



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DE QUERCUS
ILEX L. MICORRIZADA CON TUBER
MELANOSPORUM EN EL TÉRMINO MUNICIPAL
DE GRAUS (HUESCA)**

AUTOR: Joaquín Naval

ENSEÑANZA: Ingeniería Técnica Agrícola

DIRECTOR/ES: José Antonio Cuchí Oterino

PONENTE:

FECHA: Julio de 2015.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y OBJETO	2
2. PROMOTOR Y ENCARGO	3
3. UBICACIÓN	3
4. JUSTIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES	4
5. CONDICIONANTES DE LA EXPLOTACIÓN	4
5.1 CLIMA.	4
5.2 EL SUELO.	5
5.3 EL AGUA.....	7
6. SITUACIÓN ACTUAL.....	8
7. NECESIDADES DE AGUA	8
8. INGENIERÍA DE LAS OBRAS	9
8.1 Balsa.	9
8.1.1 IMPERMEABILIZACIÓN	10
8.2 ESTACIÓN DE BOMBEO.....	11
8.2.1 EQUIPO DE BOMBEO	11
8.2.2 EQUIPO DE FILTRADO	11
8.2.3 AUTOMATIZACIÓN	12
8.2.4 RED DE RIEGO	12
8.2.5 LATERALES PORTAMICROASPERORES	13
8.2.6 TUBERÍAS TERCIARIAS.....	13
8.2.7 TUBERÍAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS.....	14
9. MANEJO DE LA EXPLOTACIÓN.....	15
9.1 LABOREO.	15
9.2 PLANTACIÓN DE LAS ENCINAS MICORRIZADAS.....	15
9.3 VALLADO DE LA PLANTACIÓN.	15
9.4 SEGUIMIENTO DE LA MICORRIZACIÓN.	16
9.5 RECOLECCIÓN DE LA TRUFA.	16
9.6 MANO DE OBRA.....	16
10. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	16
11. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	17
11.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.	17
11.2 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	17

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

Se elabora el presente proyecto de "Explotación de *Quercus ilex L.* micorrizada con *Tuber melanosporum Vittad.*, construcción de una balsa y puesta en riego en el término Municipal de Graus, por encargo del propietario de los terrenos.

El objetivo de este proyecto es el de que queden perfectamente definidas las actuaciones a llevar a cabo, y así permitir la correcta ejecución de las instalaciones, teniendo en todo momento presente la valoración económica de las mismas y la rentabilidad de la explotación .

En este proyecto se diseñará la plantación y la instalación del riego. Con la finalidad de permitir el riego de esta parcela, se diseña una balsa de riego de las dimensiones suficientes para el riego óptimo de la parcela.

La finca tiene una superficie cultivable de 8,7058 ha. El marco de plantación previsto es de 6 m entre calles y 6 m entre árboles dentro de la misma línea.

El sistema de riego a implantar es el de microaspersión y como ya se ha comentado, se obtendrá el agua de una balsa con capacidad suficiente para abastecer a las 8,7058 ha de cultivo de *Tuber melanosporum* micorrizado en encina (6.000m³).

Para el desarrollo del presente proyecto se hacen necesarios:

- Un estudio climático que se utilizará para determinar las precipitaciones y temperaturas de la zona, para determinar la evapotranspiración, necesidades de riego, etc.
- Un estudio previo del suelo para determinar sus características más importantes y verificar si es necesario realizar algún aporte.
- Análisis del agua de riego, que en este caso proviene de un pozo situado en la misma parcela. Con esta agua es con la que se llenará la balsa.
- Un cálculo de la dosis de agua necesaria, caudal ficticio continuo, así como de la frecuencia y duración de los riegos.

- El diseño de toda la instalación de riego.
- El diseño de la balsa reguladora.
- El diseño del filtrado y bombeo necesarios para dotar de agua de riego a toda la finca.
- Plantación de las encinas micorrizadas
- Estudio de viabilidad económica del proyecto
- Estudio de Seguridad y Salud.

Todos estos apartados serán analizados y calculados en los anejos correspondientes y serán desarrollados a continuación.

2. PROMOTOR Y ENCARGO

El beneficiario de las actuaciones es a la vez proyectista del mismo; Joaquín Naval

El beneficiario de las actuaciones contempladas en el proyecto es el mismo que el proyectista del mismo, Joaquín Naval.

3. UBICACIÓN

La finca se sitúa en el Término Municipal de Graus, Comarca de la Ribagorza, Provincia de Huesca. Se encuentra al este del núcleo urbano. Se trata del polígono 1 parcela 203 del catastro de rústica.

Sus coordenadas UTM son X=290.979, Y= 4.682.447, del huso 31

Esta parcela se encuentra en un terreno montañoso, a una altura sobre el nivel del mar entre 870 m y 950 m.

El acceso a esta parcela se realiza desde un camino rural, desde el municipio de La Puebla de Fantova.

4. JUSTIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES

El sistema de riego a implantar es el de microaspersión y como ya se ha comentado, se obtendrá el agua de una balsa con capacidad suficiente para abastecer a las 8,7058 ha de cultivo de *Tuber melanosporum* micorrizado en encina (6.000m³).

Cabe señalar que la implementación de un buen diseño, redundará en unas mejores condiciones de las fincas incluidas en este proyecto, haciendo que la explotación de las mismas sea más sostenible y económicamente viable. Las consecuencias inmediatas serán:

- Ahorro y optimización en el uso del agua, como consecuencia de:
 - Incremento en la eficiencia de distribución.
 - Mejora de la gestión de la zona regable y control del agua de riego.
 - La disminución de la lámina aplicada por cada riego.
 - La disminución de las pérdidas de fertilizantes por lixiviación, lo que implicará que la contaminación de acuíferos y ríos se reducirá notablemente debido al control de los lixiviados, tanto de fertilizantes como de fitosanitarios.
 - Incremento en la flexibilidad y garantía de suministro.

En el Anejo nº7. Cálculo de las Necesidades de Riego, se llevan a cabo todos los cálculos necesarios para obtener las necesidades hídricas de cada uno de los cultivos a implantar, para posteriormente, diseñar las redes de riego y los equipamientos en función de los resultados obtenidos.

5. CONDICIONANTES DE LA EXPLOTACIÓN

5.1 CLIMA.

Los datos climáticos para la realización del mismo se han obtenido en la estación meteorológica situada en la Central Hidroeléctrica de San José aguas abajo de la cabecera del embalse de Barasona, aproximadamente a 550m de la cabecera.

La serie de datos termo pluviométricos tomada es completa y de un periodo de 5 años, de 2009 a 2013. El periodo de actividad del cultivo de la trufa en el que tendrá necesidades de agua, será desde Abril hasta Septiembre, ambos inclusive, siendo el mes de julio, el de máximas necesidades.

A grandes trazos, podemos decir que nos encontramos en una zona de clima semi-húmedo, con las características de los países secos mediterráneos, con un gran periodo seco en verano, y con un gran intervalo de variación de las temperaturas que pueden llegar a alcanzar los 41º C en verano y -10,5ºC en invierno.

Respecto al régimen de heladas, el peligro que constituyen para es que en el primer y segundo año tras la plantación de las carrascas en nuestra parcela, siendo este un material vegetal joven y sin apenas resistencias ni reservas puede helarse la planta y tener que realizar una tarea de reposición de marras en el caso de temperaturas muy bajas y continuadas.

El régimen pluviométrico se ajusta al requerido por el cultivo de la trufa negra en cuanto a cantidad de precipitaciones, por otro lado la producción de trufa es muy variable en función de estas, de su cantidad, frecuencia y momento exacto de la precipitación. Por todo ello, se diseña un sistema de riego por microaspersión con el fin de obtener todos y cada uno de los años el mayor rendimiento. La precipitación media anual en la zona se ha calculado y resulta un valor de 570 mm/año, dato superior a los 450 mm/año recomendados como valor mínimo para el cultivo y desarrollo del cultivo en simbiosis.

Los vientos más representativos en esta zona son el Cierzo y el Bochorno siendo el primero de ellos el viento predominante.

5.2 EL SUELO.

La trufa negra vive sobre suelos calizos. El material originario puede ser de diversas edades geológicas (Jurásico Cretácico, Terciario, Cuaternario) y litológicas (calizas margas, areniscas, conglomerados, coluvios, etc.), siempre que contenga carbonato cálcico. Son especialmente favorables las calizas duras.

En cuanto a la génesis edáfica, se encuentran trufas silvestres tanto en suelos someros y/o poco evolucionados (leptosoles, regosoles) como en otros más desarrollados (lluvisoles, calcisoles, cambisoles, suelos gumíferos, etc.) Sin embargo, de cara al cultivo la profundidad de suelo juega un papel importante, ya que de ella depende la capacidad para retener agua y ponerla a disposición de la vegetación y consecuentemente de la trufa. En las zonas más cálidas y secas donde existe trufa, los suelos tienden a ser más profundos que en aquellas otras en las que las precipitaciones son más abundantes. También es importante que el suelo tenga un buen drenaje (Callot 1999; Granetti et al., 2005). 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 trufas silvestres sobre suelos hidromorfos, con signos de encharcamiento prolongado.

Por encima de la taxonomía del suelo, son las características físico-químicas las que mayor peso tienen en la aptitud trufera de un suelo, especialmente las de los 30-40 cm superficiales en los que aparecen la mayoría de carpóforos.

En concreto se trata de un suelo con textura franco-limosa, con un pH de 7,9 y porcentajes de caliza y materia orgánica de 12 y 4,2 respectivamente. Otro carácter influyente en el suelo es el nitrógeno ya que en exceso provocaría que la carrasca respondiera muy vigorosamente aumentando el riesgo de colonización de la raíz por hongos nativos del terreno que pueda desplazar a la trufa de las mismas. Para esta variable se han obtenido valores de 0,3 % en la prueba del nitrógeno kjeldahl dentro también del rango recomendado.

5.3 EL AGUA.

A continuación se muestran los datos analíticos de la calidad del agua, para poder determinar su idoneidad para el riego de nuestra finca:

CATIONES		ANIONES	
	mg/L		mg/L
Calcio (Ca²⁺)	39,8	Cloruros (Cl⁻)	29,1
Magnesio (Mg²⁺)	7,8	Sulfatos (SO₄²⁻)	41,2
Sodio (Na⁺)	14,4	Bicarbonatos (HCO₃⁻)	109,5
Potasio (K⁺)	0	Carbonatos (CO₃⁻)	12,1
	62		191,9

pH= 8,0

CE 25°C = 452 mmho/cm

Temperatura: 25°C

OTROS IONES			
	mg/L		mg/L
Nitratos	2,8	Manganeso	0
Nitritos	0,06	Mercurio	0
Cobre	0	Plomo	0
Hierro	0	Boro	0

El valor de pH es 8, encontrándose pues dentro del intervalo considerado como apto para el uso de agua en la agricultura, ya que el límite superior es 8,6.

La concentración total de sales es 0,289 g/l. Al considerarse 1 g/l el límite inferior de peligrosidad, no se esperan grandes problemas en este aspecto, habiendo unos niveles medios.

Los valores de los cationes, así como de los aniones se encuentran dentro del rango aceptable para agua de riego.

El valor del S.A.R. obtenido es de 0,545 meq/l que se califica como muy bajo, lo cual indica que no hay riesgo de alcalinización del suelo, siendo ésta óptima para el riego.

En resumen, y en base a las normas combinadas empleadas, se puede definir el agua de la siguiente manera:

- Normas Riverside: riesgo medio de salinización del suelo y muy bajo de alcalinización.
- Normas H. Greene: buena calidad para el riego.
- Normas de L. V. Wilcox: de excelente a buena.

6. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la finca objeto de la transformación se viene cultivando de cereal de invierno de secano, normalmente cebada y ocasionalmente trigo. Debido a las características de la zona los rendimientos medios de estos cultivos son bajos.

Por estos motivos el propietario de la misma, ha decidido realizar este proyecto de plantación de encinas micorrizadas para la producción de trufa.

7. NECESIDADES DE AGUA

El dato desde el que se empieza a desarrollar este anejo es la evapotranspiración del cultivo (ETc), calculada en el anejo 2: Estudio climático, como el producto del coeficiente de cultivo (Kc) y la evapotranspiración potencial (ETo) según el método de Blanney-Criddle. Se considera periodo de actividad significativa de las carrascas desde el 1 de abril hasta el 31 de septiembre.

En julio, mes de máximas necesidades, se ha obtenido un valor de evapotranspiración del cultivo de 145,20 mm. A este valor, se le aplica una serie de correcciones (por localización, por variación climática y por advección) obteniéndose las necesidades netas del cultivo.

Para saber las necesidades totales del mismo se deben mayorar las mencionadas necesidades netas, teniendo en cuenta las posibles pérdidas que pueden suponer la ineficiencia en la aplicación del riego o la fracción de agua de lavado cuando ésta es mayor que dichas pérdidas.

Las necesidades totales, medidas en diferentes unidades, y para el periodo de actividad que se ha tenido en cuenta para la carrasca micorrizada son las siguientes:

MES	mm/mes	mm/dia	m3/mes·ha	m3/dia·ha	l/s ·ha
ABR	29,94	0,998	260,7	8,69	0,101
MAY	37,69	1,216	328,1	10,58	0,123
JUN	44,35	1,478	386,1	12,87	0,150
JUL	46,01	1,484	400,6	12,92	0,150
AGO	39,91	1,287	347,4	11,21	0,130
SEP	29,94	0,998	260,7	8,69	0,101

El consumo total anual de la carrasca para el sistema de riego escogido es de **1.983,50 m³/ha y año.**

8. INGENIERÍA DE LAS OBRAS

8.1 BALSA.

Se prevé la construcción de un embalse para la acumulación del agua necesaria para satisfacer las necesidades de nuestro cultivo. La acequia que discurre en las inmediaciones de la parcela no transporta el caudal suficiente para nuestros objetivos, es por ello que se diseña y construye un embalse que se llenará por gravedad con agua procedente de una fuente manantial.

La capacidad del embalse se calculará como la suficiente para abastecer la explotación durante julio, mes de máximas necesidades. La reserva debe cubrir las necesidades de riego totales durante dicho mes.

Las necesidades totales de la plantación han sido calculadas en el anejo nº 7 Cálculo de necesidades. Para el mes de julio, que, como ya se ha comentado es el restrictivo, se obtienen 112,48 m³/día de necesidades de agua para toda la finca.

Los turnos de riego que permitirán el llenado de la balsa son cada 10 días (cuatro de los cuales utilizados en el llenado de la balsa). En base a esto y a las necesidades diarias recién indicadas, obtenemos la siguiente capacidad mínima de agua embalsada:

$$V. \text{ mínimo} = V = 112,48 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 13 \text{ días} = 1462,24 \text{ m}^3$$

A este volumen se le aplica un coeficiente de seguridad del 30 %. Para todo el mes se tiene:

$$\text{Volumen embalse} = 5.702,74$$

A la hora de plantear la balsa sobre el terreno existente, al final nos sale un volumen total de 6255 m³.

8.1.1 IMPERMEABILIZACIÓN

Para garantizar la impermeabilidad del vaso y del dique, impidiendo las pérdidas de agua por infiltración y los riesgos por fenómenos de sifonamiento que podrían dejar fuera de servicio la balsa, se coloca un revestimiento sintético, flexible y continuo a base de láminas plásticas de polietileno (PE).

Elegiremos una lámina impermeabilizante de polietileno negro, con una concentración de negro de humo del 2-2,5 % y un espesor de la lámina de 2 mm., siendo sus uniones llevadas a cabo por termofusión.

Para proteger la lámina de polietileno se colocará bajo ésta otra lámina de geotextil de polipropileno agujeteado de 220 g/m², formado por fibras continuas de poliéster.

8.2 ESTACIÓN DE BOMBEO.

El cabezal de riego, la bomba y los filtros, así como las válvulas hidráulicas colocadas al inicio de cada uno de los tres sectores, se colocarán dentro de una caseta prefabricada de dimensiones 1,5 x 2 x 2 m, colocada sobre una pequeña solera de hormigón de iguales dimensiones que la caseta.

8.2.1 EQUIPO DE BOMBEO

Se utilizará una bomba eléctrica abastecida de corriente alterna. La presión necesaria que deberá suministrar la bomba es de 17,16 mca, según lo calculado en el Anejo 8. Por seguridad, le vamos a añadir un 10% más de pérdida, en concepto de pérdidas de carga singulares que pueda haber en las conducciones.

A esta presión de 18,87 mca se le añaden 5 mca de pérdida de carga, que se corresponden a la pérdida de carga que introducen los filtros. De este modo la presión necesaria queda en 23,87 mca.

No obstante, después de consultar los datos del fabricante del filtro, vemos que la presión mínima para la limpieza de los filtros es de 35 mca, de manera que esta es la potencia que deberá ser capaz de suministrar la bomba, aunque se elegirá una bomba con un buen rendimiento entorno a los 23,87 mca.

Se calcula una potencia para la bomba de 6,84 kW. En base a la potencia calculada, se elegirá una bomba que eleve el caudal necesario con el mejor rendimiento de entre los diferentes catálogos comerciales.

8.2.2 EQUIPO DE FILTRADO

La solución correcta para el equipo de filtrado debe garantizar la filtración del caudal del sector más exigente, que en este caso es el sector 2, con un caudal de

45,74 m³/h. se debe de tener en cuenta también que durante el proceso de lavado, un elemento no filtra.

El equipo de filtrado elegido tiene las siguientes características:

- Cabezal con 3 cuerpos filtrantes de 3"
- Caudal de filtrado por cuerpo: 30 m³/h
- Grado de filtración: 120 mesh (0,13 mm)
- Presión máxima 10 atm
- Presión de contralavado: 3,5 atm

8.2.3 AUTOMATIZACIÓN

Instalaremos un ordenador central o controlador de riego, con diversas funciones: puesta en marcha y parada automáticas, apertura y cierre de las válvulas hidráulicas existentes en la instalación, control de los agitadores, limpieza de los filtros, detección de averías y memoria en caso de fallo de corriente.

Se utilizará una programación de riego por tiempo, y la conexión del programador con las válvulas hidráulicas tendrá lugar a través de microtubos, y con la intervención de solenoides.

8.2.4 RED DE RIEGO

La instalación de la red de riego, comienza en el cabezal de riego, cuyos elementos se acaban de explicar. La red de distribución comienza con las tuberías primarias y secundarias, que estarán enterradas y serán de PVC PN 6 de diferentes diámetros.

Al finalizar éstas, comienzan las tuberías terciarias, también enterradas y de PVC PN 6 de diferentes diámetros, a partir de las cuales salen los laterales de riego, compuestos de PE de Ø 32mm y con goteros autocompensantes, que emitirán el agua a los árboles con un caudal de 30 l/h.

Los laterales se dispondrán en cada fila de árboles y pegados a los troncos de las carrascas. A su vez, los microaspersores estarán también junto al tronco de cada árbol, serán dos y de espaldas a él.

Mientras tanto, las tuberías de PVC irán alojadas en zanjas sobre una cama de arena de 0,1 10 cm de espesor. Posteriormente se rellenará la zanja con un relleno seleccionado hasta 0,30m por encima de la generatriz de la tubería y finalmente se rellena con material ordinario hasta completar su tapado.

La instalación se dividirá en tres sectores de riego, todos ellos de superficie semejante. Cada uno estará comandado por una válvula hidráulica, que se localiza al comienzo de las terciarias. Dependiendo de la apertura o cierre de una u otra válvula se conducirá el agua hacia el sector que se desee regar.

A su vez, cada uno de los sectores coincide con una subunidad de riego, de manera que cada subunidad se riega desde una misma tubería terciaria.

8.2.5 LATERALES PORTAMICROASPERORES

El cálculo de los mismos se realiza en el lateral más desfavorable, considerando para ello, tanto longitud como diferencia de cota entre extremos, de cada sector o subunidad. En este caso, es la mayor longitud la que nos conduce al lateral más desfavorable.

Se comprueba con los cálculos que este lateral cumple las condiciones de presión establecidas, siendo capaz de mantenerse los microaspersores en el intervalo de autocompensación, lo cual garantiza la uniformidad de caudal a lo largo del lateral.

Tras observar que la comprobación de este lateral se cumple, se puede concluir que el resto de laterales de la finca también la cumplen.

8.2.6 TUBERÍAS TERCIARIAS

El diámetro de las mismas se determina fijando unos límites de velocidad, y en función del caudal que debe transportar cada tramo. Así pues, no se tiene un diámetro fijo para cada terciaria, sino que habrá una sucesión de diámetros en la misma de manera telescópica.

A continuación se muestra una tabla con los tres sectores y los caudales a impulsar en cada uno de ellos.

	nº árboles	nº emisores	Q emisor (l/h)	Q (l/h)
Sector 1	562	1124	34	38216
Sector 2	805	1610	34	54740
Sector 3	796	1592	34	54128

8.2.7 TUBERÍAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

Las tuberías primarias y secundarias son aquellas que conducen el agua desde el punto en que esta entra a la parcela (bombeo, etc.) hasta las terciarias, que abastecen directamente a los laterales de riego.

El diseño de estas tuberías comprende el trazado de la red, los diámetros y timbraje de la tubería. Siempre se procurará que el recorrido de estas sea el mínimo posible.

En la siguiente tabla se muestra la relación de presiones calculadas necesarias para el óptimo funcionamiento de todos y cada uno de los tres sectores de riego. A partir de la tabla citada y con el dato de presiones mayor pasaremos en el siguiente anejo a calcular el bombeo.

SECTOR	PRESIÓN EMISOR	Hr LATERAL	Hr TERCIARIA	Hr SECUNDARIA	TOTAL
1	10,3	2,458	3,5	0,9	17,16
2	10,3	2,458	2,44	0,9	16,10
3	10,3	2,458	2,55	0,9	16,21

Como se observa en los tres sectores de riego las presiones de trabajo son muy similares. Para el cálculo de la bomba utilizaremos el dato del sector 1, por ser el más desfavorable (el que requiere mayor altura de bombeo). Realizaremos el cálculo para este y de este modo tendremos seguro que los otros dos funcionarán, ya que se resuelve el caso más desfavorable.

9. MANEJO DE LA EXPLOTACIÓN

En este apartado se consideran todas las actividades a llevar a cabo en la explotación.

9.1 LABOREO.

El mantenimiento del suelo, encaminado a su aireación y a la eliminación de las plantas adventicias, se efectúa mediante pases de cultivador y tiene por finalidad incrementar el crecimiento de la planta joven o la producción trufera de los árboles adultos.

En la plantación joven, entre hileras de plantas, cuando la distancia lo permite, este proceso puede hacerse mecánicamente, pero alrededor del árbol debe hacerse manualmente. Para no dañar la joven planta, estos trabajos se realizarán durante la primavera y verano y siempre y cuando el terreno no esté ni mojado ni seco.

9.2 PLANTACIÓN DE LAS ENCINAS MICORRIZADAS.

El trasplante de las carrascas en nuestra parcela la realizaremos dentro de hoyos de unos 25 centímetros de profundidad de manera que quede enterrado el cepellón. Dicha tarea se realizará a mano.

9.3 VALLADO DE LA PLANTACIÓN.

Como medida de protección para la explotación se procederá a su vallado perimetral, evitando así la intrusión de animales depredadores de la trufa, entre todos ellos, el de más relevancia el jabalí. A parte de proteger nuestra parcela de los depredadores naturales es condición impuesta por la administración el vallado de nuestra parcela para poder optar a la subvención.

Se instalará un tipo de valla metálica de simple torsión, sujeta sobre postes metálicos anclados mediante dados de hormigón. Se procederá al enterrado de 25 cm de la misma con el fin de conseguir una fijación consistente. La valla se suministrará en rollos.

9.4 SEGUIMIENTO DE LA MICORRIZACIÓN.

Para comprobar el adecuado desarrollo del cultivo se realizará un seguimiento de la micorrización mediante un examen radicular.

Este examen se realizará en dos épocas, primavera y otoño y en plantas con al menos tres años de edad.

El análisis periódico del estado de micorrización será fundamental hasta que la plantación entre en producción.

9.5 RECOLECCIÓN DE LA TRUFA.

Para realizar una recolección eficiente es necesario el uso de perros absolutamente adiestrados para detectar la presencia de las trufas en la plantación. El promotor se encargará de adiestrarlos y mantenerlos en buenas condiciones, físicas y sanitarias.

9.6 MANO DE OBRA.

No se prevé la contratación de mano de obra externa. Por tratarse de una explotación familiar, se prevé que todas las labores puedan ser realizadas por el dueño de la explotación.

10. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El Estudio de Seguridad y Salud requerido en el presente proyecto será la base para la redacción del Plan de Seguridad para cada uno de los ejecutores o contratistas.

De cualquier forma, cada uno de los suministradores, para cada fase de ejecución, elaborará un Plan de Seguridad y Salud adaptado a los medios y métodos que dispone para el montaje de la maquinaria, en base a lo que se dispone en el art. 11 del R. D. 1627/1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

11. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

11.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.

Asciende el presente Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de CIENTO TRENTA Y UN MIL SETECIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS Y OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO (131.787,87 €).

11.2 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	131.787,87
13 % GASTOS GENERALES	17.132,42
6 % BENEFICIO INDUSTRIAL	<u>7.907,27</u>
SUMA	156.827,56
21 % I.V.A.	<u>32.933,79</u>
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	189.761,35

Asciende el presente Presupuesto de ejecución por Contrata a la expresada cantidad de CIENTO OCHENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS SESENTA Y UN EUROS Y TRENTA Y CINCO CÉNTIMOS DE EURO (189.761,35 €).

Graus, Julio de 2015

Fdo. D. Joaquín Naval
Ingeniero Técnico Agrícola
Especialidad en Explotaciones Agrarias

ÍNDICE

1	SITUACIÓN ACTUAL DE LA PARCELA.....	2
2	OBJETO DEL PROYECTO	3

1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PARCELA

Se elabora el presente proyecto de "Explotación de *Quercus ilex L.* micorrizada con *Tuber melanosporum* Vittad., construcción de una balsa y puesta en riego en el término Municipal de Graus, por encargo del propietario de los terrenos.

El objetivo de este proyecto es el de que queden perfectamente definidas las actuaciones a llevar a cabo, y así permitir la correcta ejecución de las instalaciones, teniendo en todo momento presente la valoración económica de las mismas y la rentabilidad de la explotación .

En este proyecto se diseñará la plantación y la instalación del riego. Con la finalidad de permitir el riego de esta parcela, se diseña una balsa de riego de las dimensiones suficientes para el riego óptimo de la parcela.

La finca tiene una superficie cultivable de 8,7058 ha. El marco de plantación previsto es de 6 m entre calles y 6 m entre árboles dentro de la misma línea.

El sistema de riego a implantar es el de microaspersión y como ya se ha comentado, se obtendrá el agua de una balsa con capacidad suficiente para abastecer a las 8,7058 ha de cultivo de *Tuber melanosporum* micorrizado en encina (6.000m³).

La finca se sitúa en el Término Municipal de Graus, Comarca de la Ribagorza, Provincia de Huesca. Se encuentra al este del núcleo urbano. Se trata del polígono 1 parcela 203 del catastro de rústica.

Sus coordenadas UTM son X=290.979, Y= 4.682.447, del huso 31

Esta parcela se encuentra en un terreno montañoso, a una altura sobre el nivel del mar entre 870 m y 950 m.

2 OBJETO DEL PROYECTO

Como se ha comentado en líneas anteriores, el objeto de este proyecto es el de la transformación a regadío de las parcelas y poder abastecerlas del agua de riego necesaria para asegurar su producción, utilizando las infraestructuras diseñadas a tal efecto por parte de la Administración.

Para el desarrollo del presente proyecto se hacen necesarios:

- Un estudio climático que se utilizará para determinar las precipitaciones y temperaturas de la zona, para determinar la evapotranspiración, necesidades de riego, etc.
- Un estudio previo del suelo para determinar sus características más importantes y verificar si es necesario realizar algún aporte.
- Análisis del agua de riego, que en este caso proviene de un pozo situado en la misma parcela. Con esta agua es con la que se llenará la balsa.
- Un cálculo de la dosis de agua necesaria, caudal ficticio continuo, así como de la frecuencia y duración de los riegos.
- El diseño de toda la instalación de riego.
- El diseño de la balsa reguladora.
- El diseño del filtrado y bombeo necesarios para dotar de agua de riego a toda la finca.
- Plantación de las encinas micorrizadas
- Estudio de viabilidad económica del proyecto
- Estudio de Seguridad y Salud.

Todos estos apartados serán analizados y calculados en los anejos correspondientes.

Con la realización de este proyecto se pretende la puesta en riego de la finca, como ya se ha dicho anteriormente, que ayude a transformar una finca que posee las condiciones óptimas para el cultivo de la trufa.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	2
2	SITUACIÓN	2
3	DESCRIPCIÓN EDAFOLÓGICA	3
4	DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES AGROLÓGICAS.....	4

1 INTRODUCCIÓN

La finca se sitúa en el Término Municipal de Graus, Comarca de la Ribagorza, Provincia de Huesca. Se encuentra al este del núcleo urbano. Se trata del polígono 1 parcela 203 del catastro de rústica.

Sus coordenadas UTM son X=290.979, Y= 4.682.447, del huso 31

Esta parcela se encuentra en un terreno montañoso, a una altura sobre el nivel del mar entre 870 m y 950 m.

El acceso a esta parcela se realiza desde un camino rural, desde el municipio de La Puebla de Fantova.

2 SITUACIÓN

Graus se encuentra en la confluencia de los ríos Ésera e Isábena, a poca distancia aguas arriba del embalse de Joaquín Costa. Aguas abajo de la confluencia de los ríos, el paso se estrecha entre la peña del Morral y la de las Forcas. No muy lejos también se encuentran las sierras de la Carrodilla, el Torón y Esdolomada.

El término municipal de Graus integra hoy a los pueblos de: Abenzas, Aguilar, Aguinalú, Bellestar, Benavente de Aragón, Centenera, Ejep, Güel, Juseu, Panillo, Pano, La Puebla de Fantova, La Puebla del Mon, Pueyo de Marguillén, El Soler, Torre de Ésera, Torre de Obato, Torrelabad, Torres del Obispo y Las Ventas de Santa Lucía.

Dentro del propio municipio, existe una amplia red de caminos que servirán de acceso a las parcelas objeto de este proyecto.

Desde el punto de vista litológico, los materiales que aparecen son del mioceno y están afectados por una deformación "póstuma" de edad post micénica de carácter anticlinal que da lugar a pendientes muy suaves. Normalmente la

disposición de estos materiales es un estrato duro y calcáreo o calco-arenisco en la parte superior protegiendo los yesos más erosionables.

Al pie de esta sierra, donde se encuentran los glaciares, aparecen los materiales detríticos (cantos angulosos predominantemente calizos) que fosilizan los materiales terciarios que bordean las calizas miocenas.

Por último, los valles de fondo plano están formados por depósitos continentales: limos, margas y algunos cantos.

3 DESCRIPCIÓN EDAFOLÓGICA

Para la descripción edafológica se ha utilizado el sistema de clasificación denominado *Soil Taxonomy*. Este sistema utiliza "horizontes diagnóstico" para diferenciar los órdenes.

En el caso de nuestra zona este horizonte es *Ochrico*, que se caracteriza por tener colores claros, texturas equilibradas o francas con tendencias gruesas o arenosas, con poca materia orgánica y generalmente poco espesor. Las condiciones climáticas de la zona favorecen la formación de este horizonte al no permitir la acumulación de materia orgánica, y la abundancia de caliza hace que al eliminarse parcialmente el calcio de este horizonte por lavado y no quedar saturado el humus por el mismo, el incremento de materia orgánica sea difícil.

Así pues, los tipos de suelos que aparecen son:

- Orden ENTISOLES. Son suelos más recientes y menos evolucionados con un perfil tipo A/C más o menos profundo.
 - Suborden FLUVENTS. Son los suelos aluviales formados por los aportes recientes del río Alcanadre. Son suelos profundos, sin diferenciación de horizonte, con buena permeabilidad y aireación, que los hace muy fértiles en el sistema de regadío en que se cultivan. Con gravas en profundidad, son los típicos suelos de vega. A nivel de grupo se clasifican como XEROFLUVENTS.

- Orden INCEPTISOLES. Está formado por los suelos medianamente evolucionados con un perfil tipo A/(B)/C en el que hay un horizonte *cámbico*. Este es característico de un moderado grado de evolución por ser un horizonte de alteración, resultado de un movimiento de partículas, de la hidrólisis de los materiales primarios con formación de arcillas, liberación de óxidos y asociación de óxidos de hierro y arcilla con movimientos de éstos, así como disolución y transporte de carbonatos. Las texturas más comunes de este horizonte son las franco-arcillo-arenosas.

Suelos medianamente profundos, alcalinos, con abundante caliza en todo el perfil y en algunas zonas con un horizonte *cálcico* (acumulación de carbonatos alcalino-térreos) en profundidad. Se han formado a partir de materiales calizos como conglomerados y margas calizas. Ocupan la mayoría de la superficie.

- Orden ARIDISOLES. Está formado por suelos medianamente evolucionados en general, con un perfil A/(B)/C en el que hay un horizonte *cálcico o sálico* (acumulación de sales) situado a menos de un metro de profundidad. Son por lo general suelos poco profundos. A nivel de grupo son *paleorthids* con costra caliza que indican un mayor desarrollo dentro del orden. Se encuentran en puntos muy concretos.

4 DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES AGROLÓGICAS

En toda la superficie encontramos tres zonas:

- CLASE II_s: Son aquellos terrenos en los que actualmente se están realizando trabajos para su puesta en riego, así como los situados en terrazas que se encuentran en regadío y otros de secano cuya única limitación es el agua.

Se corresponden con suelos de pendientes suaves de profundidad media y textura equilibrada, pero que en muchas ocasiones poseen pedregosidad. El subíndice s indica que existe suelo, aunque su profundidad no sea mayor de 90 centímetros.

- CLASE III_s: Comprende los suelos que, aun siendo capaces de soportar un laboreo intensivo, presentan limitaciones que obligan a tomar ciertas medidas para evitar la pérdida de su capacidad productiva. Presentan en algunas zonas erosión moderada (pendientes menores del 10%) así como cierta pedregosidad, defectos en la permeabilidad e insuficiente profundidad del suelo. No obstante, estas características no perjudican en gran medida las labores y la rentabilidad de los cultivos. En esta clase están incluidas las tierras de saso.
- CLASE VIII: Abarca los terrenos que no ofrecen ningún aprovechamiento agrícola o forestal. Está formado por superficies rocosas, ríos, arroyos, núcleos urbanos y zonas con pendientes superiores al 50%.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ELEMENTOS CLIMATOLÓGICOS	3
2.1 TEMPERATURAS.....	3
2.1.1 HELADAS	3
2.2 ELEMENTOS HÍDRICOS	6
2.2.1 PRECIPITACIONES.....	6
2.2.2 HUMEDAD RELATIVA	7
2.2.3 NIEBLA	7
2.3 EL VIENTO	7
2.4 LA RADIACIÓN.....	8
3. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN	9
3.1 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITE.....	9
3.1.1 bALANCE HÍDRICO	10
3.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA SEGÚN EL MÉTODO FAO BLANEY-CRIDDLE	11
3.3 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CÚLTIVO (ETC)	12
4. ÍNDICES CLIMÁTICOS.....	14
4.1 ÍNDICE DE LANG.....	14
4.2 ÍNDICE DE MARTONNE.....	15
4.3 INDICE DE EMBERGER	16
5. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS	17
5.1 CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS.....	17
5.1.1 RIGOR INVERNAL. TIPO DE INVIERNO	18
5.1.2 CALOR ESTIVAL. TIPO DE VERANO Y SUS LÍMITES EN TÉRMINO DE TEMPERATURAS.....	19
5.1.3 REGÍMEN DE TEMPERATURA	20
5.1.4 REGÍMENDES DE HUMEDAD	20
5.1.5 CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LOS REGÍMENES TÉRMICO E HÍDRICO.....	20
5.2 CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO – FAO	20
5.2.1 TEMPERATURAS	20
5.2.2 ARIDEZ.....	21

1. INTRODUCCIÓN

La puesta en riego de una zona depende del clima y del cultivo, ya que en función de estos se diseñará la instalación. El desarrollo o crecimiento de las plantas y las dosis de riego dependen del clima y del cultivo, por esto es necesario realizar un estudio climático de la zona.

Los datos climáticos para la realización del mismo se han obtenido en la estación meteorológica situada en la "Central Hidroeléctrica de San José " aguas abajo del embalse de Barasona, aproximadamente a 1 km.

Sus coordenadas son: UTM: X:276290,38, Y4666154,94, en el huso 31, latitud: 42° 6` 53.46" y longitud:0° 17` 38.84".

La serie de datos termo pluviométricos tomada es completa y de un periodo de 5 años, de 2009 a 2013. El periodo de actividad del cultivo de la trufa en el que tendrá necesidades de agua, será desde Abril hasta Septiembre, ambos inclusive, siendo el mes de julio, el de máximas necesidades.

A grandes trazos, podemos decir que nos encontramos en una zona de clima semi-húmedo, con las características de los países secos mediterráneos, con un gran periodo seco en verano, y con un gran intervalo de variación de las temperaturas que pueden llegar a alcanzar los 41° C en verano y -10,5°C en invierno.

2. ELEMENTOS CLIMATOLÓGICOS

2.1 TEMPERATURAS

Es uno de los factores climáticos que más interesa conocer, puede llegar a ser decisivo a la hora de implantar un cultivo y ayudarnos a conocer sus necesidades hídricas.

En el dossier que se encuentra al final de este anejo se muestran 5 tablas (entre otras) con los resultados de la serie climática de temperaturas tomadas como referencia para realizar dicho anejo. Los datos que se reflejan en las tablas son mensuales.

Tabla nº1: Temperatura media de las temperaturas máximas

Tabla nº2: Temperatura media de las temperaturas mínimas

Tabla nº3: Temperaturas medias

Tabla nº4: Temperaturas máximas absolutas mensuales

Tabla nº5: Temperaturas mínimas absolutas mensuales

2.1.1 HELADAS

La resistencia de las plantas al frío, depende de muchos factores como pueden ser la especie, la variedad, grado de adaptación..., pero además existen niveles muy diferentes de sensibilidad y de tolerancia en función de su estado vegetativo.

La sensibilidad de los vegetales comienza con el inicio de la vegetación en primavera, aumenta con la floración y cuajado de los frutos y alcanza su punto grave, cuando los frutos tienen el tamaño de un guisante. A partir de este momento la sensibilidad al frío disminuye.

En el caso del cultivo objeto de este proyecto, la carrasca y las expectativas de cosecha, trufa negra, las bajas temperaturas no serán un atenuante importante en la explotación. Esto se debe a que, en épocas de temperaturas más bajas, el

producto, *Tuber melanosporum*, ya estará formado y listo para su recolección, además contamos con la ventaja de que se encuentra a carios centímetros bajo la tierra lo que lo protege de las posibles heladas que pueda sufrir el cultivo.

El único peligro que constituye las heladas es que en el primer y segundo año tras la plantación de las carrasas, siendo este un material vegetal joven y sin apenas resistencias ni reservas, puede helarse la planta y tener que realizar una tarea de reposición de marras en el caso de temperaturas muy bajas y continuadas.

Suelen ser casos excepcionales los que se requiere realizar dicho trasplante debido a la buena adecuación de la carrasca a la zona, siendo autóctona de la comarca de La Ribagorza y a la rusticidad de la misma soportando temperaturas incluso en los primeros estadios de desarrollo de hasta -7°C sin sufrir daños de consideración, entendiendo estos como helado total de la planta y de la necesidad de su trasplante.

En la formación de la trufa tampoco influyen las heladas, el inicio de su formación coincide con el desarrollo del micelio en la primavera y culmina a mediados de Noviembre. Para estas fechas, el frío no constituye un agravante para el cultivo con lo cual se desestima en nuestro estudio climatológico, no dejándolo de lado y teniendo en cuenta que puede ser posible que el año que se planten las carrasas y los dos siguientes se den heladas muy fuerte, teniendo que vernos obligados a trasplantar cierto número de árboles la explotación, siendo esto poco probable.

2.1.1.1

CUADRO DE HELADAS

La tabla siguiente, representa el número medio de días de helada que se producen cada mes, dentro del periodo estudiado.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	22	20	9	2	0	0	0	0	0	1	8	22	84

2.1.1.2 PERIODO DE HELADAS

A continuación se representan las fechas de la primera y de la última helada de cada año.

AÑO	PRIMERA HELADA	ÚLTIMA HELADA
2009	13 ABR	19 OCT
2010	1 MAY	26 OCT
2011	20ABR	15 NOV
2012	15 ABR	23 OCT
2013	9 ABR	13 OCT

2.1.1.3 RÉGIMEN DE HELADAS SEGÚN EMBERGER

Divide el año en periodos según la posibilidad de producirse helada, utiliza la media de las temperaturas mínimas, con el siguiente criterio.

- a) Período **seguro de heladas**: Se produce cuando la temperatura media de las mínimas es inferior a 0°C.
- b) Período **frecuente de heladas**: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 0°C y 3°C.
- c) Período **poco frecuente de heladas**: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 3°C y 7°C.
- d) Período con heladas **muy poco frecuentes**: Cuando la temperatura media de las mínimas es superior a 7°C.

RIESGO DE HELADAS	T ^a (°C)	PERIODO
SEGURO	T. < 0°C	Enero, febrero y diciembre
FRECUENTE	0°C < T < 3°C	Marzo
POCO FRECUENTE	3°C < T < 7°C	Abril y noviembre
MUY POCO FRECUENTE	T > 7°C	Mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre

2.1.1.4 RÉGIMEN DE HELADAS SEGÚN PAPADAKIS

Tiene en cuenta las fechas del año en que se dan temperaturas mínimas absolutas menores o igual a cero a dos y a siete grados. Con los valores de estas temperaturas

CLASIFICACIÓN	Restricción de la clasificación	Meses que incluye
Estación media libre de heladas	T. > 0°C	Marzo, Abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre (9 meses)
Estación disponible libre de heladas	T > 2°C	Marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre (9 meses)
Estación mínima de heladas	T > 7°C	mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre (6 meses)

2.2 ELEMENTOS HÍDRICOS

2.2.1 PRECIPITACIONES

Nos encontramos en la comarca del Ribagorza, una zona en que las precipitaciones son abundantes, obteniendo una media de precipitación anual superior a 550 mm/año.

En el dossier existente al final de este anejo, se reflejan las precipitaciones mensuales de cada uno de los años de la serie estudiada. *Tabla nº 6: Precipitaciones (mm/año).*

La distribución media de estas lluvias con respecto a las estaciones del año es la indicada en el siguiente cuadro.

	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
PRECIPITACIÓN (mm)	157,16	103,33	166,17	85,87
% PRECIPITACIÓN	30,66	20,16	32,40	16,75

En este cuadro se puede observar que las medias pluviométricas dan valores muy próximos entre las precipitaciones que se producen en verano, primavera y otoño, obteniendo un valor considerablemente menor en invierno, aproximadamente la mitad de agua en precipitación que cualquiera de las demás estaciones.

En la *Tabla nº 7. Días de lluvia*, existente en el dossier del final de dicho anejo, se reflejan el total de días de lluvia de cada año a destacar los meses con más días lluviosos como son abril, mayo y octubre con 7, 7 y 6 días lluviosos de media respectivamente.

2.2.2 HUMEDAD RELATIVA

En el siguiente cuadro se muestran las humedades relativas mínimas, máximas y su media para cada uno de los meses del año.

	H _R mín. (%)	H _R máx. (%)	H _R med. (%)
Enero	69	94	81,5
Febrero	60	87	73,5
Marzo	52	87	69,5
Abril	51	86	68,5
Mayo	52	81	66,5
Junio	47	87	67
Julio	40	82	61
Agosto	43	78	60,5
Septiembre	49	91	70
Octubre	56	90	73
Noviembre	64	95	79,5
Diciembre	71	96	83,5

2.2.3 NIEBLA

Los días de niebla y rocío son necesarios para la caracterización agroecológica.

En el dossier del final del anejo consta la *Tabla nº 8. Días de niebla y rocío*.

2.3 EL VIENTO

Los vientos más representativos en esta zona son el Cierzo, con dirección Noroeste, y el Bochorno, con dirección Sureste, siendo el primero de ellos el predominante.

Aunque los vientos pueden llegar a tener importancia, sobre todo en la formación y desarrollo de los árboles, no es un factor muy relevante a la hora del diseño de la red de riego.

A pesar de esto a continuación se muestran algunos datos que pueden dar idea de las características del viento en esta zona.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$U_{DÍA}$	3,1	3,4	3,5	3,7	3,1	3	3,1	3,1	2,7	2,9	2,9	2,8
U_{24}	200	220	226	239	200	194	200	200	174	187	187	181
$R_{MÁX. (m/s)}$	19,5	23	20,8	21,5	19,1	20	20	19,2	17	18,1	19,9	18

$U_{DÍA}$ – Media mensual de la velocidad diurna diaria del viento en m/s, a 2 m de altura sobre el nivel del suelo

U_{24} – Media mensual del recorrido total diario del viento en Km/día, a 2 m de altura sobre el nivel del suelo

$$U_{24} = \frac{(U_{DÍA} \times 324)}{5}$$

$R_{MÁX.}$ = Racha máxima

2.4 LA RADIACIÓN

Los datos referentes a la radiación se obtienen por medio de tablas en función de la latitud. En este caso la radiación es 42º Norte;

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
R_A	6,9	9	11,8	14,5	16,4	17,2	16,7	15,3	12,8	10	7,5	6,1

R_A = Radiación incidente en mm/día

3. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

3.1 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITE

El método está basado en el cálculo de la evapotranspiración potencial ajustada, entendiéndose como tal, la transferencia de vapor de agua a la atmósfera bajo condiciones ideales de humedad del suelo y vegetación.

La evapotranspiración potencial (ETP) se calcula mediante la siguiente fórmula propuesta por Thornthwaite:

$$e = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a \Rightarrow ETP_{\text{ajustada}} = e \cdot f = 1,6 \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a \cdot f$$

Dónde:

e = evapotranspiración potencial, sin corregir, para un mes de 30 días y doce horas de iluminación diarias.

t = temperatura media mensual.

I = Índice de calor anual. Se obtiene como: $I = \sum_1^{12} i$ y donde $i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$

a = Constante propia de la estación. Calculada según la siguiente fórmula

$$a = (6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 17,92 \cdot 10^{-7} I + 0,49239)$$

ETP_{ajustada} = Evapotranspiración potencial ajustada (mm/mes)

F: coeficiente de corrección función de la latitud y el número de días (tabulado). En nuestro caso, se trata de una latitud de 42° N.

3.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA SEGÚN EL MÉTODO FAO BLANEY-CRIDDLE

Las fórmulas de Blaney-Criddle son de uso muy frecuente, pues utilizan pocos datos meteorológicos y nos proporcionan, en cambio, buena precisión en las condiciones de nuestro clima.

Utilizaremos la modificación propuesta por la FA, en la que se introducen factores correctores relacionados con la humedad relativa mínima, con las horas de sol reales y con la velocidad del viento diurno. También se debe realizar el ajuste a las características propias de Aragón, que requiere reducir dicho valor F.A.O. por un coeficiente constante de 0,88.

$$ET_o = (a + b \cdot p(0,46 \cdot T_m + 8,13))$$

ET_o = Media mensual de la evapotranspiración de referencia en (mm/día)

p = porcentaje diario de horas diurnas anuales

$$a = 0,00043 HR_{min} - \left(\frac{n}{N}\right) - 1,41$$

HR_{min} = Humedad relativa mínima en %

$\left(\frac{n}{N}\right)$ = Media mensual del cociente de insolación

$$b = 0,81917 - 0,0040922 \cdot HR_{min} + 1,0705 \frac{n}{N} + 0,065649 \cdot U_d - 0,0059684 \cdot HR_{min} \cdot \frac{n}{N} - 0,0005967 \cdot HR_{min} \cdot U_d$$

U_d = Media mensual de la velocidad diurna del viento, $\frac{m}{s}$ a 2 m sobre el suelo

Con estos parámetros pasamos a calcular la ETo para cada mes del año, obteniendo el siguiente cuadro:

	t_{med}^a (°C)	HR _{min}	n/N	p	a	b	U _d	ETo (mm/día)	ETo (mm/mes)
ENERO	3,73	69	0,43	0,2	-1,837	0,895	3,1	0	0
FEBRERO	5,47	60	0,51	0,23	-1,917	0,745	3,4	1,99	55,72
MARZO	9,1	52	0,56	0,27	-1,967	1,153	3,5	1,867	57,87
ABRIL	12,13	51	0,55	0,31	-1,957	1,162	3,7	2,981	89,43
MAYO	16,23	52	0,56	0,34	-1,967	1,139	3,1	4,072	126,23
JUNIO	18,69	47	0,65	0,36	-2,057	1,253	3	5,488	164,64
JULIO	23,43	40	0,73	0,35	-2,138	1,392	3,1	7,073	219,26
AGOSTO	23,36	43	0,73	0,32	-2,138	1,529	3,1	7,097	220
SEPTIEMBRE	18,54	49	0,64	0,28	-2,047	1,383	2,7	4,403	132,09
OCTUBRE	12,14,	56	0,57	0,24	-1,977	1,103	2,9	1,653	51,24
NOVIEMBRE	7,81	64	0,51	0,21	-1,917	0,987	2,9	0,598	19,94
DICIEMBRE	4,21	71	0,51	0,19	-1,816	0,858	2,8	0	0

Obtenemos una **ETo anual de 1134,43 mm**, que una vez aplicado el factor de corrección correspondiente para Aragón, 0,88 nos encontramos con un resultado final de **998,29 mm**.

Las normas de realización de este método de cálculo de la evapotranspiración ofrecen unos coeficientes de corrección en función del sistema de riego que se vaya a implantar en la parcela, en nuestro caso sistema de riego localizado de alta frecuencia por microaspersión. Se obtiene un coeficiente de 0,75 que al multiplicarlo por el valor obtenido, 998,29 mm nos queda un resultado final de **749 mm de evapotranspiración**.

3.3 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC)

Para el cálculo de la ETc del cultivo de la carrasca micorrizada, no se han encontrado datos suficientes sobre los coeficientes de cultivo, por similitud del ciclo vegetativo se han seleccionado los datos correspondientes al olivo, por tratarse de un árbol perenne, con una larga vida productiva, débil en su juventud, rústico en la

madurez, adaptado a lo zona y con un tratamiento de la capa vegetal muy similar a las plantaciones de carrasca.

En la siguiente tabla se muestra:

ET_o calculada = la evapotranspiración potencial correspondiente a cada mes del año (mm),

Factores de corrección

$C_1=0,88$ por encontrarnos en Aragón

$C_2=0,75$ por instalar en nuestra parcela un riego por microaspersión

ET_c = Datos de evapotranspiración del olivo en la zona de Graus, donde realizaremos la plantación.

Se ha considerado como periodo de necesidad de riego de las carrascas desde el 1 de abril hasta el 31 de septiembre en base a estudios realizados.

$$ET_c = ET_o K_c$$

$$ET_o = ET_o \text{ real} = ET_o \text{ calculada} \cdot C_1 \cdot C_2$$

	ET _o calculada	C ₁	C ₂	ET _c Graus	K _c	ET _o Real
ABRIL	89,43	0,88	0,75	54	0,91	59,02
MAYO	126,23	0,88	0,75	68	0,81	83,31
JUNIO	164,64	0,88	0,75	80	0,74	108,66
JULIO	219,26	0,88	0,75	83	0,57	144,71
AGOSTO	220	0,88	0,75	72	0,50	145,20
SEPTIEMBRE	132,09	0,88	0,75	54	0,62	87,17

Con los datos recogidos podemos calcular los coeficientes de cultivo para la época señalada, de abril a septiembre ambos incluidos, periodo en el que regaremos.

A continuación se expone el método de trabajo para la obtención de los datos pertenecientes a Graus, extraídos de la página de la Confederación Hidrográfica del Ebro, en el apartado oficina de planificación hidrográfica, dentro de estudios agronómicos y por último en el link dotaciones de riego.

El cálculo de las Dotaciones de Riego se ha realizado utilizando la metodología de Penman- FAO para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia (ET_o) y la metodología USDA para el cálculo de la Precipitación Efectiva, utilizando los datos climáticos procedentes de un total de 113 estaciones climáticas (13 estaciones completas y 100 termopluviométricas) repartidas por toda la cuenca.

Obtenidos los datos de ET_c y Precipitación Efectiva (Pe) se realiza un balance hídrico para cada uno de los años de los que se dispone de datos climáticos, obteniéndose las Necesidades Netas Anuales y a partir de éstas, su valor medio y el percentil 80 de la serie. Este último valor será el utilizado para el cálculo de las Dotaciones de Riego.

Para el cálculo de las mismas, se formuló una hipótesis maximalista, desde el punto de vista de la demanda hídrica, de ocupación de cultivos y se supuso una Eficiencia Global del sistema de 0,6 (60 %).

4. ÍNDICES CLIMÁTICOS

4.1 ÍNDICE DE LANG

Se expresa por la fórmula

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

P = Precipitación media anual (mm)

T = Temperatura media anual en °C

Según nuestros datos meteorológicos tenemos P=570 mm y T=13,17 °C
Determinamos el índice de Lang,

$$I_L = \frac{570}{13,17} = 43,28$$

La caracterización climática correspondiente al índice de Lang puede interpretarse en la siguiente tabla " Zonas Climáticas de Lang"

I_L	Zonas climáticas
$0 \leq I_L \leq 20$	Desiertos
$20 \leq I_L \leq 40$	Zona árida
$40 \leq I_L \leq 60$	Zona húmeda de estepa y sabana
$60 \leq I_L \leq 100$	Zona húmeda de bosque ralos
$100 \leq I_L \leq 160$	Zona húmeda de bosque densos
$160 \leq I_L$	Zona húmeda de prados y tundras

Fuente: Urbano Terrón, P (1995) "Tratado de fitotecnia general", 2ª edición,
Ed. Mundi-Prensa Bilbao

Por tanto obtenemos que $40 \leq I_L < 60$, el clima es propio de **una zona húmeda de estepa y sabana.**

4.2 ÍNDICE DE MARTONNE

El índice de Martonne se obtiene mediante la fórmula;

$$I_M = \frac{P}{T + 10}$$

Donde:

P = precipitación media anual en mm

T = temperatura media anual en °C.

Según nuestros datos meteorológicos, tenemos $P=570$ mm y $T=13,17$ ° C.

El índice de Martonne es:

$$I_M = \frac{364570}{(13,17 + 10)} = 24,60$$

La caracterización climática correspondiente al índice de Martonne puede interpretarse en la siguiente tabla " Zonas Climáticas de Martonne"

I_M	Zonas climáticas
$0 \leq I_M \leq 5$	Desiertos
$5 \leq I_M \leq 10$	Semidesiertos
$10 \leq I_M \leq 20$	Estepas y países secos mediterráneos
$20 \leq I_M \leq 30$	Regiones de olivo y cereales
$30 \leq I_M \leq 40$	Regiones subhúmedas de prados y bosques
$40 \leq I_M$	Zona húmeda a muy húmedas

Fuente: Urbano Terrón, P (1995) "Tratado de fitotecnia general", 2º edición,
 Ed. Mundi-Prensa Bilbao

La caracterización climática, según el índice de Martonne, nos dice que el clima es característico de **regiones del olivo y de los cereales**, ya que el valor está comprendido en el intervalo $20 \leq I_M < 30$.

4.3 INDICE DE EMBERGER

Relaciona las precipitaciones anuales con las temperaturas extremas del mes más cálido y del mes más frío y con la evapotranspiración y la humedad
 Se calcula según la expresión

$$Q = \frac{100 \cdot P}{M^2 + m^2}$$

Donde:

P = precipitación media anual en mm

M = temperatura media máxima del mes más cálido

m = temperatura media mínima del mes más frío

Según nuestros datos meteorológicos, tenemos P=570 mm, M=32,59 ° C y m= - 0,94 ° C.

Determinamos el índice de Emberger

$$Q = \frac{100 \cdot 570}{32,59^2 + (-0,94)^2} = 53,62$$

Los resultados del cociente se comparan con la tabla de valores del cociente de Emberger y el gráfico siguiente:

Q	30-0	50-30	90-50	90-200	>200
CLIMA	Árido	Semiárido	Sub-húmedo	Húmedo	Perhúmedo

Tabla de valores del cociente de Emberger, Fuente: Rivas-Martínez (2005)

El valor obtenido implica **clima subhúmedo**.

5. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

5.1 CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS

Papadakis considera que son las respuestas de los distintos cultivos al clima los factores representativos a considerar para una clasificación agroclimática. Por ello propone una clasificación en la que se utilizan fundamentalmente factores obtenidos a partir de valores extremos de los factores climatológicos. Esta clasificación se apoya en las siguientes caracterizaciones:

- Rigor Invernal
- Calor Estival
- Aridez

A cada una de las características anteriores se le asigna una sigla representativa y, con ellas, se compone la fórmula climática de Papadakis.

5.1.1 RIGOR INVERNAL. TIPO DE INVIERNO

A continuación se muestra la tabla "Tipos de invierno y sus límites en términos de temperaturas". Se pueden observar los diferentes cultivos indicadores y sus correspondientes tipos y subtipos climáticos en función del rigor del invierno, señalándose las escalas de valores para cada uno de ellos en función de las temperaturas.

TIPO	Temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío. (°C)	Temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)	Temperatura media de las máximas del mes más frío (°C)
Ecuatorial (Ec)	>7°	>18°	
Tropical			
Tp (cálido)	>7°	13° a 18°	>21°
tp (medio)	>7°	8° a 13°	>21°
tp (fresco)	>7°		<21°
Citrus			
Ct (tropical)	7° a -2.5°	> 8°	>21°
Ci	7° a -2.5°		10° a 21°
Avena			
Av (cálido)	-2.5° a -10°	>-4°	>10°
av (fresco)	>-10°		5 a 10°
Triticum			
Tv (trigo-avena)	-10° a -29°		>5°C
Ti (cálido)	>-29°		0° a 5°
ti (fresco)	>-29°		<0°
Primavera			
Pr (mas cálido)	<-29°		>-17.8°
pr (más fresco)	<-29°		<-17.8°

Los datos obtenidos son;

Temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío. (°C): **-2,58**

Temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C): **-0,94**

Temperatura media de las máximas del mes más frío (°C): **9,05**

Contrastando estos datos en la tabla el tipo climático del invierno es **tipo Avena, Av.**

5.1.2 CALOR ESTIVAL. TIPO DE VERANO Y SUS LÍMITES EN TÉRMINO DE TEMPERATURAS

A continuación se muestra la tabla "Tipos de verano y sus límites en términos de temperaturas". Se pueden observar los diferentes cultivos indicadores y sus correspondientes tipos y subtipos climáticos en función del calor del verano:

:

TIPO	Duración de la estación libre de heladas (mínima disponible o media), en meses.	Media de la media de las máximas de los n meses más cálidos.	Media de las máximas del mes más cálido, °C.	Media de las mínimas del mes más cálido, °C.
Algodón (G)				
G (más cálido)	Mínima >4.5	>25° n=6	> 33.5°	
g (menos cálido)	Mínima >4.5	>25° n=6	< 33.5°	> 20°
Cafeto C	Mínima 12	>21° n=6	< 33.5°	< 20°
Oryza (arroz)	Mínima >4	21° a 25° n=6		
Maiz (M)	Disponible >4.5	>21° n=6		
Triticum				
T (más cálido)	Disponible >4.	<21° n=6		
t (menos cálido)	Disponible 2.5 a 4.5	>17° n=4		
Polar cálido (P)	Disponible < 2.5	>10° n=4		

Los tipos de veranos, al igual que los de invierno vienen determinados por los límites térmicos pero además tienen en cuenta la estación libre de heladas.

Según el régimen de heladas de Papadakis, ya estudiado, podemos clasificar el verano como **Cafeto c.**

5.1.3 REGÍMEN DE TEMPERATURA

Siguiendo los parámetros definidos por Papadakis, que define un tipo de régimen térmico según los tipos de invierno y verano, clasificamos la zona como **Te, templado fresco.**

5.1.4 REGÍMENES DE HUMEDAD

De acuerdo con la distribución de meses húmedos y secos, nos encontramos ante un clima **Me, Mediterráneo templado fresco**

5.1.5 CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LOS REGÍMENES TÉRMICO E HÍDRICO

Según el régimen térmico y de humedad, Papadakis establece los tipos de climas. Cada una de estas unidades climáticas se subdividen en Base a la combinación del régimen térmico e hídrico.

La unidad climática es **Mediterráneo**

5.2 CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO – FAO

Denominado bioclimático por relacionar las condiciones climáticas con el desarrollo de la vida vegetal y animal

Los factores climáticos utilizados en esta clasificación son los siguientes:

5.2.1 TEMPERATURAS

Hacemos una primera división clasificando en función de la temperatura media mensual, como en ningún mes la temperatura es inferior a los 0°C, establecemos que se encuentra dentro del **GRUPO 1: Climas templados, templado-cálidos y cálidos.** Subdividimos los grupos según la temperatura media del mes más frío, en este caso, 3,73° C.

CLASE	CONDICION
Grupo 1	$tm_1 > 0$
Cálido	$tm_1 \geq 15$
Templado-cálido	$15 > tm_1 \geq 10$
Templado-medio	$10 > tm_1 > 0$
Grupo 2	$0 \geq tm_1$
Templado-frío	$0 > tm_1 \geq -5$
Frío	$-5 > tm_1$
Grupo 3	$0 > tm_{12}$
Glacial: todos los meses del año con tm negativa.	$0 > tm_{12}$

También podemos caracterizar la estación fría, para ello, necesitamos la media de las mínimas del mes más frío ($-0,94^{\circ}$ C) y según los umbrales definidos por UNESCO-FAO, tenemos un **invierno moderado**, en el que las temperatura media de las mínimas del mes más frío es inferior a 3° C y mayor de -1° C.

TIPO DE INVIERNO	CONDICION
Sin invierno	$t_1 \geq 11^{\circ}$ C
Cálido	$11 > t_1 \geq 7$
Suave	$7 > t_1 \geq 3$
Moderado	$3 > t_1 \geq -1$
Frío	$-1 > t_1 \geq -5$
Muy frío	$-5 > t_1$

5.2.2 ARIDEZ

Consiste en determinar los periodos secos del año y clasificar el clima mediante este dato. Por tanto, con las temperaturas medias y las precipitaciones, determinaremos las características del mes.

Si la precipitación mensual en mm. es igual o menor al doble de la temperatura media mensual ($^{\circ}$ C), estaremos en un mes seco.

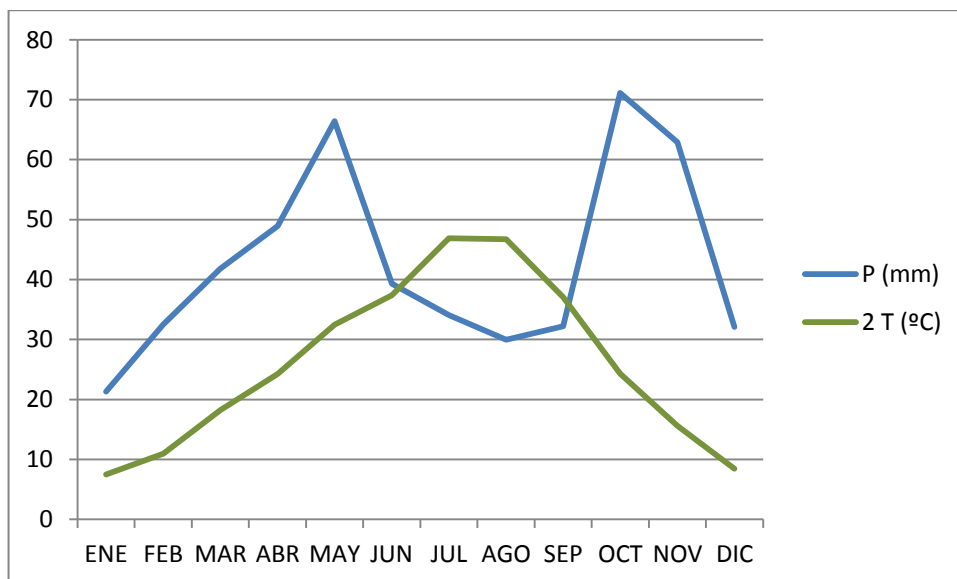
Si la precipitación supera el doble de la temperatura, pero no alcanza a tres veces éstas, se trata de un mes subseco.

En consecuencia:

- Mes seco: $P < 2T$
- Mes subseco : $2T < P < 3T$

Se considera periodo seco aquel formado por varios meses secos consecutivos. Según esto, el gráfico muestra un único periodo seco que transcurre desde la segunda quincena de junio hasta mediados del mes de septiembre. En base a esto el clima se puede definir como **monoxérico**.

DIAGRAMA OMBROTÉRMICO



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P mm	21,3	32,5	41,83	48,9	66,43	39,31	34,06	29,96	32,2	71,1	62,87	32,07
T °C	3,73	5,47	9,1	12,13	16,23	18,69	23,43	23,36	18,54	12,14	7,81	4,21

TABLAS - Anejo 3

Tabla nº1: Temperatura media de las temperaturas máximas

Tabla nº2: Temperatura media de las temperaturas mínimas

Tabla nº3: Temperaturas medias

Tabla nº4: Temperaturas máximas absolutas mensuales

Tabla nº5: Temperaturas mínimas absolutas mensuales

Tabla nº 6: Precipitaciones (mm/año)

Tabla nº7: Días de lluvia

Tabla nº8: Días de niebla y rocío

Tabla nº1: Temperatura media de las temperaturas máximas

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2009	10,05	12,11	18,99	24,79	22,54	31,26	34,84	28,33	18,97	18,90	14,10	10,92
2010	11,85	12,33	15,83	18,12	21,29	28,93	30,46	31,82	28,21	21,93	12,22	10,13
2011	7,21	12,11	16,85	18,59	25,64	29,58	32,84	32,33	26,82	19,47	12,69	6,39
2012	7,11	11,21	17,05	20,69	26,12	29,67	33,88	31,82	27,12	21,36	15,23	7,97
2013	9,48	15,14	16,34	18,12	25,16	26,41	30,93	32,64	25,93	20,13	12,60	9,84
MEDIA	9,14	12,6	17,01	20,06	24,15	29,17	32,59	31,39	25,41	20,36	13,37	9,05

Tabla nº2: Temperatura media de las temperaturas mínimas

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2009	-0,89	-1,25	4,50	6,20	10,83	16,13	18,28	15,55	9,23	11,84	5,49	0,66
2010	-0,44	0,00	0,90	4,80	8,86	13,26	14,77	17,62	14,18	8,29	1,69	0,00
2011	-3,19	-4,75	0,79	4,97	9,84	14,34	16,62	16,89	13,31	7,74	3,30	-1,37
2012	-0,18	-0,50	4,05	6,37	10,83	13,53	17,54	15,34	14,28	9,32	6,42	0,00
2013	0,00	3,50	3,26	7,16	10,04	12,19	15,14	17,10	11,66	7,11	0,00	-0,44
MEDIA	-0,94	-0,6	2,7	5,9	10,08	13,89	16,47	16,5	12,53	8,86	3,38	-0,23

Tabla nº3: Temperaturas medias mensuales

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2009	3,11	4,46	10,10	11,96	15,94	19,49	22,25	25,15	17,73	10,63	7,83	5,44
2010	5,82	6,27	8,16	10,41	13,79	17,36	21,86	23,71	19,84	11,65	7,46	5,56
2011	1,70	3,01	8,47	12,44	17,31	19,84	23,82	22,99	19,65	12,41	7,18	1,81
2012	3,61	4,82	10,00	12,05	17,70	18,98	25,98	22,16	18,41	14,11	9,85	4,48
2013	4,41	8,80	8,77	13,79	16,43	17,78	23,23	22,78	17,06	11,90	6,72	3,75
MEDIA	3,73	5,47	9,1	12,13	16,23	18,69	23,43	23,36	18,54	12,14	7,81	4,21

Tabla nº4: Temperaturas máximas absolutas mensuales (°C)

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2009	21,24	20,23	24,13	27,58	32,77	38,03	38,90	39,72	30,48	24,61	20,16	12,06
2010	16,63	17,98	24,13	32,33	28,92	36,13	37,93	36,81	34,41	28,39	18,15	22,39
2011	17,55	20,23	23,20	28,53	31,81	36,13	38,90	35,85	35,40	25,55	20,16	12,06
2012	12,01	15,73	33,41	25,68	34,70	34,23	37,93	35,85	36,38	25,55	23,19	15,50
2013	16,63	17,98	17,63	25,68	30,85	32,33	35,98	39,72	27,53	28,39	18,15	15,50
MEDIA	16,81	18,4	24,5	27,96	31,81	35,37	37,93	37,59	32,84	26,5	19,96	15,5

Tabla nº5: Temperaturas mínimas absolutas mensuales (°C)

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2009	-4,61	-6,99	0,90	1,25	6,51	10,19	12,08	14,38	9,90	1,76	0,97	-3,86
2010	-3,69	-2,99	-5,40	0,00	3,72	9,26	9,49	11,68	7,43	4,40	-2,92	-4,82
2011	-8,30	-7,99	-7,20	-1,25	1,86	12,04	12,94	10,78	6,60	3,52	-3,89	-7,71
2012	-6,45	-3,99	-3,60	1,25	4,65	7,41	13,80	10,78	8,25	6,16	3,89	-4,82
2013	-4,61	-5,99	0,00	0,00	4,65	0,00	9,49	10,78	2,48	3,52	-6,81	-5,79
MEDIA	-5,53	-5,59	-3,06	0,25	4,28	7,78	11,56	11,68	6,93	3,87	-1,75	-5,4

Tabla nº7: Días de lluvia

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2009	3	3	4	4	7	4	4	7	8	10	6	7
2010	1	3	5	10	11	0	3	3	3	1	0	4
2011	0	2	2	5	7	5	3	2	5	9	6	2
2012	4	4	5	4	5	5	6	3	10	6	3	2
2013	2	3	4	13	6	3	1	4	0	4	3	0
MEDIA	2	3	4	7,2	7,2	3,4	3,4	3,8	5,2	6	3,6	3

Tabla nº8: Días de niebla y rocío

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2009	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8
2010	3	10	7	1	0	0	0	0	0	0	0	2
2011	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5
2012	10	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2013	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4
MEDIA	7	4,2	1,8	0,2	0	0	0	0	0	0	2,8	4,6

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	RESULTADO DEL ANÁLISIS	3
3	ÍNDICES DE PRIMER GRADO	4
3.1	EL PH.....	4
3.2	CONTENIDO TOTAL DE SALES	4
3.3	PRESIÓN OSMÓTICA DEL AGUA.....	4
3.4	SALES PROBABLEMENTE DISUELTAS EN EL AGUA DE RIEGO	5
4	ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO	6
4.1	RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO	6
4.2	DUREZA DEL AGUA	7
4.3	RELACION DE CALCIO	7
4.4	RELACION DE SODIO	7
4.5	ÍNDICE DE EATON O CARBONATO SÓDICO RESIDUAL (CSR)	8
5	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE RIEGO PARA EL RIESGO DE ALCALINIZACIÓN DEL SUELO	9
6	NORMAS COMBINADAS MÁS FRECUENTES	12
6.1	NORMAS H GREENE	12
6.2	NORMAS DE RIVERSIDE	13
6.3	NORMAS DE WILCOX	14

1 INTRODUCCIÓN

El agua es elemento principal para la nutrición de las plantas, como en ella se pueden encontrar diversas concentraciones de sustancias disueltas, y de estas concentraciones depende la calidad de la misma para su uso, es imprescindible un análisis de calidad del agua.

El agua tomada para el riego de la parcela donde se pretende realizar la plantación trufera, proviene de un manantial que mana en la parte más al norte de la citada parcela. Como en este caso no se dispone de datos periódicos medidos por ningún estamento público, se tendría que realizar un análisis del agua de ese manantial para conocer sus características. Dado que se trata de un Proyecto de Fin de Carrera, no se va a realizar dicho análisis, por el coste que supone, sino que se van a estimar unos datos que podrían ser cercanos a la realidad.

Se van a seguir los métodos más utilizados, que por otra parte, son los que más pueden ayudar a dar un criterio adecuado. Por lo general, todos se basan a la hora de determinar la calidad del agua en el contenido en sales solubles, sin considerar las relaciones que se establecen entre el agua y el medio en el que será consumida.

En cada caso lo que se valora es el riesgo potencial del uso del agua. Es decir, la mayoría de las aguas consideradas peligrosas tienen un contenido actual de sales que en sí mismo no es demasiado perjudicial; el problema se presenta cuando esas aguas evolucionan en el suelo.

La evapotranspiración disminuye la humedad del suelo pero prácticamente no elimina sales, de forma que la solución del suelo se hace cada vez más salina a medida que el suelo se seca. Por este procedimiento, si el agua inicialmente tiene una concentración salina aceptable puede alcanzar valores elevados. Además se presentan otros fenómenos: al concentrarse las sales, alguna de ellas puede alcanzar su límite de solubilidad y precipitar, desplazando de la solución del suelo determinados cationes y alterando las propiedades iniciales. Esto suele ocurrir con algunas sales de calcio de baja solubilidad, que tienen por consecuencia un aumento de la proporción de sodio en el agua del suelo y del PSI del mismo.

Se hace muy importante determinar la calidad del agua que se va a usar para el riego, ya que dependiendo de los resultados que se obtengan será factible o no la puesta en riego.

2 RESULTADO DEL ANÁLISIS

A continuación se muestran los datos analíticos de la calidad del agua, para poder determinar su idoneidad para el riego de nuestra finca:

CATIONES		ANIONES	
	mg/		mg/
Calcio (Ca ²⁺)	39,8	Cloruros (Cl ⁻)	29,1
Magn (Mg ²⁺)	7,8	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	41,2
Sodio (Na ⁺)	14,4	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	109,5
Potasio (K ⁺)	0	Carbonatos (CO ₃ ⁻)	12,1
	62		191,9

pH= 8,0

CE 25°C = 452 mmho/cm

Temperatura: 25°C

OTROS IONES			
	mg/L		mg/L
Nitrat os	2,8	Manganeso	0
Nitrit	0,06	Mercur	0
Cobre	0	Plomo	0
Hierr o	0	Boro	0

3 ÍNDICES DE PRIMER GRADO

3.1 EL PH

El intervalo óptimo de pH se encuentra entre 7 y 8, en nuestro caso el pH es de 8,0 en el mes de julio y la media mensual en un pH de 8.

3.2 CONTENIDO TOTAL DE SALES

Este contenido puede ser peligroso cuando pasa de 1 gramo/Litro. La cantidad de sales disueltas e ionizadas en el agua es proporcional a la cantidad de corriente que pasará a través de ésta, según la siguiente relación:

$$SD = 0,64 \times CE \text{ (a } 25^{\circ}\text{C)}$$

Donde:

SD = Concentración de sales en mg/L o ppm.

CE = Conductividad eléctrica en mmho/cm.

Sustituyendo los valores en la expresión anterior se obtiene que:

$$SD = 0.64 \times 452 = 289 \text{ mg/L}$$

El contenido total de sales es 289 mg/L o 0,289 g/L.

3.3 PRESIÓN OSMÓTICA DEL AGUA

La presión osmótica del agua aumenta a medida que lo hace su concentración salina. La relación es lineal y puede calcularse por la fórmula:

$$Po = 0,36 \times CE$$

Donde:

Po = Presión osmótica, en atmósferas.

CE = Conductividad eléctrica, en mmho/cm.

Entonces, el resultado es:

$$Po = 0,36 \times 0,452 = 0.163 \text{ atm.}$$

3.4 SALES PROBABLEMENTE DISUELTAS EN EL AGUA DE RIEGO

Pueden determinarse a partir de valores que, para cada uno de los iones haya dado el análisis. Para ello se tendrá en cuenta que las sales que contiene, generalmente, el agua de riego son:

- Cloruro sódico y magnésico (NaCl, MgCl₂).
- Sulfatos sódico, cálcico y magnésico (Na₂SO₄, CaSO₄, MgSO₄).
- Carbonato sódico (Na₂CO₃).
- Bicarbonato cálcico y magnésico [Ca (HCO₃)₂, Mg (HCO₃)₂].

Para determinar estas sales se aplicarán las siguientes reglas:

1ª) Sumar por separado los meq de calcio y magnesio y los de sulfatos y bicarbonatos. La menor de estas sumas se toma como representativa del contenido en bicarbonatos más sulfatos de calcio y magnesio.

- $2 (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = 2,631 \text{ meq/L} = A$
- $2 (\text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-) = 2,59 \text{ meq/L} = B$
- $B = \text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 = 2,59 \text{ meq/L}$

2a) Si en las sumas anteriores, los cationes superan a los aniones, el exceso se atribuye a cloruro magnésico (MgCl₂) y se interpreta que no hay sulfato sódico (Na₂SO₄).

- $\text{MgCl}_2 = A - B = 0,041 \text{ meq/L}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0.0 \text{ meq/L}$

3a) Los carbonatos (CO_3^-), (12,1 mg/l) se atribuyen a carbonato sódico.

4a) La diferencia entre los cloruros (Cl^-) dados por el análisis y los posibles MgCl_2 calculados en la regla 2ª, se atribuyen a cloruro sódico (NaCl).

$$- \text{NaCl} = \text{Cl}^- - \text{MgCl}_2 = 0,77 - 0,729 = 0,041 \text{ meq/L.}$$

En definitiva, las sales probablemente que estarían presentes en el agua en la que se ha realizado el análisis serían:

- Cloruro sódico y magnésico.
- Sulfatos cálcico y magnésico.
- Bicarbonatos cálcico y magnésico.

4 ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO

4.1 RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO

La relación de adsorción de sodio hace referencia a la concentración del ión sodio y los iones calcio y magnesio. Su valor numérico se determina mediante la expresión

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

Las concentraciones de los cationes se expresan en meq/L.

Cuando al analizar un agua se encuentran valores de SAR mayores que 10, se puede decir que esa agua es alcalinizante, siendo mayor el riesgo de alcalinización cuanto mayor es este valor.

En este caso se obtiene un valor de SAR de:

$$SAR = \frac{0,626}{\sqrt{\frac{1,99 + 0,641}{2}}} = 0,545$$

Por lo tanto 0,545 es menor que 10, por lo tanto se puede considerar un agua óptima para el riego.

4.2 DUREZA DEL AGUA

Otro índice que se suele encontrar en los estudios de aguas, está referido al contenido de calcio que hay en estas, y se expresa en grados franceses, mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{(Ca^{2+} \cdot 2,5) + (Mg^{2+} \cdot 4,12)}{10}$$

En la expresión las concentraciones de los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} se expresa en mg/L. Sustituyendo en la expresión por los valores correspondientes se obtiene un valor de 13,16, por lo que se entiende que es un agua medianamente dulce.

4.3 RELACION DE CALCIO

Esta relación muestra la proporción del contenido de calcio respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/L, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$RC = \frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+} + Na^{+} + Mg^{2+}}$$

Sustituyendo por los valores correspondientes se obtienen un valor de la relación de calcio de 0,61.

4.4 RELACION DE SODIO

Esta relación es similar a la anterior, y muestra el contenido de ión sodio que hay en un agua respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/L, y se calcula mediante la expresión siguiente:

$$RS = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Na^+ + Mg^{2+}}$$

Sustituyendo en la expresión anterior por los valores que corresponden a cada catión, se obtiene un valor numérico de la relación de sodio de 0,19 meq/L.

4.5 ÍNDICE DE EATON O CARBONATO SÓDICO RESIDUAL (CSR)

Indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes de calcio, magnesio con los aniones carbonato y bicarbonato. Se calcula a partir de los valores obtenidos en el análisis, expresados en meq/L.

$$CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^{2-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

El criterio para caracterizar aguas de riego, según este índice es: "No son buenas las aguas que contienen más de 2,5 meq/L; son dudosas las que presentan un contenido entre 1,25 y 2,5 meq/L y son buenas, si este contenido es inferior a 1,25 meq/L."

Así pues, en este caso: **CSR = (0,40 + 3,36) - (1,99 + 0,64) = -0,54 meq/L.**

Por lo tanto como el valor obtenido es inferior a 1,25 meq/L, **el agua es buena y utilizable para el riego.**

5 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE RIEGO PARA EL RIESGO DE ALCALINIZACIÓN DEL SUELO

La influencia sobre la permeabilidad del suelo que tiene un agua de riego no depende sólo de la relación entre los cationes sodio, calcio y magnesio, sino que está relacionada también con la presencia en la composición del agua de iones bicarbonato, y carbonato; cuya actividad da lugar a la precipitación del agua de iones magnesio y, en consecuencia, a la disminución de la concentración de estos elementos en beneficio de la acción degradante que tiene el sodio en el suelo.

Para evaluar el riesgo de alcalinización de un suelo, R.S. Ayers y D.W. Westcot en 1976, consideraron que el conocido índice SAR no era representativo, debido a la precipitación de los carbonatos y bicarbonatos cálcicos y magnésicos y del sulfato cálcico, quedando en solución el carbonato sódico que aumentaba de forma muy importante la proporción relativa de sodio. Proponen un valor de SAR ajustado (SAR_{aj}) que puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$SAR_{aj} = SAR [1 + (8.4 - pH_c)] = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} [1 + (8.4 - pH_c)] \quad (1)$$

Donde el SAR es el calculado en el apartado 4.1 de este anejo y pH_c es un valor teórico calculado para el pH del agua de riego con cal y en equilibrio con el CO_2 de la atmósfera del suelo.

El valor pH_c se determina mediante la siguiente fórmula:

$$pH_c = (pK'_2 - pK'_c) + p(Ca^{2+} + Mg^{2+}) + p(Alk)$$

Siendo:

- pK'_2 = el logaritmo decimal, cambiado de signo, de la segunda constante de disociación del H_2CO_3 .
- pK'_c = el logaritmo decimal, cambiado de signo, de la constante de solubilidad del $CaCO_3$.

- $p (Ca^{2+} + Mg^{2+})$ = el logaritmo decimal, cambiado de signo, de la concentración molar de Ca^{2+} y Mg^{2+} .
- $p (Al_k)$ = el logaritmo decimal, cambiado de signo, de la concentración equivalente de $HCO_3^- + CO_3^{2-}$.

En la siguiente tabla se incluyen los valores necesarios para calcular pH_c a partir de los resultados obtenidos de los análisis de agua.

Se comprueba que los valores, obtenidos por el SAR ajustado en el agua presentan una correlación muy alta (superior a los de SAR) con el SAR medido en los extractos de saturación de los suelos regados. Se ha comprobado que los valores de SAR ajustado altos, perjudican más a las arcillas que se contraen, que a las que no sufren variaciones de volumen.

- $(pK'_2 - pK'_c)$, se obtiene de la suma de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ en meq/L.
- $p (Ca^{2+} + Mg^{2+})$, se obtiene de la suma de Ca^{2+} y Mg^{2+} en meq/L.
- $p (Al_k)$, se obtiene de la suma de $HCO_3^- + CO_3^{2-}$ en meq/L.

Entonces:

- $(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+) = 3,26$ meq/L
- $(Ca^{2+} + Mg^{2+}) = 2,63$ meq/L
- $(HCO_3^- + CO_3^{2-}) = 2,18$ meq/L

TABLA PARA CALCULAR pH_c			
Suma concentración (meq/l)	$(pK'_2 - pK'_c)$	$p (Ca^{2+} + Mg^{2+})$	$p(Al_k)$
0,05	2	4,6	4,3
0,1	2	4,3	4
0,15	2	4,1	3,8
0,2	2	4	3,7
0,25	2	3,9	3,6
0,3	2	3,8	3,5
0,4	2	3,7	3,4
0,5	2,1	3,6	3,3
0,75	2,1	3,4	3,1
1	2,1	3,3	3
1,25	2,1	3,2	2,9
1,5	2,1	3,1	2,8
2	2,2	3	2,7

TABLA PARA CALCULAR pH _c			
Suma concentración (meq/l)	(pK' ₂ - pK' _c)	p (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	p(Al _k)
2,5	2,2	2,9	2,6
3	2,2	2,8	2,5
4	2,2	2,7	2,4
5	2,2	2,6	2,3
6	2,2	2,5	2,2
8	2,3	2,4	2,1
10	2,3	2,3	2
12,5	2,3	2,2	1,9
15	2,3	2,1	1,8
20	2,4	2	1,7
30	2,4	1,8	1,5
50	2,5	1,6	1,3
80	2,5	1,4	1,1

Entrando en la tabla anterior, con los datos calculados anteriormente se obtienen los siguientes valores:

- (pK'₂ - pK'_c) = 2,2
- p (Ca²⁺ + Mg²⁺) = 2,8
- p (Al_k) = 2,5

Con estos valores se calcula el valor de pH_c:

$$\text{pH}_c = (\text{pK}'_2 - \text{pK}'_c) + p (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) + p (\text{Al}_k) = 2,2 + 2,5 + 2,8 = 7,5$$

Así pues, el valor del SAR ajustado aplicando la fórmula (1), es:

$$\text{SAR}_{aj} = 0,545 \times [1 + (8,4 - 7,5)] = 1,03$$

	Calificación del agua
SAR_{aj} ≤ 6	No hay riesgo de alcalinización.
6 < SAR_{aj} < 9	Moderado riesgo de alcalinización.
9 < SAR_{aj}	Grave riesgo de alcalinización

Con este valor de SAR ajustado, entrando en la siguiente tabla se obtiene que no hay problema de alcalinización.

6 NORMAS COMBINADAS MÁS FRECUENTES

Se basan en la utilización combinada de algunos índices antes descritos.

6.1 NORMAS H GREENE

Estas normas toman como datos de partida la concentración total de las aguas expresadas en meq/L con relación al porcentaje de sodio, expresado respecto al contenido total de cationes en meq/L.

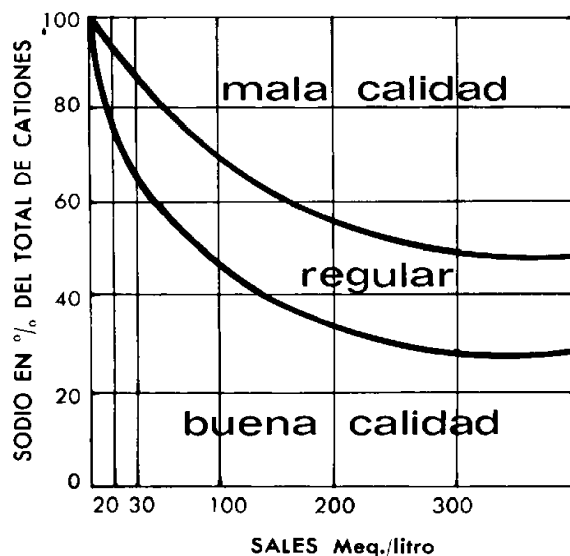
CATIONES		
	mg/L	meq/L
Calcio (Ca²⁺)	39,8	1,99
Magnesio (Mg²⁺)	7,8	0,82
Sodio (Na⁺)	14,4	1,77
Potasio (K⁺)	0	0
	62	4,58

Entonces:

- $\%Na = \frac{1,77}{4,58} \cdot 100 = 38,6\%$

- Concentración total (cationes+aniones) = 3,25 + 3,36 = 6,61 meq/L.

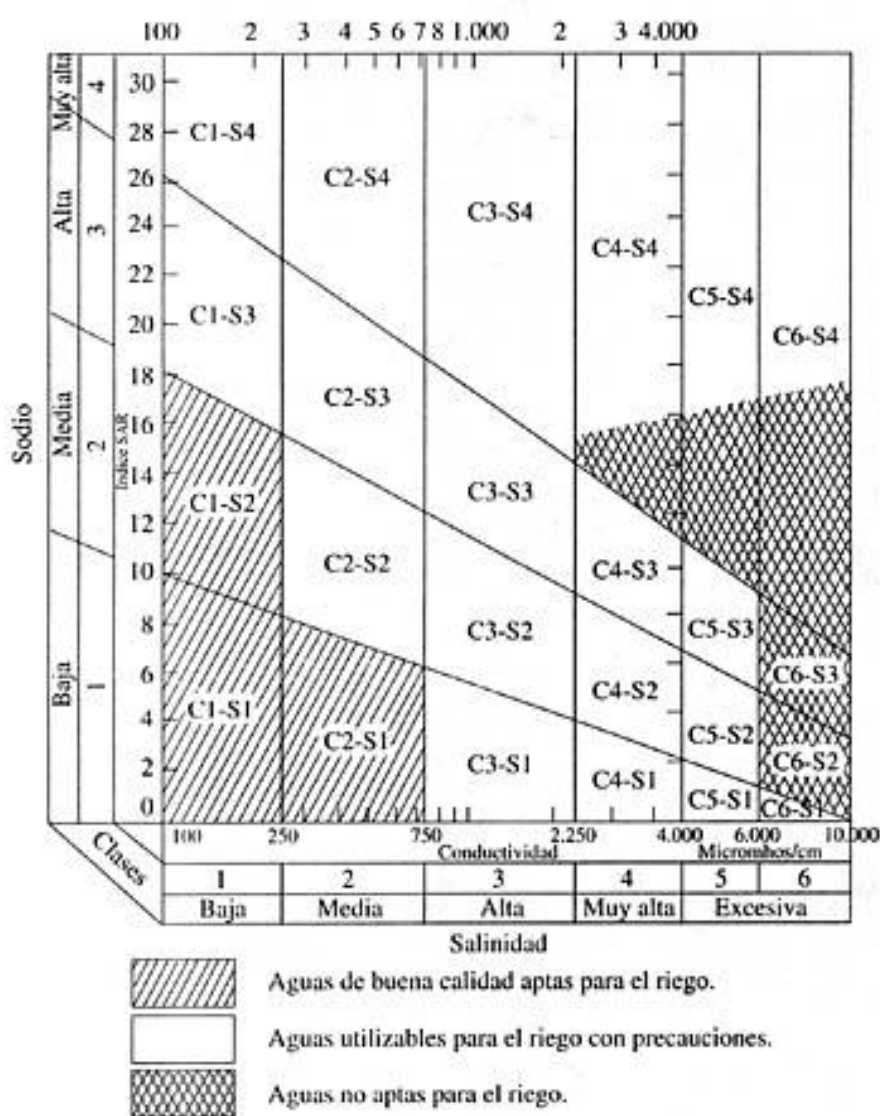
Con estos valores obtenidos se entra en la siguiente gráfica y se obtiene como resultado un agua de **buena calidad para el riego**.



6.2 NORMAS DE RIVERSIDE

Tienen en cuenta la conductividad eléctrica y el S.A.R. Según estos dos índices, se establecen categorías o clases de aguas enunciadas según las letras C y S, acompañadas por un subíndice numérico cuyo valor aumenta con el del índice respectivo, varía entre 1 y 4.

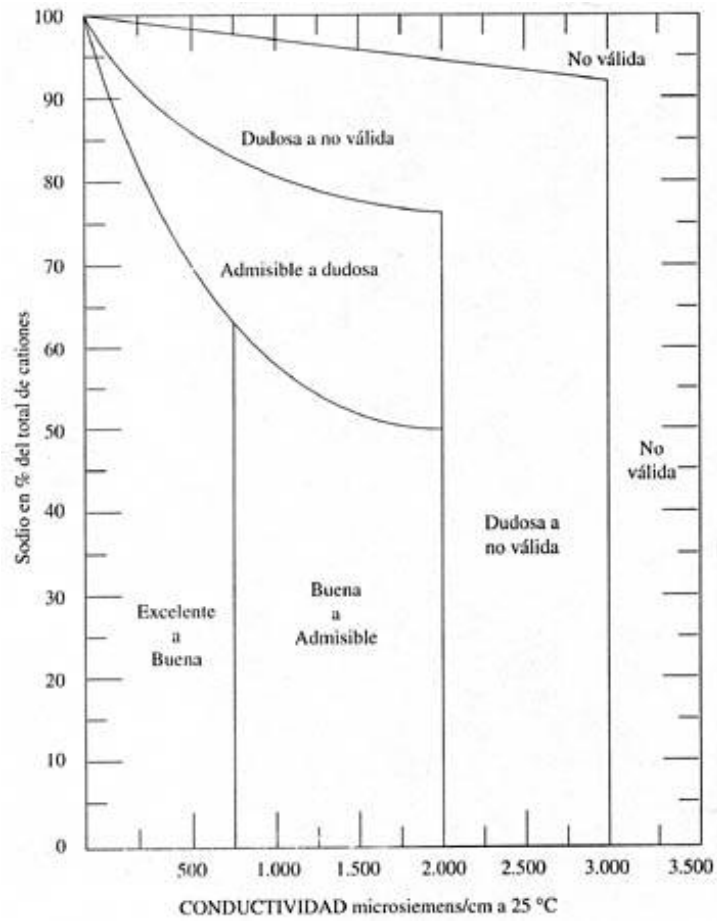
Entrando en el ábaco con un valor del S.A.R. de 0,545 y una C.E. a 25 °C de 452 micromhos/cm, obtenemos una calificación del agua de C₂ S₁ que indica riesgo **medio de salinización** del suelo **y muy** bajo de alcalinización.



6.3 NORMAS DE WILCOX

Este autor considera como los índices para clasificar las aguas de riego, el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica en \cdot mhos/cm.

El porcentaje de sodio (%Na) se ha calculado en el apartado 6.1, y es de 38,6%. La conductividad eléctrica a 25°C es de 452 \cdot mhos/cm.



Por lo tanto, entrando en la siguiente gráfica se obtiene un tipo de agua de **"Excelente a buena para el riego"**.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	CICLO BIOLÓGICO DE LA TRUFA.....	4
2.1	ETAPA VEGETATIVA	5
2.1.1	Germinación y el micelio.....	5
2.1.2	Las micorrizas.....	6
2.2	ETAPA REPRODUCTORA Y FRUCTIFICACIÓN: LA TRUFA.	10
2.2.1	Formación de las trufas.	10
2.2.2	Fase saprofítica.....	13
2.2.3	Desarrollo y nutrición del ascocarpo-trufa.	14
2.2.4	Diseminación de las esporas.	16
3	ADECUACIÓN DE LA PARCELA A LOS REQUERIMIENTOS DE LA PRODUCCIÓN DE TRUFA NEGRA.....	19
3.1	CONDICIONANTES PARA UNA BUENA ADECUACIÓN DE LA PARCELA	20
3.1.1	PREPARACIÓN DEL TERRENO	22
3.1.2	PLANTACIÓN DE LA TRUFERA.....	24

1 INTRODUCCIÓN

La trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt) es un hongo ectomicorrícico, hipogeo, comestible y muy apreciado en la cocina de calidad por su intenso aroma. Alcanza precios muy elevados, estimándose el valor en manos de los truferos españoles en 2.500.000-10.000.000 € anuales, dependiendo de precios y producciones. La producción trufera española supone el 30-40 % de la mundial.

Los ensayos experimentales realizados y los resultados obtenidos en gran número de plantaciones existentes en nuestro país hasta la fecha indican que, la trufa se puede producir mediante técnicas agrícolas. En la actualidad los estudios se centran en el cultivo de *Tuber melanosporum vittad*, por ser de entre las cultivadas en España, la que tiene un mejor precio.

Nombre científico	Nombre común	Fructificación	Producción en España/precio
<i>T. melanosporum</i>	 Trufa negra de invierno	Nov-Mar	25t/550€
<i>T. brumale</i>	 Trufa de otoño	Nov-Mar	1t/150€
<i>T. aestivum</i>	 Trufa de verano	May-Sept	10t/60-100€
<i>T. indicum</i>	 Trufa asiática	Nov-Mar	Nada /20-390€
<i>T. magnatum</i>	 Trufa blanca del Piamonte	Oct- Dic	Nada/3000€

Fuente: MAPA DE APTITUD PARA EL CULTIVO DE LA TRUFA NEGRA
 (*Tuber melanosporum* Vittad) EN LA PROVINCIA DE ZARAGOZA

La trufa negra se cultiva en simbiosis con varias especies del género *Quercus*, en este caso con *Quercus ilex L.* La trufa no puede desarrollarse sin esta relación simbiótica mediante micorrizas, cuerpos formados por la asociación hongo-raíz.

Ciertos estudios muestran que la Península Ibérica posee amplias zonas que podrían ser aptas para el cultivo de la trufa. Muchos de estos terrenos se encuentran baldíos y por lo tanto exentos de rendimiento. Dentro de este grupo se encuadran, por ejemplo, ciertas áreas de montaña y media montaña de la España calcárea.



Fuente: MAPA DE APTITUD PARA EL CULTIVO DE LA TRUFA NEGRA
(*Tuber melanosporum* Vittad) EN LA PROVINCIA DE ZARAGOZA

La posibilidad del cultivo de trufas puede constituir una salida, aunque a largo plazo, rentable. No pasemos por alto, por ejemplo, que la tierra de cereal, de la vid y del olivo presenta, en ciertas zonas, características edafológicas y climáticas similares a las precisadas por los árboles truferos y que, en todo caso, siempre que se parta de un terreno calizo, de seco y a una altura sobre el nivel del mar óptima (mínimo de 500m s.n.m.), es posible llevar a cabo una plantación de carrasca micorrizada.

El inicio en la plantación de trufas, en España es reciente (se inició en la década de los 70) y a lo largo de estos años se han obtenido resultados variables y no siempre positivos, pero puede decirse que en una amplia mayoría resultan provechosos a largo plazo. Así, en la actualidad los fracasos son atribuidos, principalmente, a la plantación en terrenos no aptos, plantación de árboles truferos insuficientemente micorrizados, plantación de especies o variedades vegetales

foráneas. Estos errores entre otros, son los más comunes debido al desconocimiento y juventud de este cultivo.

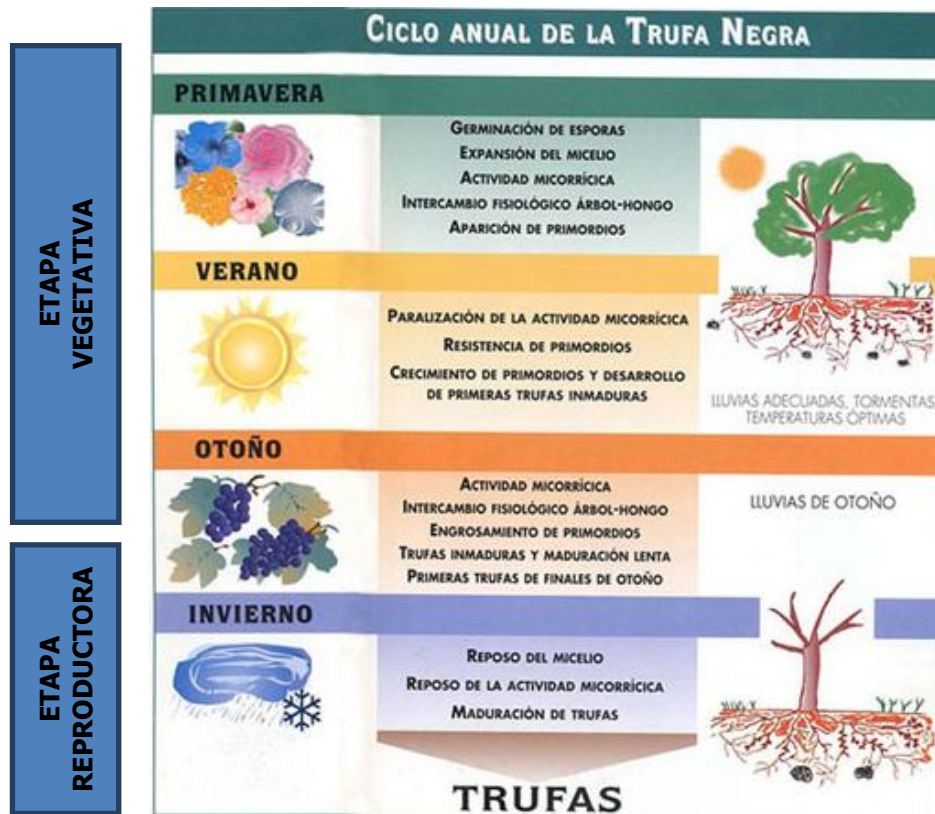
2 CICLO BIOLÓGICO DE LA TRUFA

La vida de la trufa negra, *Tuber Melanosporum*, transcurre por distintas fases que en conjunto son la sucesión de procesos vitales equivalentes a los de cualquier especie y ser vivo: nacer, crecer reproducirse y morir.

Van a concurrir dos tipos de procesos distintos. Primero etapa vegetativa y segundo, etapa reproductora.

- **Etapa vegetativa:** Desde la germinación de la espora hasta la fructificación, pasando por una fase miceliar rápida y una fase micorrícica muy dilatada.
- **Etapa reproductora:** En definitiva es la fructificación y producción de la trufa.

A continuación se muestra un esquema del ciclo anual de la trufa negra, *Tuber Melanosporum*, con las fases existentes en cada una de las estaciones

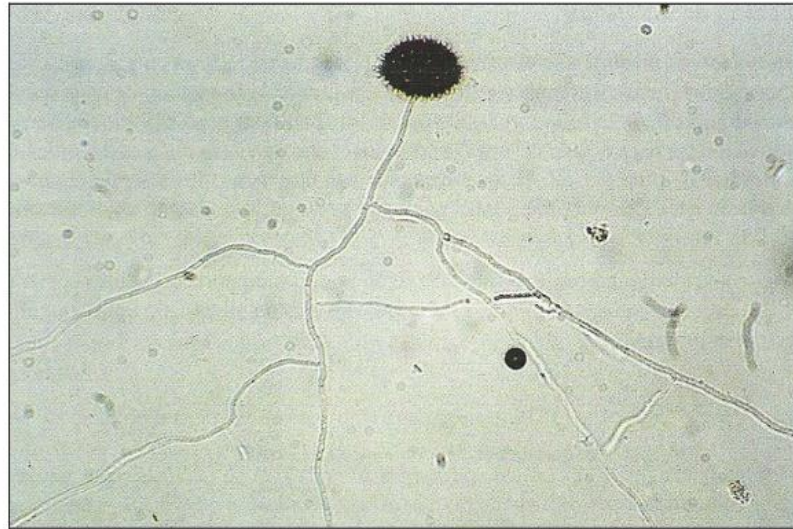


2.1 ETAPA VEGETATIVA

2.1.1 GERMINACIÓN Y EL MICELIO.

Por una vía u otra, las esporas de la trufa, liberadas de las aseas, alcanzan el suelo. Las aguas de las lluvias las arrastran hacia el interior del suelo y las lavan de los inhibidores germinativos. Cuando se alcanza la humedad y temperatura adecuada

(Probablemente en abril-mayo), la espora comienza a germinar emitiendo un finísimo filamento de micelio que debe contactar en breve con una raíz a la que micorrizará. Incluso hay trabajos que ponen en evidencia la participación de la raíz mediante la emisión de exudados que estimulan al micelio para su aproximación.



Espora de *T. melanosporum* germinando. Fuente: Reyna (2000).

2.1.2 LAS MICORRIZAS.

2.1.2.1 INFECCIÓN DE RAÍCES – INFECCIÓN PRIMARIA

El filamento micelial emitido por la espora se introduce y explora el suelo en busca de raicillas a las que infectar, este proceso tiene que durar poco tiempo o de lo contrario, en cuanto termine la reserva de nutrientes de la espora, morirá. Cuando, por fin, el filamento micelial contacta con una raicilla de una especie arbórea adecuada, se inducen una serie de transformaciones morfológicas y funcionales, que finalmente conducen a la formación de una **ectomicorriza**, palabra que en sí expresa la doble naturaleza de la estructura (hongo-raíz) y su carácter externo (ecto-): el hongo no llega a penetrar en el interior de las células, por lo que el intercambio se realiza a través de superficies de contacto entre las paredes del hongo y de la raíz.

Del manto parten de nuevo hifas para propagar la infección hacia las raicillas próximas. A esta primera infección se le suele denominar **infección primaria**.

2.1.2.2 INFECCIÓN SECUNDARIA.

A partir de las micorrizas primarias, el micelio comienza a colonizar el suelo, encontrando en su desarrollo nuevas raicillas y formando micorrizas secundarias. Así, conforme el árbol crece, se generan nuevos ápices radicales, susceptibles de

ser colonizados superficialmente por las hifas del hongo presentes en las inmediaciones.

Este proceso se da simultáneamente en multitud de ápices que se están produciendo por ejemplo en primavera, cuando el árbol entra en actividad tras el invierno, de tal manera que las micorrizas de una especie suelen encontrarse reunidas lateralmente a lo largo de una raíz.

En ciertos momentos de proliferación micorrícica se produce el fenómeno de formación de glomérulos: apelotonamientos de micorrizas de una especie en los que resulta casi imposible cuantificar el número. Se han interpretado como especialmente abundantes en el momento de la fructificación. Pero, en función de los sistemas radicales de cada simbiote, no siempre las micorrizas forman glomérulos, ni ramilletes de raíces ramificadas micorrizadas, ya que existen momentos también en los que se observa la formación de micorrizas llamadas subcorticales, micorrizas que se desarrollan bajo la corteza de la raíz, principalmente en raíces cortas, y cuyo desarrollo suele ser hacia marzo. Este es el caso de la encina, caso recogido en la obra (Ricard, 2003).

Las micorrizas son especialmente activas al final de la primavera y a finales de otoño, incluso entrado el invierno. En general, las micorrizas tienen una vida muy corta, que podría concretarse al ciclo anual. Cuando aparentemente están muertas, negras y estropeadas, en su interior conservan una capa de hifas vivas que son las que pueden retomar la colonización de nuevas raíces en las temporadas propicias. No hay que desestimar, por tanto, el papel de las micorrizas aparentemente muertas.

Mientras que la fase miceliar es breve, la fase micorrícica se puede prolongar durante años en los árboles truferos, dado que una vez iniciada la micorrización ésta se propaga por el sistema radical y año a año se va extendiendo y renovando.

Durante la fase micorrícica se produce la colaboración de bacterias que mejoran y estimulan el proceso (Garbaye and Brown, 1989; Mamoun *et al.*, 1985; Mamoun and Olivier, 1990, 1992, 1993a, 1993b).

Durante más de treinta años, los estudios e investigaciones desarrollados en Francia, Italia, o Nueva Zelanda, han relevado momentos claves en el desarrollo de la trufa. La posibilidad de inducir la micorrización en vivero será probablemente uno de los descubrimientos que más avances ha aportado a la truficultura.

2.1.2.3 LAS MICORRIZAS DE LAS TRUFAS.

En general la morfología de las micorrizas de las distintas especies de hongos es constante aunque se asocie a distintos simbioses. Por tanto, las micorrizas de las trufas van a presentar la misma morfología en cualquiera de los simbioses a los que se asocian, se trate de roble, encina, avellano u otros. Esto permite determinar la presencia de hongos en las raíces mediante el reconocimiento de una serie de aspectos morfológicos como son: color, tipo de manto, presencia de hifas, espínulas, cistídios, rizomorfos o demás. El tamaño de las micorrizas de trufa es variable: 2-3 mm de longitud y 0,3-0,5 mm de diámetro.

El color varía a lo largo de su duración: beige cuando es joven, se oscurece con la edad al envejecer y se ennegrece al morir. La senescencia conlleva la muerte de las células del manto externo, dejando el esqueleto de paredes celulares en los que se han acumulado taninos a lo largo del periodo de vida. Bajo esta capa de células muertas, y en especial en la zona apical, se conserva un manto interior de hifas en vida latente, capaz de revivir y reinfectar nuevos ápices ante condiciones favorables, logrando así incrementar el estado de micorrización de la planta arbórea.

La morfología externa es propia de cada tipo de micorriza, carácter de fácil observación. Superficialmente se pueden desarrollar hifas que emanan y exploran el suelo que rodea las micorrizas. Son de rápido alargamiento y diferenciación. En el caso de las especies del género *Tuber*, estas hifas se denominan espínulas, y son un carácter distintivo a nivel de micorriza: *T.melanosporum*, *T.brumale*, *T.aestivum*, *T.mesentericum*, etc.

Estas estructuras no son simples ornamentaciones: juegan un papel importante en la prospección del suelo y en la relación suelo/micorriza. Parece que participan en el drenaje de la micorriza y en la absorción de solutos y permiten la circulación- migración del agua y de los solutos a lo largo de la micorriza.

Como se ha dicho antes, al formarse las micorrizas además de cambios morfológicos se producen cambios fisiológicos y químicos, como la liberación de sustancias al medio, fruto del metabolismo simbiote. Esta actividad se evidencia por la aparición en torno al árbol de un área desprovista de vegetación, el quemado o calvero, ante un efecto fitotóxico, por la expansión en el sustrato del micelio de la trufa y de la micorrización. Las exudaciones a nivel de micorriza tienen un alto poder de inhibición de la germinación de semillas, por lo que en la proximidad de estos árboles solo suelen encontrarse especies resistentes a la competencia del hongo.

Este quemado anuncia en parte el comienzo de la producción si las condiciones climáticas son favorables. Pero hay otras especies de micorrizas altamente competidoras de la trufa capaces de producir quemado, por lo que en algunas parcelas de cultivo, los quemados pueden deberse a la presencia de estos hongos y por tanto, tratarse de quemados estériles. A pesar de darse esta competencia, son más las ocasiones en que un quemado es preludio de una buena producción, que suele comenzar en el interior, cerca del tronco, con trufas grandes y año a año se extiende hacia la periferia abarcada por el quemado.

En resumen, la actividad micorrícica va preparando el lugar que albergará las futuras trufas, y que para la trufa negra es el quemado, libre de vegetación que resulte competitiva por el agua y los nutrientes en torno a la fructificación.

2.1.2.4 LOS ESTROMAS.

Por otra parte, estudios relativamente recientes sobre las raíces de árboles micorrizados por la trufa han permitido conocer la presencia en esta especie de trufa de estomas. Se trata de apelonamientos de hifas del hongo en la corteza de las raíces, que pueden actuar como estructuras subcorticales de latencia que, en un

momento determinado, puedan contribuir a la colonización micorrícica de la raíz (Pargney, 1999). Es conveniente realizar estudios de los estromas a fin de dilucidar su papel en el mantenimiento natural de material de la trufera en el suelo y la posibilidad de infectar nuevas raíces.

2.2 ETAPA REPRODUCTORA Y FRUCTIFICACIÓN: LA TRUFA.

2.2.1 FORMACIÓN DE LAS TRUFAS.

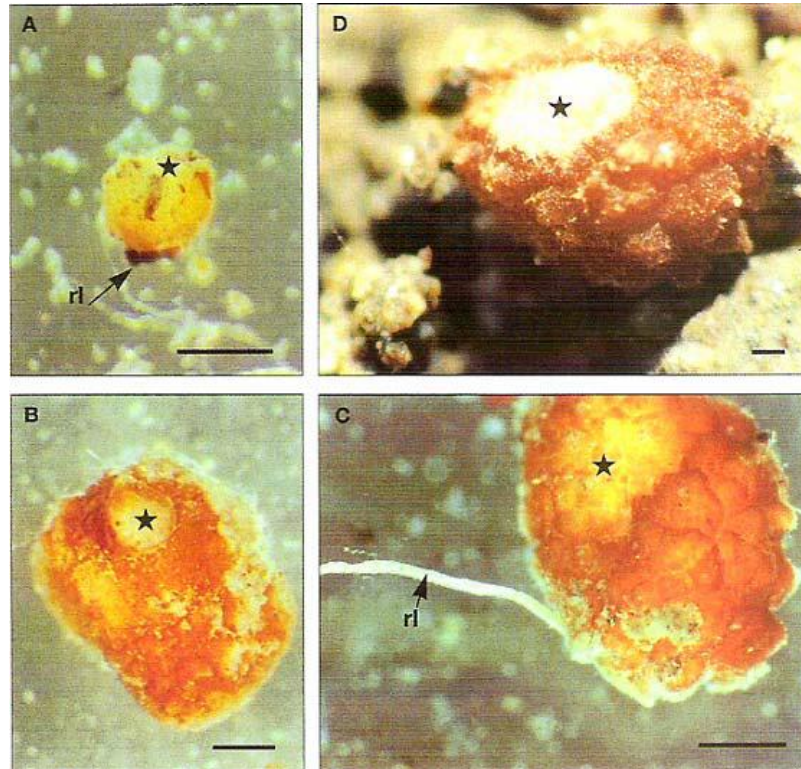
Todo el proceso de infección se extiende por el suelo y el sistema radical, hasta que alcanza una cierta cantidad crítica de biomasa a partir de la cual, si las condiciones ecológicas son adecuadas, ya puede producirse la fructificación. Esta biomasa crítica se alcanza en las plantaciones trufieras a partir de los 5-10 años. Esto justifica, entre otros motivos, el motivo por el que en las plantas de vivero es extremadamente raro encontrar alguna trufa en los contenedores.

La sucesión de diversos ciclos anuales (5-10 años) de micorrización, la evolución del entorno y las condiciones climatológicas-ambientales aún sin precisar, son las que en un momento determinado marcan la entrada en producción de un árbol.

En los meses de abril y mayo, parte de los filamentos miceliarios empiezan a especializarse, agrupándose y compactándose hasta dar lugar a un pequeño núcleo o primordio de la futura trufa. En la reciente obra de Granetti *et al.*, (2005) se resume cómo según Callot (1999), los primordios se constituyen a partir de estromas de raíces largas de los que parte el micelio fructífero (una hifa daría el gametangio femenino llamado ascogonio y otra el gametangio masculino llamado anteridio).

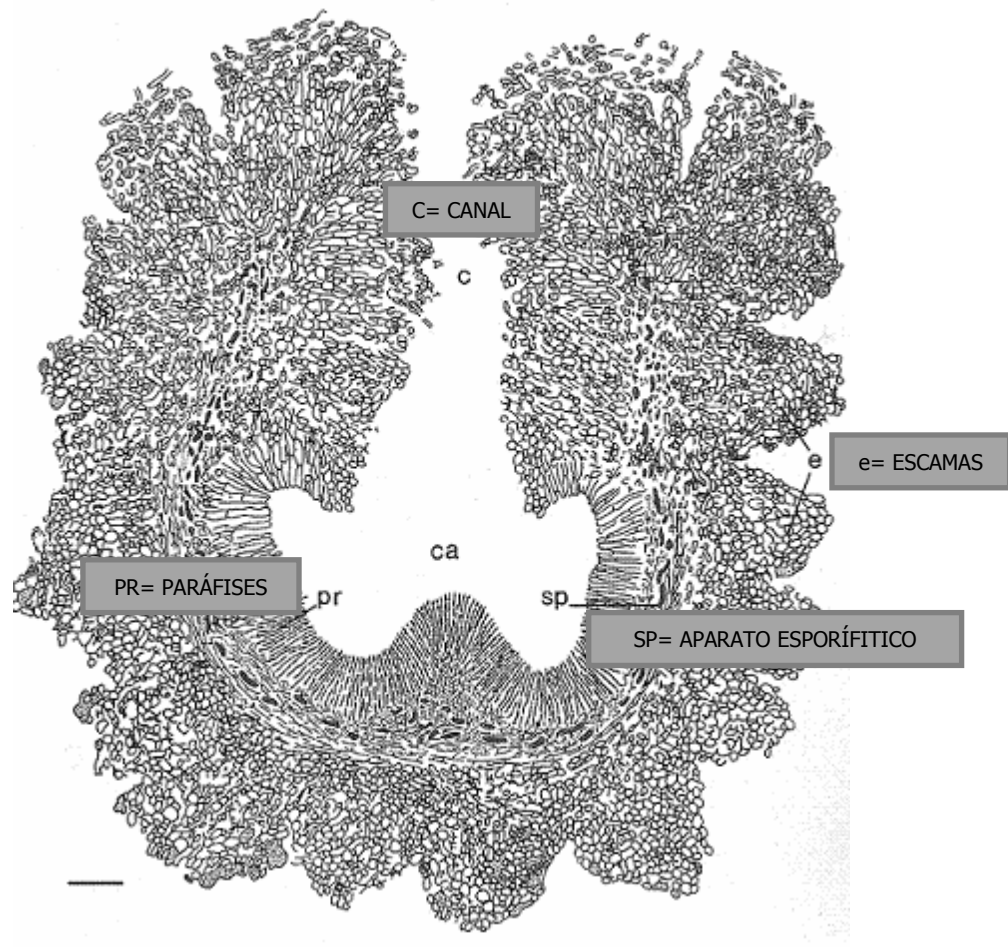
Los primordios jóvenes poseen tres partes; una parte basal, que constituye el "pie", que produce varios filamentos que recubren la estructura en formación, una parte media ascogonial, con un citoplasma denso, envuelto por filamentos jóvenes y una parte terminal o tricogino, enrollado alrededor de una hifa miceliar o filamento estéril a modo de sujeción. Estos primordios (de color claro), se vuelven globulosos en el transcurso de su crecimiento y se transforman en bosquejos

conteniendo, por definición, un centro fértil y una cobertura. Ésta se tiñe progresivamente de un color anaranjado (foto que se muestra a continuación) que facilita su localización desde la tierra (Callot, 1999).



Fuente: Callot (1999)..Evolución morfológica de los primordios de *T. melanosporum*.

rl: raíz larga: cráter.



Estructura detallada de un primordios de trufa en estado apotecio de. La cavidad está a punto de cerrarse y se aprecian en el interior las venas estériles (más claras) rodeando las venas fértiles (spa) y el peridio escamoso envuelve el primordial Fuente: Callo (1999).

Se cree que se trata de procesos sexuales (fusión de células genéticas) de autofecundación, lo que explicaría en parte la poca variabilidad intraespecífica que revelan los estudios genéticos moleculares para esta especie. Tras la unión de los gametos, se inicia la formación de una masa de hifas que poco a poco se constituye en un cuerpo fructífero, que terminará siendo la trufa. Las primeras estructuras que se reconocieron como pequeñas trufas se denominaron primordios o trufillas y son esféricas, rojizas y, ligeramente rugosas en la superficie. Pueden apreciarse primordios inferiores incluso a 250 micras.

De acuerdo con Olivier *et al.* (1996), a mediados de junio mediante el tamizado del suelo pueden encontrarse en las trufas del orden de 10 primordios de trufa por metro cuadrado. Estos primordios son muy pequeños y según el mismo autor su peso oscila entre 0.001 g y 0.05g, y en su mayor parte no llegan a completar su desarrollo. En el primer ciclo anual de la trufa, como se he señalado, los primordios se producen en la primavera y deberán soportar el verano. Sólo llegarán a trufas maduras aquellos que sobrevivan el verano, con sus temperaturas cálidas y su posible sequía. Aunque resulte alarmante, no hay que olvidar que la trufa es una especie xerófila, propia del ambiente mediterráneo y perfectamente adaptada a estas condiciones estivales, dentro de unos límites.

Algunos truferos indican que muy al principio de la temporada, incluso semanas antes, llegaron a encontrar en un pozo más de 200 trufas de un tamaño entre un grano de arroz y un guisante.

2.2.2 FASE SAPROFÍTICA.

Actualmente se considera que *Tuber melanosporum* podría tener además de la fase simbiote, una fase saprofítica, es decir que al menos en una parte de su desarrollo no sería necesaria la conexión con el árbol a través de las micorrizas.

A finales de la primavera principios del verano, se inicia una fase saprofítica en la trufa. En ésta, el carpóforo se independiza de las micorrizas y se alimenta de las sustancias orgánicas del suelo (Barry *et al.*, 1994 y 1995, Giovanetti *et al.*, 1992) a partir de las hifas miceliares presentes en las puntas de las escamas. En esta fase se produce un engrosamiento considerable de la trufa y es necesaria una cierta cantidad de lluvia para que los carpóforos lleguen a buen fin. A final de verano comienzan a diferenciarse las esporas.

A medida que prosigue la maduración se produce la emisión de aromas, llegando a su máximo cuando la trufa alcanza la plena madurez. En esta etapa el peridio constituido por escamas piramidales de base poligonal se tornan

completamente negras y las ascas se han formado en la gleba otorgándole un color café oscuro a las venas fértiles.

El ciclo de crecimiento del cuerpo fructífero de la trufa dura aproximadamente ocho meses a partir de los primeros primordios hasta que madura plenamente.

2.2.3 DESARROLLO Y NUTRICIÓN DEL ASCOCARPO-TRUFA.

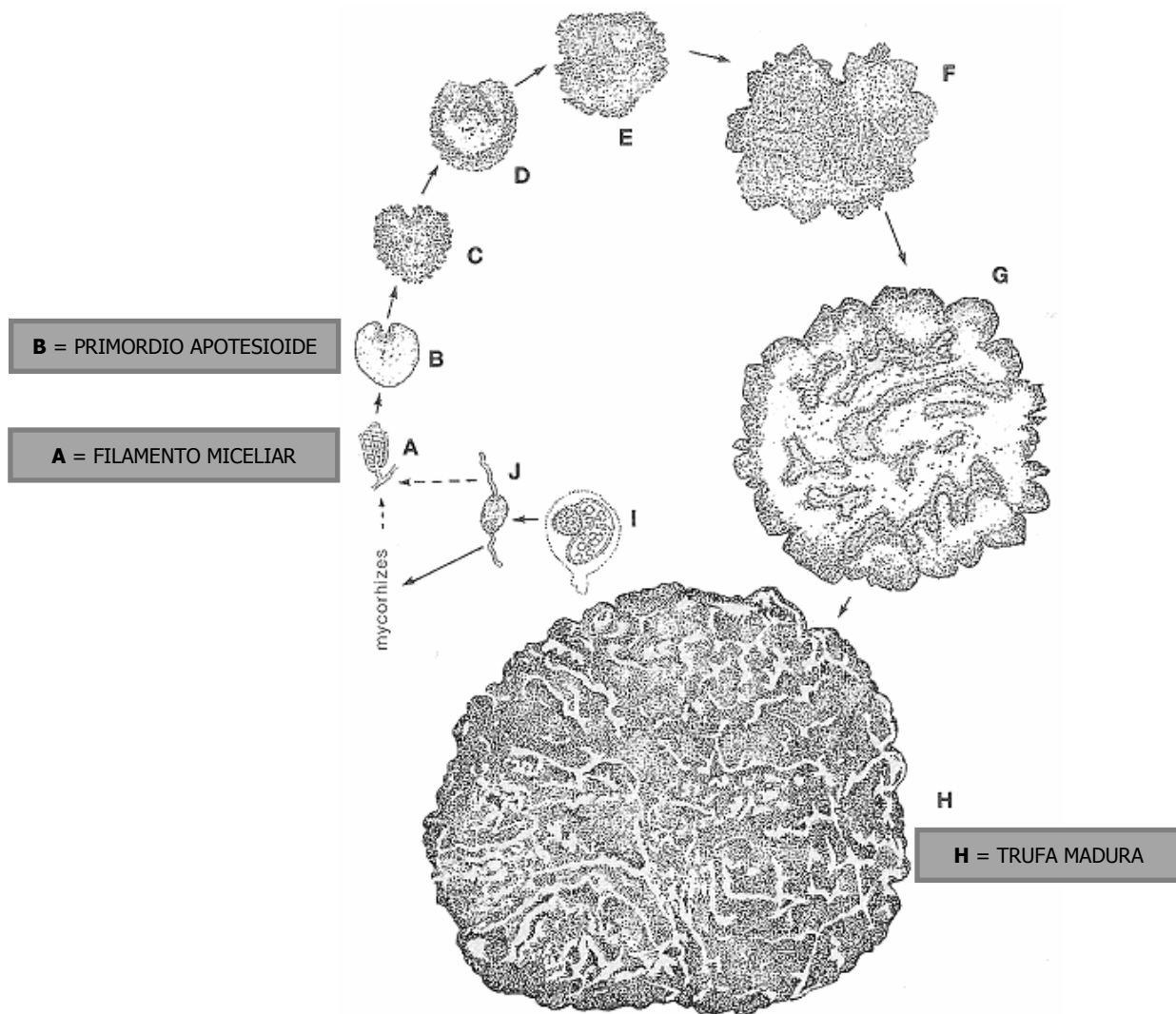
La trufa en su desarrollo autónomo necesita protegerse, fundamentalmente de la desecación estival y nutrirse/alimentarse para crecer

- **Protección:** El crecimiento gradual del primordios hasta constituirse en la trufa que será recolectada en el invierno es lento y está sometido a periodos críticos, como es el verano, con sequías y altas temperaturas, pero que podrá superarlo por la adaptación de sus estructuras a estas condiciones: un peridio verrugoso grueso, que permite el crecimiento y a la vez protege el contenido interno y contribuye a evitar la desecación.
- **Nutrición:** Externamente, conforme la trufa va desarrollándose, se producen en el exterior, en las verrugas del peridio, penachos de hifas responsables de la nutrición saprofita del ascocarpo. Suponen una superficie importante de intercambio y absorción, por lo que las primeras fases pueden ser de crecimiento rápido, probablemente en relación con las lluvias favorables de primavera. El tipo de sustancias tomadas por el ascocarpo guardan una estrecha relación con la micro, meso y macro fauna que habiten el ambiente, ya que muchas de estas especies (protozoos, nematodos, micro artrópodos) liberan sustancias que regulan la flora bacteriana de suelos truferos; algunas especies de miriápodos, quilópodos y animales observables por su tamaño a simple vista, contribuyen a degradar la materia orgánica hasta moléculas sencillas que serán tomadas por el hongo (Callot, 1999); otras, sencillamente porque al nutrirse de los penachos de hifas de la trufa contribuyen al crecimiento y renovación de los mismos, favoreciendo el desarrollo activo de la trufa. En el caso de lombrices, gusanos y hormigas, contribuyen a la creación de una red de canales y galerías que airean y drenan el entorno de la

trufa. Parece que las lombrices juegan un papel importante en los suelos truferos. (Callot, 1999 y Parguey, 2006). La suma de factores ambientales diversos (lluvias de primavera temperaturas no extremas en verano, tormentas de verano, precipitación adecuada en julio y agosto,...) que resulten favorables, junto con los comentados con anterioridad, desencadenarían el crecimiento en grosor de las trufas, hasta alcanzar su madurez.

El ciclo de formación de las trufas dura, por tanto, del orden de ocho meses desde que comienzan a formarse los primordios iniciales hasta que madura plenamente. Hay que apuntar la posibilidad de que algunos primordios no desarrollados por falta de humedad puedan recuperar posteriormente la actividad, ya que en más de una temporada trufera que comienza muy mal, las lluvias al final del verano principios de otoño parece que la han enmendado, según datos proporcionados por los truferos.

**C, D, E, F y G = EXPANSIÓN
DEL PRIMORDIO**



Desarrollo del ascocarpo de *T. melanosporum* desde un filamento miceliar (A), pasando por un primordios apotesioide (B) que se expande (C-G) hasta llegar a transformarse en una trufa madura (H). Fuente: Callo (1999).

2.2.4 DISEMINACIÓN DE LAS ESPORAS.

Desde comienzos del mes de diciembre ya se encuentran trufas maduras. La maduración se prolongará hasta principios de la primavera. Cuando la trufa esté plenamente madura y sus esporas sean viables para germinar, ésta debe liberar las esporas que encierra. La progresiva emisión de fuertes olores, según el grado de madurez, atraerá a todo tipo de vertebrados para los que constituye un excelente bocado (jabalíes, tejones, zorros, roedores, etc.), así como a numerosos insectos y otros invertebrados, algunos de los cuales tienen una vinculación específica con la trufa.

El jabalí hoza la tierra, casi labrándola, en busca de trufas que comer y puede transportar pequeñas porciones de trufa adheridas a los labios o al pelo hasta otros lugares. De acuerdo con las experiencias citadas por Delmas (1983), entre las sustancias volátiles que emite al trufa se encontraría una similar a las feromonas sexuales del jabalí macho, lo que hace más plausible la anterior hipótesis aunque quedaría por comprobar si las esporas son digeridas o no, y en este último caso si el paso por el tracto digestivo puede activar la germinación.

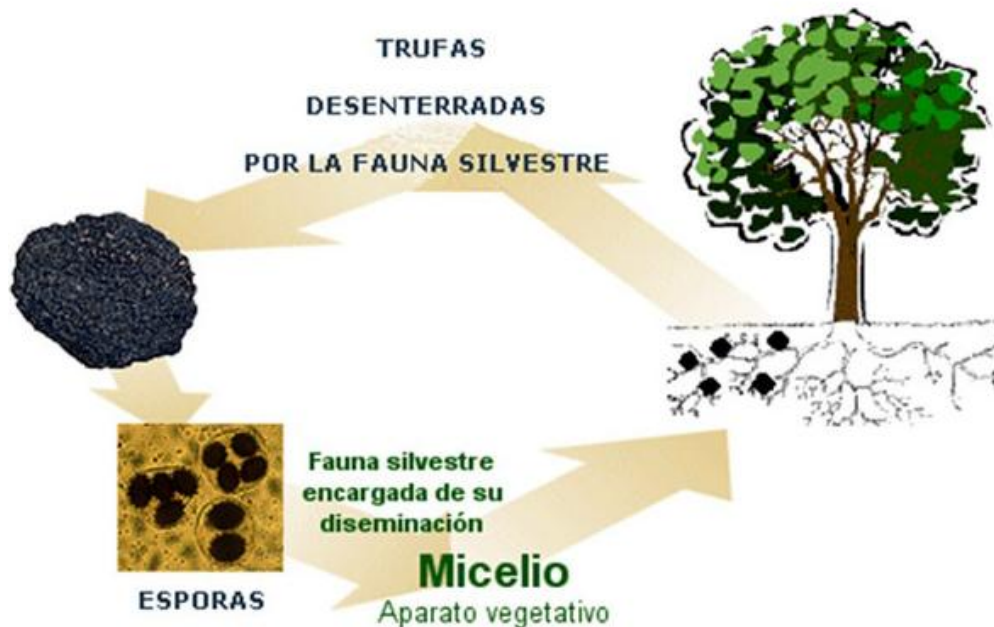
Un consumidor no tan voraz de trufas, aunque sí muy especializado en ellas, es la mosca de la trufa (*Suillia gigantea* syn. *Helomyza tuberivora*) que hace la puesta en las trufas maduras; sus larvas se desarrollan y alimentan en su interior. **Las moscas de la trufa** podrían contribuir activamente a la dispersión de las esporas, puesto que estas quedan adheridas a las pilosidades de los individuos adultos (Reyna, 1992).

Todos ellos, en mayor o menor medida, contribuirán a la dispersión de las esporas, puesto que en la práctica es francamente difícil que la trufa logre lanzar sus esporas desde su posición bajo tierra sin el auxilio de un agente externo.

La dispersión real de las esporas se produce cuando estas salen de las aseas, circunstancia que no se produce hasta que no se alcanza una madurez, incluso hipermadurez, de la trufa, llegándose a procesos de pudrición. Es en estas circunstancias, donde la acción de las larvas de la mosca de la trufa tiene un importante papel ya que contribuyen a la pudrición del carpóforo con las galerías alimentarias que construyen. Se creía que en tanto las esporas no habían sido liberadas de las aseas no se producía una verdadera diseminación por considerar imposible la germinación de las esporas en el interior del asea (Reyna, 2000). Sin embargo, trabajos recientes (Fischer y Colinas, 2005) muestran esporas germinadas tanto en el exterior como en el interior de las aseas.

Así se ha cerrado el ciclo, iniciándose de nuevo el proceso de dispersión de las esporas.

En plantaciones, puede resultar desconcertante que a pesar de contar con todos los factores favorables no siempre se alcance la producción, lo que pone de manifiesto que aún hay muchos aspectos desconocidos en la biología de la trufa.



Por tanto el éxito de plantación se presenta íntimamente ligado con el perfecto conocimiento del ciclo biológico de la trufa y los siguientes aspectos:

- La elección de un terreno adecuado.
- La utilización de una planta bien adaptada al medio y adecuadamente micorrizada.
- La utilización de técnicas de cultivo adecuadas.

Por ello a continuación, dentro de estos puntos, se intenta detallar aquellos conceptos considerados de mayor interés. Gran parte de la información hallada hace especial hincapié en la preparación del terreno y en la necesidad de su limpieza, recomendando prácticas minuciosas de cultivo. Tales recomendaciones van encaminadas al cultivo intensivo, donde prima la obtención del rendimiento máximo, como es en nuestro caso.

3 ADECUACIÓN DE LA PARCELA A LOS REQUERIMIENTOS DE LA PRODUCCIÓN DE TRUFA NEGRA

Características necesarias y que nuestra parcela posee:

1. Se encuentra dentro de las zonas potenciales para el cultivo de la trufa y coincide con las zonas de truferas naturales.



Plano en el que se detalla las zonas truferas en España y la ubicación aproximada de las parcelas objeto de este proyecto.

2. Dentro de estas zonas, se caracteriza por ser un terreno calizo de seco, situado en áreas de montaña y media montaña (700m.s.n.m) donde son frecuentes las tormentas de verano.
3. En el análisis visual realizado sobre el terreno se observa que la mayoría de la flora es de naturaleza caduca: encinas y o robles asociados a enebros, tomillo, romero, orégano, cardos,...etc. Ya que según las experiencias precedentes cuando, cumpliendo las características edafológicas y climáticas, en el paisaje del entorno es frecuente este tipo de vegetación se puede suponer que existen buenas posibilidades para el cultivo de truferas.

4. Tras el análisis visual, se impone el análisis del terreno. La analítica del lugar donde realizaremos la plantación nos indica que nos hallamos ante un terreno de estructura fragmentarla granulosa y con una textura más o menos equilibrada en arenas, limos y arcillas.

5. Se impone, así mismo, el averiguar la micro flora asociada al terreno. Particularmente en lo referente a la presencia de hongos y micorrizas competidoras para la trufa negra. Dicho problema queda solucionado si hacemos referencia a los antecedentes de cultivo de la parcela en cuestión, cereales. Los hongos pertenecientes a este cultivo son edomicorrizas mientras que los pertenecientes al cultivo de carrasca micorrizada con *Tuber melanosporum* son de tipo ectomicorrizas, de modo que no afectaría a nuestros objetivos de cultivo.

Una vez obtenidos los resultados anteriores podemos calificar a nuestra parcela como apta para el cultivo de la trufa respecto a los condicionantes expuestos seguidamente.

3.1 CONDICIONANTES PARA UNA BUENA ADECUACIÓN DE LA PARCELA

Referenciándonos en la complejidad del cultivo, simbiosis micorrítica, y el volumen de la explotación el cumplimiento de las características edafológicas y climáticas será de lo más exigente, con el fin de intentar asegurar desde un principio un óptimo desarrollo de nuestra explotación. Será premisa indispensable partir de un terreno encuadrado dentro de las áreas potenciales, de naturaleza caliza, de secano y que se halle a una altura adecuada sobre el nivel del mar, preferentemente de 500 a 700m sin excluir terrenos más altos. Parámetros que nuestras parcelas poseen como se ha mostrado en el anejo correspondiente.

La ausencia de lluvias podrá ser paliada mediante un acolchado del terreno con "film" plástico para evitar la evaporación del terreno con la consiguiente pérdida de humedad y mediante el riego en las épocas críticas, entendiendo como tales los meses de abril hasta septiembre. Se optará por la instalación de un sistema de riego

que cubra las necesidades totales del cultivo obviando el film por su coste propio y el coste de la mano de obra y maquinaria necesaria para su extendido

Por otra parte, las condiciones edáficas del suelo, siempre y cuando no aparte en exceso de la media estimada como óptima, podrá ser corregida median, enmiendas húmicas, calcáreas,..., o mediante una fertilización mineral. Se deberá comprobar la presencia de hongos y micorrizas contaminantes ya que puede dar lugar a la desaparición de *Tuber melanosporum* vittad. sin disponer apenas de medios para hacerle frente excepto la prevención mediante la elección de un suelo de menor riesgo o incluso la posibilidad de encalar. Para evitarlo se realizarán dos muestreos radiculares anuales en primavera y otoño y se comprobará en el microscopio que las micorrizas observadas sean de *Tuber melanosporum*.

Además, el terreno idóneo se corresponderá con aquel que, presente un espesor de capa arable de al menos 20 ó 30 cm y posea en las proximidades un punto de agua, de modo que pueda regarse la trufera en caso de ser necesario. En base a lo anterior la parcela donde se realizará la plantación se califica como apta para el cultivo de la trufa negra.

3.2 ELECCIÓN DE LA PLANTA TRUFERA

Un factor imprescindible, para, si no garantizar, aumentar las posibilidades de éxito en la plantación, es la elección del plantón trufero. En general, puede decirse que la planta trufera se corresponderá, preferentemente, con una planta bien adaptada al medio y adecuadamente micorrizada.

La trufa se asocia, principalmente, con el quejigo de la especie *Quercus faginea* Lam., con la encina (*Quercus ilex L* subsp.*ballota*) con el avellano (*Coryllus avellana L*) y con el roble pubescente (*Quercus humilis* Mili.; Por lo cual, la planta trufera deberá encuadrarse dentro de este grupo.

Disponiendo de un terreno adecuado, la observación visual del terreno elegido, y sus áreas circundantes, será la que nos indique, en primer lugar, la planta

a elegir dentro de este grupo. Ya que aquella que aparezca en mayor cantidad podrá ser considerada como la mejor adaptada el entorno.

Ahora bien, en nuestro caso, cultivo intensivo, cualquier especie puede ser el árbol a plantar en nuestra parcela cuando, no siendo la predominante, sea autóctona del área elegida.

Se opta por la plantación de *Quercus ilex L. subsp. ballota*, carrasca ya que es la más abundante en la zona. Otra de las características determinantes para su elección es el equilibrio existente entre el crecimiento radicular de la carrasca y el desarrollo del hongo, la velocidad de crecimiento es muy similar, esto evita que ningún ápice radicular de las raíces adventicias quede sin colonización de *Tuber melanosporum* y sea susceptible de la colonización de otros hongos que puedan ser contaminantes para nuestro cultivo.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta, por ejemplo, que los terrenos pobres y secos o muy fríos son desfavorables para la plantación de avellanos o que los robles, que brotan más pronto son afectados por las heladas primaverales. Debido a lo citado, y al encontrarnos en una zona, La Ribagorza, donde la carrasca es autóctona y predomina sobre el paisaje circundante optaremos por la plantación de dicha especie en nuestras parcelas.

3.3 TÉCNICAS DE CULTIVO

Las operaciones a realizar durante el cultivo de árboles truferos se encuadran dentro de tres apartados:

- Operaciones preparatorias del terreno para su cultivo.
- La plantación de los árboles truferos.
- Técnicas de mantenimiento o cuidado posterior de la plantación

3.1.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Las operaciones de preparación dependerán del estado o características del terreno elegido y del tipo de cultivo que se desea realizar: **en nuestras parcelas realizaremos un cultivo intensivo.**

Será preciso proceder a la **preparación del terreno**, de modo que se obtenga una tierra limpia, sin árboles y accesible a los útiles agrícolas. En nuestro caso por tratarse de una parcela cultivada hasta ahora de cereal, la tierra se encuentra limpia de árboles y arbustos.

Se procederá a:

- **Pase de subsolador** con el fin de airear el terreno y dotarlo de una textura esponjosa que facilite la infiltración del agua. Debe evitarse la eliminación de la buena tierra de la superficie y el levantamiento de piedras y rocas que, en todo caso, deberán ser apartadas previamente a la plantación con lo que se desestima labores agrícolas de volteo.
- Por último, será adecuado proceder a realizar un **pase de cultivador**, dicha tarea rompe los tormos resultantes del subsolado y facilita la posterior implantación de los árboles al encontrarse la tierra más suelta y la parcela allanada para su manejo.

Lo expuesto anteriormente puede hacer suponer que los terrenos de labor dedicados al cultivo de cereales o forrajeras, asentados en las áreas potenciales para el cultivo de la trufera y cumpliendo con las características edáficas, climáticas y agronómicas descritas anteriormente, son los más óptimos. Esto se debe a las condiciones en las que se encuentra por no tener antecedentes cultivos cuyos posibles hongos instalados en sus raíces podrían fácilmente contaminar nuestras carrascas. En nuestra parcela, se ha cultivado hasta la fecha únicamente cereal, los posibles hongos que este cultivo hubiera podido poseer no afectarán a nuestros árboles. El hecho de instaurar la plantación trufera en una parcela con antecedentes de cultivo de cereal influye positivamente en que en un futuro nuestra parcela se encuentre exenta de contaminaciones perjudiciales para el cultivo de *Tuber melanosporum*.

En este punto, debe hacerse especial hincapié en un hecho. Cuando se parte de un terreno de cereal, que desea prepararse para la plantación de trufas, es posible en algunos casos encontrar restos de abonos y fertilizantes utilizados en

cultivos anteriores, dependiendo de su persistencia. Estos pueden llegar a causar daños en nuestra plantación. Por lo citado anteriormente se recomienda que las labores de preparación de la tierra comiencen (al menos el primer pase de subsolador) un año antes de la instauración de los árboles en nuestra parcela y que ese año la parcela quede de barbecho, realizando únicamente pases periódicos de cultivador con el fin de eliminar la vegetación espontánea.

3.1.2 PLANTACIÓN DE LA TRUFERA

En este apartado deben preverse los siguientes puntos:

- Época recomendada para la plantación.
- Densidad de la plantación.
- Los sistemas de riego.
- Manejo de la explotación.

3.1.2.1 ÉPOCA RECOMENDADA PARA LA PLANTACIÓN

La plantación se efectúa normalmente en dos épocas:

- **Primera época:** durante los meses de noviembre y diciembre
- **Segunda época:** se corresponde con el inicio de la primavera, pudiendo prolongarse hasta el mes de abril.

Aunque es posible plantar durante un periodo relativamente amplio (invierno y primavera), ciertos estudios coinciden en recomendar la plantación durante los meses de noviembre y diciembre. Haciendo además, particular hincapié en la conveniencia de hacerlo sobre terreno no demasiado suelto para un buen contacto entre suelo y cepellón de la carrasca. En el caso de nuestra explotación, realizaremos la plantación también durante la época recomendada por los expertos, adoptando la mejor época para la plantación sin ayuda alguna de riego, para que, en caso de inconveniente o periodo de mala bonanza en lluvias podamos hacer uso de nuestro sistema de riego.

3.1.2.2 DENSIDAD DE LA PLANTACIÓN

Las plantaciones en las que los árboles se encuentran más espaciados producen durante más tiempo que las plantaciones con densidad elevada.

La explicación a tales observaciones puede venir dada por los siguientes hechos: una densidad elevada de plantas truferas puede hacer que se alcance más pronto, al estar los árboles más juntos, una densidad alta de raíces micorrizadas; lo cual parece favorecer el desencadenamiento de la fructificación, pero al crecer, el arbolado, proporciona más sombra y por lo tanto más humedad, lo que junto con la materia orgánica, procedente de hojas caídas, ramas muertas,...etc. hará que se modifiquen las características físico-químicas del medio. Por otra parte, el cultivo necesita aireación y cierta insolación, cosa que si la densidad de la plantación es elevada disminuye notablemente.

Estos hechos se tendrán en cuenta a la hora de planificar la plantación. En un principio, se plantea la posibilidad de un marco de plantación amplio, tratando valores de 7x7m e incluso 7x8m. El marco citado nos proporcionaría un gran espacio de maniobra en las tareas realizadas con maquinaria y en previsión de la vida fructífera de la plantación, 50 años, se dispondría de la suficiente amplitud para el volumen de copa ocupado por un árbol de la edad citada. Esta opción queda desechada si el objetivo del agricultor es beneficiarse de las subvenciones del Estado, ya que la legislación pertinente nos dicta una densidad mínima de 250 árboles por hectárea que conseguiríamos con un marco de plantación de 6x6m (B.O.A 31 Octubre 2001).

Uno de los caracteres más influyentes de elegir el marco de plantación citado de 6x6m, dejando a un lado la producción del árbol, es que aparte de facilitarnos la mayoría de las tareas en nuestra explotación, es uno de los marcos más amplios que podemos utilizar para conseguir la densidad de árboles marcada por la administración y que el agricultor pueda acogerse a las subvenciones. (B.O.A)

3.1.2.3 SISTEMA DE RIEGO

En el cultivo la instalación de sistemas de riego es otro factor a tener en cuenta a la hora de efectuar la plantación ya que solo podrá ser omitido si el

terreno se encuadra en un sector óptimo en cuanto a precipitaciones, y aún en estas circunstancias se recomienda el riego debido a la mala distribución de las mismas.

El riego tiene como fin aportar el agua necesaria para todas las funciones vitales de la planta y el suelo con el fin del buen desarrollo del cultivo. Un exceso de riego puede ser la causa de enfermedades criptogámicas, formación de colonias de hongos en el suelo que pueden poner en peligro el cultivo, y lo que es más importante, si se diera el caso de encharcamiento, *Tuber melanosporum* moriría por ser un hongo de tipo aerobio.

Se recomienda en plantaciones ya en producción regar sólo como apoyo, teniendo en cuenta la textura y retención de agua del terreno, no regar por sistema. Regando difícilmente criaremos una cosecha de trufa, lo que si conseguiremos será mantenerlas una vez criadas mediante estos riegos de apoyo. Aportaremos unos 50-60 litros por metro cuadrado y mes mediante un sistema de micro-aspersión. En nuestras parcelas se aportarán riegos en las fases iniciales con el fin de ayudar en la supervivencia de la planta sin excederse en cantidad, acción que pudiera hacer que nuestras encinas se desprendieran del micelio de la trufa. Tras realizar el análisis de los datos pluviométricos anuales se observa que, nos encontramos en una zona con una pluviometría enmarcada dentro de los intervalos idóneos para el cultivo de la trufa. Una vez obtenido este dato podríamos optar por la no instalación de un sistema de riego pero, a pesar de ello se realizará, no atendiendo a la cantidad de agua precipitada sino a la mala distribución de la misma.

3.1.2.4 MANEJO DE LA EXPLOTACIÓN

En la realización de todas y cada una de las labores en nuestra plantación tendremos en cuenta los siguientes puntos

- Airear el terreno y evitar el crecimiento de plantas adventicias mediante el pase de cultivador.
- Mantener la unidad precisa para su desarrollo mediante escardas del suelo y gradeo.

- Aporte en abonos y fertilizantes solo si son necesarios.
- Controlar las plagas y enfermedades de los árboles truferos.
- Control de malas hierbas.
- Control de animales depredadores.

3.1.2.4.1 LABOREO

El mantenimiento del suelo, tendente a su aireación y a la eliminación de las plantas adventicias, se efectúa mediante el pase de cultivador y tiene por finalidad incrementar el crecimiento de la planta joven o incrementar la producción trufera.

En la plantación joven, entre hileras de plantas, cuando la distancia lo permite, este proceso puede hacerse mecánicamente, pero alrededor del árbol debe hacerse manualmente. Todos estos trabajos deben efectuarse con mucha precaución, para no dañar la joven planta, durante la primavera y siempre y cuando el terreno no esté ni mojado ni seco.

También cuando el árbol trufero comienza a poner de manifiesto el "quemado". Es la zona circundante al árbol trufero que se encuentra ausente de vegetación o en su defecto vegetación muerta por la acción alelopática del hongo de la trufa, manifestando colonización sobre dicha zona y dominancia sobre la vegetación circundante. Durante la fase productiva parece adecuado el arado superficial (de 4 a 6 cm de profundidad como máximo) que no perjudique a las raíces, a finales de la primavera, tomando las mismas precauciones que el caso anterior.

En todo caso el pase de cultivador o arado deberá efectuarse en las fechas prefijadas, es decir, finalizada la cosecha y antes de que el micelio germine e inicie su fase de propagación.

3.1.2.4.2 APORTES O APOYOS:

En un principio, una planta bien micorrizada no tiene por qué necesitar ayuda.

Los aportes de apoyo consisten en hacer pozos en las plantaciones alrededor de las plantas donde se calcula que llega el sistema radicular de la planta para así tener lo más cerca posible los apéndices más finos de la raíz o sistema radicular (se recomienda la realización de estos pozos al tercer o cuarto año de la plantación)

Estos pozos se rellenarán de turba mezclada con la tierra que se ha extraído del pozo al 50%. Se aportará trufa molida, 1gr por planta distribuida entre todos los pozos de cada planta.

Con esta práctica conseguiremos un triple objetivo;

- Ayudar a la planta en su micorrización.
- Esponjar la tierra
- Las posibles trufas sean más redondas, característica comercial de gran interés.

Aporte de abonos y fertilizantes:

Una vez efectuada la plantación y arraigada la planta, normalmente, los aportes se efectúan durante la primavera, coincidiendo con las épocas de labor y se suelen corresponder con aportes nitrogenados o aportes en calcio y magnesio.

Ahora bien, en base a las lagunas existentes en cuanto a abono y fertilización de plantas truferas, los expertos recomiendan la utilización de fertilizantes especiales para truferas, descartando la utilización de fertilizantes y abonos normalmente utilizados para otro tipo de vegetales.

Los fertilizantes comerciales para truferas suelen contener un 6% de nitrógeno total, del cual el 3,5% aproximadamente procede de huesos, cueros,...etc., tratados al calor, y el resto de tortas vegetales. Las dosis utilizadas

son muy variables, pudiendo ser desde 100g. por planta joven a 500 ó 3000 Kg. por hectárea de plantas truferas adultas.

El aporte de calcio y magnesio se efectúa mediante el encalado con caliza molida o dolomita utilizando dosis variables y en torno a una tonelada por hectárea.

En la fase de crecimiento y formación del tronco y ramas necesitan más fósforo y calcio que en la fase productiva. Así, en la fase productiva es habitual aplicar fórmulas 0/25/25 (N/P/K).

Hay que tener en cuenta, que cuando se parte de un terreno con buenas características agronómicas para las plantas truferas, el aporte de fertilizantes o abonos puede ser discutido ya que, si no se efectúa de forma controlada, puede dar lugar a desequilibrios perjudiciales para el cultivo. Tengamos en cuenta que un abuso de abonado mineral da lugar, en ausencia de un abonado orgánico, a un incremento de la salinidad y a una deficiencia en el coloide orgánico-mineral, por lo tanto a un defecto en el intercambio de bases o nutrientes para la planta. Por el contrario un abuso del abonado orgánico podrá dar lugar a un incremento excesivo del contenido nitrogenado, tal vez beneficioso para la planta pero no para la simbiosis de la micorriza.

En nuestro caso y tras contrastar los datos obtenidos del análisis edáfico optaremos por no aportar ni abonos ni fertilizantes por ser innecesarios, no obstante se procederá al seguimiento de las características edáficas del suelo en un futuro mediante su correspondiente análisis, para que, en caso de ser necesario realizar los aportes oportunos.

3.1.2.4.3 PODA Y ACLARADO.

Cuando la planta a cultivar procede de vivero, sus raíces suelen estar mal adaptadas para un buen arranque del crecimiento, por lo que será adecuado proceder a su poda. La planta se corta a aproximadamente 10 cm del suelo, por encima de un botón latente el cual constituirá la base del nuevo brote.

La poda del árbol joven tiene como objeto favorecer la brotación los primeros años. Para ello, durante los 2 ó 3 primeros años se procede a la poda dejando únicamente uno o dos tallos matrices, con lo cual el árbol toma fuerza para el crecimiento en altura al tiempo que se forma un tronco. Esta técnica nos permite además equilibrar el crecimiento radicular al aéreo.

A partir de ahí, las técnicas de poda y enderezamiento, mediante fijación a guías, tienen por finalidad conseguir un árbol recto, con un tronco definido y libre de ramas o brotes a baja altura y una masa arbolada superior redondeada y con un follaje aireado y abierto. Se recomienda eliminar las ramas más bajas, debiendo ser sistemáticamente eliminados los retoños nacidos a lo largo del tronco. También es conveniente cortar, anudar o comprimir mediante técnicas habituales, las ramas verticales demasiado vigorosas. Ello, al tiempo que facilita las labores de arado, limpieza y riego, evitan la formación de sombras o zonas húmedas en torno a su base y favoreciendo las condiciones de luz y aireación del terreno exigidas por la trufa. Con ello se consigue que, cuando surge el "quemado", éste se caliente por los rayos del sol las primeras y últimas horas del día y reciba suficiente sombra a las horas de más calor.

La poda se realizará todos los años durante los meses de febrero y marzo, coincidiendo con el reposo vegetativo, poco antes de la subida de la sabia.

3.1.2.4.4 PLANTACIÓN DEL ÁRBOL TRUFERO Y CONDICIONES EXIGIDAS AL VIVERISTA

La instauración de la carrasca en nuestra parcela la realizaremos dentro de hoyos de 25 centímetros de profundidad. No será necesaria más profundidad ya que será suficiente con que quede enterrado el cepellón. Dicha tarea se realizará a mano, tanto el cavado de los hoyos como la deposición de la carrasca en la tierra.

Respecto a la planta que compremos al viverista, deberá poseer una buena estructura radicular, sin deformaciones o nudos y deberá diferenciarse una raíz principal que dote al árbol de la sujeción suficiente para su correcto anclaje. El

plantón debe estar bien micorrizado, el porcentaje de ápices micorrizados no será inferior al 30% de los contabilizados durante su análisis. Si el viverista no cumple dichas premisas le será devuelta la planta y tendrá obligación de abonarla al agricultor o proveerlo de planta nueva y correctamente micorrizada.

Protocolo de actuación para la comprobación de un óptimo porcentaje de micorrización

El agricultor elegirá al azar seis plantas de cada mil de las adquiridas al viverista y las someterá al correspondiente análisis. Se procederá a sacar la planta de su contenedor, se liberará de la tierra y turba adherida a las raíces y se lavará dentro de un recipiente con agua limpia sin exponerla nunca al curso del agua directa de un grifo, ya que la fuerza que ésta posee podría arrastrar algunas de las micorrizas más superficiales lo cual nos conduciría a un error por defecto en nuestro análisis. Una vez que la raíz ha quedado limpia se seccionará en tres partes de igual longitud desde la base de lo que será el futuro tronco hasta el final de la raíz. Cada una de las tres partes la introduciremos en una placa Petri dividida en cuatro cuadrantes y verteremos una pequeña cantidad de agua para facilitar su conteo con microscopio. Se contarán 25 ápices en cada cuadrante anotando los ápices micorrizados encontrados en cada uno de los cuadrantes, la suma total de los ápices micorrizados encontrados entre todos los cuadrantes deberá ser superior a 30. Se seguirá el mismo procedimiento con las restantes placas hasta concluir el análisis con el resultado citado, 30% de micorrización.

3.1.2.4.5 VALLADO DE LA PLANTACIÓN

Como medida de protección para la explotación se procederá a su vallado perimetral, evitando así la intrusión de animales depredadores de la trufa, entre todos ellos, el de más relevancia el jabalí. A parte de proteger nuestra parcela de los depredadores naturales es condición impuesta por la administración el vallado de nuestra parcela para poder optar a la subvención.

Se instalará un tipo de valla metálica de simple torsión, sujeta sobre postes metálicos anclados mediante dados de hormigón. Se procederá al enterrado de 25 cm de la misma con el fin de conseguir una fijación consistente. La valla se suministrará en rollos.

3.1.2.4.6 PLAGAS O PARASITOSIS.

El control de las plagas de las partes aéreas dependerá de parasitosis. La cual está ampliamente ligada a cada árbol trufero: en este caso concreto, la encina o carrasca. No está demostrado que ninguno de estos problemas sanitarios afecten a la producción de trufa, en caso de que se produzca muerte de árboles se acudiría a tratamiento.

ENCINA:

Enfermedades

- *Collubia fusipes*. Común en encina pedunculada, puede conducir a depresión del árbol.
- *Phytophthora cinnamomi*. Proviene de las raíces y puede introducirse en el tronco a varios metros de altura.
- *Oídium de la encina. Microsphaera alphitoides*. Raramente en plantaciones jóvenes.

Plagas

- Seca de la encina. Grupo de procesos, que intervienen en conjunto o por separado, distintos elementos abióticos, (temperatura o humedad), bióticos (insectos, hongos, etc.), y antrópicos, proporcionando situaciones de pérdida de vigor (decaimiento), defoliación o muerte del individuo.
- *Curculio elephas* Gyll. Gorgojo perforador de frutos. Coleóptero que ataca a los frutos del género *Quercus*, siendo observado en Aragón fundamentalmente sobre *Quercus ilex L.*
- *Cerambyx cerdo linnaeus* y *C. welensii* (Küster). Longicornios perforadores de los *Quercus*. Coleóptero que coloniza partes muertas o en mal estado especialmente encinas y alcornoques causando graves daños.
- Agallas sobre encinas.

- Insectos inductores
 - *Plagiotrochus quercusilicis* (Fabricius)
 - *Dryomya lichtensteini* (F.Low)
 - *Andricus quercustozae* (Bosc)
 - *Biorhiza pallida* (Olivier)
- Estructuras anormales de partes de tejidos u órganos de plantas, que se desarrollan por la reacción específica a la presencia o actividad de un organismo inductor.
 - *Lymantria dispar* L. Oruga defoliadora de frondosas. Insecto detonador que se alimenta en estado de oruga de especies del género *Quercus*.
 - *Kermes vermilio* Planch. Cochinilla de las encinas. Hemíptero que crea abultamientos sobre las axilas de las ramificaciones en encina.

TRUFA:

Plagas

- *Liodes cinamomea* Panzer. Coleóptero que excava galerías en la tierra en las que deposita sus huevos, una vez que éstos han eclosionado generan grandes daños provocando que la trufa se pudra. Este problema se ha presentado principalmente en plantaciones de roble aunque también se han encontrado en encina.

3.1.2.4.7 SEGUIMIENTO DE LA MICORRIZACIÓN

Para el buen funcionamiento de la plantación y un óptimo desarrollo del cultivo se realizará un seguimiento de la micorrización mediante un examen radicular. Este proceso consiste en cavar en las proximidades del tronco de la carrasca hasta toparnos con los primeros ápices radiculares. Estos ápices se cortarán y guardarán en un recipiente cerrado quedando protegidos de cualquier contaminación. Tras lo anterior y una vez en el laboratorio se procederá a su análisis con el fin de determinar el número de ápices micorrizados por *Tuber melanosporum*, los micorrizados por otro tipo de hongos y los no micorrizados, todos estos datos en porcentaje.

Este examen se realizará en dos épocas, primavera y otoño y en plantas con al menos tres años de edad. Examinando las plantas en dos épocas obtendremos

datos para realizar una comparativa de micorrización y comprobar el buen desarrollo de nuestro cultivo, ya que los análisis, claro está, deberán realizarse sobre los mismos árboles. El análisis del seguimiento de micorrización será fundamental en los primeros años de la plantación (tercero, cuarto y quinto pudiendo alargarse) en los que el cultivo es joven y débil siendo mucho más susceptible de contaminaciones por parte de otros hongos, por otro lado, se comprueba que existe o no una buena adecuación cultivo-suelo mediante el resultado de los análisis.

3.1.2.4.8 RECOLECCIÓN CON PERRO

La recolección del fruto de este cultivo lo dota de una característica única respecto a cualquier otro. La recolección de *Tuber melanosporum* o trufa negra requiere del trabajo íntimamente ligado entre animal y persona.

Como norma general y el método más extendido es la utilización de perros para la recolección de trufa, en algunos casos se han llegado a adiestrar cerdos e incluso jabalíes para la recolección por ser este último un depredador natural de trufa.

El perro elegido deberá ser de carácter afable, dócil y obediente a las órdenes de su amo y con un sentido del olfato lo más agudizado posible. La cría de un buen perro trufero requiere de gran esfuerzo y horas de dedicación por parte del amo. El perro deberá aprender a marcar la trufa pegando literalmente su hocico al suelo y arañándolo con sus patas la superficie del terreno

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	EL SUELO DE LAS TRUFERAS	2
1.2	TEXTURA Y PEDREGOSIDAD	3
1.3	MATERIA ORGÁNICA Y RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO	3
1.4	PRESENCIA DE CALIZAS EN EL SUELO	3
1.5	pH	4
1.6	CONDUCTIVIDAD	4
1.7	MACRONUTRIENTES. N, P, K.....	4
2	METODOLOGÍA ANALÍTICA	5
2.1	RECOGIDA DE MUESTRAS	5

1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente anejo se ha realizado un análisis de tierras pertenecientes a la parcela donde realizaremos la plantación en un futuro.

En este estudio edáfico se han analizado los factores pertenecientes al suelo y considerados más influyentes para el cultivo de la trufa, con el fin de comprobar si nuestra parcela posee las condiciones idóneas para la instauración del cultivo de la trufa negra y dar un veredicto final.

1.1 EL SUELO DE LAS TRUFERAS

La trufa negra vive sobre suelos calizos. El material originario puede ser de diversas edades geológicas (Jurásico Cretácico, Terciario, Cuaternario) y litológicas (calizas margas, areniscas, conglomerados, coluvios, etc.), siempre que contenga carbonato cálcico. Son especialmente favorables las calizas duras.

En cuanto a la génesis edáfica, se encuentran truferas silvestres tanto en suelos someros y/o poco evolucionados (leptosoles, regosoles) como en otros más desarrollados (luvisoles, calcisoles, cambisoles, suelos humíferos, etc.) Sin embargo, de cara al cultivo la profundidad de suelo juega un papel importante, ya que de ella *depende* la capacidad para retener agua y ponerla a disposición de la vegetación y consecuentemente de la trufa. En las zonas más cálidas y secas donde existe trufa, los suelos tienden a ser más profundos que en aquellas otras en las que las precipitaciones son más abundantes. También es importante que el suelo tenga un buen drenaje (Callot 1999; Granetti *et al.*, 2005). 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, con signos de encharcamiento prolongado.

Por encima de la taxonomía del suelo, son las características físico-químicas las que mayor peso tienen en la aptitud trufera de un suelo, especialmente las de los 30-40 cm superficiales en los que aparecen la mayoría de carpóforos.

1.2 TEXTURA Y PEDREGOSIDAD

La presencia de gravas (diámetro mayor de 2mm) en los suelos truferos es muy variable oscilando entre el 0,2 % y el 92%. En truferas analizadas se ha constatado que la pedregosidad abundante tiene un efecto de acolchado (*mulching*) que retiene la humedad y reduce la erosión. Así, en un monte con más de cien truferas, la pedregosidad cubría entre el 40 y el 80% de la superficie. La pedregosidad superficial es un elemento muy positivamente valorado por los truferos, ya que contribuye al drenaje y aireación del suelo, a la captación de calor en invierno, la disminución de la evaporación en verano, la provisión de carbonato cálcico, la protección contra la compactación y erosión producida por la lluvia y que dificulta la predación de trufas por los jabalíes y otra fauna.

En cuanto a la fracción fina del suelo, se conoce como textura a la proporción entre partículas de los diferentes tamaños: arena (diámetro entre 0,05 y 2mm), limo (0,002-0,05mm) y arcilla (menor de 0,002mm). Para el cultivo de la trufa son recomendables texturas de tipo franco, franco arcilloso, franco limoso y franco arenoso. En general, se forman truferas silvestres en casi todo tipo de texturas, excepto las consideradas extremas.

1.3 MATERIA ORGÁNICA Y RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO

La materia orgánica del suelo constituye una fuente y reserva de nutrientes para las plantas, pero al mismo tiempo aumenta la agregación del suelo, su porosidad y su capacidad de retener agua. En las truferas silvestres es un parámetro bastante variable, entre el 0,5 y el 17%.

La relación C/N es un indicador del grado de evolución de la materia orgánica y de su velocidad de humificación. En truferas silvestres se han encontrado valores entre 5 y 20. Para el cultivo son recomendables valores entre 5 y 15.

1.4 PRESENCIA DE CALIZAS EN EL SUELO

La presencia de carbonato cálcico es un requerimiento indispensable para el crecimiento de *T.melanosporum*. 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, arcilla) o bien solubilizado. El exceso de caliza en el suelo sería perjudicial para la carrasca, de ahí que se establezca un rango de valores óptimo para la trufa sin llegar a perjudicar a las encinas.

La caliza total es una medida de la cantidad de partículas finas de caliza (diámetro menor de 2mm) que hay en el suelo. En las truferas silvestres varía entre el 0 y el 84%. La caliza activa es una medida de la fracción más finamente dividida, la más fácilmente solubilizable. Varía entre el 0 y el 30%. Finalmente, el calcio intercambiable es una medida del calcio solubilizado en el suelo y disponible para las plantas.

1.5 PH

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo. Es un valor muy estable en todas las zonas truferas. Para el cultivo de la trufa, son recomendables valores entre 7,5 y 8,5 (pH medido en agua).

1.6 CONDUCTIVIDAD

Es una medida de la cantidad de sales del suelo. En las truferas silvestres se trata de un parámetro estable (con poca variación) que se mantiene en niveles bajos. De hecho, no se encuentran truferas silvestres sobre suelos salinos ni yesosos.

Los valores elevados de conductividad pueden ser debidos al material originario del suelo, pero también a un exceso de fertilización. Para el cultivo de la trufa se recomiendan valores inferiores a 0,35 mmhos/cm (medida en solución 1:5). En el caso de los purines, debe tenerse en cuenta además el posible efecto de los elementos pesados y los compuestos nitrogenados que contiene.

1.7 MACRONUTRIENTES. N, P, K

La importancia del nitrógeno, fósforo y potasio de cara a la producción trufera es baja. En general la inmensa mayoría de los suelos tiene cantidades suficientes de estos nutrientes para hacer viable la plantación. No es por tanto un parámetro especialmente importante, ya que la mayor parte de los suelos cumplen con parámetros que hacen viable la producción de la trufa.

Además, el papel de las micorrizas mejorando la capacidad de asimilación de las plantas hace innecesario el abonado. En cambio, un exceso de nutrientes puede perjudicar la micorrización y consecuentemente la futura producción, ya que la planta se apoya en las micorrizas para sufrir deficiencias o mejorar su nutrición. Si suplimos totalmente esta deficiencia con abonos, la planta no necesita las micorrizas.

Para el cultivo de la trufa, se recomiendan valores de fósforo asimilable (determinado por el método de Olsen y expresado como P₂O₅) entre 5 y 150 ppm, valores de nitrógeno (Kjeldhal) entre el 0,1 y 0,5% y valores de potasio asimilables (expresado como K₂O₅) entre 50 y 500 ppm.

2 METODOLOGÍA ANALÍTICA

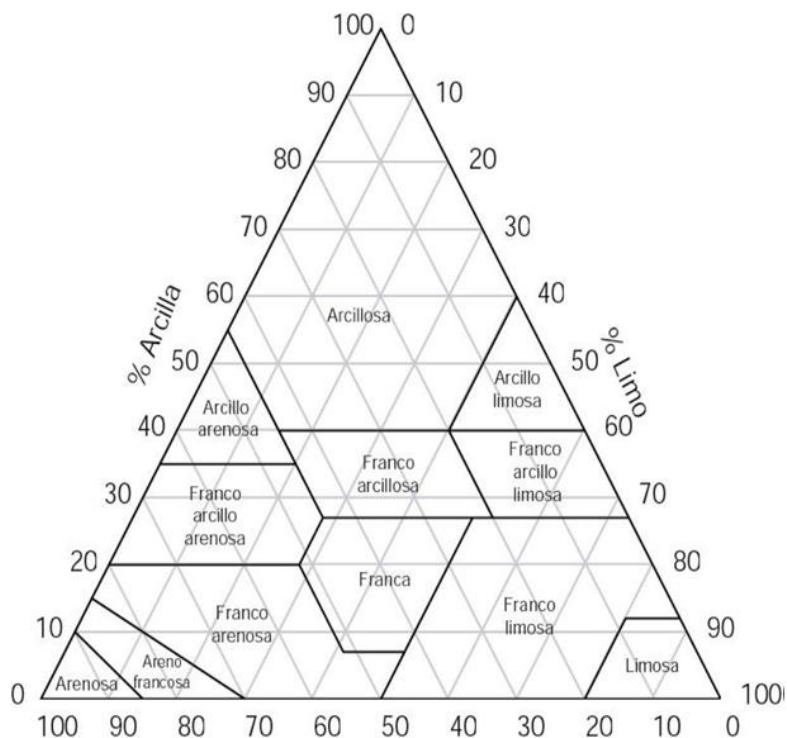
2.1 RECOGIDA DE MUESTRAS

El protocolo seguido para realizar el análisis ha sido el siguiente: se dividió la parcela en dos subparcelas ficticias de la misma extensión y ambas recibieron el mismo tratamiento. Se eligieron seis puntos al azar y más o menos equidistantes dentro de la primera subparcela y lo mismo en la segunda, en cada uno de los puntos se recogió 0,5l de tierra y se introdujo en un recipiente para posteriormente proceder a su mezcla y homogeneización con el fin de que, llegado el momento de realizar el análisis de dicha muestra fuera lo más representativo posible. Estas muestras se enviaron a analizar por separado, una vez obtenidos los resultados se trabajó con la media de ambos análisis.

En la siguiente tabla se exponen los intervalos idóneos de cada uno de los parámetros analizados y los resultados obtenidos de nuestro análisis.

PARÁMETRO	INTERVALO IDÓNEO	RESULTADOS OBTENIDOS
pH AGUA SUSPENS. 1:2,5	7,4-8,6	7,9
COND.ELEC.25°C (Pr.Pre) (dS/m)	0-0,35	0,15
MAT. ORGÁNICA OXIDABLE (%)	1-10	4,2
FÓSFORO (P) ASI. (Olsen) (ppm)	5-150	29
POTASIO (K) (Ex.Ac.Am.) (ppm)	50-500	291
ARENA TOTAL 0,05<D<2mm (%)	14-65	32,5
LIMO TOTAL 0,002<D<0,05mm (%)	21-60	45,2
ARCILLA D<0,002mm(%)	12-31	21,4
NITRÓGENO KJELDAHL (N) (%)	0,1-0,5	0,3
CALIZA ACTIVA (%)	1-30	12
RELACIÓN CARB./NITROG.	6-13	10,2

En el triángulo de texturas confeccionado por la USDA, nuestra muestra tierra obtiene una calificación de FRANCO-LIMOSA.



Una vez obtenidos los resultados y comparados con los correspondientes datos indicadores de la buena aptitud de un suelo para el cultivo de la trufa, la tierra objeto de análisis recibe una calificación de APTA para el cultivo de encina micorrizada con *Tuber melanosporum*.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN ..	2
3	CORRECCIONES DE LA ETC.....	3
3.1	CORRECCIÓN POR LOCALIZACIÓN	3
3.2	CORRECCIÓN POR VARIACIÓN CLIMÁTICA	4
3.3	CORRECCIÓN POR VARIACIÓN POR ADVENCIÓN	5
4	CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO	5
4.1	NECESIDADES NETAS.....	5
4.2	NECESIDADES TOTALES	6
5	DIMENSIONADO DEL RIEGO	9
5.1	ELECCIÓN DEL TIPO DE EMISOR.....	9
5.2	SUPERFICIE MOJADA POR EMISOR	10
5.3	PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA	10
5.4	NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA Y DISPOSICIÓN	11
5.5	DOSIS DE RIEGO	11
5.6	INTERVALO ENTRE RIEGOS	11
5.7	DURACIÓN DEL RIEGO	11
5.8	NÚMERO DE SECTORES DE RIEGO	12

1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo, se van a calcular las necesidades hídricas para los sistemas de riego a diseñar, en este caso, riego por microaspersión y para todo el periodo vegetativo de los cultivos de la rotación elegida.

Este diseño es fundamental ya que permite conocer las necesidades de agua que se deben cubrir, a partir de las cuales se podrá llevar a cabo el posterior diseño hidráulico.

El dato desde el que se desarrolla este anejo, es la evapotranspiración del cultivo (ETc), calculada en el **anejo 2: Estudio Climático**, como el producto del coeficiente de cultivo (Kc) y la evapotranspiración potencial (ET0) según el método de Blanney-Criddle. El período de actividad considerado para el cultivo es desde 1 de abril a 31 de septiembre.

El tipo de riego que se va a utilizar es un riego por microaspersión autocompensante, que tiene las siguientes características:

- Se aplica una lluvia fina mediante unos dispositivos llamados microaspersores que la distribuyen en un radio no superior a los 3 metros.
- Según su funcionamiento hidráulico, estos dispositivos pueden ser de largo conducto, de orificio, de remolino o autocompensantes.
- En el riego por microaspersión el caudal y la presión para cada aspersor es bajo. En los suelos con textura gruesa (arenosa), el riego por goteo forma bulbos húmedos estrechos y profundos, mientras que esto no ocurre con los microaspersores, lo que hace que el desarrollo radicular sea mejor. Además se evita el lavado del fertilizante y la pérdida de agua.

2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN

A continuación se describen las principales ventajas y desventajas del riego por micro aspersión:

VENTAJAS

- El área húmeda que cubre cada micro aspersor es reducida pero uniforme
- Los componentes convencionales del riego por micro aspersión son pequeños y económicos
- La instalación del sistema de riego es generalmente fija
- Requiere bajos caudales
- Es aplicable al riego de hortalizas, plantas aromáticas, flores, ornamentales, etc.
- Los costes de operación son reducidos en comparación con los sistemas de riego convencional
- Se adapta a cualquier topografía y suelo.

DESVENTAJAS

- Es susceptible al viento en plantaciones jóvenes
- La presión de los microaspersores es el doble que la de los goteros. Esto contribuye al aumento en la uniformidad del riego.
- Reducida duración del riego, como consecuencia de los altos caudales.
- La eficiencia del riego es menor que la del sistema por goteo, debido a las pérdidas por evapotranspiración del agua pulverizada y en parte cierta escorrentía superficial.

El sistema de riego por micro aspersión en este caso puede ser considerado como un sistema de riego localizado que facilita la aplicación de fertilizante o cualquier insecticida hidrosoluble en el agua de riego disminuyendo los costes de producción y mejorando los resultados de aplicación.

3 CORRECCIONES DE LA ETC

3.1 CORRECCIÓN POR LOCALIZACIÓN

Se basa en considerar la fracción de área sombreada por la plante con relación a la superficie de marco de plantación.

La importancia de este punto radica en que a efectos de evapotranspiración el área sombreada se comporta casi igual o con un ligero aumento, que la superficie de suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada evapora agua con una intensidad mucho menor. De esta manera se consigue una disminución del conjunto ETc.

La fracción de área sombreada es:

$$A_s = \text{área sombreada/marco de plantación} = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot a \cdot b$$

Donde:

D: diámetro aéreo de la planta (4m)

a.b: marco de plantación (6 m x 6 m)

Se obtiene: $A_s = 0,35$

A partir de ese dato se obtiene k_1 , a partir de las relaciones con A_s que proponen diversos autores.

Aljibury et al: $K_1 = 1,34 \cdot A_s = 0,469$

Decroix: $K_1 = 0,1 + A_s = 0,035$

Hoare et al: $K_1 = A_s + 0,5 \cdot (1-A_s) = 0,675$

Keller: $K_1 = A_s + 0,15 \cdot (1-A_s) = 0,447$

Se eliminan los dos valores extremos y se toma como valor definitivo de K_1 la media de los valores intermedios anteriores, resultando:

$K_1 = 0,458$

3.2 CORRECCIÓN POR VARIACIÓN CLIMÁTICA

Como la ETo utilizada en el cálculo equivale al valor medio del periodo estudiado, debe ser mayorada por un coeficiente K_2 , pues de otra forma las necesidades calculadas serían también un valor medio, sucediendo que

aproximadamente la mitad de los años el valor calculado sería insuficiente. Se adopta el criterio de Hernández Abreu de aplicar siempre un coeficiente comprendido entre 1,15 y 1,20.

Se tomará como valor de **K₂ = 1,15**

3.3 CORRECCIÓN POR VARIACIÓN POR ADVENCIÓN

Los efectos del movimiento del aire por advección tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo. Se aplica coeficiente K₃ en función de la naturaleza del cultivo y el tamaño de la superficie regada.

La parcela tiene una superficie de 11 ha en total (8,7058 ha cultivadas), por lo que el valor aproximado de **K₃=0,9**.

4 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO

4.1 NECESIDADES NETAS

La expresión a considerar para el cálculo de las necesidades netas es la siguiente:

$$Nr_n = ETc \times K_1 \times K_2 \times K_3 - P_e - \Delta G - W$$

Siendo:

- Pe, la precipitación efectiva que se produce en el mes de máximas necesidades. Esta no debe tenerse en cuenta, debido a la alta frecuencia de riego. Además es recomendable regar después de una lluvia por muy ligera que sea, para provocar el lavado de sales.
- ΔG y W son el aporte capilar y la variación de almacenamiento de agua en el suelo. No se tiene en cuenta ninguna de las dos.

En consecuencia, la expresión de las necesidades netas de riego queda de la siguiente forma:

$$Nr_n = ETc \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

Las necesidades netas obtenidas para cada mes del periodo de actividad se resumen en el siguiente cuadro:

MES	ABR	MAY	JUN	HUL	AGO	SEP
Etc (mm/mes)	54	68	80	83	82	54
Nrm (mm/mes)	25,6	32,23	37,92	39,34	34,13	25,6

4.2 NECESIDADES TOTALES

Para el cálculo de las necesidades totales se va a utilizar la siguiente fórmula:

$$N_t = N_{r_n} / (1 - k) * CU$$

Donde:

K, es un valor que está en función de las siguientes variables:

- La eficacia de la aplicación (E_a), en cuyo caso: $K = (1 - E_a)$
- El coeficiente de necesidades de lavado (LR), teniéndose: $K = LR$

Se elige el mayor valor de K obtenido.

CU, es el coeficiente de uniformidad del sistema de riego.

La eficacia de la aplicación E_a es un término que depende de las pérdidas de agua en la parcela. Para el caso que nos ocupa, en el que se va a diseñar un riego localizado de alta frecuencia, estas pérdidas se reducen prácticamente a la percolación (P_p). Las pérdidas por escorrentía no se van a tener en cuenta.

En base a lo expuesto anteriormente, se tiene la siguiente relación:

$$A = N_{r_n} / A$$

Se obtiene el valor de E_a de las siguientes tablas:

Profundidad raíces	Textura			
	Muy porosa	Arenosa	Media	Fina
<0,75	0,85	0,9	0,95	0,95
entre 0,75 y 1,5	0,9	0,9	0,95	1
>1,5	0,95	0,95	1	1

Valores de E_a en climas húmedos

Profundidad raíces	Textura			
	Muy porosa	Arenosa	Media	Fina
<0,75	0,65	0,75	0,85	0,9
entre 0,75 y 1,5	0,75	0,8	0,9	1
>1,5	0,8	0,9	0,95	1

Para las condiciones existentes en la zona de Graus, que es donde se desarrolla este proyecto, son condiciones de clima húmedo, y una profundidad radicular superior a 1,5 m, así que tomaremos una E_a de 0,95, obteniéndose:

$$K=(1-E_a)=0,05$$

El coeficiente de necesidades de lavado (LR) depende de las necesidades de lavado R, que son un sumando que hay que añadir a las necesidades netas para mantener la salinidad del suelo a un nivel no perjudicial. De este modo, el agua a aplicar se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$A=Nr_n +R$$

Siendo por tanto el coeficiente de lavado igual a lo siguiente:

$$LR= R/A$$

Al tratarse de un riego localizado de alta frecuencia podemos aplicar la siguiente fórmula para el cálculo de LR:

$$LR= CE_a/(2 \cdot \max CE_e)$$

Dónde:

CE_a : conductividad eléctrica del agua de riego, extraída del estudio de calidad del agua.

Máx CE_e : conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo. Este es el máximo que tolera un cultivo determinado (en este caso la carrasca), sin que se produzca reducción en el rendimiento de la planta. Se obtiene de tablas.

Partiendo de los siguientes datos de conductividad del agua y del extracto de saturación del suelo:

$$CE_a = 0,34 \text{ mmho/cm}$$

$$\text{Máx } CE_e = 2,7 \text{ mmho/cm}$$

Se obtiene:

$$K = 0,05$$

$$LR = 0,032$$

Una vez determinado el valor de K, en función de E_a y de LR se adopta el mayor de los dos para seguir con el resto de los cálculos. En este caso:

$$\mathbf{K = 0,05}$$

El coeficiente de uniformidad (CU), es un valor que se aplica en el cálculo de las necesidades totales, para conseguir que a la parte más desfavorable llegue la mínima cantidad de riego necesaria.

En el diseño, la uniformidad es de vital importancia y hay que tratar de mantenerla a lo largo de todo el proceso.

En la siguiente tabla se pueden encontrar los valores de CU recomendables para el riego localizado:

EMISOR	EMISORES/PLANTA	TOPOGRAFIA Y PENDIENTE	CU
Goteros espaciados de 1 m	más de 3	Uniforme ($i < 2\%$)	0,90-0,95
		Uniforme ($i > 2\%$) u ondulada	0,85-0,90
	menos de 3	Uniforme ($i < 2\%$)	0,85-0,90

		Uniforme ($i > 2\%$) u ondulada	0,80-0,90
Goteros espaciados menos de 1m, mangueras y cintas de exudación	Uniforme ($i < 2\%$)		0,80-0,90
	Uniforme ($i > 2\%$) u ondulada		0,70-0,85
Difusores y microaspersores	Uniforme ($i < 2\%$)		0,90-0,95
	Uniforme ($i > 2\%$) u ondulada		0,85-0,90

Por otra parte, el coeficiente de uniformidad se acepta para riego por microaspersión, con una pendiente del terreno menor del 2% y con emisores autocompensantes, en un 90%.

En base a los datos señalados, se toma **CU=0,9**

Tras obtener los datos precisos, se pueden calcular las necesidades totales, que se pueden encontrar en la siguiente tabla:

MES	mm/mes	mm/día	m ³ /mes·ha	m ³ /día·ha	l/s ·ha
ABR	29,94	0,998	260,7	8,69	0,101
MAY	37,69	1,216	328,1	10,58	0,123
JUN	44,35	1,478	386,1	12,87	0,150
JUL	46,01	1,484	400,6	12,92	0,150
AGO	39,91	1,287	347,4	11,21	0,130
SEP	29,94	0,998	260,7	8,69	0,101

El consumo total anual de la carrasca para el sistema de riego escogido es de **1.983,50 m³/ha y año.**

5 DIMENSIONADO DEL RIEGO

5.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE EMISOR

Los emisores son uno de los elementos fundamentales de las instalaciones de riego localizado. La dificultad de su diseño está en que deben proporcionar un caudal bajo con presiones de trabajo no demasiado bajas, lo que conduce desde un punto de vista hidráulico a unos orificios de salida pequeños, lo cual a su vez está en contradicción con la condición que han de cumplir los emisores de tener un

diámetro de paso lo mayor posible para evitar las obstrucciones que son el principal problema de manejo de los riegos localizados.

Por otro lado la presión de servicio de los emisores no debe ser muy baja para minimizar el efecto que tiene sobre la uniformidad del riego los desniveles del terreno y las pérdidas de carga.

También es importante que exista una elevada uniformidad en la fabricación, bajos costes y evitar en la medida de lo posible las pérdidas de carga elevadas.

El microaspersor elegido en este caso es de tipo sectorial (180°) al cual añadiremos en su base un dispositivo que se conoce como regulador de flujo, cuya misión es la de dotar a un microaspersor normal las características para que sea autocompensante. De este modo se consigue mayor uniformidad con un caudal prácticamente constante frente a los cambios de presión.

5.2 SUPERFICIE MOJADA POR EMISOR

Esta superficie se define como el área que es capaz de humedecer un microaspersor en función de su radio de acción.

En este caso concreto se opta por un microaspersor sectorial con un ángulo de giro de 180° y radio de acción 0,7 m, con un caudal nominal de 30 l/h. Al instalar dos por árbol, los cálculos se realizarán como si se tratara de un solo microaspersor con un ángulo de acción de 360°.

$$\text{Superficie mojada} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0,7^2 = \mathbf{1,54 \text{ m}^2} = 0,77 \text{ m}^2/\text{emisor}$$

5.3 PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA

Se define este parámetro como la relación expresada en tanto por 100, entre la superficie mojada por planta y la superficie ocupada por la misma. Es necesario

tenerlo en cuenta a efectos de diseño, ya que se debe establecer un mínimo de suelo a humedecer.

En cultivos leñosos, Keller y Carmelli recomiendan un porcentaje de superficie mojada del 30-40%. En este caso vamos a optar por un 30%.

5.4 NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA Y DISPOSICIÓN

Se colocarán dos microaspersores sectoriales por árbol, con un ángulo de giro de 180° y un radio de acción de 0,70 m.

Para evitar excesos de agua y podredumbres en la madera, se dispondrán uno a cada lado del árbol y de espaldas al tronco. Se tendrá un solo lateral de riego por hilera de árboles, lo cual facilitará las labores del cultivo, al mismo tiempo que reducirá los costes de instalación del sistema de riego.

5.5 DOSIS DE RIEGO

La dosis de riego a aportar se han calculado en el apartado 3.3 de este mismo anejo. En este caso la dosis de riego, en el mes de máximas necesidades (julio) es de 1,484 mm/día.

5.6 INTERVALO ENTRE RIEGOS

Desde el punto de vista agronómico no existe un valor mínimo de I ; incluso se podría regar continuamente las 24 horas del día. En general los sistemas se diseñan con $I=1$, por lo que se toma ese valor.

5.7 DURACIÓN DEL RIEGO

El tiempo de riego en función de las necesidades calculadas anteriormente, viene definido por la siguiente expresión:

$$t = (Nt \cdot I) / (n \cdot q)$$

Dónde:

t: Tiempo de riego en horas

Nt: Necesidades totales en l/día

I: intervalo entre riegos en días. 1 día

n: Número de emisores; 2.

q: Caudal de cada emisor en l/h. En este caso 30 l/h.

A continuación se resumen los tiempos de riego requeridos para cada mes.

MES	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
t(h/día)	0,70	0,85	1,03	1,04	0,90	0,70

5.8 NÚMERO DE SECTORES DE RIEGO

Con la finalidad de que los laterales de riego no sobrepasen la distancia recomendada por el fabricante y para garantizar un reparto uniforme del agua en todos los emisores, se ha dividido la parcela en 3 sectores de riego.

Esto permitirá también una optimización en el diámetro de la tubería.

El riego seguirá el siguiente esquema de funcionamiento; primero se regará el sector 1, que es el situado al norte. Después el 2, situado al sureste y por último el 3, situado al suroeste.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	DISEÑO DE LOS SECTORES Y SUBUNIDADES DE RIEGO	2
3	MATERIALES EMPLEADOS	3
3.1	TUBERÍAS DE PVC.....	3
3.2	TUBERÍAS DE POLIETILENO (PE)	4
4	DISEÑO HIDRÁULICO	5
4.1	TOLERANCIA DE CAUDALES.....	5
4.2	TOLERANCIA DE PRESIONES	6
4.3	DISEÑO DE LA SUBUNIDAD DE RIEGO	8
4.4	CÁLCULO DE LATERALES	8
4.5	CÁLCULO DE TERCIARIAS.....	11
4.6	CÁLCULO DE PRIMARIAS Y SECUNDARIAS	15
5	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	17
5.1	DEFINICIÓN DE LAS ZANJAS.....	17
5.2	EXCAVACIÓN DE ZANJAS.....	18

1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se exponen las características técnicas de los equipamientos de parcela y la red principal de distribución. También se explican los cálculos necesarios para todos los elementos que intervienen en el sistema de riego de esta parcela.

Este riego se llevará a cabo mediante un sistema de riego localizado de alta frecuencia. En concreto, y dada su idoneidad para este tipo de cultivo, el riego será mediante microaspersión.

2 DISEÑO DE LOS SECTORES Y SUBUNIDADES DE RIEGO

De acuerdo con lo que se ha expuesto en el anejo de cálculo de necesidades, este sistema de riego se divide en 3 sectores de riego. Esta sectorización se ha realizado atendiendo a criterios de igualar en la medida de lo posible las superficies a regar, atendiendo también a la geometría de la parcela.

A continuación se muestra una tabla con los tres sectores y los caudales a impulsar en cada uno de ellos.

	nº árboles	nº emisores	Q emisor (l/h)	Q (l/h)
Sector 1	562	1124	34	38216
Sector 2	805	1610	34	54740
Sector 3	796	1592	34	54128

Las válvulas hidráulicas de apertura y cierre de los tres sectores estarán situadas, a petición del promotor, en la caseta donde se ubica el bombeo. Es por tanto necesario llevar una tubería secundaria al inicio de cada uno de los sectores. En los tramos donde los trazados sean coincidentes, las tuberías se enterrarán en la misma zanja.

3 MATERIALES EMPLEADOS

En las instalaciones de riego localizado se usan materiales plásticos, que no sean atacados por los productos químicos utilizados, ácidos o fertilizantes o elementos propios del suelo que puedan deteriorar nuestra instalación.

Las tuberías principales, secundarias y terciarias serán de PVC y los laterales de PE de baja densidad.

Estos materiales ofrecen ventajas en cuanto a facilidad de manejo y transporte, resistencia a la corrosión. Además, sus paredes interiores son completamente lisas, hecho que permite disminuir las pérdidas de carga, permitiendo velocidades más elevadas que en otros tipos de material.

A continuación se describen los dos materiales citados:

3.1 TUBERÍAS DE PVC

Se fabrican a partir de resinas de policloruro de vinilo. Entre los puntos a favor de las tuberías PVC se encuentra sus paredes lisas, que ofrecen poca resistencia al paso de los fluidos. Otra de las ventajas de las tuberías PVC es su peso ligero y sus distintas longitudes. Esto último siempre se constituye en un punto a favor si tenemos en cuenta el proceso de instalación, que muchas veces puede tornarse en una tarea sumamente ardua. De hecho, en el caso que nos ocupa, se adapta perfectamente a la distancia entre los diferentes laterales de la terciaria, ya que los hemos diseñado para que estén a 6 m el uno del otro y la longitud comercial de los tubos de PVC también es de 6 m.

Para realizar los empalmes se colocarán juntas elásticas (salvo en los diámetros inferiores a 63mm, que solamente se fabrican con unión encolada), ya que son mucho más fiables que la unión con pegamentos.

Las tuberías irán enterradas, para protegerlas de los rayos ultravioletas.

3.2 TUBERÍAS DE POLIETILENO (PE)

Las características más destacables de las tuberías de PE son las siguientes:

- Son extremadamente ligeras con una densidad comprendida entre 0,93 y 0,96 g/cm³, por lo que flotan en el agua y son fáciles de transportar y manipular. Para la instalación se requieren menos recursos mecánicos que para otros tubos mucho más pesados o como mínimo de menor potencia, lo que abarata la instalación.
- Los tubos de PE no se oxidan. son poliolefinas de alto peso molecular, por lo que presentan una estructura apolar, lo que les proporciona una excelente resistencia a los agentes químicos. Gracias a su inercia química, son resistentes a los ácidos inorgánicos (clorhídrico, sulfúrico, etc.), álcalis, detergentes, rebajadores de tensión, aceites minerales o productos de fermentación
- Las propiedades de los tubos de PE no se ven alteradas ante la presencia de terrenos corrosivos, terrenos ácidos con bajo nivel de pH o alto contenido en sulfatos. Por tanto, no se corroen.
- Se instalan fácilmente. Los tubos de PE se suministran en rollos de 50 o 100 m hasta un diámetro de 110 mm. A partir del cual se suministran en barras de 6 ó 13 m, estando supeditada su longitud únicamente por condiciones de transporte. Esto significa que vamos a tener menos uniones que con otros tipos de tubos de menor longitud de suministro.
- La superficie especular de su interior, es causa de que la pérdida de carga sea notablemente inferior al de las tuberías tradicionales. Esta cualidad también impide la formación de incrustaciones por precipitación de carbonatos o de otros productos.

La tubería de PE que conformará los laterales es muy flexible. Se extiende mediante una máquina específica y se sirve en rollos de 500 m. soporta bien las bajas temperaturas y no se ven afectadas por la radiación solar, por lo que se instalarán sobre el terreno. Estas tuberías irán unidas mediante accesorios de ajuste mecánico.

En este caso, los ramales porta microaspersores son de PEBD de Ø32mm. El tipo de aspersor elegido, sectorial de 180°, con estaca de 50 cm y con un caudal nominal de 34 l/h. incorporaremos un regulador de flujo en la base de la boquilla como ayuda a la distribución uniforme de la dosis de riego deseada.

4 DISEÑO HIDRÁULICO

Una vez realizados los estudios agronómicos necesarios, los cálculos de necesidades del cultivo, determinado el caudal ficticio continuo y analizadas las características de topografía, emisor elegido, etc. se procede a diseñar hidráulicamente las instalaciones.

Las características del microaspersor elegido son:

Coefficiente de uniformidad: $CU = 0,9$

Intervalo de autocompensación: 10- 25 m.c.a.

Gotero integrado autocompensante de régimen turbulento:

Caudal nominal: $Q_{nominal} = 34 \text{ l/h}$

Coefficiente de variación: $CV > 5\%$ (categoría B)

Número de emisores por árbol: $e=2$

A continuación se desarrollan los pasos necesarios para la ejecución del diseño hidráulico.

4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

La relación entre el caudal del emisor que proporcione menos agua (q_{ns}) y el caudal medio de todos los emisores (q_a) no debe ser menor a un cierto valor, que se calcula en función del coeficiente de uniformidad (CU), del número de emisores por planta y del coeficiente de variación del emisor a utilizar.

La uniformidad es una magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y que además interviene en su diseño, tanto en el aspecto agronómico, dado que afecta a las necesidades totales de agua, como en el hidráulico, pues en función de

ella se definen los límites entre los que se permite que varíen los caudales de los emisores.

En el diseño, la uniformidad es una condición que se impone. En el anejo de cálculo de necesidades ha quedado definida en $CU=0,90$ que resulta de la expresión:

$$CU = \left(1 - \left(\frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right) \right) \cdot (q_{ns}/q_a)$$

Siendo:

CV: Coeficiente de variación del fabricante. Es un término estadístico que caracteriza a los emisores. Las normas ISO establecen una clasificación de los mismos en dos tipos; A y B:

- Categoría A: Emisores de alta uniformidad: $CV < 0,05$
- Categoría B: Emisores de baja uniformidad $0,05 \leq CV < 0,10$
- e: Número de emisores por árbol
- q_{ns} : Caudal mínimo del emisor en la subunidad
- q_a : Caudal medio de los emisores considerados.

A partir de la fórmula del CU, podemos obtener q_{ns} :

$$q_{ns} = \frac{0,90 \cdot 34}{\left(1 - \left(\frac{1,27 \cdot 0,05}{\sqrt{2}} \right) \right)} = 29,22 \text{ l/h}$$

Donde:

$$q_a = 34 \text{ l/s}$$

$$CV = 5\% \text{ (categoría A)}$$

$$e = 2$$

4.2 TOLERANCIA DE PRESIONES

Conocidos q_a y q_{ns} (34 l/h y 29,22 l/h respectivamente) y la ecuación del emisor, se calculan las presiones media (h_a) y mínima (h_{ns}):

$$h_a = \left(\frac{q_a}{K}\right)^{\frac{1}{x}} = \left(\frac{34}{8,2923}\right)^{\frac{1}{0,6128}} = 10,1 \text{ m. c. a.}$$

$$h_a = \left(\frac{q_{ns}}{K}\right)^{\frac{1}{x}} = \left(\frac{29,22}{8,2923}\right)^{\frac{1}{0,6128}} = 7,80 \text{ m. c. a.}$$

La diferencia de presión en el conjunto de la subunidad (ΔH) es proporcional a la ($h_a - h_{ns}$). Se calcula según la fórmula:

$$(\Delta H) = M \cdot (h_a - h_{ns})$$

Donde M es un factor que depende del número de diámetros que se vayan a emplear en una misma tubería, ya sea terciaria o lateral. No obstante, como en esta fase del cálculo es difícil saber el número de diámetros, tomaremos el valor de M= 2,5.

$$(\Delta H) = 2,5 \cdot (10,1 - 7,80) = 5,75$$

Esta fórmula permite calcular la diferencia de presión admisible en la subunidad, que se reparte entre terciaria y laterales.

Hay que señalar que esas variaciones de presión incluyen no solo las pérdidas de carga en tuberías, sino también los desniveles topográficos. En terrenos con poca pendiente, como es el caso, se suele hacer:

$$\Delta H_{\text{ter}} = \Delta H_{\text{lat}} = \Delta H / 2$$

Aplicándolo a este caso se obtiene:

$$\Delta H_{\text{lat}} = 5,75 / 2 = 2,875 \text{ mca}$$

$$\Delta H_{\text{ter}} = 5,75 / 2 = 2,875 \text{ mca}$$

En conclusión, la variación de presión en el lateral coincide con la variación de presión admisible en la terciaria y es igual a 2,875 mca.

4.3 DISEÑO DE LA SUBUNIDAD DE RIEGO

El diseño de la subunidad de riego incluye la distribución en planta de terciarias y laterales, la determinación de los caudales de estas tuberías y el cálculo de los diámetros y régimen de presiones.

4.4 CÁLCULO DE LATERALES

Las tuberías laterales son las que alimentan directamente a los emisores y reciben agua de las terciarias. Lo normal es que sean de PE y de un solo diámetro (12, 16, 20, 25, 32 mm). En este caso, el diámetro nominal escogido es de 32mm, dado que este modelo comercial se ha considerado que es el que más se ajusta al caudal a transportar y a la longitud de las laterales existentes en la parcela.

El cálculo de estas tuberías consiste en la determinación de su diámetro, pérdidas de carga producidas y longitudes permitidas.

Una vez realizada la sectorización de la finca y su distribución en planta, observaremos en el plano cual es el lateral más desfavorable de cada subunidad para su comprobación.

Estas condiciones desfavorables suelen venir ligadas a excesiva longitud o pendientes negativas, o una suma de estos dos factores.

La correcta elección de este lateral es importante, ya que nos condicionará los demás laterales de la subunidad y nos indicará la pérdida de carga del mismo y la admisible para la terciaria.

Para el cálculo dividimos la tubería en tramos entre goteros, de tal forma que se analizan las pérdidas de carga en cada tramo y la que se acumula en la totalidad de la tubería.

Se deben tener en cuenta los siguientes datos:

L: longitud del lateral en metros.

Q: Caudal que circula por el lateral en m³/h

Sep: separación entre microaspersores, en este caso 6 m

D_{int}: diámetro interior de los laterales, en mm. En este caso, 28 mm.

V: Velocidad a la que circula el agua a lo largo del lateral

H_R: Pérdida de carga a lo largo del lateral en m. Se calcula mediante la fórmula:

$$H_R = J \cdot L \cdot F$$

Donde F es el coeficiente de reducción de Christiansen que compensa la descarga a lo largo de toda la tubería en función del número de orificios o emisores. Este dato se obtiene mediante su consulta en unas tablas, pero en nuestro caso no lo utilizaremos, puesto que vamos a estudiar el lateral emisor a emisor.

J: Pérdida de Carga Unitaria. Se calcula mediante la expresión de Cruciani, en su versión válida para el PE, material que compone los laterales de riego. Es la siguiente:

$$J = 0,592 \cdot Q^{1,75} / D^{4,75}$$

Introduciendo Q en l/h y D en mm.

H_{R ac}: Pérdida de carga acumulada a lo largo del lateral.

Pendiente: es otro factor a tener en cuenta, ya que se debe sumar a las pérdidas de carga. En este caso, por tratarse de parcelas con desniveles despreciables, no se va a incluir en el cálculo.

P_{mc}: presión del microaspersor que se quiere garantizar al inicio del lateral. Va disminuyendo a lo largo del mismo debido a las pérdidas de carga.

Q_{mc}: caudal que atraviesa cada microaspersor, en función de la presión del mismo.

En base a lo anterior, en la tabla que se muestra a continuación se observan los resultados obtenidos para el lateral más desfavorable de la finca. Dicho lateral se encuentra en el Sector 3 y tiene una longitud de 162 m.

No se considera necesario incluir los cálculos correspondientes al resto de laterales desfavorables de las demás terciarias debido a que este es el lateral más restrictivo.

	l (m)	Q (m ³ /h)	Sep (m)	Dint (m)	v (m/s)	HR (m)	HR acum (m)	P emisor	Q emisor
1	6	1,809	6	0,028	0,82	0,238	0,238	10,062	67,93
2	12	1,742	6	0,028	0,79	0,223	0,461	9,839	67,86
3	18	1,675	6	0,028	0,76	0,208	0,669	9,631	67,80
4	24	1,608	6	0,028	0,73	0,194	0,863	9,437	67,73
5	30	1,541	6	0,028	0,70	0,180	1,043	9,257	67,66
6	36	1,474	6	0,028	0,66	0,166	1,209	9,091	67,59
7	42	1,407	6	0,028	0,63	0,153	1,363	8,937	67,53
8	48	1,34	6	0,028	0,60	0,141	1,503	8,797	67,46
9	54	1,273	6	0,028	0,57	0,129	1,632	8,668	67,39
10	60	1,206	6	0,028	0,54	0,117	1,749	8,551	67,32
11	66	1,139	6	0,028	0,51	0,106	1,855	8,445	67,26
12	72	1,072	6	0,028	0,48	0,095	1,950	8,350	67,19
13	78	1,005	6	0,028	0,45	0,085	2,036	8,264	67,12
14	84	0,938	6	0,028	0,42	0,075	2,111	8,189	67,05
15	90	0,871	6	0,028	0,39	0,066	2,177	8,123	66,99
16	96	0,804	6	0,028	0,36	0,058	2,235	8,065	66,92
17	102	0,737	6	0,028	0,33	0,049	2,284	8,016	66,85
18	108	0,67	6	0,028	0,30	0,042	2,326	7,974	66,79
19	114	0,603	6	0,028	0,27	0,035	2,361	7,939	66,72
20	120	0,536	6	0,028	0,24	0,028	2,389	7,911	66,65
21	126	0,469	6	0,028	0,21	0,022	2,412	7,888	66,59
22	132	0,402	6	0,028	0,18	0,017	2,429	7,871	66,52
23	138	0,335	6	0,028	0,15	0,012	2,441	7,859	66,45
24	144	0,268	6	0,028	0,12	0,008	2,450	7,850	66,39
25	150	0,201	6	0,028	0,09	0,005	2,455	7,845	66,32
26	156	0,134	6	0,028	0,06	0,003	2,457	7,843	66,25
27	162	0,067	6	0,028	0,03	0,001	2,458	7,842	66,19

Partiendo de la presión establecida al inicio del lateral, se observa como la presión en el último microaspersor no baja de 7,80 mca, que es la mínima presión a la que este tipo de microaspersor mantiene su condición de autocompensante. Hay que reseñar también, excepto 5 laterales, el resto es sustancialmente más corto que éste. De hecho, el siguiente es un 23 % más corto, por lo que cumplirían todos sobradamente.

4.5 CÁLCULO DE TERCIARIAS

Las tuberías terciarias son las que alimentan los laterales de riego. Para el cálculo de estas tuberías aplicaremos el mismo método que el seguido en el caso de los laterales. En este caso consistente en dividir la terciaria en tantos tramos como espacios haya entre laterales.

En el cálculo de laterales, se ha partido de un diámetro fijado, definido comercialmente. En este caso, el diámetro se determinará fijando unos límites de velocidad, ya que se conoce el caudal que debe transportar cada tramo.

La velocidad se limita, en la medida de lo posible, de tal forma que no sea inferior a 0,5 m/s y no sea superior a 1,5 m/s, minorando así las pérdidas de carga.

A la presión inicial de la terciaria, se va descontando la pérdida de carga en cada tramo, de forma que se obtiene la presión inicial de cada lateral, en función de la presión de la terciaria.

Los cálculos de estas tuberías terciarias se resumirán a continuación, y para llevarlos a cabo se han tenido en cuenta los siguientes datos:

L: longitud del lateral en metros

Q: caudal que circula por cada punto de la terciaria en m³/h

L_{ter}: longitud de la terciaria. Es la distancia entre laterales

D_{int}: diámetro interior de la terciaria

V: Velocidad a la que circula el agua en cada tramo de tubería en m/s

H_R: pérdida de carga a lo largo de la terciaria en m, calculada del mismo modo que en el caso de los laterales.

J: Pérdida de carga unitaria. Se calcula con la expresión de Veronese, válida para el PVC, material que compone las tuberías terciarias. Es la siguiente:

$$J = 0,365 \cdot Q^{1,8}/D^{4,8}$$

En ella se introducen Q en l/h y D en mm

$H_{R_{ac}}$: Pérdida de carga acumulada a lo largo de la terciaria en m.

Pendiente: despreciable, dado que la parcela es prácticamente plana.

P_{ter} : presión que se quiere garantizar al inicio de la terciaria. Va disminuyendo a lo largo de la misma debido a las pérdidas de carga.

En la siguiente tabla se muestra a qué sector pertenece cada terciaria, así como el caudal que debe llevar la misma. Seguidamente se muestran los cálculos correspondientes a cada una de ellas:

SECTOR 1.1									
Nº	long der	long izq	suma	(l/s)	LONG	DIAM	VELOC	HR	HR AC
1	11	0	11	10,65	6	110	1,21	0,07	0,07
2	13	0	13	10,61	6	110	1,21	0,07	0,15
3	16	0	16	10,57	6	110	1,20	0,07	0,22
4	25	0	25	10,52	6	110	1,20	0,07	0,29
5	28	0	28	10,44	6	110	1,19	0,07	0,36
6	36	0	36	10,36	6	110	1,18	0,07	0,44
7	40	0	40	10,24	6	110	1,17	0,07	0,50
8	42	0	42	10,12	6	110	1,15	0,07	0,57
9	52	0	52	9,98	6	110	1,14	0,07	0,64
10	55	0	55	9,82	6	110	1,12	0,06	0,70
11	65	0	65	9,65	6	110	1,10	0,06	0,76
12	67	0	67	9,44	6	110	1,07	0,06	0,82
13	70	0	70	9,23	6	110	1,05	0,06	0,88
14	70	0	70	9,01	6	110	1,03	0,05	0,93
15	63	0	63	8,79	6	110	1,00	0,05	0,99
16	57	0	57	8,59	6	90	1,64	0,17	1,16
17	48	0	48	8,41	6	90	1,60	0,17	1,33
18	42	0	42	8,26	6	90	1,57	0,16	1,49
19	39	0	39	8,13	6	90	1,55	0,16	1,65
20	37	0	37	8,01	6	90	1,52	0,15	1,80
21	37	0	37	7,89	6	90	1,50	0,15	1,95
22	37	0	37	7,77	6	90	1,48	0,14	2,09
23	37	0	37	7,66	6	90	1,46	0,14	2,24
24	36	0	36	7,54	6	90	1,44	0,14	2,37
25	36	0	36	7,43	6	90	1,41	0,13	2,51
26	40	0	40	7,31	6	90	1,39	0,13	2,64
27	50	0	50	7,19	6	90	1,37	0,13	2,76
28	58	0	58	7,03	6	90	1,34	0,12	2,88

SECTOR 1.1									
Nº	long der	long izq	suma	(l/s)	LONG	DIAM	VELOC	HR	HR AC
29	42	0	42	6,85	6	90	1,30	0,11	3,00
30	27	0	27	6,72	6	90	1,28	0,11	3,11
31	10	0	10	6,63	6	90	1,26	0,11	3,21
32	1515	0	1515	6,6	6	75	1,81	0,26	3,47
33	583	0	583	1,83	6	75	0,50	0,02	3,50

SECTOR 1.2									
Nº	long der	long izq	suma	(l/s)	LONG	DIAM	VELOC	HR	HR AC
1	100	0	100	4,76	6	75	1,31	0,14	0,14
2	104	0	104	4,45	6	75	1,22	0,13	0,27
3	102	0	102	4,12	6	75	1,13	0,11	0,38
4	106	0	106	3,8	6	63	1,48	0,22	0,60
5	104	0	104	3,47	6	63	1,35	0,19	0,78
6	103	0	103	3,14	6	63	1,22	0,15	0,94
7	107	0	107	2,82	6	63	1,10	0,13	1,06
8	105	0	105	2,48	6	63	0,97	0,10	1,16
9	103	0	103	2,15	6	50	1,33	0,24	1,40
10	108	0	108	1,82	6	50	1,13	0,18	1,58
11	106	0	106	1,48	6	50	0,92	0,12	1,70
12	105	0	105	1,15	6	50	0,71	0,07	1,77
13	66	0	66	0,82	6	50	0,51	0,04	1,81
14	59	0	59	0,61	6	50	0,38	0,02	1,84
15	51	0	51	0,43	6	50	0,27	0,01	1,85
16	50	0	50	0,27	6	50	0,17	0,01	1,85
17	36	0	36	0,11	6	50	0,07	0,00	1,85

SECTOR 1.3									
Nº	long der	long izq	suma	(l/s)	LONG	DIAM	VELOC	HR	HR AC
1	100	0	100	1,83	6	50	1,13	0,18	0,18
2	91	0	91	1,52	6	50	0,94	0,12	0,30
3	83	0	83	1,23	6	50	0,76	0,08	0,39
4	74	0	74	0,97	6	50	0,60	0,05	0,44
5	72	0	72	0,73	6	50	0,46	0,03	0,47
6	63	0	63	0,51	6	50	0,32	0,02	0,49
7	54	0	54	0,31	6	50	0,19	0,01	0,50
8	46	0	46	0,14	6	50	0,09	0,00	0,50

SECTOR 2									
Nº	long der	long izq	suma	(l/s)	LONG	DIAM	VELOC	HR	HR AC
1	114	112	226	14,08	6	125	1,30	0,07	0,07
2	114	112	226	13,37	6	125	1,23	0,07	0,14
3	114	112	226	12,66	6	110	1,44	0,10	0,24

SECTOR 2									
Nº	long der	long izq	suma	(l/s)	LONG	DIAM	VELOC	HR	HR AC
4	114	112	226	11,95	6	110	1,36	0,09	0,34
5	114	112	226	11,23	6	110	1,28	0,08	0,42
6	114	112	226	10,52	6	110	1,20	0,07	0,49
7	114	112	226	9,81	6	110	1,12	0,06	0,55
8	144	112	256	9,1	6	110	1,04	0,06	0,61
9	54	112	166	8,29	6	110	0,94	0,05	0,66
10	48	112	160	7,77	6	90	1,48	0,14	0,80
11	42	112	154	7,27	6	90	1,38	0,13	0,93
12	42	112	154	6,78	6	90	1,29	0,11	1,04
13	42	114	156	6,3	6	90	1,20	0,10	1,14
14	36	115	151	5,81	6	90	1,11	0,08	1,22
15	36	116	152	5,33	6	75	1,46	0,17	1,40
16	36	115	151	4,85	6	75	1,33	0,15	1,55
17	36	116	152	4,38	6	75	1,20	0,12	1,67
18	36	117	153	3,9	6	75	1,07	0,10	1,77
19	36	118	154	3,42	6	63	1,33	0,18	1,95
20	36	119	155	2,93	6	63	1,14	0,14	2,08
21	36	114	150	2,44	6	63	0,95	0,10	2,18
22	36	115	151	1,97	6	63	0,77	0,07	2,25
23	42	116	158	1,5	6	50	0,93	0,12	2,37
24	42	117	159	1	6	50	0,62	0,06	2,43
25	42	118	160	0,5	6	50	0,31	0,02	2,44

SECTOR 3									
Nº	long der	long izq	suma	(l/s)	LONG	DIAM	VELOC	HR	HR AC
1	42	119	161	15,96	6	125	1,47	0,09	0,09
2	42	114	156	15,46	6	125	1,42	0,09	0,18
3	42	114	156	14,96	6	125	1,38	0,08	0,26
4	42	115	157	14,47	6	125	1,33	0,08	0,34
5	36	115	151	13,98	6	125	1,29	0,07	0,42
6	36	117	153	13,5	6	125	1,24	0,07	0,48
7	36	117	153	13,02	6	110	1,48	0,11	0,59
8	36	117	153	12,54	6	110	1,43	0,10	0,69
9	30	119	149	12,06	6	110	1,37	0,09	0,79
10	30	120	150	11,59	6	110	1,32	0,09	0,87
11	30	120	150	11,12	6	110	1,27	0,08	0,95
12	36	122	158	10,65	6	110	1,21	0,07	1,03
13	36	122	158	10,15	6	110	1,15	0,07	1,09
14	36	24	60	9,65	6	110	1,10	0,06	1,16
15	36	30	66	9,46	6	110	1,08	0,06	1,22
16	42	42	84	9,25	6	110	1,05	0,06	1,27
17	42	54	96	8,99	6	110	1,02	0,05	1,33
18	115	60	175	8,69	6	110	0,99	0,05	1,38
19	108	66	174	8,14	6	110	0,93	0,05	1,42
20	102	96	198	7,59	6	90	1,44	0,14	1,56
21	102	114	216	6,97	6	90	1,33	0,12	1,68

SECTOR 3									
Nº	long der	long izq	suma	(l/s)	LONG	DIAM	VELOC	HR	HR AC
22	96	120	216	6,29	6	90	1,20	0,10	1,78
23	96	126	222	5,61	6	90	1,07	0,08	1,86
24	90	138	228	4,91	6	75	1,34	0,15	2,01
25	78	162	240	4,19	6	75	1,15	0,11	2,12
26	66	162	228	3,43	6	63	1,34	0,18	2,30
27	60	162	222	2,72	6	63	1,06	0,12	2,42
28	48	162	210	2,02	6	63	0,79	0,07	2,49
29	42	162	204	1,36	6	63	0,53	0,03	2,52
30	36	162	198	0,71	6	63	0,44	0,03	2,55
31	24	0	24	0,09	6	50	0,06	0,00	2,55
32	6	0	6	0,01	6	50	0,01	0,00	2,55

Una vez realizados los cálculos podemos obtener el número de unidades de tubería (m) empleadas en las tuberías terciarias. Se resume en la siguiente tabla.

DN	D INTERIOR	SECT 1.1	SECT 1.2	SECT 1.3	SECT 2	SECT 3
125	117,6				12	36
110	105,8	90			42	78
90	81,8	96			30	24
75	68,2		18		24	12
63	57,2		30		24	24
50	45,4		54	48	18	18

4.6 CÁLCULO DE PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

Las tuberías primarias y secundarias son aquellas que conducen el agua desde el punto en que esta entra a la parcela (bombeo, etc.) hasta las terciarias, que abastecen directamente a los laterales de riego.

El diseño de estas tuberías comprende el trazado de la red, los diámetros y timbraje de la tubería. Siempre se procurará que el recorrido de estas sea el mínimo posible.

En la siguiente tabla se muestra la relación de presiones calculadas necesarias para el óptimo funcionamiento de todos y cada uno de los tres sectores de riego. A partir de la tabla citada y con el dato de presiones mayor pasaremos en el siguiente anejo a calcular el bombeo.

SECTOR	PRESIÓN EMISOR	Hr LATERAL	Hr Terciaria	Hr SECUNDARIA	TOTAL
1	10,3	2,458	3,5	0,9	17,16
2	10,3	2,458	2,44	0,9	16,10
3	10,3	2,458	2,55	0,9	16,21

Como se observa en los tres sectores de riego las presiones de trabajo son muy similares. Para el cálculo de la bomba utilizaremos el dato del sector 1, por ser el más desfavorable (el que requiere mayor altura de bombeo). Realizaremos el cálculo para este y de este modo tendremos seguro que los otros dos funcionarán, ya que se resuelve el caso más desfavorable.

TUBERÍA LLENADO Balsa

En época de máximas necesidades, esta tubería llevará $50 \text{ m}^3/\text{h} = 13,88 \text{ l/s}$. se diseña esta tubería en PVC Ø140 mm. En los 136 m que tiene, las pérdidas de carga de la misma serán de 0,94 m y la velocidad de circulación será 1,02 m/s.

SALIDA DE LA Balsa

Esta tubería es la que alimenta a través del bombeo a los tres sectores de riego. Tiene que poder llevar por tanto el caudal del sector más desfavorable, que en este caso es el sector 3.

Esta tubería llevará 15,20 l/s. se diseña esta tubería en PVC Ø140 mm. En los 23 m que tiene, las pérdidas de carga de la misma serán de 0,19 m y la velocidad de circulación será 1,11 m/s.

SECUNDARIA SECTOR 1

El sector 1 se inicia justo al salir de la estación de bombeo. Esta tubería llevará 10,62 l/s. se diseña esta tubería en PVC Ø110 mm PN6. En los 8 m que tiene, las pérdidas de carga de la misma serán de 0,19 m y la velocidad de circulación será 1,73 m/s.

SECUNDARIA SECTOR 2

Esta tubería llevará 15,20 l/s. se diseña esta tubería en PVC Ø125 mm PN6. En los 481 m que tiene, las pérdidas de carga de la misma serán de 6,85 m y la velocidad de circulación será 1,40 m/s.

SECUNDARIA SECTOR 3

Esta tubería llevará 15,20 l/s. se diseña esta tubería en PVC Ø140 mm PN6. En los 632 m que tiene, las pérdidas de carga de la misma serán de 5,14 m y la velocidad de circulación será 1,10 m/s.

5 MOVIMIENTO DE TIERRAS

La instalación de una red fija de tuberías en un riego por aspersión conlleva un movimiento de tierra. Los volúmenes de tierra a mover variaran en función de la tubería a colocar y de las longitudes de los tramos.

De este modo, los movimientos de tierra se calculan tramo a tramo para las tuberías colocadas en toda la finca.

5.1 DEFINICIÓN DE LAS ZANJAS

Para la colocación de las tuberías en el terreno se hace necesaria la excavación de una zanja y cuyas dimensiones varían en función del diámetro a colocar. Las dimensiones correspondientes se muestran en la siguiente tabla:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Anchura de la zanja (m)	Profundidad de la zanja (m)
& ≤ 200	& (m) + 0,6	& (m) + 1,1
& > 200	& (m) + 0,7	& (m) + 1,1

La sección tipo de la tubería se compone de una cama de arena de espesor 10 cm Desde la generatriz inferior hasta 40 cm por encima de la generatriz superior, se rellenará con material seleccionado de tamaño menor de 5 cm. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación.

5.2 EXCAVACIÓN DE ZANJAS

La profundidad de las zanjas será de al menos 1 m, con la finalidad de que no puedan ser dañadas por ninguna de las labores a realizar en el campo. La anchura de las mismas será la especificada en el punto anterior.

Los laterales de riego se colocarán en líneas paralelas, a una distancia de 6 metros entre ellos; un lateral por fila de árboles y pegados al tronco de éstos para el posterior anclaje a presión de los microaspersores.

ÍNDICE

1	DISEÑO DEL CABEZAL DE RIEGO	2
1.1	INTRODUCCIÓN.....	2
1.2	EQUIPO DE BOMBEO.....	2
1.2.1	ALTURA MANOMÉTRICA.....	3
1.2.2	POTENCIA NECESARIA DE LA BOMBA.....	3
1.3	EQUIPO DE FILTRADO.....	4
1.3.1	FILTROS DE ANILLAS.....	5
1.4	CASETA.....	6

1 DISEÑO DEL CABEZAL DE RIEGO

1.1 INTRODUCCIÓN

El cabezal de riego comprende un conjunto de elementos desde los que se domina toda la superficie de riego, y que sirven para medir, tratar, filtrar, leer la presión e incorporar los fertilizantes, entre otras cosas.

Todos estos elementos deben ser protegidos de las inclemencias del tiempo, por lo que se deben colocar dentro de alguna caseta que se describirá más adelante.

El cabezal de riego propuesto consta de las siguientes partes:

- Bomba: ésta podrá ser eléctrica o accionada mediante motor diésel. Es el elemento encargado de proporcionar el caudal y presión necesarios para el correcto funcionamiento de los emisores.
- Filtros: el filtrado tiene la función de eliminar las impurezas del agua para evitar obturaciones en los goteros.
- Contadores y automatismos.

Para comprobar la presión se instalarán tomas preparadas para poder introducir un manómetro y leer la presión. Colocados en puntos estratégicos, se puede conocer si existe algún problema con los filtros o en algún punto concreto de la red.

A continuación se realiza el diseño de cada uno de los componentes del cabezal de riego por separado:

1.2 EQUIPO DE BOMBEO

La bomba es el elemento necesario para suministrar la presión y caudal necesarios al sistema. La bomba elegida para nuestro sistema de riego será una bomba eléctrica. No es necesario realizar ninguna obra auxiliar para suministrar electricidad a la bomba, puesto que se posee una toma eléctrica en el punto donde se va a instalar la misma.

El caudal que debe impulsar la bomba es de 54.740 l/h (5,474 m³/h), que corresponde con el sector 2, que es el de máximo requerimiento, según lo calculado y detallado en el Anejo 8.

1.2.1 ALTURA MANOMÉTRICA

La presión necesaria que deberá suministrar la bomba es de 17,16 mca, según lo calculado en el Anejo 8. Por seguridad, le vamos a añadir un 10% más de pérdida, en concepto de pérdidas de carga singulares que pueda haber en las conducciones.

A esta presión de 18,87 mca se le añaden 5 mca de pérdida de carga, que se corresponden a la pérdida de carga que introducen los filtros. De este modo la presión necesaria queda en 23,87 mca.

No obstante, después de consultar los datos del fabricante del filtro, vemos que la presión mínima para la limpieza de los filtros es de 35 mca, de manera que esta es la potencia que deberá ser capaz de suministrar la bomba, aunque se elegirá una bomba con un buen rendimiento entorno a los 23,87 mca.

1.2.2 POTENCIA NECESARIA DE LA BOMBA

En primer lugar, se calcula la potencia útil de la bomba en el punto de funcionamiento, cuyo valor viene dado por la expresión:

$$N_u = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75}$$

Donde:

γ = Peso específico del agua: 1000 kg/m³

N_u = Potencia útil de la bomba (CV)

Q = Caudal a impulsar (m³/s)

H_m = Altura manométrica a elevar (mca)

Introduciendo los datos correspondientes se obtiene que:

$$N_u = \frac{1000 \cdot 1,520 \cdot 10^{-2} \cdot 35}{75} = 7 \text{ CV}$$

La potencia que debe aportar el motor en el eje de la bomba, asumiendo un rendimiento del 75 %:

$$N_{motor} = \frac{N_u}{\eta} = \frac{7}{0,75} = 9,33 \text{ CV} \Rightarrow N_{motor} = 6,86 \text{ kW}$$

Siendo:

N_u : Potencia útil de la bomba

η : Rendimiento del grupo motobomba.

En base a la potencia calculada, se elegirá una bomba que eleve el caudal necesario con el mejor rendimiento de entre los diferentes catálogos comerciales.

1.3 EQUIPO DE FILTRADO

A pesar de que el equipo de filtrado es un elemento singular de la red de riego, se menciona en el anejo de cálculo del bombeo y características del cabezal de riego. Puesto que todos estos elementos van a ir alojados en la misma caseta, justo al inicio de la instalación de riego. Esto es así puesto que de este modo, el agua sale ya filtrada al resto de elementos que integran la red de riego, cosa que es de vital importancia para evitar obturaciones en los microaspersores y otros elementos.

Los equipos de filtrado son una de las partes más importantes de la instalación, precisamente porque son los encargados de evitar obturaciones en los emisores.

En nuestro caso, la captación de agua se realiza desde una balsa reguladora que realiza las funciones de decantación, favoreciendo la sedimentación de los sólidos.

Para este caso particular se van a emplear filtros de anillas, ya que son los que más se adecuan a nuestras necesidades de caudal y presión.

1.3.1 FILTROS DE ANILLAS

Estos filtros se componen de dos colectores; uno de entrada y otro de salida, válvulas de contralavado, válvulas de mariposa y los propios anillos filtrantes.

Los elementos filtrantes son una serie de discos planos de material plástico, generalmente de polipropileno, que se comprimen unos con otros por medio de un pistón que opera por la presión de un muelle y del agua, formando un cilindro de filtrado. El proceso de filtrado se produce cuando el agua atraviesa las anillas desde fuera del cuerpo hacia el interior.

El grado de filtrado depende del número de ranuras existentes en las anillas y oscila entre 0,0265 y 0,4 mm.

En el proceso de lavado, se liberan las anillas de la presión a la que están sometidas por el pistón, separándose y mediante chorros dirigidos desde el interior, imprimen a las anillas un movimiento giratorio, expulsando los residuos por una tubería fuera de la instalación de filtrado.

La solución correcta para el equipo de filtrado debe garantizar la filtración del caudal del sector más exigente, que en este caso es el sector 2, con un caudal de 45,74 m³/h. se debe de tener en cuenta también que durante el proceso de lavado, un elemento no filtra.

El equipo de filtrado elegido tiene las siguientes características:

- Cabezal con 3 cuerpos filtrantes de 3"
- Caudal de filtrado por cuerpo: 30 m³/h

- Grado de filtración: 120 mesh (0,13 mm)
- Presión máxima 10 atm
- Presión de contralavado: 3,5 atm

Para el proceso de lavado hace falta una válvula de contralavado. Es una válvula hidráulica que ha sido diseñada para realizar el control de flujo de agua en los cabezales de filtración automatizados.

Sus características principales son:

- Conexión línea a filtro: 3" Brida
- Conexión en derivación para salida de agua de lavado
- Peso 22 kg
- Cuerpo de fundición GGG50

1.4 CASETA

El cabezal de riego, la bomba y los filtros, así como las válvulas hidráulicas colocadas al inicio de cada uno de los tres sectores, se colocarán dentro de una caseta prefabricada de dimensiones 1,5 x 2 x 2 m, colocada sobre una pequeña solera de hormigón de iguales dimensiones que la caseta.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	DATOS GENERALES	2
2.1	DESCRIPCIÓN DE LA Balsa.....	2
2.2	OCUPACIÓN DE TERRENOS	3
2.3	DATOS METEOROLÓGICOS.....	3
2.4	SITUACIÓN DE LA Balsa.....	3
2.5	NORMATIVA APLICABLE EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA Balsa.....	4
2.6	MATERIALES EMPLEADOS.....	4
3	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO	4
4	DESCRIPCIÓN DE LA Balsa.....	4
4.1	MATERIALES EMPLEADOS.....	4
4.2	RESGUARDO	5
4.3	CORONACIÓN DEL DIQUE	5
4.4	TALUDES.....	6
5	IMPERMEABILIZACIÓN.....	6
5.1	CARACTERÍSTICAS DE LA BASE DE APOYO	7
5.2	ELECCIÓN DE LA LÁMINA	7
5.3	GEOTEXTIL.....	7
6	CUBICACIÓN DE LA Balsa.....	7
7	OBRAS SINGULARES DE LA Balsa.....	8
7.1	ALIVIADERO	8
7.1.1	CÁLCULO DEL ALIVIADERO	9
7.2	TOMA DE ENTRADA	10
7.3	TOMA DE SALIDA Y DESAGÜE DE FONDO	10

1 INTRODUCCIÓN

En la zona objeto de este proyecto y justo al lado de la parcela, existe un manantial.

El agua de este manantial es la que se pretende emplear para el riego de esta parcela, por lo que se hace necesaria la construcción de una pequeña balsa de riego que garantice la disponibilidad de agua.

2 DATOS GENERALES

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA BALSA

En estos anejos se diseña la balsa reguladora que almacenará el agua con que se abastece la finca. La balsa estará formada por un vaso artificial resultado de la excavación en desmonte y traslado a terraplén de la tierra extraída.

Los embalses, independientemente de su tamaño, tienen elementos comunes:

- Tienen un sistema para suministrar a la balsa el agua que esta almacena. En este caso, el llenado es por gravedad desde el manantial mencionado.
- Cierre, en el que aprovechando un lugar adecuado se crea la balsa para almacenar agua. Normalmente esta zona está formada por una zona natural llamada vaso, completándose la balsa con una presa construida en un lugar idóneo para ello que se denomina cerrada. En nuestro caso la cerrada no está constituida por un vaso natural, sino que es el resultado de un vaciado en el que se practica un dique en terraplén.
- Elementos para derivar el agua de la balsa hacia los puntos de utilización. Se denomina toma.
- Un aliviadero, para evitar aportaciones en exceso de agua sobre la capacidad de la balsa
- Un desagüe de fondo para vaciar la balsa cuando sea necesario.

2.2 OCUPACIÓN DE TERRENOS

La construcción de una balsa conlleva la ocupación de unas determinadas superficies. En este caso los terrenos son propiedad del Promotor, pero aun así es necesario pedir los permisos necesarios

2.3 DATOS METEOROLÓGICOS

Para la redacción del proyecto se necesita conocer las características meteorológicas del emplazamiento. En el anejo de estudio climático han sido considerados los datos necesarios: temperaturas, precipitaciones, evaporación y viento.

2.4 SITUACIÓN DE LA Balsa

La balsa se sitúa en el Término Municipal de Graus, Comarca de la Ribagorza, Provincia de Huesca. Se encuentra al este del núcleo urbano. Se trata del polígono 1 parcela 203 del catastro de rústica.

Sus coordenadas UTM son X=290.979, Y= 4.682.447, del huso 31

Esta balsa se encuentra en un terreno montañoso, a una altura sobre el nivel del mar de 956,65 m. existe un camino rural que llega justo hasta el punto donde se proyecta esta balsa.

Actualmente no existe ningún cultivo en la zona donde se colocará la balsa. Es una zona de matorral de bajo porte.

La cota a la que se excavará, cota mínima del embalse, son 952 m, siendo la profundidad de excavación de 4,65 m. la cota máxima. La cota máxima para el agua será de 956,5 m y la cota máxima del embalse la 956,65. Esta profundidad de excavación se justificará al calcular el movimiento de tierras en este mismo anejo.

2.5 NORMATIVA APLICABLE EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA Balsa

La capacidad de la balsa (6.255 m³), cuyo proceso de cálculo aparece posteriormente en el presente anejo, debe ser suficiente para abastecer la explotación durante el mes de máximas necesidades.

Con estos parámetros la balsa queda clasificada como de tipo C: presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y solo incidentalmente de vidas humanas. A esta categoría pertenecen todas las presas no catalogadas como categoría A o B.

2.6 MATERIALES EMPLEADOS

Esta es una balsa completamente excavada, ya que las condiciones del terreno, no hacían aprovechable el volumen extraído para hacer un dique.

3 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

Aunque el embalse es de pequeño tamaño, lo recomendable sería llevar a cabo un estudio geológico-geotécnico para conocer con detalle las características del terreno sobre el que se ubica la balsa. Por tratarse de un proyecto de fin de carrera, no se considera realizarlo, aunque sí se ha realizado una inspección visual de los terrenos en que se ubicará el embalse.

4 DESCRIPCIÓN DE LA Balsa

4.1 MATERIALES EMPLEADOS

La capacidad de la balsa se calculará para que sea suficiente para abastecer el riego de nuestra parcela durante el mes de máximas necesidades. La reserva debe cubrir las necesidades de riego totales durante dicho mes.

Las necesidades totales de la plantación han sido calculadas en el Anejo 7, de cálculo de necesidades. Para el mes de julio, que es el más restrictivo, se obtienen 112,48 m³/día.

Los turnos de riego son cada 13 días (7 de ellos utilizados en el llenado de la balsa). En base a esto y a las necesidades diarias recién indicadas, obtenemos la siguiente capacidad mínima de agua embalsada:

$$V=112,48 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 13 \text{ días} = 1462,24 \text{ m}^3$$

A este volumen se le aplica un coeficiente de seguridad del 30 %. Para todo el mes se tiene:

$$\text{Volumen embalse} = 5.702,74$$

A la hora de plantear la balsa sobre el terreno existente, al final nos sale un volumen total de 6255 m³.

4.2 RESGUARDO

Se entiende por resguardo la distancia vertical entre el máximo nivel de agua y la coronación de la presa. Debe diseñarse para que evite que el agua se vierta por encima del talud.

En nuestro caso, dejaremos 0,65 m de resguardo.

4.3 CORONACIÓN DEL DIQUE

El ancho de la coronación de la presa interesa, económicamente que sea mínimo, pero suficiente para disponer un camino de servicio continuo a lo largo del dique.

Se establece según la siguiente fórmula:

$$C = \frac{H}{5} + 3$$

Siendo:

- **C**: anchura de coronación, en metros.
- **H**: altura del dique, en metros.

Así pues:

$$C = \frac{4,65}{5} + 3 = 3,93 \text{ m.}$$

Se adopta 4 m, de esta forma puede ser transitable por vehículos.

Rodeando a la balsa y para su protección y seguridad se construirá un vallado perimetral a base de malla galvanizada y postes de acero cada 5 metros. Los postes se sujetarán al terreno mediante dados de hormigón de 40×30×30cm. Se situará a 1 m de la cresta del talud de aguas arriba permitiendo el paso por el camino.

4.4 TALUDES

Los taludes y fondo de la balsa se recubrirán con una lámina de material plástico para evitar filtraciones.

Como la balsa está completamente excavada, no existen taludes exteriores.

Para el talud interior, la pendiente adoptada es 2:1.

5 IMPERMEABILIZACIÓN

Para garantizar la impermeabilidad del vaso y del dique impidiendo las pérdidas de agua por infiltración y los riesgos por fenómenos de sifonamiento que

podrían dejar fuera de servicio la balsa, se coloca un revestimiento sintético flexible y continuo a base de láminas plásticas de Polietileno (PE).

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA BASE DE APOYO

Una vez acabada la excavación, en el fondo de la balsa se extenderá una capa de arena fina de 10 cm de espesor por toda la superficie de la balsa. De este modo, cualquier aspereza o saliente, no podrá romper la lámina plástica.

5.2 ELECCIÓN DE LA LÁMINA

Para esta balsa se ha escogido una lámina impermeabilizante de polietileno negro, con un espesor de 1,6 mm. Las uniones se llevarán a cabo mediante termofusión. Esta lámina contará con un tratamiento de negro de carbono, con la finalidad de que no se descomponga con los rayos ultravioleta del sol.

5.3 GEOTEXTIL

Para proteger la lámina de PEAD, se colocará bajo la misma una lámina de geotextil de 220 g/m², formado por fibras de poliéster.

La función de esta lámina es la de proteger de los esfuerzos mecánicos, perforaciones y desgaste a la lámina de PEAD. Debe ser resistente a la putrefacción durante toda su vida útil y ser compatible con otros materiales sintéticos.

6 CUBICACIÓN DE LA Balsa

Los resultados obtenidos a partir de los perfiles transversales del terreno son los siguientes:

COTA (m)	SUPERFICIE (m ²)	SEMISUMA (m ²)	DISTANCIA (m)	VOLUMEN (m ³)	V. ACUMULADO (m ³)
952,000	714,000				
953,000	974,000	844,000	1,000	844,000	844,000
954,000	1273,000	1123,500	1,000	1123,500	1967,500
955,000	1611,000	1442,000	1,000	1442,000	3409,500

956,000	1989,000	1800,000	1,000	1800,000	5209,500
956,500	2193,000	2091,000	0,500	1045,500	6255,000
TOTAL NAMO				6255,000	
956,650	2965,731	2579,366	0,150	386,905	6641,905
TOTAL NAME				6641,905	

7 OBRAS SINGULARES DE LA BALSA

7.1 ALIVIADERO

El aliviadero de la balsa tiene la función de evacuar las avenidas que puedan producirse sin ocasionar daños a la presa ni a otros bienes. A pesar de ser una balsa completamente excavada, se diseñara un aliviadero que conducirá el agua en caso de que haya algún exceso en la entrada de la misma, a un barranco adyacente.

En este caso se desprecian las aportaciones producidas por escorrentía del terreno, ya que el embalse se encuentra situado en un alto que no recoge agua de ningún barranco. Se diseña el aliviadero por tanto para evacuar la suma de los siguientes caudales:

- El caudal máximo de la tubería de entrada al embalse en el caso de que se perdiera el control de la misma.
- El caudal originado por la precipitación máxima instantánea.

El caudal máximo de la tubería de entrada en el período de riego es de 50 m³/h.

El caudal originado por la precipitación máxima instantánea se obtiene aplicando el método de precipitaciones extremas publicado por el Ministerio de Fomento.

1. Estos valores, para la zona de Graus son:

$$C_v:0,38 \text{ y } P_{\max}:55$$

2. Para un período de retorno de 25 años y con los anteriores valores se obtiene un valor del factor de ampliación (K_t) de 1,793.
3. Después se calcula la precipitación máxima diaria para ese período de retorno:

$$P_{\max} = 55 \times 1,793 = 98,615 \text{ mm/día}$$

4. Se calcula la precipitación máxima que se produce en 1h. Este valor resulta de 4,108 mm/hora.
5. Para obtener la intensidad máxima en 1 hora, se aplica la siguiente expresión:

$$\frac{I_1}{I_d} = 8,4 \rightarrow I_1 = 8,4 \times 4,108 = 34,50 \text{ mm/h}$$

Es decir; la precipitación máxima en una hora será de 36,23 mm/h.

El volumen máximo de agua aportado por precipitaciones extremas es el siguiente:

$$Q_{pmax} = 34,50 \frac{l}{m^2 h} \times 2193 \text{ m}^2 = 75.658,5 = 0,021 \text{ m}^3/s$$

De esta forma el caudal máximo a evacuar por el aliviadero será de:

$$Q_{evacuar} = Q_{entrada} + Q_{precip} = 0,017 \text{ m}^3/s + 0,021 \text{ m}^3/s = 0,038 \text{ m}^3/s$$

7.1.1 CÁLCULO DEL ALIVIADERO

Las alturas y diámetros del aliviadero deberán cumplir la siguiente relación:

$$h_b = \frac{Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot r_b^4}$$

Donde:

- h_b : Distancia a la lámina de agua suponiendo el embalse lleno, en m.
- r_b : Radio del tubo, en m.
- g : Aceleración de la gravedad, 9,8 m/s².
- Q : Caudal a evacuar, en m³/s.

Como ya se ha indicado anteriormente, el caudal de cálculo del aliviadero deberá ser igual al caudal máximo de llenado del embalse (puesto que puede darse la situación de estar lleno y seguir entrando agua) más el caudal equivalente a la máxima precipitación de la zona.

De esta forma, conociendo el valor del caudal a evacuar (1,263 m³/s), se obtiene la siguiente relación entre las alturas y los radios:

h (m)	r (m)	D (mm)
0,1	0,671	1341,875

0,3	0,510	1019,604
0,5	0,449	897,366
1	0,377	754,592
1,5	0,341	681,850
2	0,317	634,533
2,5	0,300	600,105
3	0,287	573,366
4	0,267	533,577

La longitud del labio del aliviadero será de 1,4 m y la tubería del aliviadero será de PVC 315 mm PN6. Este aliviadero se unirá a la tubería de desagüe e irá a desembocar al barranco cercano.

7.2 TOMA DE ENTRADA

A la balsa llega el agua desde una fuente por gravedad. Se conducirá hasta la balsa descargando a nivel máximo de embalse, descrito anteriormente como cota 956,5 m.

Esta tubería será de PVC PN6 140 mm y la entrada se realizará en hormigón, a la cual se encuentra unida la lámina impermeabilizante.

7.3 TOMA DE SALIDA Y DESAGÜE DE FONDO

La toma de salida y el desagüe de fondo coinciden en conducción. Se utilizará un T en la tubería con una válvula de mariposa. En todo momento la válvula estará abierta y el agua circulará en dirección a la parcela. Llegado el momento de desaguar, se desviará la válvula por la T que unirá a la tubería del aliviadero, e irá a desembocar al barranco cercano.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	VENTOSAS.....	2
1.1.1	DIMENSIONADO DE LAS VENTOSAS.....	3
1.2	TOMA DE RIEGO	3
1.3	VÁLVULAS DE MARIPOSA.....	4
1.4	VÁLVULAS HIDRÁULICAS.....	4
1.5	VÁLVULAS DE ESFERA	5
1.6	DESAGÜES.....	5
1.6.1	DESAGÜES DE LA RED DE RIEGO.....	5
1.6.2	DESAGÜES DE FIN DE TRAMO	6
1.7	CODOS.....	6
1.8	REDUCCIONES.....	6
1.9	PIEZAS DE DERIVACIÓN	6
1.10	ANCLAJES.....	7
1.11	EMISORES.....	7

1 INTRODUCCIÓN

En este anejo se describen los elementos singulares de la red de riego. Estos elementos son los que van a permitir abrir y cerrar ramales, extraer el aire y el agua de las tuberías en caso de necesidad, etc. En los siguientes apartados se describen todos ellos.

1.1 VENTOSAS

Son piezas destinadas a realizar el control de la presencia de aire en las conducciones hidráulicas. El tipo de válvula ventosa elegido es la válvula de doble efecto o trifuncional.

Este tipo de ventosas poseen dos orificios para la evacuación y admisión de aire y uno o dos flotadores. Durante el llenado de las tuberías el agua va empujando al aire que se evacua a la atmósfera a través del orificio grande. El otro orificio, mucho más pequeño permanece cerrado durante este proceso.

Cuando la tubería se llena completamente, los dos orificios se cierran por la acción del agua sobre él o los flotadores. Una vez la instalación ha alcanzado la presión normal de trabajo, el aire que se acumula en la válvula ventosa va siendo evacuado a través del orificio más pequeño.

El orificio mayor permanece cerrado completamente y no se vuelve a abrir hasta que el sistema es drenado o aparece una presión negativa. En tal caso el flotador del orificio mayor caerá inmediatamente, abriendo el orificio y permitiendo la entrada de aire a la tubería.

En este momento la válvula ventosa está nuevamente lista para evacuar aire otra vez. Este ciclo se repetirá tantas veces como sea necesario.

1.1.1 DIMENSIONADO DE LAS VENTOSAS

Para la elección del diámetro de la ventosa se tiene en cuenta el diámetro de la tubería, el caudal trasegado por la misma, la presión de funcionamiento y la función a realizar.

Para los diámetros entre 50 y 125 que tenemos en esta instalación, se colocarán ventosas de 1”.

Los criterios que se han tenido en cuenta para la localización de las ventosas son los siguientes:

- En los puntos de la red en los que la línea de corriente varía respecto a la línea piezométrica de la tubería.
- En los “picos” o “puntos convexos” de la red.
- Puntos finales de tubería en alto.
- A la entrada de instrumentos de medición (contadores).
- Depresiones en la línea de corriente.
- En cada una de las piezas especiales en derivación para las válvulas hidráulicas de los diferentes sectores.

Para la correcta instalación de las válvulas ventosa se recomienda la colocación de una válvula manual de bola antes de la misma para poder desmontar la ventosa en caso de reparación o comprobación sin afectar al funcionamiento de la instalación.

1.2 TOMA DE RIEGO

La conexión de la red general fija con el sistema de riego utilizado en la parcela se realiza mediante tomas de riego.

La toma de riego tipo que abastece a cada parcela está compuesta por:

- Válvula hidráulica, la cual consta de:
 - Regulador mecánico de presión
 - Limitador mecánico de caudal
 - Contador o caudalímetro incorporado.
- Carrete de ajuste
- Válvula de mariposa

Todo el conjunto de piezas va alojado en una arqueta prefabricada de hormigón.

Se eligen válvulas de 3" para los sectores.

1.3 VÁLVULAS DE MARIPOSA

Se han colocado, todas las necesarias válvulas de mariposa para poder dirigir el agua de riego en cada momento a la parcela necesaria, en las tomas anteriormente descritas, de igual modo para dejar aislado un tramo de la red de distribución con objeto de aislar los ramales de la red para así poder regar en caso de avería.

Las válvulas de mariposa se colocarán del mismo diámetro al que corresponda la tubería en las cuales se han de colocar. Las válvulas para los diferentes sectores se colocan en la misma caseta en la que va ubicada el cabezal.

1.4 VÁLVULAS HIDRÁULICAS

Una de las principales funciones va a ser poder abrir y cerrar el paso del agua a un sector de riego determinado, para lo cual se ha de instalar una válvula en cada conexión de cada módulo con la tubería secundaria.

Se ha elegido la válvula hidráulica con diafragma integral, con cuerpo de hierro fundido con recubrimiento de poliéster, que abre y cierra la válvula mediante

la presión del agua existente en la red. Su simplicidad de construcción elimina prácticamente el mantenimiento.

Algunas ventajas de estas válvulas son:

- Mínima pérdida de carga
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Cierre gradual y hermético, sin provocar golpes de ariete.
- Pocos componentes.
- Diversas alternativas de control: manual, hidráulico, eléctrico, regulación de presión, regulación de caudal, regulación de nivel, medición de caudal.

1.5 VÁLVULAS DE ESFERA

Se instalan válvulas de esfera de dos materiales:

Válvulas de esfera de PVC, para la instalación de fertirrigación, será necesaria una para el depósito y además las necesarias para dirigir el fertilizante por las tuberías correspondientes. Están fabricadas en PVC y son de accionamiento manual. Se podrán instalar válvulas hidráulicas de 2" en caso de necesidad de automatismo total en el cabezal de riego.

Válvulas de esfera metálicas. Fabricadas en latón niquelado, se colocarán una delante de cada válvula de ventosa. Al igual que las anteriores son de accionamiento manual.

1.6 DESAGÜES

1.6.1 DESAGÜES DE LA RED DE RIEGO

Para el vaciado de la red o de tramos aislados se han colocado desagües a lo largo de la red de distribución. En su colocación se ha tenido en cuenta que estuvieran situados en los puntos terminales de los perfiles de las tuberías descendentes y en los "mínimos" de dicho perfil. También se tiene en cuenta que exista una zona para su desagüe por gravedad. Con la colocación de desagües se permite el vaciado y limpiado de la tubería mediante el escape violento de agua a través de estas válvulas.

Las dimensiones dependen del diámetro de la tubería y están compuestos por una válvula de esfera y una arqueta tal como se indica en plano.

1.6.2 DESAGÜES DE FIN DE TRAMO

Al final de cada tramo de la tubería terciaria de cada módulo se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior consistente en doble codo 90° con 1 m. de tubería de 50 mm. de diámetro, con tape final macho roscado; todo en PVC.

Este desagüe permite la expulsión de elementos extraños en la red durante los primeros riegos al comenzar la campaña de riego para evitar obturaciones en los emisores, al igual que el vaciado de la red en caso de ser necesario. Ver plano detalles de la red de riego.

1.7 CODOS

Los codos son piezas especiales destinadas a conseguir las alineaciones de la tubería deseadas. Dependiendo de la curva que describa la tubería se colocarán codos de 45 o 90°.

1.8 REDUCCIONES

Los cambios de sección de la tubería a lo largo de la red se consiguen mediante la colocación de piezas tronco-cónicas que sirven de conexión entre las tuberías de distinto diámetro.

La relación entre la longitud de la pieza y la diferencia entre los diámetros de las tuberías tiene que ser lo mayor posible para reducir las pérdidas de carga singulares en estos elementos.

1.9 PIEZAS DE DERIVACIÓN

La división de la vena líquida circulante por la tubería se consigue mediante la colocación de piezas en "T" e "Y" y cruces, dependiendo del diámetro y la posición pueden necesitar anclajes especiales.

Las piezas en "T", "Y" y cruces utilizadas en la red de riego son del mismo material que las tuberías en las que van colocadas.

1.10 ANCLAJES

En determinados puntos de la red como son los cambios de sección, cambios de dirección, derivaciones en té y tapones terminales se producen empujes en la tubería debido a la presión hidrostática. Para evitar el desplazamiento de la tubería en estos puntos, así como en los tramos con pendiente elevada, se han colocado macizos de hormigón que sirven de anclaje a la conducción.

1.11 EMISORES

El microaspersor es el elemento mediante el que el agua regará nuestro cultivo.

Sus características son las siguientes:

- Q nominal: 34 l/h
- Material: rotor fabricado en resina acetática, que permite un bajo desgaste y rozamiento. Cuerpo en ABS.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	SITUACIÓN ACTUAL	2
3	DATOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO	2
3.1	FUJO DESTRUIDO	2
3.2	INGRESOS ANUALES	3
4	ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN.....	4
4.1	CONSIDERACIONES PREVIAS.....	4
4.2	GASTOS DE LA INVERSIÓN.....	5
4.3	GASTOS FINANCIEROS.....	5
4.4	FLUJOS DE CAJA.....	6
5	CONCLUSIONES	7

1 INTRODUCCIÓN

Con el objeto de analizar si este proyecto es viable económicamente, se analizan varias variables económicas que reflejarán si la inversión es rentable.

Así de esta forma se va a calcular el VAN o Valor Actual Neto y el TIR o Tasa Interna de Rentabilidad. Los dos primeros son indicadores de rentabilidad absoluta y el tercero es un indicador de rentabilidad relativa.

El VAN dice que una inversión es rentable y viable cuando es mayor de cero. El TIR es el tipo de interés que hace el VAN de una inversión igual a cero, da las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año.

Para calcular los índices señalados anteriormente, se considera una vida útil de la inversión de 25 años, sobre la cual se define la corriente de pagos y cobros analizando toda su superficie en conjunto.

2 SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la finca objeto de la transformación se viene cultivando de cereal de invierno de secano, normalmente cebada y ocasionalmente trigo. Debido a las características de la zona los rendimientos medios de estos cultivos son bajos.

Por estos motivos el propietario de la misma, ha decidido realizar este proyecto de plantación de encinas micorrizadas para la producción de trufa.

3 DATOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO

3.1 FUJO DESTRUIDO

Se corresponde con la diferencia entre los cobros y los pagos en la situación actual. Los pagos que se han estado llevando a cabo hasta la fecha se resumen en la siguiente tabla:

LABOR	EUR/ha
Siembra directa	48
Abonado	144
Fertilizante	48
Cosecha	36
TOTAL	276

Se ha tomado como dato de producción media del cereal de secano en la zona un valor de 3.400 kg/ha.

Se toma un precio de venta de la cebada de 0,141 €/kg.

$$3.400 \text{ kg/ha} \times 0,141\text{€/kg} = 479 \text{ €/ha}$$

Una vez conocidos los ingresos y los gastos, podemos concluir con el resultado del flujo destruido.

$$FD = 462 - 276 = 186 \text{ €/ha.}$$

3.2 INGRESOS ANUALES

Los ingresos anuales son los que se prevén obtener de la venta del producto, una vez llevada a cabo la plantación. A este valor añadiremos las ayudas a la producción existentes en la Diputación Provincial de Huesca (36.000 € en 6 años) y la Diputación General de Aragón (1.800 €/ha al 80% durante los 10 primeros años).

Año	Producción kg/ha	Precio €/kg	Subvenciones	Total
1	0	350	4853,64	4853,64
2	0	350	4853,64	4853,64
3	0	350	4853,64	4853,64
4	0	350	4853,64	4853,64
5	0	350	4853,64	4853,64
6	0	350	4853,64	4853,64
7	0,4	350	1253,64	1393,64
8	1,2	350	1253,64	1673,64
9	3	350	1253,64	2303,64
10	7	350	1253,64	3703,64
11	10	350	0	3500
12	12	350	0	4200
13	15	350	0	5250

4 ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

El presupuesto total de la inversión asciende a 131.787,87 €, sin incluir los honorarios del ingeniero. Incluyendo estos el presupuesto asciende a la cantidad de 135.741,50 €.

Los beneficios anuales serán los calculados anteriormente y serán fijos. No se tendrá en cuenta el factor que juega la inflación.

No se considerará el valor residual de los elementos de la explotación.

El flujo destruido es de 186 €. El coste de la mano de obra no se tiene en cuenta, ya que la explotación en principio se establece que va a ser dirigida y trabajada por el propietario y por su familia.

Se estima una vida útil de la instalación de 25 años.

Con lo expuesto anteriormente se realiza el estudio de rentabilidad económica.

4.2 GASTOS DE LA INVERSIÓN

A continuación se muestran los pagos que se deberán afrontar a partir de la ejecución del proyecto.

A partir de los pagos que se deben afrontar en la actualidad se hace una estimación de los que se prevé pueden tener lugar con la implantación del sistema de riego e instalación del nuevo cultivo en la parcela. Se muestra en el siguiente resumen:

Gastos anuales:

- Riego: 280 € anuales; fundamentalmente costes eléctricos.
- Perro: 900 € anuales.
- Subsulado perimetral: 200 €/año
-

Gastos año 3 a año 7:

- Seguimiento de micorrización: 2 años: 2500 €/año de análisis.
- Aportes (2 años): 1600 €/año

Gastos hasta año 7:

- Escarda manual (2/año); 5.400 €/año
- Pases cultivador: 500 €/año

Gastos a partir de año 7:

- Recolección: 1500 €/año

4.3 GASTOS FINANCIEROS

Éste es el importe al que debe de hacer frente el promotor de la explotación y se corresponde con el crédito solicitado para financiar la inversión.

El Promotor solicita un préstamo de 100.000 € con un interés del 6% a devolver en 20 años. Como consecuencia de este préstamo, el promotor deberá hacer frente a un pago financiero de 8.570 €/año.

4.4 FLUJOS DE CAJA

A continuación se muestra una tabla con el flujo de caja esperado para la inversión. Se representa en una tabla por un período de 25 años

AÑO	Cobros ordinarios	Cobros subvenc.	Cobros financieros	Pagos ordinarios	Pagos financieros	Flujo destruido	Pagos inversión	Flujo de caja
0			100.000,00 €				135.741,50 €	-35.741,50 €
1	0,00 €	4.853,64 €		7.080,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		-12.415,64 €
2	0,00 €	4.853,64 €		7.080,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		-12.415,64 €
3	0,00 €	4.853,64 €		9.580,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		-14.915,64 €
4	0,00 €	4.853,64 €		9.580,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		-14.915,64 €
5	0,00 €	4.853,64 €		8.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		-14.015,64 €
6	0,00 €	4.853,64 €		8.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		-14.015,64 €
7	1.218,81 €	1.253,64 €		7.080,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		-14.796,83 €
8	3.656,44 €	1.253,64 €		2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		-7.959,21 €
9	9.141,09 €	1.253,64 €		2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		-2.474,55 €
10	21.329,21 €	1.253,64 €		2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		9.713,57 €
11	30.470,30 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		17.601,02 €
12	36.564,36 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		23.695,08 €
13	45.705,45 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		32.836,17 €
14	45.705,45 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		32.836,17 €
15	45.705,45 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		32.836,17 €
16	45.705,45 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		32.836,17 €
17	45.705,45 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		32.836,17 €
18	45.705,45 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		32.836,17 €
19	45.705,45 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		32.836,17 €
20	45.705,45 €			2.680,00 €	8.570,00 €	1.619,28 €		32.836,17 €
21	45.705,45 €			2.680,00 €	0,00 €	1.619,28 €		41.406,17 €
22	45.705,45 €			2.680,00 €	0,00 €	1.619,28 €		41.406,17 €
23	45.705,45 €			2.680,00 €	0,00 €	1.619,28 €		41.406,17 €
24	45.705,45 €			2.680,00 €	0,00 €	1.619,28 €		41.406,17 €
25	45.705,45 €			2.680,00 €	0,00 €	1.619,28 €		41.406,17 €

Estos datos, y teniendo en cuenta que se cuenta con una tasa de actualización del 6%, nos arrojan los siguientes resultados:

- VAN (Valor Actual Neto): es el sumatorio de todos los flujos de caja ordinarios actualizados esperados. Para este caso es 59.146,97 €.ç
- *Pay Back* o periodo de recuperación de la inversión: En este caso son 19 años.
- TIR (Tasa Interna de Rentabilidad). Es el tipo de interés unitario que hace el VAN igual a 0. En este caso: 9%.

5 CONCLUSIONES

El valor total de la inversión es de 135.741,50 €. Desde el punto de vista del VAN se observa que la inversión es rentable. El TIR es superior al tipo de interés utilizado, por lo tanto la inversión también es rentable.

Téngase en cuenta que aunque la inversión resulte rentable desde el punto de vista de estos índices, afrontarla sin ninguna ayuda por parte de la Administración es prácticamente inviable.

Por lo tanto, en función de los resultados obtenidos se puede concluir que la inversión **es rentable**.