomentar el desarrollo del nivel de micorrización.

Por lo tanto, durante estos años, se darán lo que se conoce como “riegos de supervivencia”, manteniendo un estrés en la planta para “forzar” una mayor micorrización, al necesitar la planta las ventajas que aporta la formación de micorrizas.

Este periodo comienza cuando se realiza la plantación, momento en el que habrá que aportar unos 10 litros por planta en el alcorque.

Durante estos primeros años, se harán 4 riegos, siempre que no llueva nada, de entre 10-25 L/planta, en la zona del alcorque, durante los meses más críticos marcados por el diagrama ombrotérmico (de mayo a septiembre, en años muy secos).

El primero de todos los riegos deberá ser de mayor cantidad, para mantener el bulbo húmedo y dar el aporte necesario a la planta para salir del invierno.

El programa de riegos propuesto en base a estos datos se recoge en la Tabla 21.

Tabla 21. Propuesta de riegos a dar un año de escasa precipitación durante el periodo de establecimiento.

MES	CANTIDAD (L/planta)	OBSERVACIONES
MAYO	25	Primer riego de mayor cantidad
JUNIO	0	Se mantiene un cierto estrés
JULIO	15	Mes crítico
AGOSTO	15	Mes crítico
SEPTIEMBRE	0	Espera de las lluvias otoñales
OCTUBRE	15	Solo necesario si no llueve en otoño
TOTAL	80	

9.1.2 Periodo de colonización

Este periodo corresponde con los años en los que se comienza a desarrollar el micelio, y normalmente tiene lugar del tercer-cuarto año al octavo año de la plantación.

Durante este periodo es importante el riego para favorecer el desarrollo de las raíces secundarias en los primeros centímetros del suelo donde se formarán las trufas, además de aumentar el número de micorrizas.

Se debe tener un control muy fuerte sobre los riegos, ya que, si hay exceso de agua durante el periodo vegetativo, la planta no se ve obligada a formar micorrizas, por lo que la producción futura disminuiría, y si no se aporta nada, en caso de no haber precipitación natural, la planta podría morir.

Para la plantación del proyecto se decide que, suponiendo un año de fuerte sequía, se deberá regar a razón de 20 L/planta a los 15-20 días desde que empieza a aparecer el déficit hídrico, evitando regar en exceso durante todo el periodo estival, ya que las experiencias demuestran efectos negativos sobre la micorrización cuando se riega durante todo el periodo vegetativo.

Se han adoptado unas cantidades de 20 L/planta cada 20 días, pero el primero de todos esos riegos deberá de ser de más cantidad, de unos 35 L/planta, por el mismo motivo que en el periodo de establecimiento, es decir, para impedir que el abandono del agua del bulbo húmedo hacia la parte más seca pueda dejar sin cubrir las necesidades del hongo, y fomentar la salida positiva del invierno por parte de la planta, la cual también deberá crecer. Los riegos propuestos se resumen en la Tabla 22.

Tabla 22. Propuesta de riego para un año de sequía en el periodo de colonización.

MES	RIEGO	CANTIDAD (L/planta)
ABRIL	Cuando aparezca el déficit	35
MAYO	20 días sin precipitación	20
JUNIO	20 días sin precipitación	20
JULIO	20 días sin precipitación	20
TOTAL	Suponiendo déficit en abril \approx 4 riegos	95

9.1.3 Periodo de plena producción

Cuando se alcanzan los 7-10 años de plantación, comienza la etapa de plena producción, que durará hasta que decaiga la producción de trufas.

A estas alturas la plantación estará bien establecida y se realizarán los trabajos necesarios para mantener o mejorar la producción, siendo el riego uno de los parámetros que más afectará a la misma.

El riego en esta fase es imprescindible para poder afrontar los años de sequía, pudiendo incluso alcanzar competitividad productiva esos años, es decir, aumentar la producción general.

Este periodo va a ser el más crítico en cuanto a las necesidades hídricas y será el que se seleccione para el cálculo hidráulico del sistema de riego.

En base a los datos obtenidos de la revisión bibliográfica se deciden realizar los cálculos para un año de sequía severa, en el que se aportarán entre 25-30 L/planta cada 20-25 días, sin sobrepasar esos 25 días, ya que se podría comprometer la producción.

El primer riego debe ser mayor, pero en lugar de aportar la totalidad de las necesidades en un solo riego, se dividirá en dos riegos, entre final de abril y mayo, para aportar el agua justo cuando la planta inicie el periodo vegetativo y que así salga con disponibilidad de agua del invierno, durante el cual ha estado en parada vegetativa. Con estos dos riegos se aportarán un total de 70 L/planta.

En la Tabla 23 se presenta una propuesta de riegos para este periodo teniendo en cuenta una situación de precipitaciones nulas:

Tabla 23. Propuesta de riegos para el periodo de producción suponiendo precipitaciones nulas.

MES	RIEGO	CANTIDAD (L/planta)
FINAL DE ABRIL - MAYO	Primer riego	35
	5-6 días tras el primer riego	35
JUNIO	25 días sin precipitación	30
JULIO	25 días sin precipitación	30
AGOSTO	25 días sin precipitación	30
SEPTIEMBRE	25 días sin precipitación	30
OCTUBRE	25 días sin precipitación	30
TOTAL	8 riegos	220

9.2 Cálculo necesidades en la época más crítica

9.2.1 Necesidades netas

Las necesidades netas serían las correspondientes a ese riego de 35 L/planta, que son las que tienen que llegar a la zona de fructificación de la trufa.

9.2.2 Necesidades totales

Estas necesidades son mayores que las netas, ya que a las totales hay que sumarles aportaciones extra para compensar las pérdidas por percolación profunda, por salinidad (lavados de sales) y por la uniformidad del riego.

Para el cálculo de estas necesidades totales se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$Nt = \frac{Nn}{Ea} = \frac{Nn}{Rp \times FL \times Fr \times CU}$$

Como la explicación de cada uno de los factores queda recogido en el Anejo 9 "Diseño agronómico", solo se presentan los datos resumidos en la Tabla 24.

Tabla 24. Factores utilizados para calcular las necesidades totales.

FACTOR	VALOR
Coefficiente de uniformidad (CU)	0,9
Factor de lavado (FL)	0,73
Relación de percolación (Rp)	1
Factor de rociado del emisor (Fr)	1

Cuando se han reunido todos estos datos se calculan las necesidades totales para cada etapa, las cuales quedan resumidas en la Tabla 25.

Tabla 25. Necesidades totales para cada etapa y riego.

ETAPA	Nº DE RIEGO	N. NETAS (L/Planta)	N. TOTALES (L/Planta)
Establecimiento	1	25	36,03
	Resto	15	21,26
Colonización	1	35	50,40
	Resto	20	28,84
Producción	1	35	50,40
	Resto	30	43,25

9.3 Determinación real de las necesidades

Para conocer la fecha y cantidad exacta de la aplicación real del riego, se dispondrán a lo largo y ancho de la parcela sensores del porcentaje de humedad y sensores de potencial hídrico, además de un pluviómetro y un sensor de temperatura.

Los sensores de potencial hídrico se utilizan para medir la tensión que el agua del suelo genera. Esta tensión varía con el contenido de agua, diferencia que aprovecha el sensor para leer el potencial generado. Estos sensores se instalan en diferentes puntos de la parcela y a diferentes profundidades, teniendo en cuenta los horizontes de mayor interés (aquellos en los que se desarrolla el carpóforo de la trufa, es decir, a unos 30-40 cm de la superficie), pero también a otras profundidades de desarrollo de raíces.

Los sensores enviarán los datos a un ordenador central (programador de riego), de modo que el promotor podrá decidir regar o no, ya que si se automatizara todo el sistema podría regar al llegar a una determinada tensión y quizás en ese momento interesa mantener en estrés a la planta, por lo que la decisión final será tomada por el truficultor en base a las recomendaciones realizadas en este proyecto.

9.4 Sistema de riego seleccionado

Se selecciona para la plantación es sistema de riego por microaspersión, ya que es el que mejor se adapta a las plantaciones truferas. Este sistema se adapta perfectamente, porque permite aportar el agua en forma de lluvia en la zona del quemado, sin necesidad de realizar una cobertura total, que generaría gastos innecesarios en agua, y sin necesidad de utilizar un sistema de goteo, el cual solo mojaría una parte muy reducida del quemado.



Ilustración 4. Ejemplo de microaspersor.

9.5 Emisores para cada etapa de la plantación

9.5.1 Emisores para la etapa de establecimiento

Serán aspersores de emisión cónica de corto alcance, colocados en una posición elevada con respecto de la planta, con el fin de que solo mojen el alcorque. Las características de estos microaspersores se resumen en la Tabla 26.

Tabla 26. Características de los emisores en el periodo de establecimiento.

MICROASPERSOR	PRESIÓN (Bar)	CAUDAL (L/h)	MOJADO (m)	OTRAS CARACTERÍSTICAS
Micro jet	2	15	0,50	Resistencias a taponamientos, heladas y anti-insectos

9.5.2 Emisores para la etapa de colonización

Serán emisores de doble etapa, funcionando en su primera etapa, para poder ser utilizados en su segunda etapa en el siguiente periodo de la plantación.

Sus características están resumidas en la siguiente Tabla 27.

Tabla 27. Característica de los emisores para la etapa de colonización y producción.

ETAPA DEL MICROASPERSOR	PRESIÓN (Bar)	CAUDAL (L/h)	MOJADO (m)	OTRAS CARACTERÍSTICAS
Primera	1,2	20	2	Resistencias a taponamientos, heladas y anti-insectos. Limitación de etapas por limitador manual.
Segunda	2,5	50	5	Resistencias a taponamientos, heladas y anti-insectos.

9.5.3 Emisores para la etapa de producción

En esta etapa se utilizarán los microaspersores del periodo anterior, pero funcionando en su segunda etapa, para garantizar el humedecimiento de todo el quemado.

Sus características quedan resumidas en la Tabla 27.

9.6 Duración de los riegos

Se calculará el riego más limitante, que coincide con el riego que se viene analizando a lo largo de este anejo, correspondiente al primer riego de la temporada para los riegos de producción, en el que se aportan 50.4 mm/planta.

Conociendo la pluviometría que aportan los aspersores de esta etapa, se calcula:

$$\frac{50,4 \frac{\text{mm}}{\text{planta}}}{5,5 \frac{\text{mm}}{\text{h} \times \text{planta}}} = 9,16 \text{ horas/riego}$$

Como la parcela consta de 11 sectores, se regarán dos sectores al día, funcionando así el sistema durante 18.32 horas seguidas, intentando evitar las horas de más calor para disminuir las pérdidas por evaporación. También se recomienda que parte de este tiempo de riego sea nocturno, para disminuir las pérdidas por acción del viento.

Así pues, en 5.5 días se cumpliría un ciclo completo de riego. En el caso del primer riego del periodo de producción, se alargará a 11 días consecutivos, ya que una vez se ha regado se tiene que volver a empezar.

10. DISEÑO HIDRÁULICO

La parcela se dividirá en 11 sectores, con el fin de regar toda la superficie de los quemados en varias etapas, necesitando así menos potencia en el punto de toma de agua (pozo).

Esta división se realizará a partir de la partición de la totalidad de la parcela por el centro con una tubería principal de suministro de PVC, la cual conducirá el agua desde el punto de toma hasta el sector correspondiente. Esta tubería estará conectada a las tuberías terciarias (de polietileno de alta densidad, PEAD), las cuales estarán dotadas en su inicio de electroválvulas, que serán las que permitan o no el paso del agua a los diferentes sectores.

A partir de las tuberías terciarias, saldrán a la superficie los laterales de riego, también de PEAD, que alimentarán los microaspersores.

10.1 Situación más exigente

Para el cálculo de los diámetros, se selecciona la situación más exigente a la que tendrá que funcionar el sistema, que en el caso de la plantación corresponde con el primer riego de cada año cuando la plantación está en plena producción, en el cual se tienen que aportar, a precipitación natural 0, un total de 50,4 L/planta. Todos los cálculos realizados para la obtención de los resultados que a continuación se presentan, quedan detallados en el Anejo 10 "Diseño hidráulico"

10.2 Diámetros obtenidos para cada tubería

10.2.1 Diámetros de los laterales

Los laterales serán de Polietileno de alta densidad (PEAD), y partirán de la tubería terciaria en cada uno de los sectores. Los diámetros que tendrán estas tuberías quedan recogidos en la Tabla 28, la Tabla 29 y la Tabla 30.

Tabla 28. Características de los laterales de riego para los sectores 1, 2 y 3.

SECTOR	LATERAL	LONGITUD (m)	Nº EMISORES	CAUDAL (L/h)	DIÁMETRO (mm)
1	1	130	24	980	25 mm de ø (ext.) 23 mm de ø (int.)
	2	145	29	1140	
	3	145	29	1140	
	4	144	29	1140	
	5	140	28	1100	
	6	140	28	1100	
	7	139	28	1100	
	8	135	27	1060	
	9	135	27	1060	
	10	135	27	1060	
	11	135	27	1060	
	12	135	27	1060	
TOTAL			330	13000	
2	1	60	12	420	25 mm de ø (ext.) 23 mm de ø (int.)
	2	140	28	1100	
	3	149	29	1140	
	4	149	29	1140	
	5	145	29	1140	
	6	145	29	1140	
	7	145	29	1140	
	8	145	29	1140	
	9	145	29	1140	
	10	145	29	1140	
	11	145	29	1140	
	12	145	29	1140	
TOTAL			330	12920	
3	1	135	27	1060	25 mm de ø (ext.) 23 mm de ø (int.)
	2	134	27	1060	
	3	130	26	1020	
	4	130	26	1020	
	5	130	26	1020	
	6	130	26	1020	
	7	130	26	1020	
	8	129	26	1020	
	9	125	25	980	
	10	125	25	980	
	11	125	25	980	
	12	120	24	940	
TOTAL			309	12120	

Tabla 29. Características de los laterales de riego para los sectores 4, 5, 6 y 7.

SECTOR	LATERAL	LONGITUD (m)	Nº EMISORES	CAUDAL (L/h)	DIÁMETRO (mm)
4	1	145	29	1140	25 mm de \varnothing (ext.) 23 mm de \varnothing (int.)
	2	145	29	1140	
	3	145	29	1140	
	4	145	29	1140	
	5	145	29	1140	
	6	145	29	1140	
	7	145	29	1140	
	8	144	29	1140	
	9	140	28	1100	
	10	140	28	1100	
	11	140	28	1100	
	12	144	29	1140	
TOTAL			345	13560	
5	1	120	24	940	20 mm de \varnothing (ext.) 18 mm de \varnothing (int.)
	2	120	24	940	
	3	115	23	900	
	4	115	23	900	
	5	114	23	900	
	6	110	22	860	
	7	110	22	860	
	8	109	22	860	
	9	105	21	820	
	10	105	21	820	
	11	104	21	820	
	12	100	20	780	
TOTAL			266	10400	
6	1	144	29	1140	25 mm de \varnothing (ext.) 23 mm de \varnothing (int.)
	2	144	29	1140	
	3	144	29	1140	
	4	145	29	1140	
	5	145	29	1140	
	6	145	29	1140	
	7	145	29	1140	
	8	145	29	1140	
	9	149	30	1180	
	10	149	30	1180	
	11	150	30	1180	
	12	150	30	1180	
TOTAL			352	13840	
7	1	100	20	780	20 mm de \varnothing (ext.) 18 mm de \varnothing (int.)
	2	100	20	780	
	3	100	20	780	
	4	100	20	780	
	5	100	20	780	
	6	95	19	740	
	7	95	19	740	
	8	95	19	740	
	9	95	19	740	
	10	95	19	740	
	11	95	19	740	
	12	94	19	740	
TOTAL			233	9080	

Tabla 30. Características de los laterales de riego para los sectores 8, 9, 10 y 11.

SECTOR	LATERAL	LONGITUD (m)	Nº EMISORES	CAUDAL (L/h)	DIÁMETRO (mm)	
8	1	150	30	1180	25 mm de ø (ext.) 23 mm de ø (int.)	
	2	150	30	1180		
	3	150	30	1180		
	4	150	30	1180		
	5	150	30	1180		
	6	150	30	1180		
	7	150	30	1180		
	8	150	30	1180		
	9	145	29	1140		
	10	145	29	1140		
	11	140	29	1140		
	12	140	29	1140		
TOTAL			356	14000		
9	1	94	19	740	20 mm de ø (ext.) 18 mm de ø (int.)	
	2	90	18	700		
	3	90	18	700		
	4	90	18	700		
	5	90	18	700		
	6	89	18	700		
	7	85	17	660		
	8	85	17	660		
	9	85	17	660		
	10	85	17	660		
	11	85	17	660		
TOTAL			194	7540		
10	1	135	27	1060	20 mm de ø (ext.) 18 mm de ø (int.)	
	2	135	27	1060		
	3	129	26	1020		
	4	119	24	940		
	5	110	22	860		
	6	105	21	820		
	7	95	19	740		
	8	90	18	700		
	9	85	17	660		
	10	79	16	620		
	11	70	14	540		
TOTAL			231	8000		
11	PARTE IZQUIERDA					20 mm de ø (ext.) 18 mm de ø (int.)
	1	84	17	660		
	2	84	17	660		
	3	84	17	660		
	4	80	16	620		
	5	80	16	620		
	6	80	16	620		
	7	80	16	620		
	8	70	14	540		
	9	35	7	260		
	10	15	3	100		
	SUBTOTAL		139	5360		
	PARTE DERECHA					20 mm de ø (ext.) 18 mm de ø (int.)
	1	65	13	500		
	2	65	13	500		
	3	64	13	500		
	4	60	12	460		
	5	60	12	460		
	6	60	12	460		
	7	60	12	460		
	8	60	12	460		
9	55	11	420			
10	39	8	300			
SUBTOTAL		118	4520			
TOTAL			257	9880		

10.2.2 Diámetros de las terciarias

Estas tuberías estarán compuestas de Polietileno de alta densidad (PEAD), e irán enterradas a cierta profundidad, siguiendo paralelamente a la tubería principal, a lo largo de todo el sector que suministra.

Cabe destacar que en sector 11 no habrá tubería terciaria, ya que se suministrará a partir de la principal por ser el final de esta.

Los diámetros obtenidos de los cálculos se recogen en la Tabla 31.

Tabla 31. Características de las tuberías terciarias para cada uno de los sectores que alimentan.

SECTOR	CAUDAL SOLICITADO (m ³ /h)	LONGITUD (m)	Nº SALIDAS LATERALES	DIÁMETRO (mm)
1	13.00	66	12	75 mm ø ext. 66.4 mm ø int.
2	12.92	66	12	75 mm ø ext. 66.4 mm ø int.
3	12.12	67	12	75 mm ø ext. 66.4 mm ø int.
4	13.56	67	12	75 mm ø ext. 66.4 mm ø int.
5	10.40	66	12	63 mm ø ext. 55.6 mm ø int.
6	13.84	66	12	75 mm ø ext. 66.4 mm ø int.
7	9.08	66	12	63 mm ø ext. 55.6 mm ø int.
8	14.00	66	12	75 mm ø ext. 66.4 mm ø int.
9	7.54	60	11	63 mm ø ext. 55.6 mm ø int.
10	8.00	60	11	63 mm ø ext. 55.6 mm ø int.
11	9.88	61	10	----
TOTAL	131.88	412	128	

10.2.3 Diámetro de la tubería principal

Esta tubería se encargará de conducir el agua desde el pozo, situado en la casta de riego, hasta cada una de las terciarias. Ira enterrada en el suelo a cierta profundidad y estará compuesta de Policloruro de vinilo (PVC).

Para su cálculo se ha identificado el sector más exigente, y a partir del mismo se ha determinado el diámetro constante que tendrá la tubería. Estas dimensiones y características pueden observarse en la Tabla 32.

Tabla 32. Características de la tubería principal, y el sector más exigente utilizado para el cálculo.

TRAMO	CAUDAL SOLICITADO (m ³ /h)	LONGITUD (m)	DIÁMETRO ø (mm)
SECTOR 8	14.00	71	75 mm ø (exterior)
TOTAL	131.88	412	71 mm ø (interior)

10.3 Elementos del cabezal de riego

El cabezal de riego consta de los siguientes elementos, ordenados en el sentido de avance del agua:

- Bomba de aspiración
- Válvula de retención
- Válvula trifuncional
- Válvula de compuerta
- Manómetro
- Filtro de arena
- Manómetro
- Filtro de malla
- Manómetro
- Inyector de tiramientos
- Contador
- Electroválvulas

Otro elemento imprescindible en la instalación del cabezal, es el programador de riegos, el cual llevara un control de todos los datos de humedad del suelo y avisara al truficultor de cuando es el momento óptimo de riego, aunque la última decisión de riego la tendrá el truficultor, para evitar un riego excesivo y afectar negativamente a la plantación. Sus funciones principales serán: arranque de la bomba, apertura y cierre de las electroválvulas y recepción de datos de humedad en suelo a partir de los tensiómetros.

11. POZO Y EQUIPO DE BOMBEO

11.1 Características del pozo

Suponiendo la aprobación de la realización del pozo en la ubicación deseada, por las autoridades competentes (Confederación Hidrográfica del Júcar), se calculan las características del pozo.

La profundidad del mismo se calcula en base a los ensayos realizados. Las características del sondeo son las descritas en la Tabla 33.

Tabla 33. Características del pozo.

CARACTERÍSTICA	DIMENSIÓN
Profundidad del pozo	100 m
Profundidad de la bomba	80 m
Nivel estático del pozo	30 m
Diámetro de la perforación	300 mm
Caudal máximo a extraer	14 m ³ /h ≈ 3,89 L/s

11.2 Potencia de la bomba

Teniendo en cuenta todas las pérdidas de carga generadas por los diferentes elementos y condiciones, para el sector de mayores exigencias en cuanto a caudal y presiones, se obtiene una potencia necesaria para la bomba de 9 CV, lo que suponen 6,7 kW.

11.3 Grupo electrógeno

Por la excesiva distancia a un punto de corriente pública y la incapacidad de la zona para dar electricidad a través de placas solares para el suministro de la instalación de una manera económica, se plantea la colocación de un grupo electrógeno.

Para cumplir las necesidades eléctricas de la explotación se necesita un grupo electrógeno de 20 kW, con una tensión de salida de 220/380 V, funcionando a 1500 rpm con combustible diésel. Se suministrará de combustible a partir de un depósito de combustible de 1000 L.

La caseta de riego donde se ubicará el grupo, estará acondicionada con las salidas de humos y entradas de aire, marcadas por la legislación.

11.4 Caseta de riego

La caseta de riego seleccionada para el proyecto será prefabricada de hormigón con una superficie útil de 12 m², y unas dimensiones de 4x3x3 m. Además, deberá contar con la entrada de aires y salida de humos obligatorias por la legislación de los grupos electrógenos, y una puerta de acceso.

En su interior se albergará todos los elementos del cabezal de riego, el sondeo y el grupo electrógeno incluyendo el depósito.

El suelo estará totalmente hormigonado para facilitar la limpieza y garantizando un suelo firme para realizar posibles trabajos de mantenimiento y reparación.

12. ECONOMÍA DE LA EXPLOTACIÓN

Valorando todas las necesidades de inversión, gastos y beneficios que se van a desarrollar en la explotación se realiza un análisis de la viabilidad del proyecto.

A continuación, se demuestra mediante tablas los gastos e ingresos anuales, así como la recuperación de la inversión.

En base a las producciones esperadas y el precio de venta se exponen en la Tabla 34, en la que se resumen los ingresos que resultaran de la actividad.

Tabla 34. Ingresos obtenidos a partir de la producción.

AÑO DE PLANTACIÓN	PRODUCCIÓN POR HECTÁREA (kg/ha)	PRODUCCIÓN TOTAL (10.43 ha)	INGRESOS (€)
0	0	0	0
5-6 (ROBLES)	5	9.6	4358.4
7-8 (ENCINAS+ROBLES)	9	93.87	42616.98
9	11	114.73	52087.42
10	13	135.59	61557.86
11	16	166.88	75763.52
12	20	208.60	94704.4
13	24	250.32	113645.28
14	28	292.04	132586.16
15	32	333.76	151527.04
16-35	38	396.34	179938.36
36-40	34	354.62	160997.48
41-44	28	292.04	132586.16
45-47	23	239.89	108910.06
48-49	15	156.45	71028.30
50	10	104.30	47325.20

Por otra parte, es necesario conocer los gastos que se van a generar durante la actividad, quedando representados estos en la Tabla 35.

Tabla 35. Gastos generados de la actividad productiva.

AÑO	LABORES EN LA PLANTACIÓN	PERRO TRUFERO	INSTALACIONES	INVERSIÓN	TOTAL (€)
0	---	---	---	169051.70	169051.70
1	1618.78	---	1117.9	0	2736.68
2	2338.96	---	1117.9	0	3456.86
3	6396.56	300	1117.9	0	7814.46
4	6396.56	300	1117.9	0	7814.46
5	6396.56	300	1117.9	0	7814.46
6	27862.56	300	1117.9	0	29280.46
7	7826.12	300	1117.9	0	9244.02
8	7826.12	300	1117.9	0	9244.02
9	29372.12	300	1117.9	0	30790.02
10	29372.12	300	1117.9	0	30790.02
11	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
12	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
13	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
14	29452.12	300	1117.9	0	30870.02
15	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
16	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
17	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
18	29452.12	300	1117.9	0	30870.02
19	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
20	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
21	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
22	29452.12	300	1117.9	0	30870.02
23	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
24	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
25	25097.12	300	1117.9	79043.84	105558.86
26	29452.12	300	1117.9	0	30870.02
27	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
28	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
29	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
30	29452.12	300	1117.9	0	30870.02
31	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
32	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
33	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
34	29452.12	300	1117.9	0	30870.02
35	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
36	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
37	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
38	29452.12	300	1117.9	0	30870.02
39	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
40	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
41	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
42	29452.12	300	1117.9	0	30870.02
43	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
44	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
45	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
46	29452.12	300	1117.9	0	30870.02
47	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
48	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
49	25097.12	300	1117.9	0	26515.02
50	25097.12	300	1117.9	0	26515.02

Conociendo los gastos y los ingresos se puede elaborar un flujo de caja, a partir del cual se podrá determinar el VAN (Valor Actual Neto).

En el caso del proyecto, como se observa en la Tabla 36, el VAN es de 2.685.988,58€.

Tabla 36. Flujo de caja.

AÑO	INGRESOS (€)	COSTES (€)	INVERSIÓN (€)	FLUJO DE CAJA (€)
0	0	0	-169051.70	-169051.70
1	0	-2736.68	0	-2736.68
2	0	-3456.86	0	-3456.86
3	0	-7814.46	0	-7814.46
4	0	-7814.46	0	-7814.46
5	4358.4	-7814.46	0	-3456.06
6	4358.4	-29280.46	0	-24922.06
7	42616.98	-9244.02	0	33372.96
8	42616.98	-9244.02	0	33372.96
9	52087.42	-30790.02	0	21297.40
10	61557.86	-30790.02	0	30767.84
11	75763.52	-26515.02	0	49248.50
12	94704.4	-26515.02	0	68189.38
13	113645.28	-26515.02	0	87130.26
14	132586.16	-30870.02	0	101716.14
15	151527.04	-26515.02	0	125012.02
16	179938.36	-26515.02	0	153423.34
17	179938.36	-26515.02	0	153423.34
18	179938.36	-30870.02	0	149068.34
19	179938.36	-26515.02	0	153423.34
20	179938.36	-26515.02	0	153423.34
21	179938.36	-26515.02	0	153423.34
22	179938.36	-30870.02	0	149068.34
23	179938.36	-26515.02	0	153423.34
24	179938.36	-26515.02	0	153423.34
25	179938.36	-26515.02	79043.84	74379.50
26	179938.36	-30870.02	0	149068.34
27	179938.36	-26515.02	0	153423.34
28	179938.36	-26515.02	0	153423.34
29	179938.36	-26515.02	0	153423.34
30	179938.36	-30870.02	0	149068.34
31	179938.36	-26515.02	0	153423.34
32	179938.36	-26515.02	0	153423.34
33	179938.36	-26515.02	0	153423.34
34	179938.36	-30870.02	0	149068.34
35	179938.36	-26515.02	0	153423.34
36	160997.48	-26515.02	0	134482.46
37	160997.48	-26515.02	0	134482.46
38	160997.48	-30870.02	0	130127.46
39	160997.48	-26515.02	0	134482.46
40	160997.48	-26515.02	0	134482.46
41	132586.16	-26515.02	0	106071.14
42	132586.16	-30870.02	0	101716.14
43	132586.16	-26515.02	0	106071.14
44	132586.16	-26515.02	0	106071.14
45	108910.06	-26515.02	0	82395.04
46	108910.06	-30870.02	0	78040.04
47	108910.06	-26515.02	0	82395.04
48	71028.30	-26515.02	0	44513.28
49	71028.30	-26515.02	0	44513.28
50	47325.20	-26515.02	0	20810.18
50 con arranque	86386.66	0	0	86386.66

Es también necesario conocer el año en el que se recupera la inversión. Para ello se reúnen el flujo de caja y el flujo acumulado, de este modo se determina que en el caso del proyecto la inversión queda recuperada el año 12 (Tabla 37).

Tabla 37. Determinación del año de recuperación de la inversión.

AÑO	FLUJO	FLUJO ACUMULADO
0	-169051.70	-169051.70
1	-2736.68	-171788.38
2	-3456.86	-175245.24
3	-7814.46	-183059.7
4	-7814.46	-190874.16
5	-3456.06	-194330.22
6	-24922.06	-219252.28
7	33372.96	-185879.32
8	33372.96	-152506.36
9	21297.40	-131208.96
10	30767.84	-100441.12
11	49248.50	-51192.62
12	68189.38	16996.76

13. BIBLIOGRAFÍA

Callot, G. (1999). *La truffe, la Terre, la vie* (Insitiut National de la Recherche Agronomique Ed.). Paris.

MAPAMA. (2012). *Producción de trufa en 2012 por provincia* Retrieved from http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/TRUFA_2012_tcm30-132341.jpg.

Reyna, S., & Colinas, C. (2007). *Truficultura. Fundamentos y técnicas*. Madrid: Mundi-Prensa.

Selvitecum. (2014). Evolución económica, productiva y social de la trufa en España. Retrieved from <http://selvitecum.com/blog/emprendedores/ecoemprendimiento/truficultura/evolucion-social-agraria-y-forestal-en-el-sector-trufero/>